







IBAMA
MMA

Relatório de Qualidade do Meio Ambiente

RQMA

Brasil

2020









Brasília
2022

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Jair Messias Bolsonaro

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

Joaquim Álvaro Pereira Leite

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

Eduardo Fortunato Bim

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E INFORMAÇÕES AMBIENTAIS

Nara Vidal Pantoja

COORDENAÇÃO DO RQMA BRASIL 2020

Hanry Alves Coelho

Andrea Alimandro Corrêa

COORDENAÇÃO TÉCNICA DO RQMA BRASIL 2020

Andrea Alimandro Corrêa

Francisco José Barbosa de Oliveira Filho

Hanry Alves Coelho

João Batista Drummond Câmara

Nájla Vilar Aires de Moura

COLABORAÇÃO TÉCNICA DO RQMA BRASIL 2020

Francisco Otávio Landim Neto

Letícia Silva Oliveira

EDIÇÃO

COORDENAÇÃO DE GESTÃO DA INFORMAÇÃO AMBIENTAL
Rosana de Souza Ribeiro Freitas

REVISÃO
Maria José Teixeira

PROJETO GRÁFICO
Assessoria de Comunicação do Ibama - Ascom
Carlos José Sousa Silvio

DIAGRAMAÇÃO/CAPA
Carlos José Sousa Silvio

FOTOS CAPA
Nasa
Marinelson Almeida
Bruno Abe Saber/MMA
Vinícius Mendonça/Ibama
André Kasczeszen/Embrapa
PAC/Governo Federal
Carla Wosniak / Licença: CC BY 2.0

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA
Ana Lucia Campos Alves

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais (Cenima)
Coordenação de Gestão da Informação Ambiental (Cogia)
Ibama - SCEN Trecho 2, Edifício Sede – Bloco E, Cep: 70818-900, Brasília/DF
cogia.sede@ibama.gov.br
http://www.ibama.gov.br
Tel: (61) 3316-1812

Catalogação na Fonte
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

I59r Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
Relatório de qualidade do meio ambiente. [recurso eletrônico]: RQMA Brasil 2020 / Hanry Alves Coelho, Andrea Alimandro Corrêa (coordenação). – Brasília, DF: IBAMA, 2022.
558 p. : il. ; color.

Modo de acesso: World Wide Web
ISBN 978-65-5799-031-5 (on-line)

1. Qualidade do meio ambiente. 2. Relatório técnico. 3. Biodiversidade. I. Coelho, Hanry Alves. II. Corrêa, Abdrea Alimandro. III. Título.

CDU(2.ed.)502.064

APRESENTAÇÃO

O Brasil possui destaque no cenário ambiental internacional. Abriga biomas de biodiversidades únicas, com destaque para a maior floresta tropical do mundo. Dispõe da maior reserva de água doce do Planeta, estando 80% desse total concentrado na Amazônia.

A manutenção das florestas do País é reconhecida como prerrogativa para a garantia do equilíbrio ambiental da Terra, portanto, diretamente responsável pela qualidade de vida da humanidade. Sobretudo, considerando o cenário de mudanças climáticas que têm afetado a qualidade de vida da população mundial.

Partindo dessa compreensão, é notória a necessidade de preservação ambiental para garantir a qualidade do meio ambiente e evitar a escassez de recursos naturais, buscando o desenvolvimento econômico de baixo carbono que valorize os ativos ambientais do país e seja socialmente justo e inclusivo.

No Brasil o "acompanhamento do estado da qualidade ambiental" é um dos princípios da Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA (Lei nº 6.938/81). A Lei institui o Relatório de Qualidade do Meio Ambiente – RQMA e define que compete ao Ibama sua divulgação.

O Relatório de Qualidade do Meio Ambiente - RQMA Brasil 2020 visa sistematizar, consolidar e divulgar para a sociedade o estado da qualidade do meio ambiente no País, abordando questões ambientais de âmbito nacional, organizadas nos temas Atmosfera, Água, Terra, Biodiversidade, Florestas, Ambiente Costeiros e Marinho, Ambiente Urbano e Economia Verde.

O RQMA Brasil 2020, elaborado ao longo do ano de 2021, teve como propósito atualizar o relatório publicado em 2013, consolidando os dados e informações referente ao período de 2012 a 2020 e, assim como a versão anterior, foi elaborado com a participação de especialistas das principais instituições detentoras e formuladoras de dados e informações relacionadas à qualidade do meio ambiente. Trata-se de uma ferramenta fundamental para embasar a adoção de políticas públicas para uso e conservação dos recursos ambientais brasileiros.

Eduardo Bim

Presidente do Ibama



Floresta Amazônica
Fonte: Vinicius Mendonça

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E ABREVIAÇÕES 13
INTRODUÇÃO 26

CAPÍTULO 1 – ATMOSFERA 34
INTRODUÇÃO 36
POLUIÇÃO DO AR 45
Poluentes e circulação atmosférica 45
Resultados da poluição atmosférica 47
Padrões de qualidade do ar e limites máximos de emissões 50
Políticas e ações de combate à poluição do ar 53
Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (Pronar) 53
Plano Nacional de Qualidade do Ar (PNQA) 53
Inventário de emissões de poluentes do ar por fontes móveis 54
Nota verde 54
Gestão da qualidade do ar no Brasil 55
Conama - Mudanças da resolução de 1990 para 2018 55
Vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade do ar – Programa Vigiar 56
Monitoramento da qualidade do ar no Brasil 56
Ferramentas de auxílio ao monitoramento da qualidade do ar 58
CAMADA DE OZÔNIO 59
Formação do ozônio estratosférico 60
Importância do ozônio estratosférico 62
Substâncias que destroem a camada de ozônio (SDO) 63
Consumo de SDO no Brasil 64
Políticas e ações de combate à degradação da camada de ozônio 68
Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio 68
Protocolo de Montreal sobre SDO 69
Plano Nacional de Eliminação dos CFC (PNC) 70
Programa Nacional de Eliminação do Brometo de Metila na floricultura 70
Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFC (PBH) 71
Ações de controle de SDO executadas no Brasil 72
Estudos sobre ozônio estratosférico no Brasil 72
MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA 73
Aquecimento global antrópico 73
Impactos resultantes das mudanças climáticas 77
A influência das mudanças climáticas na incidência da dengue 81
Branqueamento de Corais 82

Políticas e ações de enfrentamento da mudança do clima **83**
Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima 83
Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) 87
Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) 92
CONSIDERAÇÕES FINAIS **93**
REFERÊNCIAS **94**

CAPÍTULO 2 – ÁGUA 105
INTRODUÇÃO **107**
ÁGUAS NO BRASIL **109**
Ciclo da água **109**
Rios Voadores *110*
Águas superficiais e subterrâneas **111**
Eventos hidrometeorológicos críticos **114**
Monitoramento da quantidade da água **118**
USOS DA ÁGUA **120**
Caracterização e evolução dos usos consuntivos da água **120**
Caracterização dos usos não consuntivos da água **124**
Ciclo urbano da água: abastecimento de água, esgotamento sanitário e gestão das águas no ambiente urbano **126**
Conflitos pelo uso da água **129**
QUALIDADE DA ÁGUA **132**
Principais fontes poluidoras **132**
Parâmetros comumente monitorados **132**
Assoreamento e sedimentação **138**
Acidentes ambientais e corpos hídricos **139**
Águas residuais e tratamento de efluentes **140**
Monitoramento da qualidade da água **143**
SEGURANÇA HÍDRICA: CONCEITO E AÇÕES **145**
Diagnóstico da segurança hídrica **145**
Infraestrutura cinza **151**
Infraestrutura verde **152**
Gestão de recursos hídricos **156**
Plano Nacional de Recursos Hídricos **160**
CONSIDERAÇÕES FINAIS **161**
REFERÊNCIAS **162**

CAPÍTULO 3 – TERRA 166
INTRODUÇÃO 168
AGRICULTURA E PECUÁRIA 173
Breve retrato da agropecuária brasileira nos últimos anos 178
Segurança alimentar 184
Conservação dos solos 185
Desertificação: uma combinação de processos naturais e antrópicos 188
Supressão, fragmentação e modificação dos ecossistemas 190
Emissões de gases de efeito estufa 191
Uso de agrotóxicos 193
Os impactos dos agrotóxicos sobre os polinizadores 198
Instrumentos de gestão territorial 198
Regularização ambiental dos imóveis e atividades agropecuárias 199
Práticas agrícolas sustentáveis 202
Medidas de mitigação do consumo de agrotóxicos 205
SILVICULTURA – FLORESTAS PLANTADAS 207
MINERAÇÃO 211
A dinâmica recente do setor mineral brasileiro 213
Uma atividade territorialmente concentrada, mas com impactos significativos . 214
Garimpo ilegal no Brasil e seus impactos nas terras indígenas 216
As tragédias de Mariana e Brumadinho 217
Em busca de maior sustentabilidade 218
ÁREAS URBANAS 219
COBERTURA VEGETAL 222
CONSIDERAÇÕES FINAIS 224
REFERÊNCIAS 225

CAPÍTULO 4 – BIODIVERSIDADE 232
INTRODUÇÃO 234
ESPÉCIES E ECOSSISTEMAS 236
Alterações de comunidades e populações 236
Tráfico de animais silvestres 236
Espécies exóticas invasoras 243
Biodiversidade em números 244
Plantas, algas e fungos 244
Fauna aquática e terrestre 248
Avaliação do estado de conservação da biodiversidade brasileira 250

Espécies ameaçadas **250**
Espécies da flora ameaçadas 250
Espécies da fauna ameaçadas 258
Plano de ação para a conservação e regulação do uso de espécies **262**
Flora nativa 262
Fauna nativa 263
Espécies exóticas e invasoras 266
Perda de habitat, fragmentação e deterioração dos ecossistemas **269**
Áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira **271**
RECURSOS GENÉTICOS **273**
Biopirataria **273**
Legislação nacional de proteção do patrimônio genético nacional e do conhecimento tradicional associado **274**
Efeitos da política pública de proteção do patrimônio genético nacional, e do conhecimento tradicional associado, na conservação dos recursos genéticos **275**
Proteção, gestão e uso sustentável dos recursos genéticos **276**
Ratificação do Protocolo de Nagoia pelo Brasil **279**
Conservação dos recursos genéticos vegetais e microbianos **279**
GOVERNANÇA **281**
Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade (Epanb) **281**
Avaliação das metas nacionais da biodiversidade **284**
BIODIVERSIDADE E SAÚDE **284**
Usos da biodiversidade: dos saberes tradicionais à biotecnologia **284**
Biodiversidade e segurança alimentar **286**
Emergência de zoonoses e biodiversidade **289**
CONSIDERAÇÕES FINAIS **291**
REFERÊNCIAS **293**

CAPÍTULO 5 – FLORESTAS **302**
INTRODUÇÃO **304**
FLORESTAS NO BRASIL **313**
Florestas nos biomas Brasileiros **313**
As florestas naturais brasileiras e seu estoque de carbono **314**
Florestas Plantadas **315**
Populações e florestas no Brasil **316**
As florestas brasileiras em transformação **317**

Desmatamento e Degradação Florestal 317
Desmatamento nos biomas 318
A transformação florestal por categorias de uso ou destinação 321
Dinâmica de uso da terra 322
Incêndios Florestais 323
Emissões de gases de efeito estufa 327
Aumento de eventos climáticos extremos e alteração de regime hídrico 328
As florestas e os recursos hídricos 330
As florestas e a fertilidade do solo e desertificação 330
Perda de biodiversidade 331
Florestas e Doenças emergentes 332
Governança 334
Planos de controle de desmatamento 335
Compromissos internacionais sobre florestas e clima 338
Regularização ambiental e Cadastro Ambiental Rural (CAR) 340
Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF) 342
Inventário Florestal Nacional (IFN-BR) 342
Cadastro Nacional de Florestas Públicas (CNFP) 343
Manejo Integrado do Fogo 343
Monitoramento, Comando e Controle 346
Uso sustentável das florestas 348
Manejo Florestal Sustentável (MFS) 348
Manejo Florestal Comunitário 349
Políticas públicas para conservação e uso sustentável de recursos florestais 349
Concessões Florestais 351
As florestas e o diálogo com a sociedade 351
Recuperação de florestas 352
Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg) 353
Produção florestal nativa e plantada 354
Diversificação de gêneros e espécies 354
CONSIDERAÇÕES FINAIS 356
REFERÊNCIAS 358

CAPÍTULO 6 – AMBIENTE COSTEIRO E MARINHO 366
INTRODUÇÃO 368
DINÂMICA POULACIONAL 372
A coleta de esgoto nos municípios da zona costeira 375

EROSÃO COSTEIRA 380
ACIDENTES COM PRODUTOS PERIGOSOS EM AMBIENTES COSTEIROS E MARINHOS 385
Planos de Ação: Plano Nacional de Contingência (PNC) e Planos de Área 388
PESCA 390
Características da pesca marinha, produtividade e efeitos ambientais 391
Espécies ameaçadas de extinção 396
Base legal e organização institucional para a gestão da pesca 399
Abordagem ecossistêmica na pesca 402
Desenvolvimento e princípios da abordagem ecossistêmica na pesca 402
Áreas protegidas marinhas e áreas de exclusão de pesca 403
Mitigação da captura de espécies ameaçadas e uso sustentável de recursos pesqueiros 405
ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE 408
Principais ações recomendadas 410
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO COSTEIRO-MARINHAS 412
CONSIDERAÇÕES FINAIS 418
REFERÊNCIAS 419

CAPÍTULO 7 – AMBIENTE URBANO 424
INTRODUÇÃO 426
RESÍDUOS SÓLIDOS 428
Aspectos legais 428
Cenários da situação dos resíduos 428
Resíduos sólidos urbanos no mundo 428
Resíduos sólidos urbanos no Brasil: geração de RSU 431
Coleta de RSU 434
Destinação final 438
Tipos de Destinos 438
Reciclagem de secos 439
Reciclagem de orgânicos 440
Disposição Final 441
Logística Reversa 442
ÁREAS VERDES URBANAS 443
Unidades de conservação urbanas no Brasil 443
Áreas verdes urbanas – contexto normativo 444
Arborização de ruas nos municípios brasileiros 445
ÁGUA E ESGOTO 447

Qualidade da água 447
TRANSPORTE, TRÂNSITO E MOBILIDADE URBANA 463
Pressões urbanas e caracterização dos sistemas de mobilidade 463
Impacto da poluição do ar em capitais brasileiras 466
Acidentes de trânsito 468
Políticas Públicas para Redução de Acidentes 469
POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA 471
Poluição veicular 471
Frotas veiculares 471
Poluentes globais 472
Poluentes locais 474
Políticas públicas para mitigação das emissões veiculares de poluentes locais e globais 475
Proálcool 476
Proconve/Promot 476
Biocombustíveis 479
Programa Inovar-Auto 481
Programa Rota 2030 482
Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) 483
Implementação de políticas públicas para a normatização de emissões atmosféricas 485
CONSIDERAÇÕES FINAIS 486
REFERÊNCIAS 487

CAPÍTULO 8 – ECONOMIA VERDE 493
INTRODUÇÃO 495
Economia Verde: breve origem do conceito adotado neste capítulo 495
AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL 498
Tecnologia poupa-terra e de baixa emissão de carbono 498
Regularização Ambiental 500
Marcos legais, planos e políticas públicas 501
Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) 503
Infraestrutura Verde: breve conceito 504
Títulos Verdes Ligados à Agropecuária 506
ECONOMIA CIRCULAR 507
Legislação 515
Inclusão dos catadores de materiais recicláveis 515

Programa Nacional Lixão Zero 516
Financiamento sustentável para a Economia Circular 516
Relatórios de sustentabilidade 516
Práticas ESG (meio-ambiente, sustentabilidade e governança) 516
BIOECONOMIA 517
Programa Bioeconomia Brasil Sociobiodiversidade 521
Programa Nacional de Bioinsumos 523
EMPREGOS VERDES 524
Os Empregos Verdes no Brasil dos últimos 15 anos 524
Fatores que influenciam atividades econômicas potencialmente geradoras de empregos verdes 526
Medidas para retomar a transição 527
TRANSIÇÃO ENERGÉTICA 527
CONTRATAÇÕES PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS (CPS) 533
Legislação e estrutura de governança 535
Ferramentas de apoio para a implementação das CPS 536
Treinamento e Capacitação 539
Iniciativas de uso do poder de compra do Estado 540
TURISMO SUSTENTÁVEL 541
Efeitos da pandemia sobre o setor do turismo 546
CONSIDERAÇÕES FINAIS 548
REFERÊNCIAS 551

µm	Micrometro
4R	Redução, Reúso, Reciclagem e Recuperação
A3P	Agenda ambiental na Administração Pública
ABC+	Plano Setorial de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária
Abifina	Associação Brasileira das Indústrias de Química Fina, Biotecnologia e suas Especialidades
Abiogás	Associação Brasileira do Biogás
Abiove	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
Abrelpe	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
Abrepe	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes
AC	Acre
Acres	Áreas de Conservação e Reprodução de Espécies
AGU	Advocacia-Geral da União
AIP	Abordagem Integrada da Paisagem
AM	Amazonas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
Anec	Associação Nacional dos Exportadores de Cereais
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTP	Associação Nacional de Transporte Público
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APA	Áreas de Proteção Ambiental
APP	Áreas de Preservação Permanente
Ar	Argônio
AR6	Sexto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
ARA	Avaliação de Risco Ambiental
ARB	Acordo de Repartição de Benefícios
ASD	Áreas Susceptíveis à Desertifcação
ATT	Acidentes de transportes terrestre
AUR	Áreas de Uso Restrito
Autex	Autorização de Exploração
AVHRR	Radiômetro avançado de resolução muito alta
BC	Carbono Negro
BEN	Balanço Energético Nacional
BFG	Brazil Flora Group
BSE	Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos
BUR 4	Quarto Relatório de atualização Bienal
C	Carbono
CAE	Centros de Atendimento Emergencial
Caged	Cadastro geral de Empregados e Desempregados
Canie	Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAR	Cadastro Ambiental Rural
Casv	Cadastro de Simples Vetores

Catmat	Catálogos de materiais
Catser	Catálogos de serviços
CBH	Comitês de Bacia Hidrográfica
CBI	Climate Bonds Initiative
Cbios	Créditos de Descarbonização por Biocombustíveis
CBO	Código Brasileiro das Ocupações
$CBrClF_2$	Bromoclorofluorometano
$CBrF_3$	Bromotrifluorometano
CCl_2F_2	Diclorodifluorometano
CCL_3F	Triclorofluormetano
CDB	Convenção Sobre Diversidade Biológica
Cefet-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Cemaden	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
Cepea	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
Cerflor	Programa Brasileiro de Certificação Florestal
Cetas	Centros de Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres
Cetem	Centro de Tecnologia Mineral
Cetesb	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFC	Clorofluorcarbonetos
CFem	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CGen	Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
CGH	Centrais de Geração Hidrelétrica
CH_2Br_2	Dibrometano
CH_2Cl2	Difluorometano
CH_2FCF_3	Tetrafluoroetano
CH_3Br	Brometo de metila
CH_3CL	Cloreto de metila
CH_4	Metano
$CHBr_3$	Bromofórmio
CHF_3	Trifluorometano
CID-10 X48	Intoxicação acidental por exposição a agrotóxicos
CIM	Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima
Cima	Conselho Interministerial de Açucar e Álcool
CIMGC	Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima
CIMV	Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima e o Crescimento Verde
Cisap	Comissão Interministeral de Sustentabilidade na Administração Pública
CLP	Camada Limite Planetária
Cm	Centímetros
CNCFlora	Centro Nacional de Conservação da Flora
CNFP	Cadastro Nacional de Florestas Públicas
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNPC	Centros Nacionais de Pesquisa e Conservação
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética

CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNSA	Conferência Nacional de Saúde Ambiental
CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
CNUDM	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
CO	Monóxido de carbono
CO_2	Dióxido de Carbono
CO_{2eq}	Dióxido de Carbono equivalente
Conab	Companhia Nacional de Abastecimento
Conabio	Comissão Nacional da Biodiversidade
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Confins	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
Conpet	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
Consea	Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional
Consema	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COP 21	Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015
COP-10	10ª Conferência das Partes da Convenção
Cori	Comitê Orientador, para a implantação de Sistemas de Logística Reversa
CPG	Comitês Consultivos Permanentes de Gestão
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CPS	Contratações Públicas Sustentáveis
CR	Criticamente em Perigo
CR*	Criticamente em Perigo – possivelmente extinta
CRA	Cota de Reserva Ambiental
CS	Coleta Seletiva
CS026	Quantidade de Resíduos coletada seletivamente, que compõe o calculo do indicador IN054
CTA	Conhecimentos Tradicionais Associados
CTC	Tetracloreto de carbono
CTF/APP	Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ou Utilizadoras de Recursos Ambientais
CURB	Contratos de Utilização do Patrimônio Genético e Repartição de Benefícios
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DD	Dados deficientes
DDA	Doenças diarreicas agudas
DDSM	Departamento de Desenvolvimento Sustentável na Mineração
Denatran	Departamento Nacional de Trânsito
Desp	Departamento de Conservação e Manejo de Espécies
Deter	Desmatamento em Tempo Real
DGE-EC	Diretoria-Geral de Meio Ambiente da Comissão Europeia
DHN	Diretoria de Hidrografa e Navegação
DHW	Índice de estresse térmico
Dipeq	Diretoria de Pesquisa Científica
DOU	Diário Oficial da União

DPI	Investimentos ou Financiamento público
DPSIR	Metodologia Forças Motrizes-Pressões-Estado-Impacto-Respostas
DRDH	Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica
DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
EACH/USP	Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo
EaD	Ensino a distância
EAESP	Escola de Administração de Empresas de São Paulo
EAF	Ecosystem Approach to Fisheries
EAGU	Escola da Advocacia-Geral da União
EBIA	Escala Brasileira de Insegurança alimentar
EC	Economia Circular
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EN	Em perigo
Enap	Escola Nacional de Administração Pública
Ence	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
Encti	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022
ENREDD+	Estratégia Nacional para REED+
EPA/US	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
Epanb	Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ES	Espírito Santo
ESG	Ambiental, Social e Governança
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
EUA	Estados Unidos da América
EW	Extinta na Natureza
EX	Espécies avaliadas como extintas
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FAP	Fração Atribuível Populacional
FBN	Fixação Biológica do Nitrogênio
FEA	Fundação Eliseu Alves
Febraban	Federação Brasileira de Bancos
FGV	Fundação Getúlio Vargas
Fiocruz	Fundação Oswaldo Cruz
Fipe	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
FISET	Programa de Florestamento e Reflorestamento
FIT	Tarifas Fixas
Flonas	Florestas Nacionais
Floresta+	Programa Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais
FMI	Fundo Monetário Internacional
FML	Fundo Multilateral para a Implementação do Protocolo de Montreal
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
FNRB	Fundo Nacional para a Repartição de Benefícios
FP	Florestas Plantadas
FRA	Avaliação Global de Recursos Florestais
FSC	Conselho de Manejo Florestal

FUNAI	Fundação Nacional do Índio
Fundo Clima	Fundo Nacional sobre Mudança do Clima
GAA	Grupo de Acompanhamento e Avaliação
GBO-5	Panorama Global da Biodiversidade 5
GCF	Fundo Verde do Clima
GCO_{2eq}/MJ	Gramas de dióxido de carbono equivalente por Megajoule
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEF	Fundo para o Meio Ambiente Mundial
GLO	Garantia da Lei e da Ordem
GMST	Temperatura média global da superfície
GSIA	Aliança Global de Investimentos Sustentáveis
GSPC	Estratégia Global para a Conservação de Plantas
$GtCO_{2eq}$	Gigatonelada equivalente de dióxido de carbono
GT-PNIF	Grupo de Trabalho para elaboração da Política Nacional de Manejo e Controle de Queimadas, Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt-hora
GWP	Potencial de Aquecimento Global
H_2	Hidrogênio
H_2O	Água
Ha	Hectares
Hab/km2	Habitantes por quilômetro quadrado
HC	Hidrocarbonetos
HCFC	Hidroclorofluorcarbonos
He	Hélio
HFC	Hidrofluorcarbonos
HFO	Hidrofluorolefina
HTS	Triagem de Alto Desempenho
HVO	Diesel de origem vegetal
I/M	Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos
IAU/USP	Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
IBÁ	Instituto Brasileiro da Árvore
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ibram	Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICMS	Impostos sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEM	Indústria Extrativa Mineral
Iema	Instituto de Energia e Meio Ambiente
IFN	Inventário Florestal Nacional
ILF	Integração lavoura-floresta
ILP	Integração lavoura-pecuária
ILPF	Integração lavoura-pecuária-floresta

INC	Instrução Normativa Conjunta
INDC	Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas
INI	Instrução Normativa Interministerial
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
Inovar-Auto	Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores
Inpe	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
InpEV	Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias
Inpi	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
Ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPF	Integração pecuária-floresta
IPI	Impostos sobre Produtos Industrializados
IQA	Índice de Qualidade das Águas
ISC	Instituto Serzedello Corrêa
ISE	Índice de Sustentabilidade Empresarial
ISH	Índice de Segurança hídrica
ITM	Indústria de Transformação Mineral
ITTO	Organização Internacional de Madeiras Tropicais
IV	Infraestrutura Verde
JBRJ	Jardim Botânico do Rio de Janeiro
Kg	Quilogramas
Kg/ano	Quilogramas por ano
Kg/hab/dia	Quilogramas por habitantes por dia
Kg/m^2	Quilograma por metro quadrado
Km	Quilômetro
Km^2	Quilômetro quadrado
Kr	Criptônio
KS	Subsídios ao investimento ou recursos não reembolsáveis
L/ano	Litro por ano
L/hab/dia	Litros por habitante por dia
LC	Menor Preocupação
LCM	Licença para Uso da Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares
LCVM	Licença para Uso da Configuração de Veículo ou Motor
LPVN	Lei de Proteção da Vegetação Nativa
M	Metro
M^2	Metro quadrado
M^3	Metro cúbico
M^3/ano	Metro cúbico por ano
M^3/ha	Metro cúbico por hectare
M^3/s	Metro cúbico por segundo
MAB	Movimento dos Atingidos por Barragens
MAM	Movimento pela soberania Popular na Mineração
Mapa	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MATOPIBA	Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
MB	Marinha do Brasil
MCG	Mudanças Climáticas Globais
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome
ME	Ministério da Economia
MERS	Síndrome Respiratória do Oriente Médio
MFCF	Manejo Florestal Comunitário e Familiar
MFS	Manejo Florestal Sustentável
MG	Minas Gerais
Mha	Milhões de hectares
MIQCB	Movimento Insterestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu
mm	Milímetro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MNCR	Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis
Modis	Espectroradiômetro de Imagem de Resolução Moderada
MP	Material Particulado
MP ressus	MP de ressuspensão
$MP_{2,5}10$	Material Particulado Fino
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
MPF	Ministério Público Federal
MRV	Monitoramento, Relatório e Verifcação
MS	Mato Grosso do Sul
MS	Ministério da Saúde
MST	Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra
MT	Mar Territorial
MT	Mato Grosso
Mt	Megatoneladas
Mt/CO_{2eq}	Milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente
MVC	Monômero de cloreto de nitrogênio
MW	Megawatt
N_2	Nitrogênio diatômico
N_2O	Óxido nitroso
NA	Não Aplicável
Nama	Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas
NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada
Ne	Neônio
NIMF	Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias
NM	Medição líquida
Nm	Nanômetro
Nm_3/ano	Normal metro cúbico por ano

NMHC	Hidrocarbonetos não metano
NMHC evap	Hidrocarbonetos não metano evaporativos
NO_2	Dióxido de Nitrogênio
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
Normam	Normas da Autoridade Marítima
NO_x	Óxidos de Nitrogênio
NT	Quase ameaçada
O_2	Oxigênio
O_3	Ozônio
ºC	Graus Celsius
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
Oema	Órgãos Estaduais de Meio Ambiente
OEPA	Organizações estaduais de pesquisa
OIT	Organização Internacional do Trabalho
Oluc	Óleos lubrificantes usados ou contaminados
OMS	Organização Mundial da Saúde
OMT	Organização Mundial do Turismo
ONG	Organizações não-governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PA	Pará
PAA	Programa de Aquisição de Alimentos
PACTI Bioeconomia	Plano de Ação em Ciência, tecnologia e Inovação em Bioeconomia
PAE	Projeto de Assentamento Agroextrativista
PAF	Projeto de Assentamento Florestal
PAN	Planos de Ação Nacionais
Pb_5	Chumbo
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PBE-V	Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular
PBH	Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFC
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PCB	Leilões públicos de compra de energia
PCDT	Protocolos clínicos e Diretrizes Terapêuticas
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PCJ	Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
PCPV	Planos de Controle de Poluição Veicular
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PDS	Projeto de Assentamento de Desenvolvimento Sustentável
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certifcation Schemes
PEG	Programa de Eficiência do Gasto
PEI	Plano de Emergência Individual
PES	Projeto Esplanada Sustentável

PG	Patrimônio Genético
PGPM -Bio	Política de Garantia de Preços Mínimos para produtos da Sociobiodiversidade
PIB	Produto Interno Bruto
Pintec	Pesquisa de Inovação
Planasa	Plano Nacional de Saneamento
Planaveg	Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa
Plano MBC	Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono
Plansab	Plano Nacional de Saneamento Básico
PLS	Planos de gestão de Logística Sustentável
PM	Protocolo de Montreal
$PM_{2,5}$ / PM_{10}	Partículas Inaláveis
PMFS	Plano de Manejo Florestal Sustentável
PMP	Projetos de Monitoramento de Praia
PNA	Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima
PNA	Plano Nacional de Agroenergia
Pnad	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
Pnad Contínua	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua
Pnae	Programa Nacional de Alimentação Escolar
PNC	Plano Nacional de Contingência
PNC	Plano Nacional de Eliminação dos CFC
PNE	Plano Nacional de Energia
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNMIF	Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PNPF	Programa Nacional de Pesquisa Florestal
PNPIC	Política Nacional de Práticas integrativas e Complementares
PNPMF	Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos
PNPSA	Plano Nacional de Promoção das Cadeias de produtos da Sociobiodiversidade
PNPSA	Política Nacional de Pagamentos por serviços Ambientais
PNQA	Plano Nacional de Qualidade do Ar
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
Pnud	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
Pnuma	Programa das nações Unidas para o Meio Ambiente
PNVS	Política Nacional de Vigilância em saúde
POP	Poluentes Orgânicos Persistentes
PPA	Plano Plurianual
PPA	Programa Produtor de Água
PPCDam	Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia
PPCerrado	Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado

PPCS	Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis
PPH	Pesquisa de Posse de Hábitos de Uso
Ppmv	Partes por milhão por volume
PR	Paraná
PRA	Programa de Recuperação Ambiental
PRA	Programas de Regularização Ambiental
Pragrama ABC	Programa Agricultura de Baixo Carbono
PRB	Princípios para Responsabilidade Bancária
Preps	Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite
Prevfogo	Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais
PRI	Princípios para Investimento Sustentável
Proálcool	Programa Nacional do Álcool
Probordo	Programa Nacional de Observadores de Bordo da Frota Pesqueira
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
Proconve	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
Prodes	Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal
Pró-Espécies	Programa Nacional de Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção
Pró-Extrativismo	Estruturação Produtiva das Cadeias do Extrativismo
Progestão	Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas
Programa Floresta+	Programa-Piloto de Incentivo a Serviços Ambientais para Conservação e Recuperação de Vegetação Nativa
Proinfa	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
Promot	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares
Pronacop	Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial
Pronar	Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar
Proveg	Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
PSC	Planejamento Sistemático da Conservação
PSH	Programa de Segurança Hídrica
PTS	Créditos Tributários durante a operação
PTS	Partículas Totais em Suspensão
PUCC	Pontífica Universidade Católica
Qualiágua	Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água
Quant.t/ano	Quantidade de tonelada ao ano
R$/hab	Reais por habitante
RAIS	Relação anual de Informações Sociais
RB	Repartição de Benefícios
RCE	Reduções certificadas de Emissões
RCOH	Aldeídos
RDO	Resíduos Sólidos Domiciliares
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
RE	Regionalmente Extinta
REC	Certificados verdes negociáveis
REDD+	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal, Conservação e Aumento dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas

REGIC	Regiões de Influência das Cidades
REM	Programa Global REDD Early Movers
Remane	Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos do Nordeste
RenovaBio	Política Nacional de Biocombustíveis
Resex	Reserva Extrativista
Retamane	Rede de Conservação de Tartarugas Marinhas do Nordeste
RFMO	Organizações Regionais de Manejo da Pesca
RGP	Registro Geral da Atividade Pesqueira
RH	Regiões Hidrográficas
RHN	Rede Hidrometeorológica Nacional
Rimas	Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas
RL	Reserva Legal
RM	Regiões Metropolitanas
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RN	Rio Grande do Norte
RNCP	Rede Nacional de Comprar Públicas
RNQA	Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas
RO	Rondônia
RPD	Recuperação de Pastagens Degradada
RPPN	Reservas Particulares de Preservação Natural
RPS	Políticas ou obrigações de quotas mínimas
RPU	Resíduos Sólidos Públicos
RQMA	Relatório de Qualidade do Meio Ambiente
RR	Roraima
RS	Rio Grande do Sul
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAA	Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano
SAC	Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento
SAF	Sistemas Agroflorestais
SAI	Solução Alternativa Individual
Salve	Sistema de Avaliação do Estado de Conservação da Biodiversidade do ICMBio
Samge	Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão do ICMBio
SAP	Secretaria de Aquicultura e Pesca
SARS	Síndrome Respiratória Aguda Grave
SARS-Cov-2	Síndrome Respiratória Aguda Grave, pelo novo Coronavírus
SbN	Solução baseada na Natureza
SDO	Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio
Seduh-DF	Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do DF
SEI	Sistema Eletrônico de Informações
SF_6	Hexafluoreto de enxofre
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SiBBr	Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira
Sicar	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
Siema	Sistema Nacional de Emergências Ambientais
SIH/Datasus	Sistema de Informações Hospitalares do Ministério da Saúde

SIM	Sistema de Informação sobre Mortalidade
Simaf	Sistema de Manejo de Fauna
Sinan	Sistema de Agravo de Notificação
Sindiveg	Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal
Singreh	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
Sinir	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
Sinmetro	Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
Sirene	Sistema de Registro Nacional de Emissões
Sisagua	Sistema de Informações de Vigilância da Qualidade de Água para Consumo Humano
Sisam	Sistema de Informações Ambientais Integrado a Saúde
SisGen	Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado
Sisnama	Sistema Nacional do Meio Ambeinte
Sissolo	Sistema de Informação de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado
SNIF	Sistema Nacional de Informações Florestais
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNISB	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens
SNS	Secretaria Nacional de Saneamento
Snuc	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SO_2	Dióxido de enxofre
SO_x	Enxofre
SO_x	Óxidos de Enxofre
SP	São Paulo
SPD	Sistemas de Plantio Direto
SST	Temperatura da superfície do mar
STE	Desoneração Tributária na comercialização
Suasa	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
Sudene	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SUS	Sistema Único de Saúde
T PDO	Toneladas de potencial de destruição de ozônio
T/dia	Tonelada por dia
T/ha	Toneladas por hectare
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
TCO_{2eq}	Toneladas de dióxido de carbono equivalente
TDA	Tratamento de Dejetos de Animais
TFQ	Tratamentos com fins quarentenários
Tg	Teragrama
TI	Terras Indígenas
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
Ton/ano	Toneladas por ano
Ton/mun/ano	Tonelada por município por ano
TPU	Transporte público coletivo urbano

TRF-4	Tribunal Regional Federal da 4ª Região
TRIP	Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio
TWh/ano	Terawatt-hora por ano
UA/ha	Unidades de animais por hectare
Ubrabio	União Brasileira de Biodiesel e Bioquerosene
UC	Unidades de Conservação
UCPI	Unidades de Conservação de Proteção Integral
UCUS	Unidades de Conservação de Uso Sustentável
UEG	Universidade do Estado de Goiás
UF	Unidade da Federação
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFG	Universidade Federal do Goiás
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UHE	Usinas Hidrelétricas
UICN	União Internacional para Conservação da Natureza
UnB	Universidade de Brasília
UNCCD	Convenção das Nações Unidas sobre Combate à Desertifcação e Seca
Unesco	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
Unesp	Universidade Estadual Paulista
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
UNFF	Fórum de Florestas das Nações Unidas
UniFacex	Centro Universitário Facex
UPL	Unidade de Produção de Leitão
USP	Universidade de São Paulo
UV	Ultravioleta
VAB	Valor Adicionado Bruto
VBP	Valor Bruto da Produção
V-DL	5ª Divisão de Levantamento do Exército
Vigiagua	Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
Vigiar	Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis
VSPEA	Vigilância de Populações Expostas a Agrotóxicos
VU	Vulnerável
WCMC	Centro de Monitoramento da Conservação Mundial
WHO	Organização Mundial de Saúde
WRI	Instituição Global de Pesquisa
Xe	Xenônio
ZC	Zona Costeira
ZEE	Zona Econômica Exclusiva
ZEE	Zoneamento ecológico-econômico ZEE

Características territoriais

Com extensão territorial de 8.510.345 km², o Brasil é o quinto maior país do mundo (atrás apenas de Rússia, Canadá, China e Estados Unidos) e o primeiro da América Latina. Possui 23.102 km de fronteiras terrestres e 7.367 km de linha de costa.

Parcela significativa do território brasileiro é constituída por áreas protegidas. As terras indígenas, totalizam 1.147.169 km², nas quais a cobertura vegetal é superior a 93%. Já as unidades de conservação totalizam cerca de 1.453.535 km². Nas propriedades privadas, por sua vez, são registrados 1.929.995 km² de remanescentes da vegetação nativa. O somatório dessas áreas protegidas faz com que 59% do território do País seja constituído de florestas.

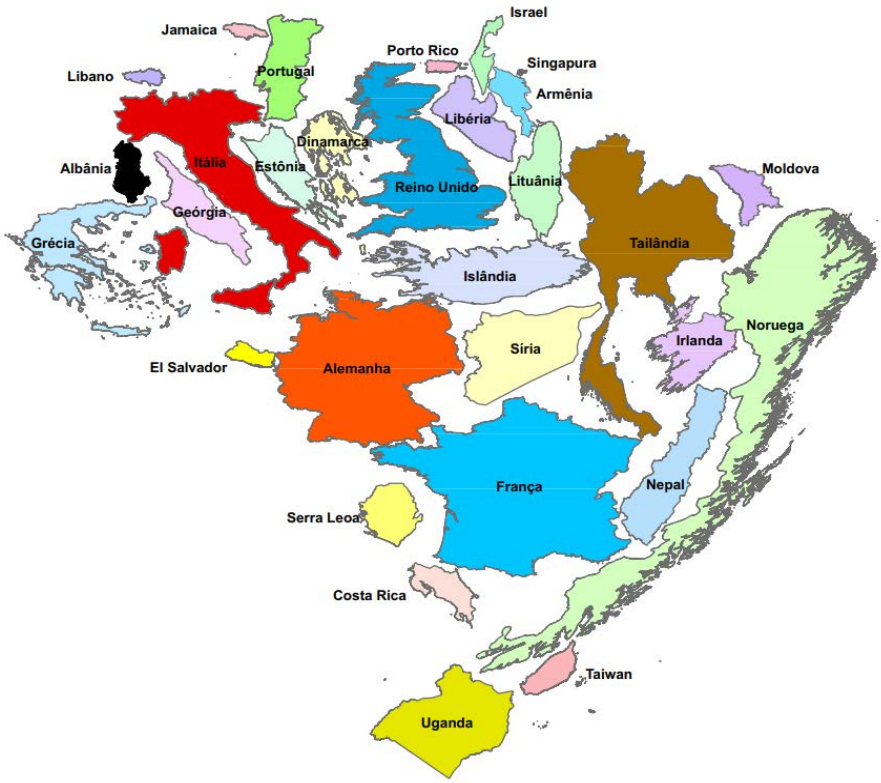
A continental extensão do seu território, posiciona o Brasil em diferentes zonas térmicas da Terra, formando seis tipos de clima (Equatorial, Tropical, Tropical Semiárido, Tropical de Altitude, Tropical Litorâneo, Subtropical) que contribuem, somado a outros fatores, para a formação de diferentes biomas, cada um com suas riquezas e particularidades: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa.

As vastas áreas de cobertura vegetal natural do território nacional fazem do Brasil um dos países com maior diversidade biológica no mundo, abrigando de 15% a 20% da diversidade biológica conhecida do Planeta, com altas taxas de endemismo.

Somente a Amazônia Legal possui superfície de aproximadamente 5.015.067 km², correspondente a cerca de 58,9% do território brasileiro. Se compararmos essa extensão com o território dos maiores países do mundo, a Amazônia superaria em tamanho a Índia que ocupa a sétima posição.

O País também abriga a maior reserva de água doce do mundo (cerca de 15% do volume disponível no Planeta). Sendo a Bacia Hidrográfica Amazônica a maior do Brasil (3.843.402 km²) que corresponde à 44,6% do território nacional e que abriga o maior rio do mundo em volume de água e em extensão: o rio Amazonas, com seus 6.992 km e vazão de até 300.000 m³/s.

Representação da extensão territorial do Brasil em comparação com outros países



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

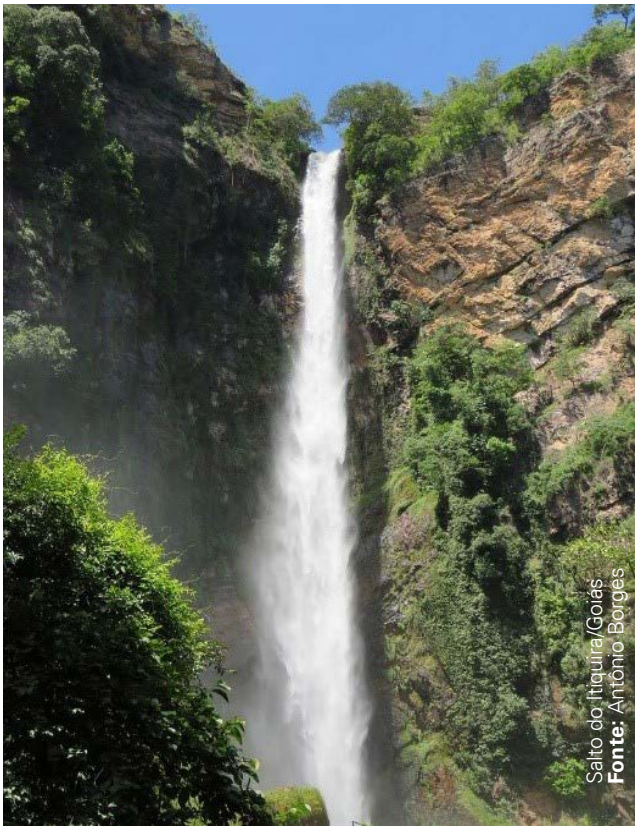
Contexto socioeconômico

A estimativa da população brasileira para 2020 foi de 211.755.692 habitantes, a sexta maior população do mundo. A taxa média geométrica de crescimento anual, no período de 2010 a 2020, foi de 1,05%, a mais baixa já observada, refletindo a continuidade do declínio da fecundidade verificado no decorrer dos últimos 50 anos (1,76 filhos por mulher, estimado em 2020), exprimindo-se na queda relativa e, em diversos casos, na redução até absoluta do número de nascimentos.

Aproximadamente 84,4% dessa população, atualmente, vive em áreas urbanas. Destaca-se o fato de que a distribuição populacional ocorre de maneira irregular no território do País, por exemplo, 58% da população está na faixa litorânea (faixa de 200 km a partir da linha de costa). Outro exemplo de disparidade diz respeito à densidade demográfica considerando as regiões: em um extremo temos as regiões Sudeste e Sul com, respectivamente, 86,92 e 48,58 hab/km²; e no outro as regiões Norte e Centro-Oeste com 4,12 e 8,75 hab/km². A região Nordeste é a que mais se aproxima da média de 22,43 hab/km², registrando 34,15 hab/km².

Atualmente o Brasil encontra-se na lista dos países mais ricos do mundo, registrou para 2020 7,4 trilhões de reais como PIB. Quanto ao Índice de Desenvolvimento Humano, o Brasil atingiu o valor de 0,755, considerado alto, embora comparado com o cenário internacional localiza-se na 75ª posição. Por sua vez, o valor do PIB per capita foi medido em 2018 como R$ 33.593,82. Apesar do elevado valor total da riqueza no Brasil, a distribuição desigual ainda é um desafio.

O Brasil destaca-se pelo elevado percentual de uso de fontes de energia renováveis em sua matriz energética, cerca de 83,21% de toda a energia consumida. Predominando a energia hidrelétrica (61,85%), seguida de eólica (10,7%), biomassa (8,72%) e solar (1,94%). As fontes de energia não renováveis correspondem à 16,79% (petróleo 5,17%; gás natural 8,46%; carvão mineral 2,03% e; nuclear 1,13%). A atual capacidade instalada de energia no país é de 1 GW.



Salto do Itiquira/Goiás
Fonte: Antônio Borges

Governança Ambiental Brasileira

O Brasil esteve presente em todas as conferências internacionais sobre o meio ambiente, tendo em todas elas papel de protagonismo para o seu desenvolvimento e implantação. A Conferência de Estocolmo, em 1972, foi o primeiro encontro global de líderes para tratar da agenda ambiental, nesse momento histórico o Brasil atuou de maneira decisiva nas discussões sobre mudanças climáticas, qualidade da água e na elaboração de bases para o desenvolvimento sustentável.

Posteriormente, o Brasil sediou a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, ou, Cúpula da Terra, ou como ficou mais conhecida Rio-92, que teve como frutos a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento; a Agenda 21; os Princípios para a Administração Sustentável das Florestas; a Convenção da Biodiversidade; e a Convenção do Clima. Em 2012, o País sediou a Rio+20, com o objetivo de retomar as

discussões e renovar o compromisso com o desenvolvimento sustentável. Prevista para 2022, a Rio+30, terá novamente como sede a cidade do Rio de Janeiro.

O Brasil também foi pioneiro ao colocar em sua Carta Magna a pauta de preservação ambiental. A Constituição de 1988 garante que "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações" (CF, Art. 225).

Para a defesa desse direito fundamental, o Brasil conta com órgãos de Estado com papeis estabelecidos para que, atuando em conjunto, possam garantir o atendimento ao disposto na Constituição.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) está diretamente ligado ao poder executivo e tem como missão promover a adoção de princípios e estratégias para o conhecimento, a proteção e a recuperação do meio ambiente, o uso sustentável dos recursos naturais, a valorização dos serviços ambientais e a inserção do desenvolvimento na formulação e na implementação de políticas públicas, de forma transversal e compartilhada, participativa e democrática, em todos os níveis de governo e sociedade. Vinculadas ao MMA estão as autarquias: Ibama, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ).

O Ibama tem por responsabilidade executar a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), estabelecida pala Lei n.º 6.938/81. Atua no licenciamento ambiental de empreendimentos, no controle da qualidade ambiental, na autorização de uso dos recursos naturais (flora, fauna, solo etc) e na fiscalização, monitoramento e controle ambiental.

O ICMBio tem como função executar as ações do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Snuc), podendo propor, implantar, gerir, proteger, fiscalizar e monitorar as unidades de conservação instituídas pela União e executar programas de pesquisa, proteção, preservação e conservação da biodiversidade.

O Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) tem como finalidade promover, realizar e divulgar o ensino e as pesquisas técnico-científicas sobre os recursos florísticos do País, visando ao conhecimento e à conservação da biodiversidade, e manter as coleções científicas sob sua responsabilidade.

Há também outros órgãos de governo que contribuem para a gestão ambiental. Como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional, a qual tem responsabilidade de regular o uso das águas, dos rios e lagos, além de implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, seu trabalho visa garantir o uso sustentável da água, evitando a poluição e o desperdício. Outra autarquia de papel fundamental, é o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que tem a missão de promover o conhecimento, o



Arirambа-de-cauda-ruiva (*Galbula ruficauda*)
Fonte: Antônio Borges

uso sustentável e a ampliação da cobertura florestal, tornando a agenda florestal estratégica para a economia do País.

Além dos órgãos de atuação federal, os estados, o Distrito Federal e municípios também contam em sua estrutura executiva com órgãos de meio ambiente para assegurar a qualidade e uso dos recursos naturais no âmbito dos seus territórios.

Para permitir a articulação desses inúmeros órgãos, com responsabilidades distintas, e garantir o cumprimento dos princípios estabelecidos pela Constituição Federal e pela PNMA, foi criado o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), que conta com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) que é um órgão consultivo e deliberativo composto por órgãos federais, estaduais e municipais, setor empresarial e entidades ambientalistas.

Populações e Territórios Indígenas

No cenário ambiental do País, a população indígena brasileira desempenha papel de destaque para a preservação das florestas. Essa população é composta por 896.917 pessoas, sendo que 57,7% residem em terras indígenas (TI) oficialmente reconhecidas. Ao todo são 505 TI, as quais correspondem a 12,5% do território nacional, com maior concentração da sua população na região Norte (37,4%), seguido pelo Nordeste, com 25,5%. A diversidade ética é considerável! São 305 diferentes etnias com 274 idiomas registrados.

O Brasil é um dos poucos países do mundo que possui um órgão oficial para garantir a proteção dos direitos dos povos originais: a Fundação Nacional do Índio (Funai). Dentre suas funções a Funai deve fomentar ações que garantam a diversidade sociocultural e a conservação e recuperação do meio ambiente.



Terra Indígena, Floresta Amazônica
Fonte: Augusto Morelli

Desafios e prioridades

Apesar dos esforços para atender à crescente demanda nacional e internacional em prol de uma agenda ambiental sustentável, o Brasil ainda enfrenta desafios em sua trajetória de gestão.

Como prioridade está o combate aos crimes ambientais, sobretudo, aqueles relacionados à extração e exportação ilegal de madeira das nossas florestas para diversos países no mundo. Outro fator de destaque diz respeito ao crescente mercado internacional por espécies exóticas, que faz com que o tráfico de animais e espécimes da flora silvestre brasileira sejam um dos desafios a serem enfrentados pelo Brasil.

Os incêndios florestais também representam preocupação em virtude do enorme potencial de destruição da biodiversidade e de habitats naturais, além dos prejuízos decorrentes do comprometimento da qualidade do ar. O problema tem se agravado nos anos recentes em virtude da intensificação de extremos climáticos que acarretam períodos prolongados de seca e aumento de áreas suscetíveis ao fogo. Adiciona-se a esse fato a ocorrência de incêndios criminosos.

Outro desafio é conciliar o crescimento da agricultura de *commodities* para exportação, com a necessidade de frear a expansão das áreas cultiváveis em prol da conservação das florestas. A busca pelo equilíbrio entre a segurança alimentar da população mundial e a necessidade de preservação ambiental é premente e está alicerçada no desenvolvimento de tecnologias agrícolas que propiciem o aumento da produtividade nas áreas já utilizadas, assim como, a recuperação daquelas especialmente protegidas pela legislação.

Por fim, cabe ressaltar o crescimento acelerado nos últimos anos da preocupação do mercado internacional em estabelecer modelos de negócios e estruturas de gestão que considerem o meio ambiente em seu escopo. A adoção de ações que conjugam os aspectos ambiental, social e econômico – tripé do desenvolvimento sustentável – tem se tornado o diferencial competitivo das grandes corporações, visando atender demandas de consumo de pessoas cada vez mais conscientes da urgência da tomada de decisões que diminuam a exploração depredatória dos recursos naturais do Planeta.

Nesse mesmo ensejo, cresce a busca por soluções "verdes" que visam tornar mais eficiente, em termos ambientais, a produção industrial e agrícola, a reestruturação dos centros urbanos e dos serviços prestados para a população.



Inventário Florestal Nacional / Amazônia - Pará
Fonte: SFB

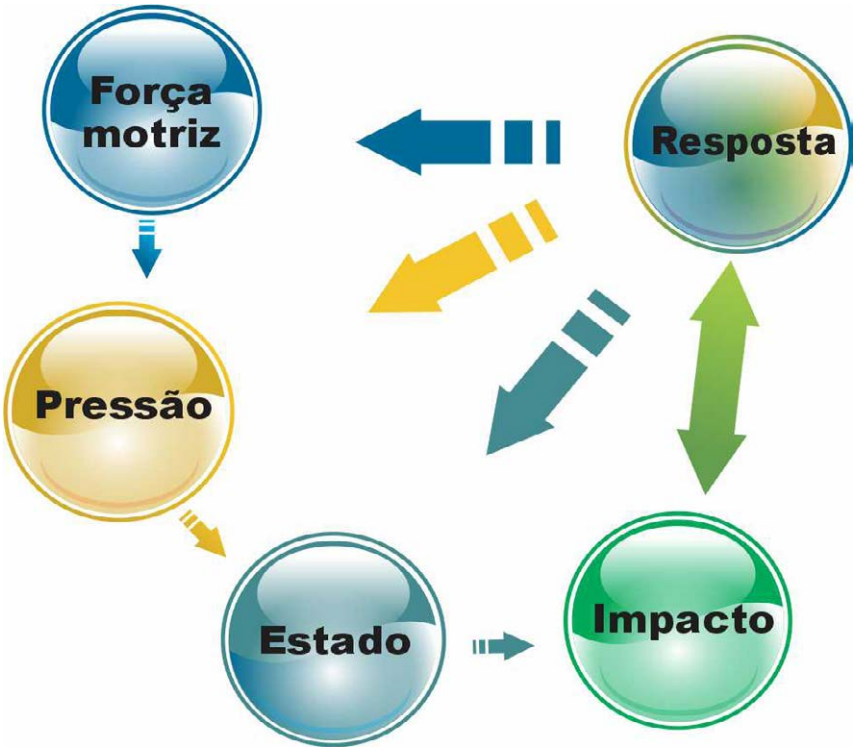
Elaboração e estruturação do RQMA Brasil 2020

A metodologia adotada para a elaboração do RQMA Brasil 2020 baseia-se no modelo de análise denominado DPSIR, sigla em inglês para: Força Motriz - Pressão - Estado - Impacto - Resposta (Driving Force - Pressure - State - Impact - Response).

O DPSIR tem sido mundialmente utilizado para a construção de relatórios e análises ambientais, sobretudo naqueles que utilizam indicadores para avaliação da qualidade do meio ambiente.

O uso dessa metodologia para o RQMA Brasil 2020, permite a elaboração de análises capazes de verificar a interdependência entre os fatores que levam ao atual estado dos recursos naturais do País, suas origens, consequências e as ações que são e podem ser adotadas para evitar e mitigar danos. Para tanto, são analisadas as relações de causa e efeito do atual estado da qualidade do meio tendo como recorte os temas abordados em 8 capítulos[1].

Representação dos indicadores do modelo DPSIR



Ao longo do Relatório são feitas referências aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que são parte da agenda mundial adotada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, em setembro de 2015, composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030. Muitos dos temas e subtemas tratados ao longo do Relatório apresentam estreita relação com os ODS, dessa forma, os capítulos do RQMA estão acompanhados da simbologia que representa cada um dos ODS.

1 Mais informações sobre a metodologia de elaboração do RQMA Brasil 2020 podem ser obtidas no "RELATÓRIO DE QUALIDADE DO MEIO AMBIENTE – ESCOPO 2020". Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2020/ibama-convida-especialistas-para-participar-da-elaboracao-do-rqma-brasil-2020/20201229EscopodoRQMA2020.pdf.

Representação dos 17 ODS



O RQMA Brasil 2020 está organizado em 8 capítulos que tratam de áreas temática de grande relevância ambiental para o País.

O capítulo 1, 'Atmosfera', trata da caracterização e composição da atmosfera, bem como dos impactos e pressões a ela exercidas por diversos fatores e setores. O capítulo descreve, a partir de três tópicos (Poluentes Atmosféricos, Camada de Ozônio e Mudanças Climáticas), as problemáticas encontradas que se refletem tanto na saúde humana, por doenças emergentes, como na biodiversidade e nas mudanças físicas do espaço. Adicionado a isso, explana sobre estratégias a serem atingidas e metas alcançadas pelas políticas públicas brasileiras.

O capítulo 2, 'Água', contém a caracterização da disponibilidade hídrica no Brasil, bem como elenca as pressões exercidas pelo aumento do consumo desse recurso. Apresenta dados sobre o tratamento e a qualidade da água no país, bem como dos conflitos de uso e as crises recentes enfrentadas pelo país. Por fim, trata das políticas públicas a das ações de gestão adotadas para a preservação e uso sustentável das águas brasileiras.

O capítulo 3, 'Terra', analisa a dinâmica recente das principais classes de uso da terra: agricultura, pecuária, silvicultura, mineração, áreas urbanas e cobertura vegetal. Ao mesmo tempo em que reconhece a importância dessas atividades para a economia brasileira e a adoção crescente de práticas produtivas sustentáveis, o capítulo aborda os principais impactos por elas acarretados sobre o meio ambiente e o bem-estar da população, como a conversão (por vezes ilegal) da vegetação nativa, a contaminação por agrotóxicos, a emissão de gases de efeito estufa e a ocorrência de acidentes ambientais.

O capítulo 4, 'Biodiversidade', apresenta o estado da conservação da biodiversidade brasileira, aborda temas como o tráfico de animais silvestres, espécies exóticas invasoras, espécies ameaçadas, perda de habitat, fragmentação e deterioração dos ecossistemas, recursos genéticos, biopirataria, saúde e emergência de zoonoses. Ao final, trata da participação do Brasil na Convenção sobre a diversidade biológica, da ratificação do protocolo de Nagóia, e das estratégias e planos de ação nacionais para a conservação da biodiversidade em todo o território.

O capítulo 5, 'Florestas', apresenta de forma geral o estado das florestas no Brasil: em quais biomas ocorrem, qual a extensão do recurso florestal em florestas naturais e plantadas, públicas ou privadas, os estoques florestais (volume, biomassa e carbono) e uso sustentável dos recursos. Também foram abordadas as pressões sofridas que potencialmente levam à perda da área florestal, ocasionado pela demanda por alimentos, energia, minérios e crescimento populacional. São elencados os impactos, muitas vezes globais, dessa perda, como a emissão de gases do efeito estufa, as mudanças no regime hídrico do continente, a perda de biodiversidade e a desertificação. Ao final, apresenta as ações que o Brasil vem implantando, como planos e políticas públicas, em resposta a essas pressões sofridas pelas florestas.

O capítulo 6, 'Ambiente Costeiro e Marinho', apresenta dados sobre a dinâmica populacional dos municípios costeiros e sobre a atividade pesqueira. Detalha a ocorrência de erosão na costa e traz informações sobre unidades de conservação, as quais resgatam e fortalecem características próprias da zona costeira. Adicionalmente, apresenta dados sobre a biodiversidade marinha e as áreas prioritárias para conservação da biodiversidade.

O capítulo 7, 'Ambiente Urbano', aborda aspectos que permeiam a relação entre a sociedade e as cidades, considerando questões ambientais, tais como áreas verdes, mobilidade urbana e suas consequências (poluição, acidentes, fluxo de mercadorias e pessoas), geração e tratamento de resíduos sólidos e tratamento de água. Além de apresentar as políticas públicas para a preservação ambiental no contexto urbano, com foco na sustentabilidade e na saúde pública.

O capítulo 8, 'Economia Verde', cuja inserção no RQMA brasileiro ocorre pela primeira vez a partir desta edição, busca relatar avanços ocorridos ao longo dos últimos anos rumo à adoção de atividades econômicas mais sustentáveis (sob os pontos de vista econômico, social e ambiental). No capítulo, adota-se o conceito cunhado pelo Pnuma (2010, 2011), segundo o qual Economia Verde é "aquela que resulta na melhoria do bem-estar humano e da equidade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica". O capítulo trata de sete temas com potencial de alavancar a transição para uma Economia Verde, incluindo: Agropecuária Sustentável, Economia Circular, Bioeconomia, Empregos Verdes, Transição Energética, Contratações Públicas Sustentáveis e Turismo Sustentável.



Fonte: SFB



1 Atmosfera

Fonte: Nasa

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação
Sofia Negri Braz - IAU/USP

Redação
Adriano Santhiago de Oliveira - MMA
Ariane Frassoni dos Santos de Mattos - Inpe
Cássia Monalisa dos Santos Silva - UEG
Celso Vainer Manzatto - Embrapa Meio Ambiente
Fabio David Reis - Ministério da Saúde
Felipe Ferreira Monteiro - Unifacex
Frank Edney Gontijo Amorim - MMA
Giovanni Dolif Neto - Cemaden
Gustavo dos Santos Souza - Ministério da Saúde
Gustavo Luedemann - Ipea
Iara Campos Ervilha - Ministério da Saúde
Juliana Wotzasek Rulli Villardi - Ministério da Saúde
Lourdes Milagros Mendoza Villavicencio - UFRN
Magda Aparecida de Lima - Embrapa Meio Ambiente
Magna Leite Luduvice - MMA
Natália Rudolff - Inpe
Patrick Joseph Connerton - Ministério da Saúde
Regina Márcia Longo - PUC Campinas
Regina Maura de Miranda - EACH/USP
Rodrigo Favero Clemente - Ministério da Saúde
Simone Marilene Sievert da Costa Coelho - Inpe
Tatiana Lopes de Oliveira Pereira - MMA

Colaboração
Karla Longo - Inpe
Ricardo Vieira Araujo - MCTI
Saulo Freitas - Inpe

ODS relacionados ao capítulo



INTRODUÇÃO

A atmosfera terrestre é uma massa gasosa que envolve a Terra e é retida por seu campo gravitacional. Se estende desde a superfície (comumente chamada de camada limite atmosférica), a uma altitude de cerca de 660 km, e é dividida em camadas, com base em como a temperatura varia com a altitude: Troposfera, Estratosfera, Mesosfera, Termosfera e Exosfera. Sem a atmosfera, nenhuma forma de vida existiria, pois ela protege a superfície da Terra da radiação solar, além de controlar a temperatura terrestre por meio do efeito estufa natural. Aproximadamente 90% da sua massa total está contida nos primeiros 20 km e cerca de 99,9% nos primeiros 50 km (WALLACE; HOBBS, 2006; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2017). A composição da atmosfera terrestre é dada por uma mistura de gases, sendo majoritariamente 78,08% de nitrogênio diatômico (N_2) e 20,95% de oxigênio (O_2). Embora o nitrogênio e o oxigênio sejam constituintes limitantes para o desenvolvimento dos ecossistemas e para a manutenção da vida humana no planeta, têm pouco efeito sobre o clima e outros processos atmosféricos.

A atmosfera é também o reservatório primário de gases nobres: o neônio (Ne), argônio (Ar), criptônio (Kr), hélio (He) e xenônio (Xe). O argônio é o terceiro gás mais abundante da atmosfera, ocupando 0,93% da fração de volume, e está presente em concentrações muito mais altas do que os outros gases nobres (WALLACE & HOBBS, 2006). Os demais gases que constituem a atmosfera são denominados gases traço, ocupando menos de 1% de sua fração de volume, mas com papel importante no balanço radiativo terrestre e nas propriedades químicas da atmosfera (SEINFELD; PANDIS, 2016). O vapor d'água (H_2O) é o mais abundante gás traço e é responsável por cerca de 0,25% da massa da atmosfera. O H_2O é altamente variável, com concentrações que vão de cerca de 10 partes por milhão por volume (ppmv) nas regiões mais frias da atmosfera da Terra até 5% em volume em regiões de clima quente e úmido (WALLACE; HOBBS, 2006), sendo encontrado principalmente na baixa atmosfera e controlado pelos processos de evaporação e precipitação (SEINFELD; PANDIS, 2016). Em função da grande variabilidade nas concentrações de H_2O, é comum listar o percentual de diferentes constituintes em relação ao ar seco. Dentre os demais gases traço, pode-se citar o dióxido de carbono (CO_2), hidrogênio (H_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3), entre outros (SEINFELD; PANDIS, 2016).

Alguns dos gases traço, como o H_2O, CH_4, CO_2, N_2O, e O_3 são considerados de efeito estufa. Eles absorvem a radiação infravermelha da superfície da Terra e irradiam novamente uma parte de volta à superfície (SEINFELD; PANDIS, 2016). Entre os gases traço estão também moléculas que contêm carbono, nitrogênio e átomos de enxofre (WALLACE & HOBBS, 2016) provenientes da decomposição de matéria orgânica ou de atividades antrópicas como a queima de biomassa e o uso de combustíveis fósseis (SEINFELD; PANDIS, 2016). As substâncias emitidas para a atmosfera por ações antrópicas têm uma contribuição crescente sobre as mudanças da composição da atmosfera (SEINFELD; PANDIS, 2016). Tais substâncias, em concentrações altas o suficiente para deteriorar a qualidade do ar ambiente e produzir efeitos adversos nos seres vivos ou induzir a deterioração de materiais, são definidas como poluentes atmosféricos (SEINFELD; PANDIS, 2016).

Na Tabela 1 são apresentados os constituintes químicos constantes (aqueles que mantêm a mesma quantidade independente do tempo) e variáveis (aqueles que sofrem variações à atribuição de algum tipo de atividade antrópica), em concentração por fração de volume (SEINFELD; PANDIS, 2016).

Tabela 1 – Concentração dos constituintes químicos, em fração de volume, presentes na atmosfera (constantes e variáveis).

Constituintes Constantes		Constituintes Variáveis	
Constituintes	**Percentual (%)**	**Constituintes**	**Percentual (%)**
Nitrogênio	78,08	Dióxido de carbono	0,04
Oxigênio	20,95	Vapor d'água	0-4
Argônio	0,93	Metano	–
Neônio, Hélio, Criptônio	0,001	Dióxido sulfúrico	–
		Ozônio	–
		Óxidos de nitrogênio	–

Fonte. Adaptado de SEINFIELD; PANDIS, 2016.

Além dos gases, a atmosfera também contém partículas como poeira, spray marinho, cinzas vulcânicas, chuva e neve. Essas são altamente variáveis e geralmente menos persistentes do que as concentrações de gases, contudo, podem permanecer na atmosfera por períodos relativamente longos. Por exemplo, em se tratando de poluentes atmosféricos, seu tempo de residência na atmosfera é definido pelo fator de escala que relaciona as emissões constantes – Teragrama (Tg/ano) – a uma carga de estado estacionária (Tg), ou um pulso de emissão (Tg) à carga integrada no tempo daquele pulso em (Tg/ano) (IPCC, 2018). Independente de sua origem, o tempo de residência ou tempo de vida é assumido como constante e representa o tempo de decaimento de uma determinada perturbação (Tabela 2). Tais perturbações se dão pela emissão de poluentes atmosféricos provenientes de diversas fontes, conforme indicado pela Tabela 2.

Tabela 2 – Principais poluentes, respectivas fontes e tempo de vida.

Gás	Fonte	Tempo de vida
PTS Partículas Totais em Suspensão	Antrópicas: processos industriais, veículos motorizados, poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Naturais: pólen, aerossol marinho e solo	1 semana a 10 dias
Fumaça	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera)	1 semana a 10 dias
$PM_{2,5}$ Partículas Inaláveis	Processos de combustão (queimadas)	1 semana a 10 dias
PM_{10} Partículas Inaláveis	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera)	1 semana a 10 dias
SO_2 Dióxido de Enxofre	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, polpa e papel	~2 dias
NO_x Óxidos de Nitrogênio	Combustão, Processos industriais, queima de resíduo sólido, veículos automotores (movido a gasolina/diesel), queima de biomassa	~1 dia
CO Monóxido de Carbono	Combustão incompleta em veículos automotores, queima de biomassa	~1 a 3 meses
NO_2 Dióxido de Nitrogênio	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incineração (processos fotoquímicos)	~1 dia
CH_4 Metano	Decomposição orgânica (aterros sanitários, lixões e reservatórios de hidrelétricas), atividade pecuarista, cultivo de arroz irrigado por inundação, queima de biomassa	~10 anos
VOC Compostos Orgânicos Voláteis	Processos de combustão (emissões veiculares e de combustíveis fósseis), armazenamento e transporte de combustíveis, uso de solventes, emissões industriais. Também podem ser emitidos por fontes biogênicas (plantas, fitoplâncton marinho, entre outras	Média de curta duração na atmosfera (frações de um dia a meses)

Gás	Fonte	Tempo de vida
N_2O Óxido Nitroso	Manejo agrícola de solos, deposição de excretas animais, queima de biomassa, Processo de combustão (atividades industriais), oxidação de amônia, emissão dos solos	~120 anos
O_3 Ozônio	Poluente secundário (não é emitido diretamente na atmosfera). É produzido por reações químicas entre os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis na presença de luz solar (reações fotoquímicas)	Varia de dias a semanas
CCl_3F Triclorofluormetano	CFC-11, produzido pela indústria química	52 anos
CCl_4 Tetracloreto de carbono	CTC, produzido pela indústria química	32 anos
CCl_2FCClF_2 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoretano	CFC-113, produzido pela indústria química	93 anos
CCl_2F_2 Diclorodifluorometano	CFC-12, produzido pela indústria química	102 anos
CH_3CCl_3 1,1,1-tricloroetano, metilclorofórmio	Metilclorofórmio, produzido pela indústria química	5 anos
CH_3CCl_2F 1,1- Dicloro-1-fluoretano	HCFC-141b, produzido pela indústria química	9 anos e 4 meses
CH_3CClF_2 1-Cloro-1,1-difluoroetano	HCFC-142b, produzido pela indústria química	18 anos
CHF_2Cl Clorodifluorometano	HCFC-22, produzido pela indústria química	12 anos
CH_3Cl Clorometano	Emitidos por ecossistemas oceânicos e terrestres	9 meses
$CBrF_3$ Bromotrifluormetano	Halon-1301, produzido pela indústria química	65 anos
$CBrClF_2$ Bromoclorodifluorometano	Halon-1211, produzido pela indústria química	16 anos
CH_3Br Bromometano	Emitidos por ecossistemas oceânicos e terrestres	8 meses
CHF_3 Trifluorometano	HFC-23, produzido pela indústria química	228 anos
CH_3CF_3 1,1,1-trifluoroetano	HFC-143a, produzido pela indústria química	51 anos
CHF_2CF_3 Pentafluoroetano	HFC-125, produzido pela indústria química	30 anos
CH_2FCF_3 1,1,1,2-Tetrafluoroetano	HFC-134a, produzido pela indústria química	14 anos
CH_2F_2 Difluorometano	HFC-32, produzido pela indústria química	5 anos e 4 meses
CH_3CHF_2 1,1-Difluoroetano	HFC-152a, produzido pela indústria química	1 ano e 6 meses
$CF_3CF=CH_2$ 2,3,3,3-Tetrafluor-1-propeno	HFO-1234yf, produzido pela indústria química	3 semanas

Fontes: Elaborado pelos autores, 2021.

De acordo com o Decreto Estadual de n.º 8.468, de 8 de setembro de 1976, emitido pelo Governo de São Paulo, que regulamentou a Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976:

> "são consideradas fontes de poluição todas as obras, atividades, instalações, empreendimentos, processos, dispositivos, móveis ou imóveis, ou meios de transportes que, direta ou indiretamente, causem ou possam causar poluição ao meio ambiente".

Como fontes fixas, podem-se citar as Emissões Industriais. Estas são contabilizadas tomando como base três números de detalhamento: nível de planta, que corresponde aos processos industriais que contêm um conjunto de atividades emissoras; nível pontual, as quais são medidas diretamente de fontes pontuais, como chaminés, dutos ou outras fontes de emissões; nível de processo, que corresponde às operações de uma categoria específica de fontes de emissões (EPA, 1999).

Como Fontes Móveis, o setor econômico Energia é um dos principais responsáveis pelas emissões, no qual o subsetor de Atividades de Queima de Combustíveis agrega a categoria "Transportes" como a principal responsável pela contaminação atmosférica, especialmente nas grandes cidades. Nesta, podem-se destacar os veículos pesados, responsáveis pela maior fração das emissões de NO_x e enxofre. Já os veículos leves emitem, principalmente, CO, material particulado (MP) e hidrocarbonetos. As regiões metropolitanas do Brasil, e principalmente a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), possuem alto potencial de formação de ozônio, devido às emissões veiculares dos poluentes que são precursores deste gás. Isto porque a crescente motorização[1] da população brasileira, promovida pela deficiência dos serviços de transporte público, vem contribuindo, ao longo dos anos, para o aumento expressivo do tráfego de veículos. Entretanto, o crescimento da motorização não é um padrão observado somente nas grandes cidades, mas também nas cidades de pequeno e médio portes.

Informações sobre as fontes de poluentes são importantes para compor os inventários de emissões antrópicas, compostas pelas emissões de fontes fixas e móveis. Metodologias consagradas para o desenvolvimento de inventários de emissões atmosféricas por veículos automotores são utilizadas em escala regional para aplicação em estados e no Distrito Federal. Informações como o fluxo de veículos (fornecido pela Companhia de Engenharia de Tráfego do município e por concessionárias de vias expressas), preço de venda de combustível para o setor de transportes (fornecido pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP), frota de veículos licenciada (fornecida pelo Departamento de Trânsito do estado), fatores de emissão dos poluentes inventariados (fornecidos em relatórios elaborados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb) para poluentes inventariados regulamentados pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) e Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (Promot) (CO, NO_x, NMHC e MP), bem como para óxidos de enxofre (SO_x), hidrocarbonetos não metano evaporativos (NMHC evap), aldeídos (RCOH) e MP de ressuspensão (MP *ressus*), são comumente utilizadas para a elaboração de inventários. Deve-se destacar que a informação sobre a frota circulante nas regiões brasileiras é uma medida estimada e, geralmente, menor que a frota licenciada[2]. Isso porque uma parte deles deixa de circular sem que haja a comunicação sobre a baixa do registro (CETESB, 2020).

---

1 Mais informações sobre frotas veiculares podem ser obtidas no capítulo "Ambiente Urbano".

2 Entende-se por frota licenciada o conjunto de veículos licenciados pelo órgão de trânsito e que estão com a documentação e impostos regularizados e passíveis de circulação.

Um dos grandes problemas causados pelo aumento das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, provenientes de diferentes fontes, é o aquecimento global causado pela intensificação do efeito estufa devido. Por consequência, tem-se observado o aumento da temperatura média global, que por sua vez, causa mudanças ambientais e no clima, como o derretimento de geleiras, o aumento do nível médio dos mares, maior acidificação dos oceanos, entre outras.

As emissões antrópicas totais de GEE no mundo aumentaram entre 1970 e 2010. Apesar de um número crescente de políticas de mitigação da mudança do clima, as emissões anuais desses gases cresceram em média 1,0 gigatonelada equivalente de dióxido de carbono ($GtCO_{2eq}$) (2,2%) por ano, entre 2000 e 2010, em comparação com 0,4 $GtCO_{2eq}$ (1,3%) por ano, entre o período de 1970 a 2000 (Figura 1a). Nesse mesmo período, foram observadas as emissões antrópicas mais altas da história da humanidade, atingindo 49 (± 4,5) $GtCO_{2eq}$ em 2010. A crise econômica global de 2007/2008 contribuiu temporariamente para a redução das emissões (IPCC, 2014). A tendência de crescimento das concentrações de CO_2 atmosférico manteve-se em 2020, apesar das medidas restritivas de mobilidade tomadas durante a pandemia de COVID-19 para reduzir a transmissão do vírus SARS-CoV-2. A redução das emissões associadas às limitações de mobilidade reduziram a poluição local, principalmente nas grandes cidades, que por consequência alterou os padrões de radiação solar que chega na superfície. Essa variação climática, entretanto, não foi significativa levando-se em conta a variação natural (IPCC, 2021).

Dos 49 (± 4,5) $GtCO_{2eq}$ / ano no total das emissões antrópicas de GEE em 2010, o CO_2 continua sendo o principal gás, respondendo por 76% (38 ± 3,8 $GtCO_{2eq}$ / ano) das emissões antrópicas totais de GEE em 2010, 16% (7,8 ± 1,6 $GtCO_{2eq}$ / ano) vêm do metano (CH_4), 6,2% (3,1 ± 1,9 $GtCO_{2eq}$ / ano) de óxido nitroso (N_2O) e 2,0% (1,0 ± 0,2 $GtCO_{2eq}$ / ano) de gases fluorados.

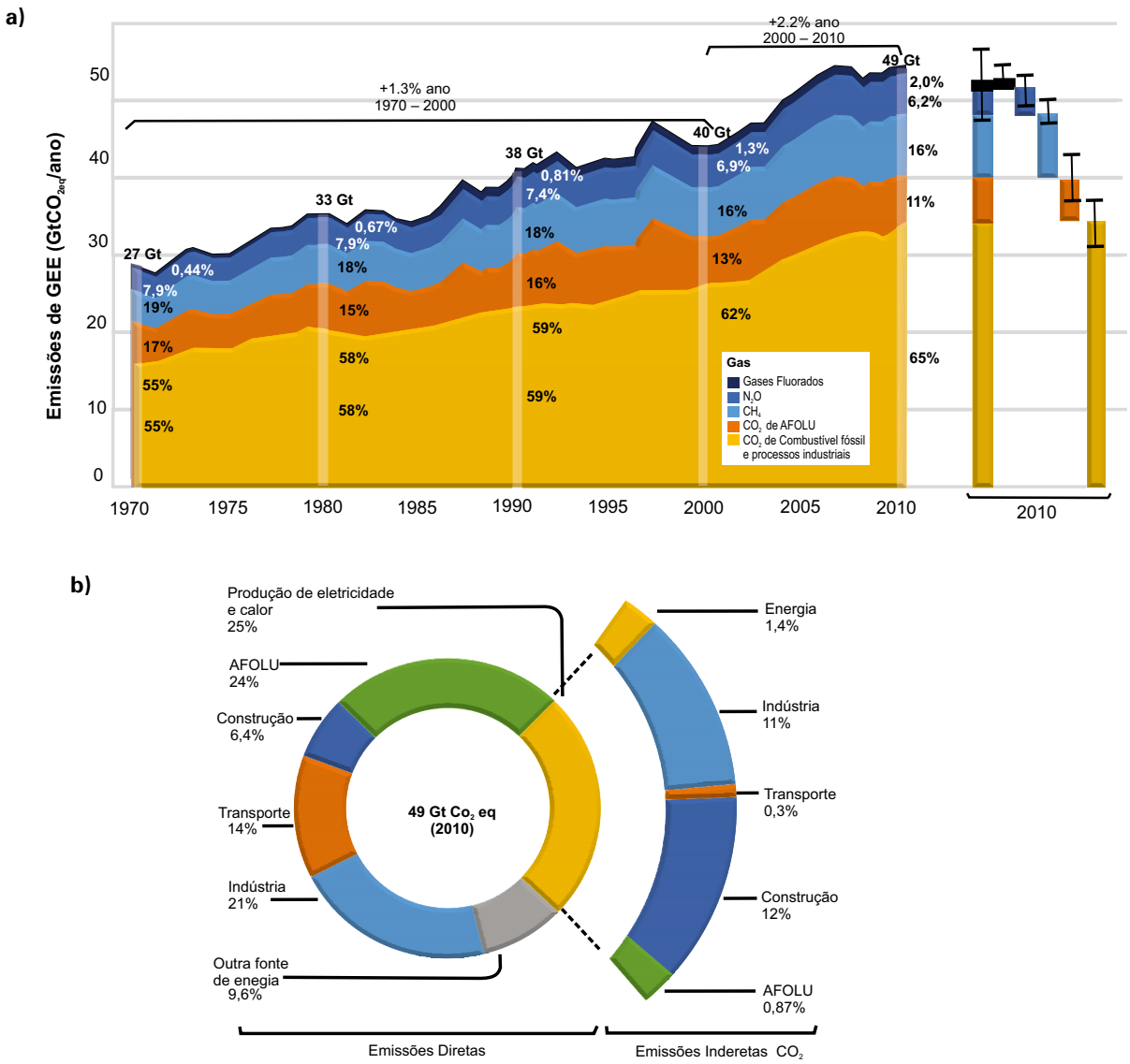
As emissões antrópicas globais de GEE aumentaram em 10 $GtCO_{2eq}$ entre 2000 e 2010, proveniente diretamente da geração de energia (47%), indústria (30%), transporte (11%) e construção (3%) (IPCC, 2014).

Entre 2000 e 2010, as emissões de GEE aumentaram em todos os setores, exceto Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo (AFOLU, sigla em inglês). Do total de 49 (± 4,5) $GtCO_{2eq}$ em 2010, 35% (17 $GtCO_{2eq}$) das emissões foram resultantes do setor de geração de energia, 24% (12 $GtCO_{2eq}$, emissões líquidas) do setor de AFOLU, 21% (10 $GtCO_{2eq}$) da indústria, 14% (7,0 $GtCO_{2eq}$) do transporte e 6,4% (3,2 $GtCO_{2eq}$) de construções. Ao se atribuir as emissões da produção de eletricidade e calor aos setores que usam a energia final (ou seja, emissões indiretas), as participações dos setores da indústria e da construção nas emissões globais de GEE aumentam para 31% e 19%, respectivamente (Figura 1b) (IPCC, 2014).



Fonte: Vinícius Mendonça

Figura 1 – a) Emissões antrópicas de GEE no período de 1970 a 2010.; **b)** Emissões de GEE por setores econômicos.



Fonte. IPCC, 2014. (Traduzido).

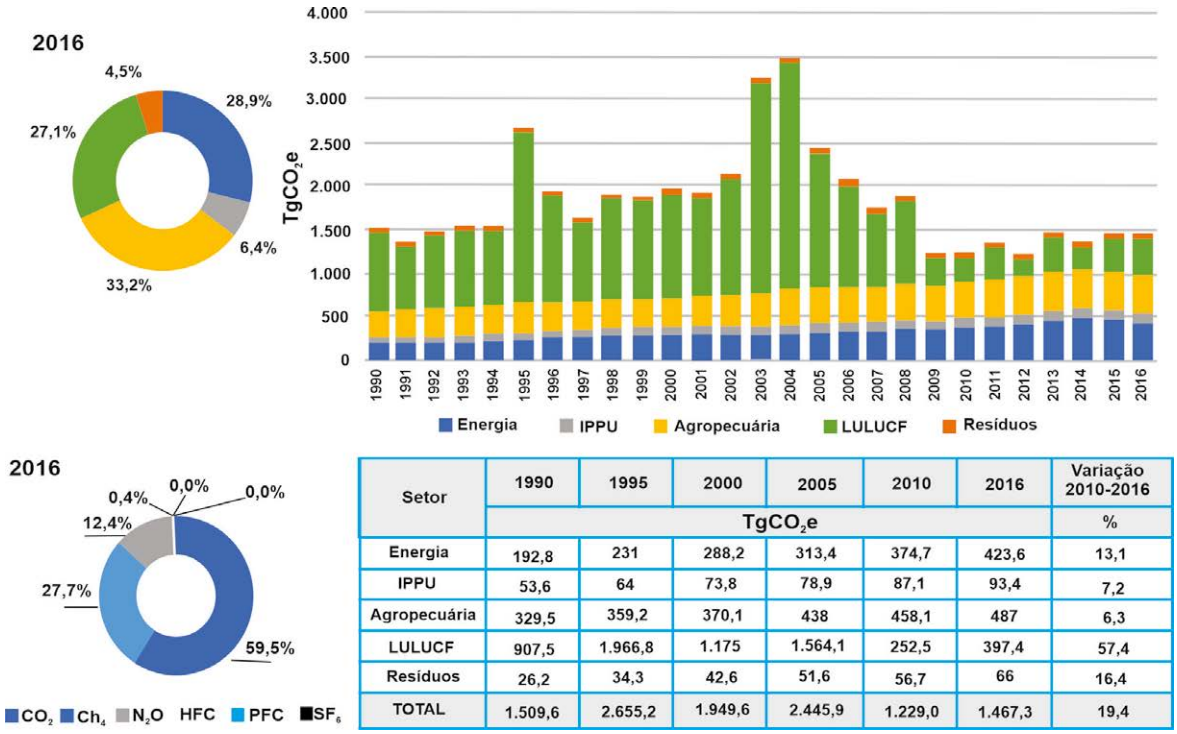
No que se refere ao Brasil, em 2016, as emissões de GEE representaram 59,5% (CO_2), 27,7% (CH_4) e 12,4% (N_2O) do total do Inventário em CO_{2eq} (MCTI, 2020).

Proporcionalmente, o setor de agropecuária contribuiu com 33,2% do total das emissões em 2016, o setor de energia com 28,9% e o setor de uso do solo, mudança no uso do solo e florestas com 27,1%. Os setores de processos industriais e uso de produtos e resíduos contribuíram com parcelas menores de emissões, representando 6,4% e 4,5%, respectivamente (Figura 2).

As Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio (SDO) foram utilizadas por décadas em diversos ramos da indústria, principalmente pela indústria de bens e serviços.

Por serem substâncias danosas à camada de ozônio, as SDO estão sendo gradativamente eliminadas desde o surgimento do Protocolo de Montreal (estabelece um cronograma de eliminação das substâncias controladas e todas as Partes devem cumprir), o qual o Brasil ratificou e promulgou em 1990. O País, já eliminou o consumo dos Clorofluorcarbonos (CFC), Halons,

Figura 2 – Emissões totais de GEE de 1990 a 2016 em Tg de CO_{2eq}.



Setor	1990	1995	2000	2005	2010	2016	Variação 2010-2016
	$TgCO_2e$						%
Energia	192,8	231	288,2	313,4	374,7	423,6	13,1
IPPU	53,6	64	73,8	78,9	87,1	93,4	7,2
Agropecuária	329,5	359,2	370,1	438	458,1	487	6,3
LULUCF	907,5	1.966,8	1.175	1.564,1	252,5	397,4	57,4
Resíduos	26,2	34,3	42,6	51,6	56,7	66	16,4
TOTAL	1.509,6	2.655,2	1.949,6	2.445,9	1.229,0	1.467,3	19,4

OBS: Na descrição do gráfico tem-se IPPU - Processos industriais e uso de produtos; e LULUCF - setor de uso do solo, mudança no uso do solo e florestas.

Fonte: MCTI, 2020, p.96.

Brometo de Metila, como fumigante na agricultura, e Tetracloreto de Carbono (CTC), a partir de 2010. Atualmente, está promovendo a eliminação dos Hidroclorofluorcarbonos (HCFC) por meio do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFC (PBH) com prazo de conclusão até 2040.

Apesar de diversificado, o uso de espumas de Poliuretano (PU) expandido no Brasil ainda é inferior ao de países mais desenvolvidos, mas vem crescendo consistentemente nos últimos anos, ocupando novos nichos de mercado (MMA, 2016), sendo, por sua vez, utilizadas na fabricação de:

- Espumas rígidas: com as funções de isolamento acústico ou térmico, utilizadas na refrigeração doméstica e comercial, na fabricação de painéis contínuos e descontínuos tipo sanduíche, blocos, em equipamentos de transportes, spray, em equipamentos de aquecimento solar, revestimento de tubos, garrafas térmicas, tanques resfriadores de leite, produtos da construção civil e em produtos estruturais;
- Espuma moldada: em produtos com característica de pele integral, para uso em móveis, autopeças e solados;
- Espumas flexíveis: travesseiros e peças moldadas em geral, sem a característica de pele.

Atualmente, as tecnologias ambientalmente adequadas são: hidrocarbonetos, formiato de metila, metilal, HFO (hidrofluorolefina) e CO_2 (base água). Algumas empresas seguem utilizando o HFC-365/277[3], um hidrofluorcarbono (HFC) com alto GWP (Potencial de Aquecimento Global).

3 Poluentes produzidos pela indústria química.

No setor de refrigeração, o consumo de SDO ocorreu como fluido refrigerante utilizado no circuito de refrigeração, tanto para o resfriamento quanto para o aquecimento.

As SDO foram largamente utilizadas como fluidos refrigerantes na refrigeração doméstica e comercial, bem como em sistemas ou aparelhos de ar condicionado. Os CFC foram proibidos em 2001, tanto na fabricação da espuma de isolamento térmico quanto para o circuito de refrigeração. No caso dos HCFC, o HCFC-141b, utilizado como agente de expansão da espuma de isolamento térmico, teve a importação banida em 2020. Por sua vez, o HCFC-22, utilizado como fluido refrigerante, atualmente apresenta consumo reduzido na manufatura de equipamentos, visto que a indústria em sua grande maioria já realizou a migração para os HFC, mas ainda apresenta consumo elevado para o setor de serviços.

No setor de refrigeração doméstica, segundo o documento da Etapa 2 do PBH (MMA, 2016), os fluidos refrigerantes utilizados atualmente são o isobutano (R-600a) ou o HFC-134a. O HFC-134a é um gás de alto GWP, e só deverá ser eliminado com a ratificação da Emenda de Kigali[4]. No caso da espuma de isolamento térmico, o consumo de HCFC-141b foi totalmente substituído pelo ciclopentano. Dentre as tipologias dos aparelhos produzidos, destacam-se: refrigeradores de uma porta e duas portas, congeladores verticais e horizontais e frigobares.

No setor de refrigeração comercial, a utilização desses equipamentos cresce a cada dia, pelo surgimento de novos supermercados, restaurantes, bares, padarias, sorveterias, lojas de conveniência e outros estabelecimentos que necessitam de freezers, expositores de bebidas, balcões comerciais e outros equipamentos de refrigeração (MMA, 2016). O setor é composto, principalmente, pelos seguintes tipos de equipamentos:

- Autônomos (stand-alone): usam fluidos hidrocarbonetos (HC-600a e HC-290)[5], CO_2 transcrítico e HFC-134a em substituição ao HCFC-22, desde 2009.
- Sistema monobloco (*plug-in*): usam fluidos HFC-404A[5] e HFC-507A[5] em substituição ao HCFC-22, desde 2010, contudo são soluções de alto GWP.
- Unidades condensadoras: os fluidos HFC-134a, HFC-404A e HFC-507A são aplicados desde 2010 em substituição ao HCFC-22. A aplicação do propano vem sendo estudada pelos fabricantes;
- Sistemas centralizados (*racks*): desde 2009, o setor utiliza alternativas como o HFC-134a (para média temperatura) e o HFC-404A e o HFC-507A (média e baixa temperatura), em sistema de expansão direta e indireta. Contudo, são soluções de alto GWP que foram adotadas em substituição ao HCFC-22.

O Brasil possui um parque industrial consideravelmente sofisticado para a manufatura de equipamentos de ar condicionado, que abrange a produção local de aparelhos do tipo janela, *splits*, unidades de médio e grande porte e *chillers*.

Segundo a Nota Técnica EPT 030/2018 (MMA, 2018), a posse de aparelhos de ar condicionado nas residências aumentou 9,0% ao ano entre 2005 e 2017[6]. Entretanto, enquanto países como China e Estados Unidos possuem aproximadamente 1 e 2 aparelhos, respectivamente, por residência, no Brasil há apenas 0,4 aparelhos.

4 Mais informações sobre a Emenda de Kigali podem ser obtidos no *site:* https://ozone.unep.org/sites/default/files/201904/Original_depositary_notification_english_version_with_corrections.pdf.

5 Poluentes produzidos pela indústria química.

6 A posse de condicionadores de ar residencial é a razão entre o estoque estimado de equipamentos em uso pelas famílias e a quantidade de domicílios particulares permanentes. O estoque é estimado a partir das informações da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso (PPH) de 2007 (ano base é 2005), e o crescimento anual das vendas de condicionadores de ar (MMA, 2018).

Por sua vez, os *chillers* são usados predominantemente para o conforto térmico em edificações comerciais ou complexos de edifícios. Também são usados para resfriamento de instalações comerciais e industriais, tais como centros de processamento de dados e de comunicação. Mas, com a finalidade de realizar a substituição do HCFC-22, a partir de 2010, os fabricantes iniciaram a produção de equipamentos com os fluidos refrigerantes HFC-134a, HFC-407C[5] e HFC-410A[5] no Brasil. Quando considerados os equipamentos de grande porte, são utilizados *chillers* centrífugos com os fluidos HCFC-123[5] ou HFC-134a.

A utilização de fluidos refrigerantes de baixo GWP para o setor de ar condicionado ainda é um desafio, visto que as substâncias alternativas substitutas são inflamáveis e demandam maior capacidade técnica de instalação e manutenção dos equipamentos.

O uso de CFC como solvente esteve concentrado nos processos de limpeza utilizados na indústria eletrônica e de engenharia de precisão. Os solventes mais utilizados foram o CFC-113[5] e o metilclorofórmio, além de pequena quantidade de tetracloreto de carbono para aplicações laboratoriais (MMA, 2014).

Segundo o documento da Etapa 2 do PBH (MMA, 2016), o HCFC-141b ainda é utilizado como solvente na indústria farmacêutica para a fabricação de equipamentos cirúrgicos (seringas e sprays), na indústria eletroeletrônica e mecânica (na forma de sprays) e para limpeza de circuitos de refrigeração (*flushing*).

No setor de serviços, responsável pela maior parcela do consumo de SDO no Brasil, concentram-se as atividades de instalação, manutenção e reparos de sistema de refrigeração e ar condicionado.

De acordo com o documento da Etapa 2 do PBH (MMA, 2016), o crescimento do consumo de HCFC-22 não se explica somente por meio da grande quantidade de equipamentos à base de HCFC existentes no País, mas também por outras razões: (i) qualidade técnica e baixo padrão das práticas de manutenção; (ii) falta de ferramentas adequadas; (iii) baixa qualidade das instalações existentes; (iv) ausência de manutenção preventiva; (v) baixa qualidade dos serviços de instalação; (vi) falta de conscientização ambiental; (vii) falta de recolhimentos e destinação ambientalmente adequada desses fluidos por meio da regeneração. Todos esses problemas contribuem para os altos índices de vazamentos de fluidos refrigerantes para a atmosfera.

O uso do brometo de metila começou a ser reduzido a partir do estabelecimento do cronograma de redução pelo Protocolo de Montreal. O Brasil se antecipou aos prazos e por meio da Instrução Normativa Conjunta (INC) Mapa/Ibama/Anvisa 01/2002 deixou de fazer expurgos de cereais e grãos armazenados e de tratamento com a substância após a colheita - desde 2004 não há aplicação em folhas de fumo armazenadas e desde 2006 não há aplicação em solos. Em culturas no campo nunca houve aplicação de brometo de metila. A aplicação no solo, até 2006, restringia-se a canteiros de sementeiras destinados à produção de mudas em bandejas ou produção comercial de vasos em floricultura. Essas práticas foram substituídas por solarização ou por tratamento via aplicação de vapor quente no solo.

A partir de 2015 (INC Mapa/Ibama/Anvisa 02/2015) ficou autorizado o uso de brometo de metila exclusivamente para atendimento de requisitos fitossanitários nas operações de importação e exportação, os chamados tratamentos com fins quarentenários (TFQ), incluindo o tratamento de embalagens e suportes de madeira para atendimento da Norma Internacional para Medidas Fitossanitárias - NIMF 15/CIPV/FAO, em alinhamento com o Protocolo de Montreal.

Diante do exposto, o capítulo Atmosfera discorre em três grandes tópicos - Poluição do Ar, Camada de Ozônio e Mudanças Climáticas - guiados pela metodologia estipulada para este relatório.

POLUIÇÃO DO AR

Poluentes e circulação atmosférica

O conhecimento a respeito da circulação atmosférica e dos padrões meteorológicos dominantes em uma determinada região é fundamental para a gestão da qualidade do ar. Diversas atividades de controle e gestão podem ser implementadas baseadas no entendimento sobre a meteorologia da poluição do ar, como por exemplo, a escolha do local de instalação de estações de monitoramento. Isso porque a concentração de poluentes próximo à superfície, que influencia diretamente a qualidade do ar, é alterada dependendo de como ocorre a dispersão, o transporte e a deposição dos constituintes químicos pelos fenômenos meteorológicos.

Fenômenos de diferentes escalas espacial e temporal contribuem para o controle da poluição do ar. Dentre os elementos meteorológicos, destaca-se o vento, definido como o movimento horizontal do ar. Quanto maior sua velocidade, maior será a dispersão e diluição da poluição e, portanto, menor será a concentração de poluentes em um determinado local. Além da velocidade, a direção do vento é determinante para o processo de transporte de poluição. O conhecimento a respeito da direção predominante dos ventos, pode, por exemplo, contribuir para a implantação de fontes fixas de poluição em pontos estratégicos visando reduzir seu efeito sobre as comunidades vizinhas ou sobre o meio ambiente.

Além da importância dos ventos próximos à superfície para o transporte de constituintes (ULKE *et al.*, 2007), destaca-se o movimento vertical do ar, que ocorre devido ao aquecimento diferencial das superfícies e das diferenças de pressão. Sobre uma superfície mais aquecida, a energia é conduzida para o ar sobrejacente, resultando em correntes convectivas irregulares (fenômeno conhecido como turbulência). O ar mais quente move-se aleatoriamente na vertical e o ar mais frio, por sua vez, tende a descer, por ser mais denso e mais pesado que o ar quente. A turbulência ocorre dentro da Camada Limite Planetária (CLP) e além do aquecimento diferencial, também pode ser gerada mecanicamente (pelo movimento do ar sobre obstáculos, como prédios, montanhas, vegetação etc). A turbulência transporta a poluição verticalmente dentro da CLP, onde é misturada com o ar ambiente, contribuindo para a sua dispersão.

As condições de estabilidade atmosférica são determinantes nos processos de transporte e dispersão. Sob condições estáveis, a poluição emitida permanece próximo ao nível da fonte. Por outro lado, sob condições instáveis, os poluentes podem ser transportados verticalmente ou podem ser "empurrados" para próximo da superfície por correntes descendentes de ar. Em uma atmosfera instável, ocorre formação de nuvens de grande desenvolvimento vertical. Estas transportam os constituintes químicos para os altos níveis da atmosfera pelas correntes ascendentes (ANDREAE *et al.*, 2001), onde são carregados horizontalmente pelos fortes ventos encontrados nessas camadas. Assim, os poluentes emitidos por uma determinada fonte podem ser transportados para regiões muito distantes de sua fonte original. Alguns tipos de constituintes químicos são partículas muito pequenas e leves, que podem permanecer por longos períodos na atmosfera (Tabela 2). O longo tempo e vida destas partículas pode alterar o equilíbrio radiativo da Terra. Partículas de aerossol, por exemplo, dependendo de suas propriedades, podem ser absorvedoras ou espalhadoras da radiação solar e terrestre (CHARLSON *et al.*, 1992; ANDREAE *et al.*, 2004). Particularmente o *black carbon*[7] (BC, em português carbono negro), produzido durante processos de combustão que envolvem produtos

7 O carbono negro (BC) é um tipo de material carbonáceo, formado em chamas durante a combustão de combustível à base de carbono. O BC é um dos componentes do material particulado (MP) fino (MP2,5), cujo diâmetro é menor do que 2,5 micrômetros.

que contêm carbono (SEINFELD; PANDIS, 2016), é altamente eficiente em absorver a radiação solar, contribuindo para o aquecimento da atmosfera. O BC também exerce o efeito de bloquear a radiação solar incidente na camada da atmosfera em que se encontra em maior concentração, reduzindo a radiação solar que chega na superfície. Os processos de absorção ou espalhamento da radiação solar realizados pelos aerossóis são chamados de efeito direto dos aerossóis.

Os aerossóis também têm a capacidade de alterar o ciclo de vida das nuvens (GÁCITA et al., 2017, FAN *et al.*, 2018). Com uma maior abundância de partículas de aerossóis na atmosfera, ocorre o aumento do número de gotículas de chuva. Como a quantidade de vapor d'água não se altera, ocorre uma competição entre os aerossóis pelo vapor d'água, interferindo no crescimento das gotículas, e consequentemente, no crescimento das nuvens. Mais leves, as gotículas tendem a permanecer mais tempo na atmosfera. Neste processo, elas sofrem processos de ascensão dentro da nuvem devido às correntes ascendentes, o que permite que atravessem a nuvem várias vezes. As gotículas maiores colidem e coalescem (se combinam) com muitas outras gotículas, aumentando seu tamanho até chegar ao tamanho de gota, e podem congelar ao atingir o nível de congelamento. Este processo, denominado de efeito indireto do aerossol, pode levar ao desenvolvimento de grandes nuvens com poder de gerar tempestades, as quais ocasionam chuvas e ventos intensos de alto potencial destrutivo. Uma vez que se desenvolvem, as nuvens passam a ter maior capacidade de refletir a radiação solar, reduzindo a quantidade de energia que chega na superfície. Este processo pode levar à redução da liberação de calor sensível e latente. Com a menor disponibilidade de energia, períodos sem formação de nuvens e precipitação podem ocorrer, interferindo diretamente nos processos de transporte, dispersão e deposição úmida de poluentes na superfície, que é realizada pela chuva. A deposição ainda pode ocorrer por meio da ação da gravidade (chamada de deposição seca).

Um dos grandes problemas ambientais no Brasil e que contribui de forma importante para a qualidade do ar são as queimadas[8]. A estação de queimadas na América do Sul está concentrada entre os meses de julho a outubro (SETZER; PEREIRA, 1991; FREITAS *et al.*, 2004; REDDINGTON *et al.*, 2015). De acordo com o programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), as queimadas aumentam abruptamente de julho a agosto, atingindo um pico em setembro. Esse período faz parte da estação seca da América do Sul (GAN *et al.*, 2004, MARENGO *et al.*, 2012), que tem início entre meados de março e início de abril e termina entre meados e final de setembro. Durante a estação seca, é predominante a ocorrência de baixos índices pluviométricos, temperaturas elevadas e baixa umidade do ar em grande parte da América do Sul, especialmente no Brasil central (GAN *et al.*, 2004), incluindo o centro-sul da Amazônia. A estação seca aumenta a ocorrência de queimadas (ARAGÃO *et al.*, 2013) que podem ser exacerbadas pela ocorrência de episódios de secas prolongadas dentro da própria estação seca (MARENGO *et al.*, 2012, ARAGÃO *et al.*, 2013). A partir de outubro, devido ao retorno da convecção e chuvas sobre a região central da América do Sul, o número de queimadas diminui consideravelmente.

As queimadas envolvem a conversão de vegetação usada como combustível em uma série de produtos de combustão, como carvão, cinza (COCHRANE, 2003), GEE, como o CO_2 e o CH_4, além de outros tipos de aerossóis, como o BC. Tanto as emissões de poluentes oriundos das queimadas quanto as produzidas por fontes móveis ou processos industriais têm um papel importante na formação do ozônio troposférico, conhecido por ser altamente oxidativo e prejudicial para organismos vivos. A produção do ozônio depende da disponibilidade de radiação solar. Suas máximas concentrações ocorrem entre as 13h e 16h local, período que coincide com a ocorrência das

8 Mais informações sobre queimadas nos biomas brasileiros podem ser obtidas no capítulo "Florestas".

temperaturas máximas diárias. Nos períodos do dia em que a dispersão de poluentes não é favorecida, como dias em que os ventos estão mais fracos e em dias de inverno, quando ocorrem inversões térmicas, episódios de ultrapassagem dos limites máximos de ozônio permitidos podem ocorrer.

Resultados da poluição atmosférica

A poluição atmosférica consiste em um problema de extrema relevância para o Brasil. A poluição é responsável por danos à saúde humana e ao meio ambiente. Trata-se de um complexo desafio que envolve áreas transversais a inúmeros setores da economia e com impactos maiores em parcelas mais vulneráveis da população, como crianças e idosos.

Agravando o quadro da poluição atmosférica, somam-se as modificações na paisagem, como a transformação de florestas e áreas verdes naturais em áreas urbanas, áreas de pastagem ou áreas de cultivo de monoculturas. Essas transformações intensificam ainda mais os efeitos da poluição na saúde humana e ambiental, além de alterar o clima das cidades (KOCH, 2016). Ambientalmente, é notado que a poluição do ar pode, ainda, afetar a composição, integridade e funcionalidade dos materiais (corrosão), do solo e das águas (chuvas ácidas), além de afetar a visibilidade (BRASIL, 2019).

Estudos têm mostrado que mudanças significativas também ocorreram na fenologia das plantas, especialmente no ambiente urbano, onde os poluidores também estão envolvidos. Por exemplo, estudos apontam para alterações no ciclo reprodutivo de determinadas espécies, com a floração sendo acelerada e o tempo de floração encurtado (NEIL; WU, 2006). A consequência é a mudança da produtividade primária, levando a uma redução no fornecimento de flores e frutas e impactando as interações de nutrientes. Com a redução da alimentação, a competição interespécies e intraespécies entre os consumidores intensificou-se (BEGON *et al.*, 2007). Dentre os organismos migratórios, pássaros e insetos são os que mais sofrem porque requerem recursos fornecidos pelas plantas durante e após a migração (WALTHER *et al.*, 2002). Outros animais afetados são as abelhas, que desempenham um papel importante na polinização das flores, garantindo a produtividade da maioria das plantas cultivadas pelo homem (até 80% delas; produtoras de grãos, hortaliças e frutas), fato que gera bilhões de dólares por ano. Por fim, pássaros e morcegos altamente dependentes de flores e frutas desempenham um papel importante nos serviços ecossistêmicos, especialmente no controle de pragas, muitas das quais são prejudiciais à saúde humana. Esses animais também estão envolvidos na polinização, dispersão de sementes, ciclagem de nutrientes e regeneração de ecossistemas em áreas degradadas (SEKERCIOGLU, 2006; KUNZ *et al.*, 2011).



Fonte: Nasa

Para o ser humano, cada poluente apresenta diferentes efeitos sobre a saúde para faixas de concentração distintas, identificados por estudos epidemiológicos desenvolvidos em instituições brasileiras e internacionais. Tais efeitos sobre a saúde requerem medidas de prevenção a serem adotadas pela população afetada. Segundo os padrões de qualidade do ar vigentes, as agências de monitoramento ambiental fazem uso de ferramentas para prover a divulgação da qualidade do ar para a população, e chamar a atenção para a identificação de episódios de má qualidade do ar. Como exemplo, a Cetesb faz uso do Índice de Qualidade do Ar, que é uma ferramenta matemática desenvolvida para avaliar a qualidade do ar com base em indicadores calculados para um conjunto de poluentes. Para cada poluente medido, calcula-se um índice de valor adimensional. Aquele de valor maior, considerado como o pior caso, determina o índice atribuído à qualidade do ar. Dependendo do índice de qualidade do ar, identifica-se sua qualidade por uma nota, além da atribuição de uma cor. Esta qualificação é associada a efeitos sobre a saúde, conforme especificados no Figura 3.

Figura 3 – Qualidade do ar e efeitos à saúde.

Qualidade	Significado para a saúde humana
BOA	----------
MODERADA	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
RUIM	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
MUITO RUIM	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
PÉSSIMA	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: Cetesb, 2017.

Nove em cada dez pessoas respiram ar contaminado no mundo, de acordo com o mais recente relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS), publicado em 2018. A OMS estima que a poluição do ar dentro e fora de casa seja responsável por cerca de 7 milhões de mortes prematuras em todo o mundo. A maioria dessas mortes – 4,2 milhões – está associada à poluição ambiental externa (WHO, 2018).

As mortes decorrentes da poluição, ocorrem, principalmente, devido à inalação dos gases e à exposição a partículas finas que penetram profundamente nos pulmões e no sistema cardiovascular, podendo causar acidentes vasculares cerebrais, doenças cardíacas, câncer de pulmão, doenças pulmonares obstrutivas crônicas e infecções respiratórias, incluindo pneumonia (WRI BRASIL, 2019).

Estima-se que viver em uma cidade com ar poluído aumenta o risco de ataque cardíaco em 75% em comparação com cidades de ar limpo. Evidências mostram também que o impacto da poluição é desigual: os efeitos são mais intensos na população de baixa renda (WRI, 2018).

Ressalta-se que o ar poluído também pode ser invisível. A inalação de fuligem ou fumaça com MP – geralmente referenciada em tamanho por micrômetros, MP_{10}, $MP_{2,5}$ e MP_{1} – escurece os pulmões e causa desconforto respiratório e cardíaco, além de doenças como asma e câncer. Determinados tipos de MP_{10} são visíveis, mas é preciso um

microscópio para ver o $MP_{2,5}$ e um microscópio eletrônico para identificar os "ultrafinos". Quanto menor a partícula, mais fundo nos pulmões ela pode penetrar, levando junto os compostos químicos dos quais é composta. Esse tipo de poluição surge do processo de combustão incompleta (de madeira e plantas, bem como combustíveis fósseis), poeira e combinações de outros poluentes de fontes diversas, incluindo a agricultura (WRI BRASIL, 2019).

Assim como o MP, o ozônio troposférico, também é invisível. Ele contribuiu para 500 mil mortes em todo o mundo em 2017 e foi a causa de até 23 milhões de atendimentos de emergência em 2015. A exposição ao dióxido de nitrogênio (NO_2), um dos precursores do ozônio, originado principalmente pela combustão de combustíveis fósseis, pode causar doenças respiratórias e cardiovasculares e ter impactos reprodutivos e de desenvolvimento.

Economicamente, neste mesmo sentido, a poluição atmosférica acarreta em maiores custos referentes a eventos graves de saúde.

De acordo com o Sistema de Informações Hospitalares do Ministério da Saúde SIH/Datasus, o custo para o Sistema Único de Saúde (SUS), com internações devido a problemas respiratórios de 2013 a 2019, foi de cerca de R$ 8,8 bilhões de reais.

Rodrigues *et al.* (2015) realizaram uma projeção das mortes, internações e custos por doenças respiratórias na rede SUS devido à poluição por partícula fina no estado de São Paulo, entre 2012 e 2030, tendo 2011 como ano de referência. Foram estimadas 430.365 mil internações em idosos atribuídas ao $MP_{2,5}$ e 138.050 mil em crianças para este período, o que geraria gastos de, aproximadamente, 422 milhões e 134 milhões, respectivamente. Num cenário de aumento de 5% nas concentrações de $MP_{2,5}$ até 2030, as internações de idosos chegariam a 446 mil, a um custo de 437 milhões, e 142 mil pediátricas, a 138 milhões.

Ainda, segundo a WRI (2021), em apenas seis regiões metropolitanas brasileiras, onde vive 23% da população do País, se os padrões de poluição continuarem os mesmos de 2016, ocorrerão cerca de 128 mil mortes precoces até 2025, que representarão um custo de R$ 51,5 bilhões em perda de produtividade, segundo estudo do Instituto Saúde e Sustentabilidade. Haverá ainda 69 mil internações públicas a um custo de R$ 126 milhões para o Sistema Único de Saúde (SUS). A estimativa foi feita antes dos efeitos da pandemia de Covid-19, que pode inclusive agravar esse quadro.



Fonte: Pedro Ventura

A poluição do ar também pode reduzir a produtividade agrícola (BULBOVAS *et al.*, 2007; PACIFICO *et al.*, 2015). Altas concentrações, principalmente de ozônio, afetarão a produção agrícola devido ao seu alto poder oxidante (CETESB, 2020). Por exemplo, Rodrigues e Martins (2001) analisaram os problemas causados pela poluição do ozônio nas atividades agrícolas brasileiras e estimaram que a perda de produtividade da soja fica entre 15% e 62% quando a concentração de ozônio está entre 65 e 100 ppb, respectivamente.

Os mesmos autores revisaram as estimativas de custo associadas à exposição ao ozônio na cultura norte-americana. O valor perdido a cada ano é de aproximadamente US $ 3 bilhões. Considerando que a formação do ozônio troposférico está relacionada à queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis (UCAR, 2020), a origem desse poluente ocorre, principalmente, nas cidades. Como resultado, a agricultura periurbana é frequentemente mais suscetível à poluição do ar (AGRAWAL *et al.*, 2003), o que tem um impacto importante na segurança alimentar das populações locais que dependem dessa produção (CARNEIRO *et al.*, 2019). O prejuízo mais difícil de ser estimado, todavia, decorre dos efeitos indiretos dos poluentes. Luedemann *et al.* (2005), por exemplo, demonstraram que a resposta da poluição por ozônio pode ou não alterar gravemente o crescimento de plantas, variando de espécie para espécie, mas espécies expostas a concentrações altas de ozônio que não foram afetadas em seu crescimento podem ser afetadas na sua capacidade de responder a patógenos, o que pode gerar um prejuízo difícil de ser atribuído à poluição fora das condições controladas de um experimento.

Padrões de qualidade do ar e limites máximos de emissões

Uma vez que muitas substâncias podem poluir o ar, foi selecionado um conjunto dos principais poluentes indicadores de poluição atmosférica a fim de caracterizar a qualidade do ar. A necessidade do estabelecimento de concentrações limite para os poluentes presentes na atmosfera, quanto para os lançados nela, culminou em uma série de instrumentos legais que definem:

- Padrões de qualidade do ar: um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica; e ao meio ambiente em geral (DOU, 2018);
- Limites máximos de emissão: quantidade máxima de poluentes permissível de ser lançada para a atmosfera por fontes poluidoras.

De acordo com a WHO (2005), os padrões de qualidade do ar foram elaborados para oferecer orientação na redução dos impactos da poluição do ar na saúde, com base na avaliação de especialistas em evidências científicas atuais. São sugeridos para uso em nível mundial e são um importante instrumento de gestão de riscos e políticas ambientais. Em setembro de 2021 a OMS atualizou suas diretrizes globais de qualidade do ar (WHO, 2021) à medida que um conjunto imenso de evidências se acumulou nas últimas duas décadas, demonstrando que os efeitos da poluição do ar na saúde são graves e podem afetar quase todos os sistemas orgânicos do corpo humano (THURSTON, *et al.,* 2017).

Os padrões de qualidade do ar devem ser estabelecidos por cada local para proteger a saúde pública de seus cidadãos, sendo que os padrões estabelecidos em cada país irão variar de acordo com as abordagens específicas para equilibrar os riscos à saúde, viabilidade tecnológica, considerações econômicas e outros fatores políticos e sociais. As diretrizes recomendadas pela OMS reconhecem que, ao formular metas de políticas, os governos devem considerar suas próprias circunstâncias locais com cuidado antes de usar as diretrizes diretamente como padrões nacionais. No Brasil, os padrões nacionais foram estabelecidos pelo

Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e aprovados pelo CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), por meio da Resolução CONAMA n.º 03/90. Em 2018 os valores foram alterados pela Resolução CONAMA n.º 491/2018 (DOU, 2018).

A Tabela 3 apresenta os padrões de qualidade do ar estabelecidos para nove poluentes, sendo que os padrões vigentes estão destacados em negrito. Porém, observa-se que outras substâncias também podem causar prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente nos níveis atuais, em áreas urbanas e industrializadas. Os padrões intermediários (PI) são padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas e os Padrões Finais (PF) são os valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde em 2005 (WHO, 2005).

Tabela 3 – Padrões de Qualidade do Ar.

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1 (µg/m³)	PI-2 (µg/m³)	PI-3 (µg/m³)	PF (µg/m³)	PF (ppm)
Material Particulado-MP_{10}	24 horas	**120**	100	75	50	-
	Anual[1]	**40**	35	30	20	-
Material Particulado-$MP_{2,5}$	24 horas	**60**	50	37	25	-
	Anual[1]	**20**	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre- SO_2	24 horas	**125**	50	30	20	-
	Anual[1]	**40**	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio-NO_2	1 hora[2]	**260**	240	220	200	-
	Anual[1]	**60**	50	45	40	-
Ozônio-O_3	8 horas[3]	**140**	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	**120**	100	75	50	-
	Anua[l]	**40**	35	30	20	-
Monóxido de Carbono-CO	8 horas[3]	**-**	-	-	-	**9**
Partículas Totais em Suspensão-PTS	24 horas	**-**	-	-	**240**	-
	Anual[4]	**-**	-	-	**80**	-
Chumbo-Pb[5]	Anual[4]	**-**	-	-	**0,5**	-

OBS: 1 - média aritmética anual; 2 - média horária; 3 - máxima média móvel obtida no dia; 4 - média geométrica anual; 5 - medido nas partículas totais em suspensão.
Fonte: Resolução Conama n.º 491/2018, DOU, 2018.

Os limites máximos de emissões para fontes móveis ou fixas constituem-se em instrumentos de controle da poluição atmosférica estabelecidos em legislação, com o objetivo de garantir os níveis toleráveis de poluentes emitidos por tipo de fonte, bem como limitar as contribuições individuais para a poluição total em determinada área.

Para as fontes fixas, a Resolução CONAMA n.º 436/2011 (DOU, 2011) contempla as Resoluções n.º 05/1989 e n.º 382/2006, definindo limites máximos de emissões para os poluentes. Também coloca determinações a serem observadas para a realização do monitoramento das emissões atmosféricas e a elaboração de relatórios de monitoramento. Deve-se levar em consideração se a fonte fixa era existente ou tinha licença de instalação requerida antes ou depois de 02 de janeiro de 2007, data de entrada em vigor da Resolução CONAMA n.º 382/2006 (DOU, 2006). Os limites são fixados por poluente e por tipologia de fonte. As tipologias englobam vários processos produtivos: processos de combustão externa de óleo combustível, de gás natural, de

biomassa de cana-de-açúcar, de derivados da madeira, turbinas a gás para a geração de energia elétrica, refinarias de petróleo, fabricação de celulose, fusão secundária de chumbo, indústria de alumínio primário, fornos de fusão de vidro, indústria do cimento *Portland*, produção de fertilizantes e indústrias siderúrgicas.

Para as fontes móveis, em 06 de maio de 1986, o Conama publicou sua Resolução n.° 18/1986, criando o Proconve, que estabeleceu uma política de controle de emissões de longo prazo, com normas determinadas por fases (DOU, 1986), estabelecendo exigências tecnológicas para veículos automotores, nacionais e importados. O Promot entrou em vigor a partir de 2003 (Resolução CONAMA n.° 297) e foi atualizado pela Resolução Conama n.° 493/2019 (DOU, 2018). Em 2018 e 2019 o Conama estabeleceu limites mais restritivos para todas as categorias de veículos: as fases L7 e L8 para veículos leves, P8 para veículos pesados e M5 para motocicletas[9], que entram e vigor ao longo dos próximos anos (BRASIL, 2018).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) atualizou suas diretrizes globais de qualidade do ar de 2005 em setembro de 2021 (WHO 2017; 2021). As novas diretrizes refletem o grande impacto que a poluição do ar tem na saúde global. Recomendam concentrações médias anuais de $PM_{2,5}$ e NO_2 não excedendo 5 µg/m^3 e 10 µg/m^3, respectivamente, e a concentração média de ozônio de 8 horas, na temporada de pico, não excedendo 60 µg/m^3 (WHO, 2021).

9 Emissão de poluentes para as diferentes categorias de veículos. Para os automóveis e comerciais leves, as fases do programa são denominadas "L", sendo que a fase L1 entrou em vigor em 1989. Para as motocicletas e ciclomotores, os padrões são estabelecidos pelo Promot e as fases são denominadas de "M". Para os veículos pesados (caminhões e ônibus), as fases são denominadas "P".



Fonte: Vinícius Mendonça

Políticas e ações de combate à poluição do ar

Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (Pronar)

A Resolução Conama n.º 5/1989 criou o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (Pronar) com o objetivo de "permitir o desenvolvimento econômico e social do País, de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhoria da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e ao não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas".

Para alcançar tais objetivos, o Pronar definiu a limitação dos níveis de emissão de poluentes e adotou como estratégia básica limitar as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, sendo a definição dos padrões de qualidade do ar considerada uma ação complementar de controle. Além disso, previu medidas como a classificação das áreas por classes, de acordo com o nível desejado de qualidade do ar; o monitoramento da qualidade do ar; o licenciamento ambiental de fontes de poluição; o inventário nacional de fontes e poluentes; e a interface com outras medidas de gestão e capacitação dos órgãos ambientais.

Para que as ações de controle definidas pelo Pronar pudessem ser concretizadas, foram estabelecidos uma série de instrumentos de apoio e operacionalização de ações. São instrumentos do Pronar: os limites máximos de emissão; os Padrões de Qualidade do Ar; o Proconve; o Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial (Pronacop); o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade do Ar; o Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar; os Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar. Todas as estratégias definidas pelo Pronar são sujeitas a revisões, visando o atendimento dos padrões nacionais de qualidade do ar.

Plano Nacional de Qualidade do Ar (PNQA)

Em 2009, o Governo Federal assumiu a responsabilidade de trazer à reflexão necessidades e desafios que visem à proteção da qualidade do ar e da saúde ambiental no Brasil. O PNQA foi concebido como um subsídio à 1ª Conferência Nacional de Saúde Ambiental (CNSA), ocorrida de 9 a 12 de dezembro de 2009, em Brasília. A CNSA reuniu os resultados obtidos a partir da realização de Conferências Municipais e Estaduais de Saúde Ambiental para ser considerada como uma resposta propositiva do Governo Federal à crescente demanda para a construção de uma Política Nacional em Saúde Ambiental. A PNQA deve ser instituída por lei com o objetivo de proteger o meio ambiente e a saúde humana dos efeitos da poluição do ar por meio da implantação de uma política contínua e integrada de gestão da qualidade do ar no País (MMA, 2009), sistematizando as ações do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Ministério da Saúde relacionadas à melhoria da qualidade do ar, de forma a configurar-se como uma síntese de todas as ações federais nesta área (MMA, 2021). A partir da PNQA, propõe-se a atualização contínua das normativas destinadas à gestão da qualidade do ar, a adoção de medidas preventivas e corretivas, permitindo a retomada de políticas públicas que corrijam as assimetrias nacionais profundas no trato desse tema (MMA, 2021).

De acordo com o "Compromisso pela Qualidade do Ar e Saúde Ambiental", tem-se como objetivos estratégicos da PNQA: (i) a redução das concentrações de poluentes atmosféricos, garantindo a melhoria da qualidade ambiental e a proteção à saúde, sem deixar de considerar o desenvolvimento econômico na elaboração de estratégias para atingir as metas de qualidade do ar; (ii) a integração de políticas públicas e instrumentos que se complementem nas ações de planejamento territorial, setorial e de fomento, e na aplicação de mecanismos de comando e controle necessários ao alcance de metas de qualidade do ar; (iii) contribuir para a redução das emissões de GEE (MMA, 2009). Uma série de ações devem ser conduzidas pelo MMA e Ministério da Saúde para alcançar os objetivos estratégicos definidos pela PNQA.

Inventário de emissões de poluentes do ar por fontes móveis

Com intuito de avaliar as implementações dos Programas do Conselho Nacional do Meio Ambiente foi publicado, em 2011, o primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (BRASIL, 2011). O documento apresentou as emissões de 1980 a 2009 dos poluentes regulamentados pelos programas Proconve e Promot: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos não-metano (NMHC), aldeídos (RCHO), material particulado (MP) – além dos GEE – dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Adicionalmente, o inventário permitiu identificar as contribuições relativas das frotas de automóveis, veículos comerciais leves, ônibus, caminhões e motocicletas nas emissões, e como a introdução de combustíveis de melhor qualidade e tecnologias automotivas influencia nas emissões (BRASIL, 2011)[10].

Em 2014 foi publicada a segunda edição do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (Brasil, 2014), em que apresentou detalhes das emissões com dados oficiais mais completos do que a versão anterior contemplando o período de 1980 a 2012. Além das emissões dos poluentes, as emissões de material particulado por desgaste de pneus, freios e pista foram compiladas nesta última edição.

Entre os anos 2013 e 2020 não consta uma atualização do inventário nacional, porém os resultados obtidos pelas duas edições anteriores diagnosticaram os principais poluentes que comprometem a qualidade do ar e identificou os segmentos de veículos responsáveis pela emissão. Adicionalmente, a metodologia desenvolvida no âmbito dos inventários nacionais tornou-se referência e vem sendo adaptada pelos estados para compor diagnósticos regionais, tais como o Relatório de Emissões Veiculares no estado São Paulo, que vem sendo publicado anualmente pela Cetesb desde 2011. Por outro lado, verifica-se que o País precisa avançar no desenvolvimento de ferramentas de gestão ambiental e principalmente no levantamento de informações sobre a evolução temporal das emissões de poluentes atmosféricos em diferentes escalas espaciais.

Nota verde

O instrumento Nota verde, criado pelo Proconve/Ibama em 2009, promove a classificação de veículos leves novos de acordo com os níveis de suas emissões dos poluentes controlados (HC, NOx e CO), bem como o CO_2, que contribui para o aquecimento global. O Ibama é responsável por divulgar o Nota Verde, listando os valores de emissões de poluentes de acordo com o modelo de veículo e faz um *ranking* dos carros, atribuindo classificações de acordo com a eficiência ambiental.

Por meio da Portaria Conjunta, de 16 de dezembro de 2010, foi instituída classificação única decorrente da união dos indicadores ambientais, que compõem o Nota Verde do Ibama com os indicadores de eficiência energética associada ao consumo de combustível do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) do Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Esse referencial de informação objetiva reforçar o consumo consciente, uma vez que o comprador pode agregar aos tradicionais parâmetros de escolha de um veículo (tais como potência, consumo e tipo de combustível), informações sobre os níveis de emissões de poluentes. Este instrumento permite comparar automóveis novos, segundo os níveis de emissão e eficiência energética, estimulando o setor automotivo pela busca de tecnologias ambientalmente mais adequadas para o desenvolvimento de motores e combustíveis.

10 Mais informações sobre Promot/Proconve podem ser obtidas no capítulo "Ambiente Urbano".

Gestão da qualidade do ar no Brasil

A gestão da qualidade do ar no Brasil foi definida pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), editada pela Lei n.º 6.938/1981, e pela Resolução do CONAMA n.º 5/1989, que instituiu o Pronar como instrumento fundamental no processo de gestão. O monitoramento da qualidade do ar é, portanto, fundamental para o acompanhamento do estado da qualidade ambiental e para a avaliação dos impactos da poluição atmosférica sobre o meio ambiente. É dever do Estado, portanto, a ação indispensável de informar a população sobre as ações relativas ao meio ambiente (Lei n.º 6.938/1981, art. 9º, XI). O monitoramento de áreas críticas de poluição e identificação e informação a respeito da existência de áreas degradadas ou ameaçadas de degradação é determinado como de particular importância (Decreto Presidencial n.º 99.274/1990, art. 1º, V e VI).

A Resolução Conama n.º 3/1990 institui que é de responsabilidade dos Estados a implantação de redes de monitoramento da qualidade do ar. De acordo com o Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA, 2014), o histórico do monitoramento efetuado pelos estados tem-se mostrado deficiente em termos de cobertura temporal, territorial e perenidade das redes. Poucos entes federativos possuem uma rede de monitoramento constante e de longo prazo. Rio de Janeiro e São Paulo são as únicas que mantiveram monitoramento contínuo desde a implantação do Pronar. Com relação ao monitoramento de todos os parâmetros regulados no País, foi destacado que existe uma importante heterogeneidade, visto que poucas redes de monitoramento monitoram todos os poluentes regulados.

Na Resolução Conama n.º 491/2018 foi estabelecido a elaboração de um guia técnico para padronizar os métodos de referência adotados e os critérios para utilização de métodos equivalentes da localização dos amostradores e da representatividade temporal dos dados e sistematização do cálculo do índice de qualidade do ar. Os órgãos ambientais competentes foram designados, pela Resolução, a definir seus métodos de medição da qualidade do ar até a publicação do guia técnico. Estabeleceu-se que o guia seria elaborado pelo MMA, em conjunto com os órgãos ambientais estaduais e distrital, no prazo de 12 meses após a entrada em vigor desta Resolução. No final de 2019, o MMA lançou o Guia de Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar. O guia estabelece diretrizes e orientações de atuação dos órgãos ambientais[11]. Espera-se o aperfeiçoamento nos métodos e práticas de gerenciamento da qualidade do ar no território nacional, fruto da padronização de processos e orientações aos órgãos responsáveis pelo monitoramento da qualidade do ar.

Conama - Mudanças da resolução de 1990 para 2018

A Resolução Conama n.º 03/1990 estabeleceu os padrões de qualidade do ar nacionais e esteve em vigor durante 28 anos. Em 2014, iniciou-se a sua revisão na Câmara Técnica de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos do Conama. O processo foi interrompido por falta de consenso, sendo retomado em 2017, culminando na sua aprovação em 2018, sendo publicado em 19 de novembro do mesmo ano.

Já é sabido que a OMS disponibiliza desde 2005 o *Air Quality Guidelines, an Update* 2005, onde sugere-se os níveis de qualidade do ar ou de concentração de poluentes que asseguram a redução de risco à saúde da população (WHO, 2005). A Resolução Conama n.º 491/2018 adotou padrões de qualidade do ar a serem implementados em quatro etapas, denominadas de Padrões Intermediários 1, 2 e 3 (PI1, PI2, PI3), definidos como os padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas, e finalmente, o Padrão Final (PF). Esta última etapa a ser alcançada seria igual ao padrão sugerido pela OMS em 2005. Embora mais restritivos

11 Mais informações sobre o conteúdo do Guia podem ser obtidas no site: https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/mma-guia-tecnico-qualidade-do-ar-pdf.

que os padrões estabelecidos na Resolução de 1990, não foram considerados prazos para a implantação das etapas posteriores à PI1, que está atualmente em vigor. Na Resolução de 1990, foram estabelecidos os Padrões Primários, definidos como as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, têm o potencial de afetar a saúde da população, e os Padrões Secundários, definidos como "as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral".

A OMS preconiza que a adoção de níveis intermediários para a adoção de prazos para a implementação dos padrões de qualidade tem efeitos diretos na saúde da população. Desta forma, a adoção de prazos limites de implementação devem ser assegurados para benefício da sociedade. Os novos conjuntos de padrões, a serem estabelecidos em etapas sucessivas (P2, P3 e PF), consideram que cada etapa é mais restritiva que a anterior. As datas de início das novas fases serão determinadas pelos órgãos ambientais estaduais. De acordo com a Cetesb, em 19 de maio de 2021, seguindo o Decreto n.º 59.113/2013, o Consema aprovou a entrada em vigor da Meta Intermediária 2 – (MI2), equivalente à PI2, a partir de 01 de janeiro de 2022, tornando mais restritivos os padrões de qualidade do ar adotados no estado de São Paulo.

Vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade do ar - Programa Vigiar

Em 2001, o Ministério da Saúde iniciou as atividades de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade do ar em consonância com os princípios do Sistema Único de Saude (SUS). Desde então, redefinições e avanços vêm ocorrendo nessa unidade técnica (VILLARDI, 2011). Marcadamente em 2018, a instituição da Política Nacional de Vigilância em Saúde (PNVS), de caráter universal, transversal e orientador do modelo de atenção nos territórios, identificando na esfera administrativa as responsabilidades da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, entre outras pactuadas, passa a direcionar o modelo de atuação do Vigiar. Dessa maneira, as ações do Vigiar têm sido direcionadas pela referida Política, "com a finalidade de recomendar e adotar medidas de promoção à saúde, prevenção e monitoramento dos fatores de riscos relacionados às doenças ou agravos à saúde". A atuação do Vigiar, pelo Ministério da Saúde, é orientada a partir da priorização de eixos temático, quais sejam, áreas sob influência de queimadas e incêndios florestais; regiões metropolitanas; centros industriais e áreas sob impacto de mineração; outras áreas de relevância para a saúde pública de acordo com a realidade local / regional.

Monitoramento da qualidade do ar no Brasil

O Instituto Saúde e Sustentabilidade (ISS), em colaboração com o Ministério Público Federal, realizou um levantamento (a partir de respostas fornecidas pelas unidades federativas brasileiras a um questionário enviado pelo MPF) acerca das condições do monitoramento da qualidade do ar no Brasil, previstas no Pronar, criado em 1989. Dentre os resultados gerais, o levantamento revela que das 27 unidades federativas, 20 (74%) não realizam o monitoramento; ou deixaram de realizar; ou realizam de forma obsoleta/ ineficiente e apenas 26% (6 estados e o Distrito Federal) atendem o regulamento vigente. Em todo o País há 375 estações de monitoramento e deste total 319 são ativas, contudo, grande parte está na região Sudeste, que concentra mais de 93% delas, conforme se observa na Figura 4. Quase metade (47,7%) das estações no País pertencem a empreendimentos privados para fins de licenciamento ambiental. O poluente com maior cobertura é o material particulado MP_{10}, que é monitorado em 186 estações que representam cerca de 58% do total. Tais dados revelam que o País conta com poucas estações de monitoramento da qualidade do ar, e que não há padronização da mensuração dos poluentes – algumas sequer avaliam os poluentes mais danosos à saúde humana (ISS, 2019).

Figura 4 – Redes de monitoramento da qualidade do ar no Brasil.



Fonte: IEMA, 2021.

Ferramentas de auxílio ao monitoramento da qualidade do ar

Inventários: podem ser definidos como uma lista do tipo e concentração de poluentes de diferentes fontes, entrando no ar em um determinado intervalo de tempo, em um recorte geográfico definido. As metodologias utilizadas no Brasil para a criação de inventários normalmente seguem a metodologia desenvolvida e recomendada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA/US) (SEIKA; HARRINSON, 1996).

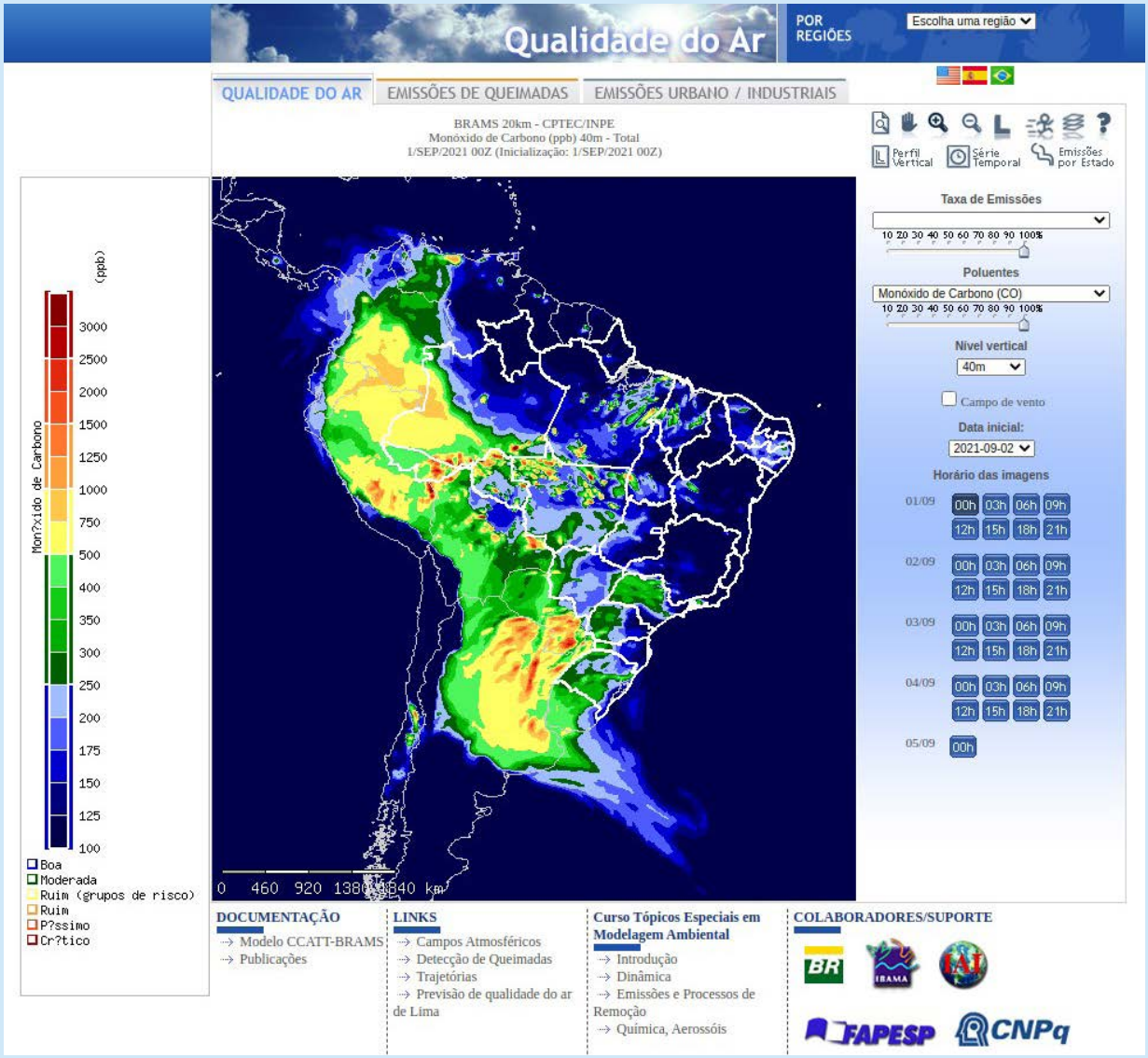
Modelagem: Modelos de poluição do ar são desenvolvidos e utilizados para melhor compreender, investigar, avaliar e regular a qualidade do ar. A modelagem ambiental engloba não só a representação da poluição do ar e seus processos de transporte e difusão, mas também o acoplamento entre as transformações químicas e os processos meteorológicos e climáticos. Isto porque é de conhecimento científico que não só a meteorologia tem um forte impacto na qualidade do ar, mas também, as mudanças de tempo e o clima respondem às alterações na composição da atmosfera. Para o desenvolvimento destes modelos, uma gama de outras disciplinas são necessárias. Sensoriamento remoto, impacto no uso da terra, condições iniciais e de contorno, técnicas de assimilação de dados, mecanismos químicos, métodos numéricos, eficiência e desempenho computacional, acoplamento com a meteorologia, entre outros, fazem parte do rol de disciplinas associadas ao desenvolvimento da modelagem ambiental.

Monitoramento: previsto no Pronar como uma das principais ferramentas na gestão da qualidade do ar, a criação de um sistema de monitoramento prevê o uso de dispositivos para medição repetitiva, discreta ou contínua, ou a observação sistemática da qualidade do ar como recurso (ABNT, 1987). Esses dispositivos podem ser de diferentes naturezas, que vão de monitores estáticos em grandes estações a monitoramento por satélite, compondo o sensoriamento remoto (RÉQUIA JÚNIOR, 2015). Eles permitem um conhecimento contínuo sobre a concentração de poluentes em determinada região, propiciando o desenvolvimento de políticas públicas apropriadas, avaliação de intervenções existentes, calibração de modelos, ações de emergência durante picos de poluição, avaliação de impactos da concentração de poluição nos ecossistemas naturais e na saúde da população local, entre outros (IEMA, 2014; SANTI *et al.*, 2000).

Previsão: é uma técnica que combina teorias físicas, matemáticas e de ciência da computação às tecnologias computacionais para prever o comportamento futuro de uma determinada variável ou fenômeno. No caso da qualidade do ar, diferentes técnicas de modelagem podem ser utilizadas para prever os níveis de poluição, o transporte, a dispersão e outros processos físicos, dinâmicos e químicos associados à composição da atmosfera, inclusive os índices de qualidade do ar. Em muitos centros de meteorologia mundiais, ocorre a integração de modelos meteorológicos e de composição da atmosfera em um único sistema de previsão que produz previsões dos fenômenos meteorológicos e das variações tridimensionais das concentrações de poluentes. As previsões diárias do tempo químico, expressão comumente utilizada pela comunidade, são realizadas em diferentes escalas espaciais, e para cada uma, a aplicação pode ser diferente. Por exemplo, na escala global, as previsões são capazes de fornecer informações futuras sobre o impacto de emissões de poeira de grandes desertos sobre os fenômenos meteorológicos de grande escala. Já previsões em escala urbana podem fornecer informações futuras sobre a propagação da poluição na escala de ruas e bairros, e podem ser utilizadas para o planejamento urbano sustentável, assim como contribuir para que pessoas evitem áreas muito poluídas ao se deslocar. A previsão pode ser realizada com diferentes modelos, como os estatísticos, baseados em inteligência artificial e modelos de transporte químico (ANDRADE et al., 2015).

O Inpe disponibiliza operacionalmente as previsões de qualidade do ar para toda a América do Sul desde o ano de 2003. Mapas espaciais das concentrações previstas a cada três horas dos poluentes CO, O_3, NOx, VOC e PM, bem como as fontes de emissões dos diferentes poluentes (queimadas, incêndios florestais e urbano-industriais) são disponibilizados para todo o continente sul americano, de acordo com a Figura 5.

Figura 5 – Imagem do sítio do Inpe onde estão disponíveis as previsões de qualidade do ar para a América do Sul.



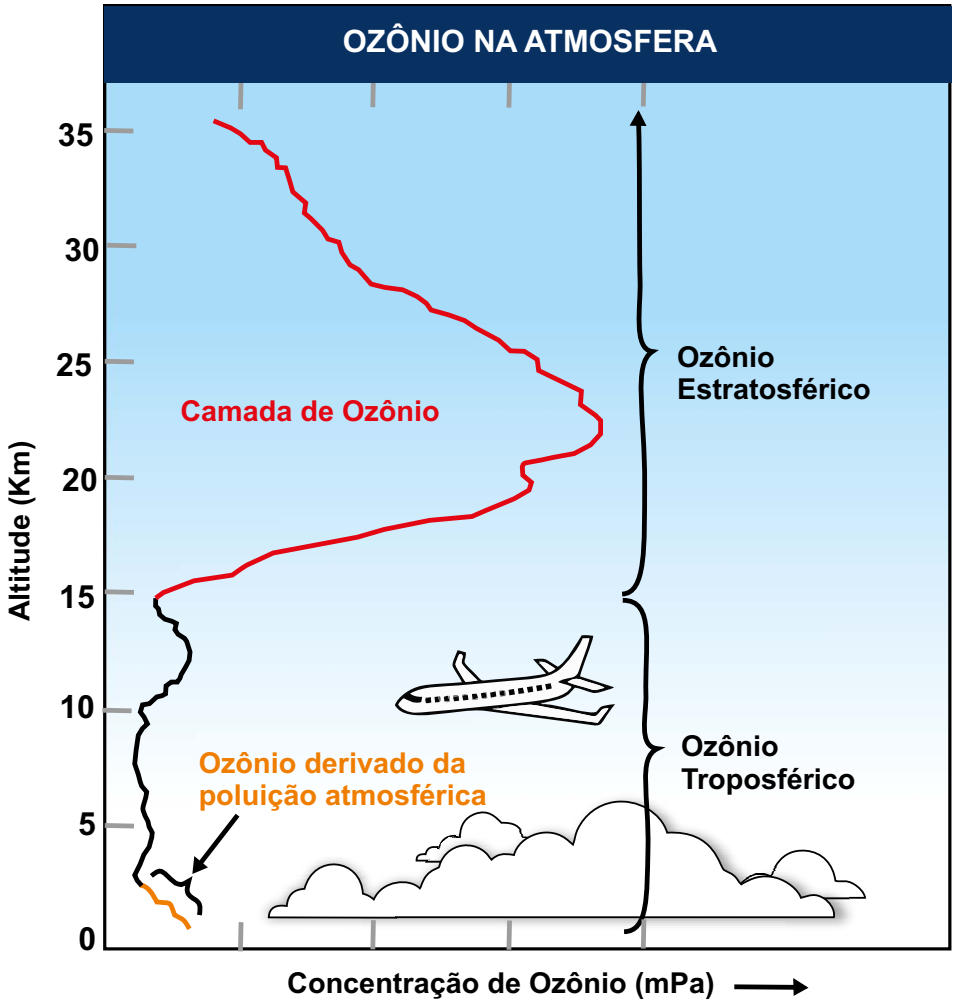
OBS: No mapa, observa-se a Previsão de Monóxido de Carbono (ppb) para a altura de 40m acima da superfície, válida para o dia 01 de setembro de 2021, às 00Z (equivalente a 21h no horário de Brasília). Na escala, verifica-se que os valores e as cores estão associados a níveis de qualidade do ar que variam de boa a crítica.

Fonte: http://meioambiente.cptec.inpe.br/.

CAMADA DE OZÔNIO

O ozônio (O_3) é um gás naturalmente presente na atmosfera, cuja molécula é formada por três átomos de oxigênio. Embora seja encontrado em toda a atmosfera, cerca de 10% do ozônio encontra-se na troposfera, que se estende da superfície até cerca de 10 a 15 km de altitude, e cerca de 90% residem na estratosfera, região que vai da troposfera até cerca de 50 quilômetros de altitude. A região estratosférica com maior concentração de ozônio, entre cerca de 15 e 35 km de altitude, é comumente denominada como "camada de ozônio", que se estende por todo o globo com algumas variações de altitude e espessura. A Figura 6 mostra esquematicamente como a concentração de ozônio muda com a altitude.

Figura 6 – Concentração de ozônio na atmosfera.



Fonte: WMO, 2019.

A concentração de moléculas de ozônio é relativamente baixa na atmosfera. Na estratosfera, próximo ao pico de concentração da camada de ozônio, existem normalmente milhares de moléculas de ozônio para cada bilhão de moléculas de ar. Na troposfera, próximo à superfície da Terra, o ozônio é ainda menos abundante, com uma faixa típica de 20 a 100 moléculas de ozônio para cada bilhão de moléculas de ar (WMO, 2019).

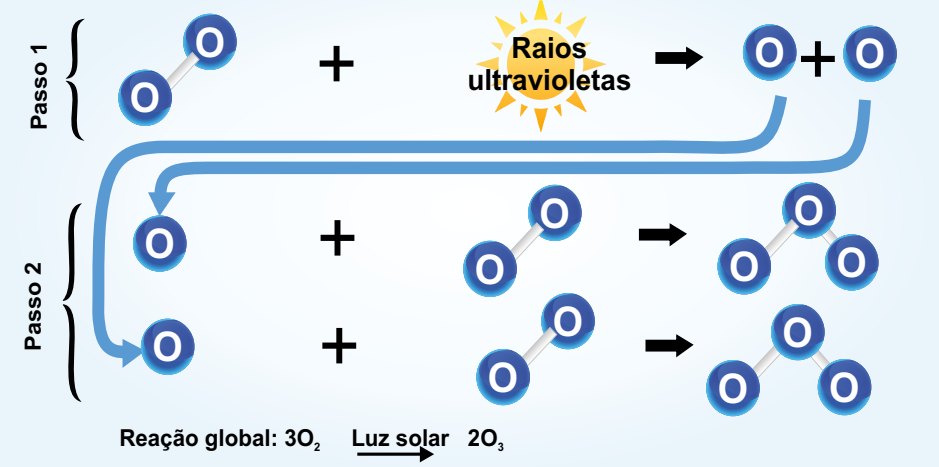
Formação do ozônio estratosférico

O ozônio estratosférico é formado naturalmente por reações químicas envolvendo a radiação ultravioleta solar (luz solar) e moléculas de oxigênio, que constituem cerca de 21% da atmosfera. Na primeira etapa, a radiação ultravioleta solar quebra uma molécula de oxigênio (O_2) para produzir dois átomos de oxigênio (2O) (Figura 7). Na segunda etapa, cada um desses

átomos de oxigênio altamente reativos se combina com uma molécula de oxigênio para produzir uma molécula de ozônio (O_3). Essas reações ocorrem continuamente sempre que a radiação ultravioleta solar está presente na estratosfera. Como resultado, a maior produção de ozônio ocorre na estratosfera tropical (WMO, 2019).

O ozônio interage continuamente com a luz do sol e com uma ampla variedade de substâncias químicas produzidas pelo homem que alcança a estratosfera. Em cada reação, uma molécula de ozônio é perdida e outros compostos químicos são produzidos, como demonstrado na Figura 7.

Figura 7 – Produção do Ozônio Estratosférico.



As moléculas de ozônio (O_3) são formadas quando a radiação ultravioleta, de origem solar, interage com as moléculas de oxigênio. O átomo de oxigênio liberado por essa reação une-se a uma molécula de oxigênio (O_2), formando assim uma molécula de ozônio (O_3).

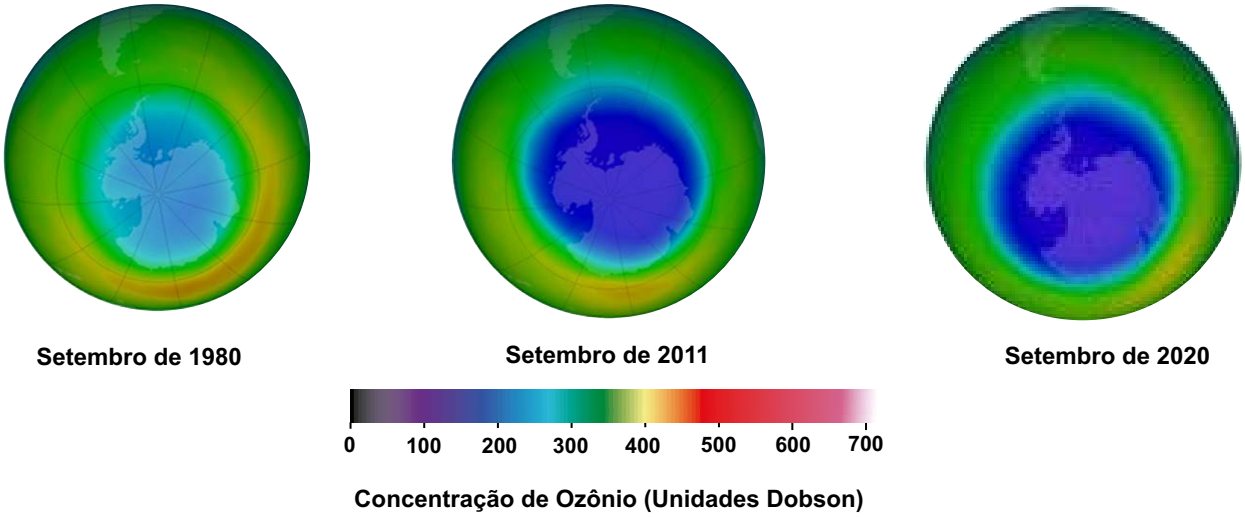
Fonte: MMA, 2014.

A abundância do ozônio na estratosfera e na troposfera é determinada pelo equilíbrio entre os processos químicos que produzem e destroem o ozônio. À medida que as condições atmosféricas favorecem as reações produtoras de ozônio em um determinado local, a quantidade de ozônio aumenta. Da mesma forma, se as condições mudarem para favorecer reações que destroem o ozônio, as quantidades diminuem (WMO, 2019).

O passo inicial para o esgotamento do ozônio estratosférico pelas atividades humanas é a emissão, na superfície da Terra, de gases que contêm cloro e bromo, cujo tempo na atmosfera é longo. A maioria desses gases se acumula na baixa atmosfera porque são relativamente inativos e não se dissolvem prontamente na chuva ou neve. Os movimentos naturais do ar transportam esses gases acumulados para a estratosfera, onde são convertidos em gases mais reativos. Finalmente, quando o ar retorna para a baixa atmosfera, esses gases reativos contendo cloro e bromo são removidos da atmosfera da Terra pela chuva e neve (WMO, 2019).

No início da década 1980, descobriu-se uma queda acentuada na concentração do ozônio sobre o continente antártico (FARMAN, 1985), fenômeno que se convencionou chamar de "buraco da camada de ozônio". Esse fenômeno tem acontecido anualmente ao final do inverno e da primavera no hemisfério sul. Nesse período, uma área de aproximadamente 31 milhões de quilômetros quadrados, maior que toda a América do Sul, ou 15% da superfície do planeta, recebe uma maior incidência da radiação UV-B (MMA, 2014). O processo de diminuição da concentração de ozônio vem sendo acompanhado em vários pontos do mundo, inclusive no Brasil. Na Figura 8 é possível visualizar a extensão da rarefação da camada de ozônio sobre a região da Antártica entre setembro de 1980, 2011 e 2020. A cor tendendo do azul para o violeta indica a baixa concentração de ozônio.

Figura 8 – Burado da Camada de Ozônio sobre a Antártida.



Fonte: Nasa, 2021.

Importância do ozônio estratosférico

O ozônio estratosférico é considerado benéfico para seres humanos e outras formas de vida porque absorve a radiação ultravioleta (UV) do Sol. Se não fosse absorvida, a radiação UV de alta energia atingiria a superfície da Terra em quantidades prejudiciais a uma variedade de formas de vida. O Sol emite três tipos de radiação UV: UV-C (comprimentos de onda de 100 a 280 nanômetros (nm)); UV-B (280 a 315 nm); e UV-A (315 a 400 nm). A exposição à radiação UV-C é particularmente perigosa para todas as formas de vida. Felizmente, a radiação UV-C é totalmente absorvida pela camada de ozônio. A maior parte da radiação UV-B emitida pelo Sol é absorvida pela camada de ozônio, porém uma parte chega à superfície da Terra. Em seres humanos, o aumento da exposição à radiação UV-B aumenta os riscos de câncer de pele e catarata e, também, suprime o sistema imunológico. A exposição à radiação UV-B antes da idade adulta e a exposição cumulativa são fatores de risco importantes para a saúde. A exposição excessiva aos raios UV-B também pode danificar a vida vegetal terrestre, incluindo plantações agrícolas, organismos unicelulares e ecossistemas aquáticos. A radiação UV-A, que é de baixa energia e não é absorvida significativamente pela camada de ozônio, provoca o envelhecimento prematuro da pele (WMO, 2019).

O ozônio em excesso próximo à superfície da Terra é considerado um mau ozônio. Ele é formado por reações envolvendo poluentes atmosféricos emitidos por atividades humanas, como óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e vários hidrocarbonetos. As principais fontes de poluentes incluem grandes cidades, onde o consumo de combustível fóssil e as atividades industriais são maiores.

Substâncias que destroem a camada de ozônio (SDO)

As SDO são substâncias químicas sintetizadas pelo homem para diversas aplicações, como citado no item da Introdução.

O Protocolo de Montreal dividiu estas substâncias químicas em sete famílias: CFC, HCFC, halons, brometo de metila, tetracloreto de carbono (CTC), metilclorofórmio e hidrobromofluorcarbonos (HBFC).

A cada SDO é atribuído um valor específico de Potencial de Destruição do Ozônio (PDO), que é calculado a partir de modelos computacionais que simulam a atmosfera, tendo como referência o CFC-11, cujo PDO foi definido como 1 (Tabela 4).

Tabela 4 – Emissão Global em 2016, PDO de substâncias controladas pelo Protocolo Montreal.

Gás	Emissão Global em 2016 (kt/ano)*	Potencial de Destruição do Ozônio (PDO)**
CFC-11 (CCl_3F)	61 – 84	1
Tetracloreto de carbono (CCl_4)	23 – 50	0,87
CFC-113 (CCl_2FCClF_2)	2 - 13	0,81
CFC-12 (CCl_2F_2)	13 - 57	0,73
Metilclorofórmio (CH_3CCl_3)	0 – 4	0,14
HCFC-141b (CH_3CCl_2F)	52 – 68	0,102
HCFC-142b (CH_3CClF^2)	20 – 29	0,057
HCFC-22 (CHF_2Cl)	321 – 424	0,034
Cloreto de metila (CH_3Cl)	4.526 – 6.873	0,015
Halon-1301 ($CBrF_3$)	1 - 2	15,2
Halon-1211 ($CBrClF_2$)	1 - 5	6,9
Brometo de Metila (CH_3Br)	121 – 182	0,57
HFC-23 (CHF_3)	12 – 13	0
HFC-143a (CH_3CF_3)	26 – 30	0
HFC-125 (CHF_2CF_3)	58 – 67	0
HFC-134a (CH_2FCF_3)	202 – 245	0
HFC-32 (CH_2F_2)	31 – 39	0
HFC-152a (CH_3CHF_2)	45 – 62	0
HFO-1234yf ($CF_3CF=CH_2$)	Não disponível	0

OBS: *Inclui atividades humanas (produção e bancos de SDO existentes em equipamentos de refrigeração e em espumas de poliuretano) e fontes naturais. As emissões são em unidades de quilotoneladas por ano (igual a 1000 toneladas métricas). A faixa de valores para cada estimativa de emissão reflete a incerteza na estimativa de emissões a partir de observações atmosféricas. **GWP de 100 anos. Os valores são calculados para emissões de uma massa igual de cada gás. As SDO fornecidas aqui refletem os valores científicos atuais e, em alguns casos, diferem daqueles usados no Protocolo de Montreal.
Fonte: WMO, 2019.

Alguns gases halogênios presentes na estratosfera possuem grandes fontes naturais. Estes incluem cloreto de metila (CH_3Cl) e brometo de metila (CH_3Br), ambos emitidos por ecossistemas oceânicos e terrestres. Além disso, gases de pouquíssima duração contendo bromo, como o bromofórmio ($CHBr_3$) e o dibromometano (CH_2Br_2), também são liberados para a atmosfera, principalmente pela atividade biológica nos oceanos. No entanto, somente uma fração desses gases alcança a estratosfera porque são removidos eficientemente na baixa atmosfera. Os vulcões fornecem uma fonte episódica de gases halogênios reativos que às vezes atingem a estratosfera em quantidades apreciáveis. Outras fontes naturais de halogênios incluem cloro e bromo reativos produzidos pela evaporação da água do oceano (WMO, 2019).

Gases não halogênios que influenciam na abundância do ozônio estratosférico também aumentaram na estratosfera como resultado das emissões provenientes de atividades humanas. Exemplos importantes são o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), no qual seus produtos reativos participam da destruição do ozônio estratosférico. O aumento dos níveis do dióxido de carbono (CO_2) atmosférico altera a temperatura na estratosfera e os ventos, que também afetam a abundância de ozônio estratosférico. Se as futuras quantidades atmosféricas de CO_2, CH_4 e N_2O aumentarem significativamente em relação aos valores atuais, esses aumentos afetarão os níveis futuros de ozônio estratosférico por meio de efeitos combinados de temperatura, ventos e química (WMO, 2019).

A recuperação substancial da camada de ozônio dos efeitos das SDO é esperada para meados do século 21, considerando o cumprimento global do Protocolo de Montreal. A recuperação ocorrerá à medida que as quantidades de SDO e de gases halogênios reativos na estratosfera forem diminuindo nas próximas décadas. Por outro lado, a abundância de ozônio vem sendo cada vez mais influenciada pelas mudanças climáticas. Os impactos futuros da mudança do clima sobre a camada de ozônio irão variar entre os trópicos, latitudes médias e regiões polares e dependerão fortemente das futuras emissões de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) (WMO, 2019).

Consumo de SDO no Brasil

O Brasil, como Parte do Protocolo de Montreal, comprometeu-se em eliminar o consumo[12] de SDO, de acordo com os cronogramas de eliminação aprovados. Cabe destacar que para os países desenvolvidos o cronograma de eliminação é cerca de 10 anos antecipado quando comparado ao dos países em desenvolvimento[13] (2030 e 2040, respectivamente).

Os CFC são substâncias químicas sintéticas formadas por carbono, cloro e flúor. As aplicações mais comuns dos CFC são apresentadas na Tabela 5.

O consumo de CFC, como propelente em aerossóis sanitários, perfumes, inseticidas e outras aplicações, foi banido por meio da Portaria Anvisa n.º 534, de 19 de setembro de 1988, antes mesmo de o Brasil ter ratificado o Protocolo de Montreal.

Tabela 5 – Aplicações dos CFC.

Substância	Aplicações
CFC-11	Agente de expansão na fabricação de espumas de poliuretano; Propelente em aerossóis e medicamentos; Fluido na Refrigeração comercial, doméstica e industrial
CFC-12	Agente de expansão na fabricação de espumas de poliuretano; Propelente em aerossóis e medicamentos; Fluido na Refrigeração comercial, doméstica e industrial; Em mistura com óxido de etileno como esterilizante
CFC-113	Solvente para limpeza de elementos de precisão e eletrônica
CFC-114	Propelente em aerossóis e medicamentos
CFC-115	Refrigeração comercial

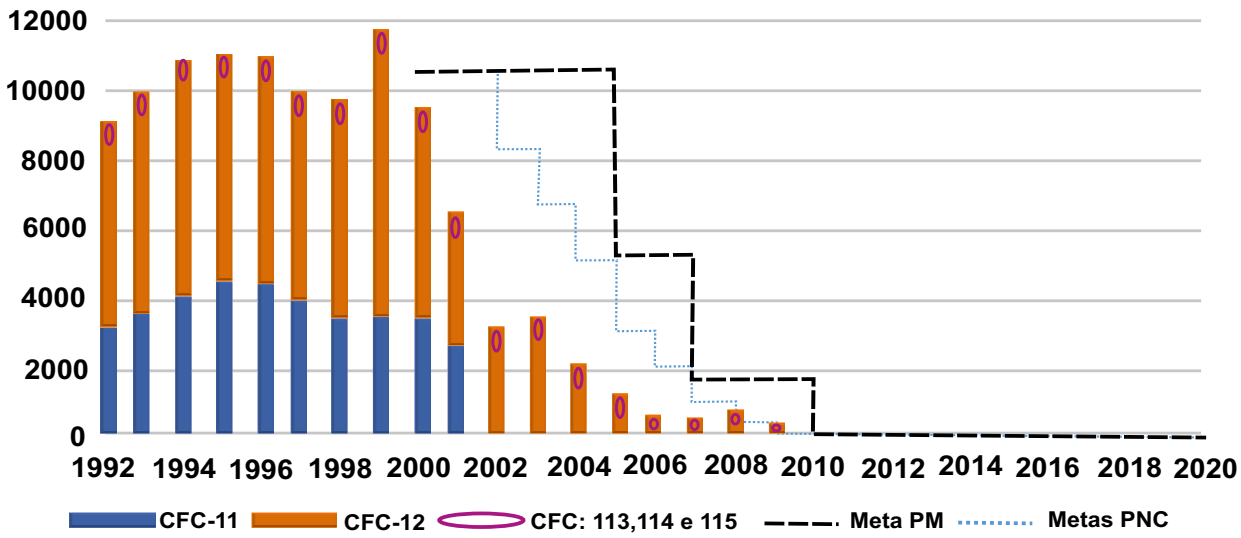
Fonte: MMA, 2014.

12 Para o Protocolo de Montreal, "consumo" refere-se à quantidade produzida, mais a quantidade importada, menos a quantidade exportada das substâncias, em toneladas de potencial de destruição de ozônio (t PDO).

13 Qualquer Parte que seja um país em desenvolvimento e que o consumo anual das substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal seja inferior a 300 g per capita na data de entrada em vigor do Protocolo para a Parte em questão, caso do Brasil.

A Figura 9 apresenta o histórico do consumo de CFC no Brasil, entre 1992 e 2020, bem como as metas de redução propostas pelo Protocolo de Montreal (PM) e pelo Plano Nacional de Eliminação dos CFC (PNC). Observa-se a eliminação total do consumo de CFC a partir de 2010.

Figura 9 – Consumo de CFC (Grupo I, Anexo A) no Brasil e metas de redução (PM e PNC).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

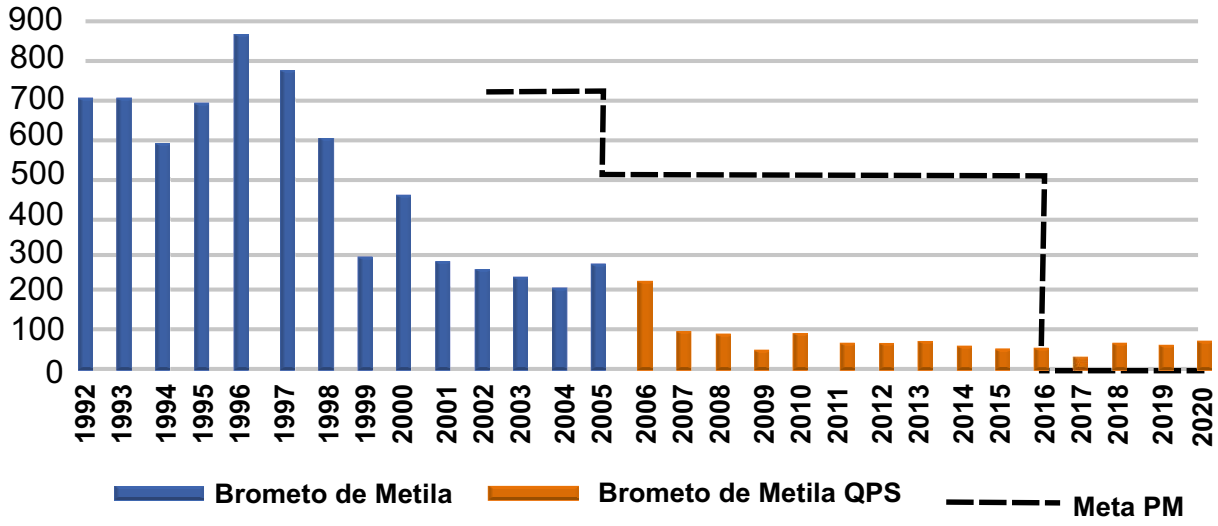
O brometo de metila é um composto orgânico halogenado, sendo um gás liquefeito sob pressão que pode ter origem natural ou sintética. Por ser extremamente tóxico e letal aos insetos, patógenos (nematoides, fungos e bactérias), ervas daninhas e qualquer ser vivo presente no solo e na zona de penetração do gás, o brometo de metila foi amplamente utilizado como fumigante para desinfecção e esterilização de solo, controle de pragas, fumigação de cereais e frutas e para desinfecção (tratamentos fitossanitários com fins quarentenários e de pré-embarque) de mercadorias importadas e exportadas de origem vegetal (MMA, 2014).

A Figura 10 apresenta o histórico do consumo do brometo de metila no Brasil entre os anos de 1992 e 2020, assim como a meta de redução definida pelo Protocolo de Montreal. Também informa as quantidades importadas destinadas aos tratamentos fitossanitários quarentenários e de pré-embarque, usos que não são considerados consumo pelo Protocolo de Montreal.

Já os Halons são um grupo de compostos industriais que contêm pelo menos um bromo e um átomo de carbono, contudo podem ou não conter um átomo de cloro. Foram originalmente desenvolvidos para extinguir incêndios e eram amplamente usados para proteger grandes instalações de computadores, equipamentos militares e motores de aeronaves comerciais. (WMO, 2019). Sua utilização se deve às suas características de apagar incêndios sem deixar resíduos, nem danificar sistemas, além de pequenas quantidades serem suficientes para extinguir focos de incêndio (MMA, 2014).

O Protocolo de Montreal estabeleceu que, a partir de 2002, a quantidade permitida de importação seria fixada conforme a média das importações do período de 1995 a 1997, sofrendo redução de 50% a partir de 2005 e proibição total a partir de 2010. Entretanto, a Resolução Conama n.º 267, de 14 de dezembro de 2000, foi mais restritiva e permitiu, a partir de 2001, a importação de halons virgens (novos) somente para usos e/ou aplicações em extinção de incêndios na navegação aérea e marítima, em aplicações militares não especificadas, em acervos culturais e artísticos,

Figura 10 – Consumo de brometo de metila geral e QPS (quarentenário e pré-embarque) no Brasil e meta de redução do Protocolo de Montreal.

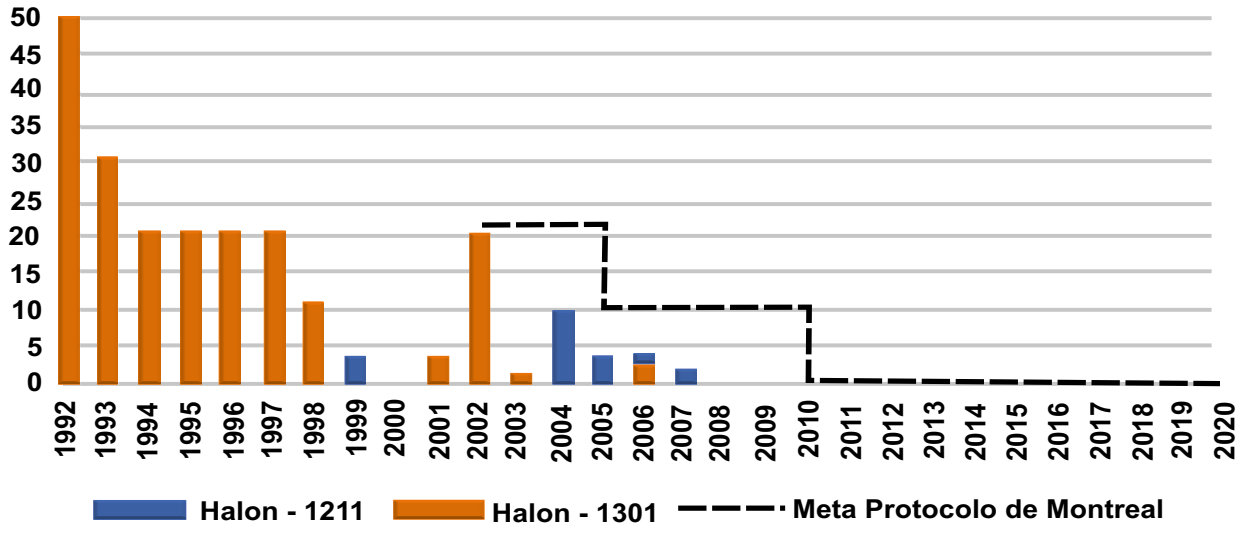


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

em centrais de geração e transformação de energia elétrica e nuclear e em plataformas marítimas de extração de petróleo. Desde 2010 só é permitida a importação de halons regenerados[14] (MMA, 2014). A Figura 11 mostra a evolução da importação de Halons entre os anos de 1992 a 2020.

Os HCFC são substâncias artificiais formadas por hidrogênio, cloro, flúor e carbono. O seu uso iniciou-se como alternativa provisória aos CFC, por serem considerados menos danosos à camada de ozônio.

Figura 11 – Importação de halon-1211 e halon-1301 no Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

14 Substância que foi reprocessada para retornar às mesmas especificações do produto original.

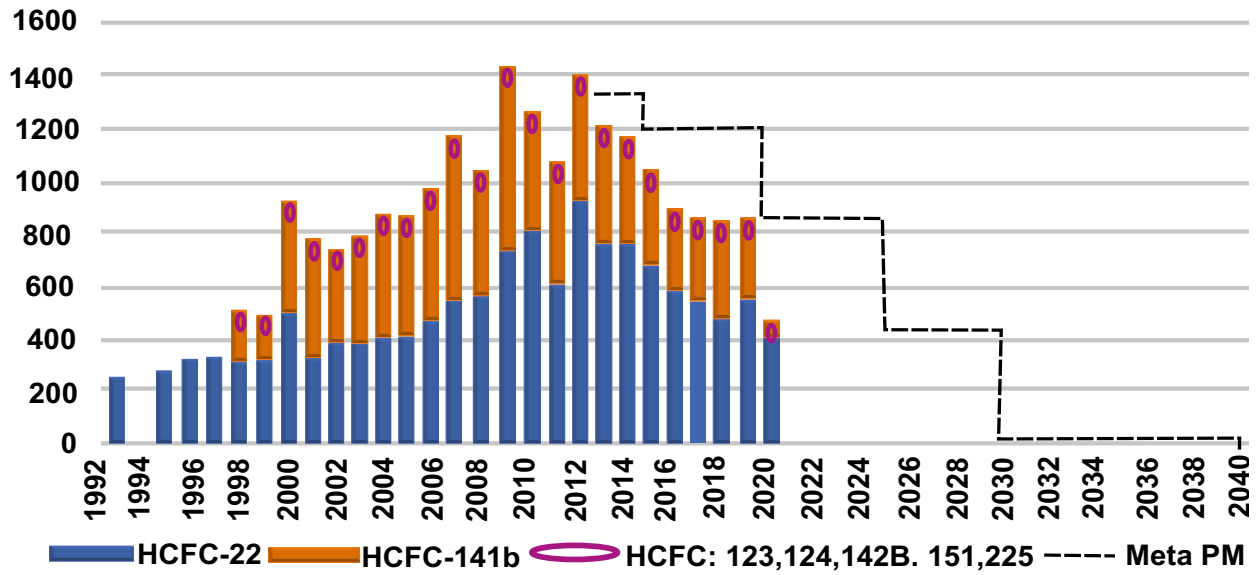
Com a eliminação do uso do CFC na fabricação de espumas de poliuretano, o HCFC-141b passou a ser a principal alternativa como agente de expansão para a indústria no Brasil. Já o HCFC-22 passou a ser a principal alternativa de fluido refrigerante para o setor de refrigeração e ar condicionado, com o uso concentrado no setor de serviços.

O Protocolo de Montreal estabeleceu que (para os países em desenvolvimento), a partir de 2013, a quantidade permitida de importação seria fixada conforme a média das importações de 2009 a 2010, sofrendo redução de 10% em 2013, de 35% em 2020, 67,5% em 2025, 97,5% em 2030 e proibição total a partir de 2040. A linha de base para o consumo brasileiro de HCFC foi definida em 1327,3 t PDO.

Com o objetivo de se cumprir com as metas estabelecidas pelo Protocolo de Montreal, o Ibama publicou a Instrução Normativa n.º 4, de 14 de fevereiro de 2018, em substituição à Instrução Normativa Ibama n.º 14, de 20 de dezembro de 2012, e definiu novos limites e regras para a importação e utilização dos HCFC. A norma estabeleceu os seguintes critérios: proibiu a importação do HCFC-141b como agente de expansão, com uma redução de 90,03% da importação dessas substâncias a partir de 2020; reduziu a importação de HCFC-22 em 27,1% a partir de 2021. Com essas medidas, a redução do consumo brasileiro de HCFC será de, no mínimo, 51,6% a partir de 2021. Uma atualização dessa legislação deverá ser publicada para o cumprimento das futuras metas de redução dos HCFC para os anos de 2025, 2030 e 2040.

Na Figura 12 observa-se que o HCFC-141b e o HCFC-22 são os que apresentam maior consumo, respondendo juntos por aproximadamente 99% do consumo nacional.

Figura 12 – Consumo dos principais HCFC no Brasil e meta de redução do Protocolo de Montreal.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Os HFC são compostos usados como substitutos transitórios de curto prazo para CFC, HCFC e outras SDO. Os HFC contêm hidrogênio, flúor e carbono, mas não contribuem para a destruição da camada de ozônio porque não possuem cloro ou bromo. No entanto, os HFC e todas as SDO são gases de efeito estufa de longa vida na atmosfera, portanto, contribuem para a mudança do clima induzida pelo homem (WMO, 2019).

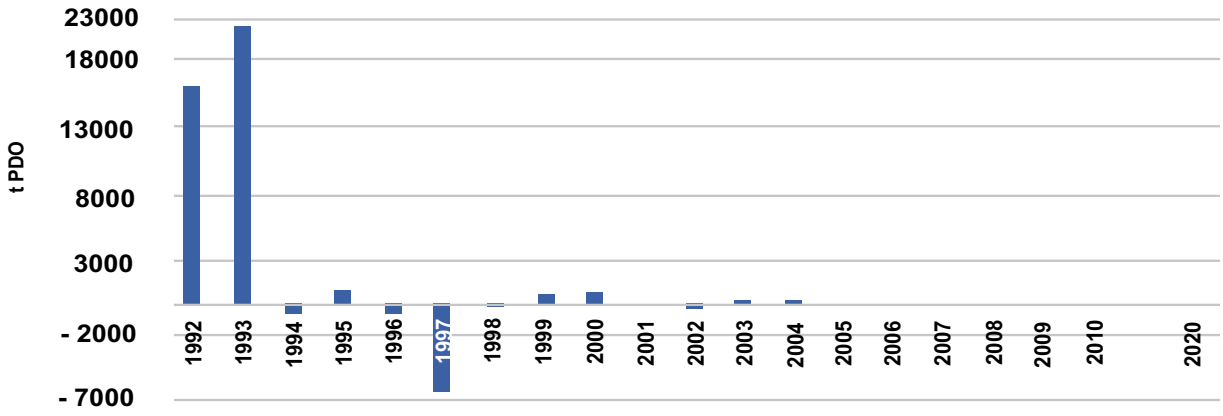
Conforme dados encaminhados pelo Ibama e MMA ao Protocolo de Montreal, em 2019, o consumo de HFC foi de aproximadamente 65,6 milhões de toneladas de CO_{2eq} e em 2020 foi de aproximadamente 39,9 milhões de toneladas de CO_{2eq} decorrente da redução das atividades industriais durante a pandemia causada pelo vírus SARS – CoV-2.

Por fim, o tetracloreto de carbono (CTC) é um composto formado por carbono e cloro, utilizado como matéria-prima para produção de CFC, como solvente e como agente de processos químicos de indústrias e laboratórios.

O Protocolo de Montreal estabeleceu uma redução de 85% do consumo de CTC até 2005, com base na média de consumo entre os anos 1998 e 2000, e a total eliminação até 2010.

Com a eliminação da produção de CFC no País em 1999, eliminou-se também a utilização de CTC para este fim. Em 2003, a aplicação de CTC como agente de limpeza (solvente) foi interrompida, principalmente por possuir toxidez relativamente alta para humanos. A partir de 2004, o Brasil cessou sua produção de CTC, ficando o consumo interno restrito à utilização como agente de processo na produção do MVC (monômero de cloreto de nitrogênio). A partir de 2008 esses usos também foram eliminados (Figura 13) (MMA, 2014).

Figura 13 – Consumo de CTC no Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Políticas e ações de combate à degradação da camada de ozônio

O Brasil atua para o sucesso do Protocolo de Montreal (1990), desde sua assinatura, por meio de políticas públicas e da adoção de instrumentos legislativos. MMA coordena as ações para o cumprimento dos compromissos internacionais assumidos de eliminação das substâncias controladas, em um contexto que envolve planejamento e execução de atividades com alta representatividade do qual participam instituições públicas e científicas, associações representativas dos setores envolvidos, indústria, comércio e profissionais de diversas áreas (MMA, 2014).

Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio

Em 1985, um conjunto de nações reuniu-se na Áustria manifestando preocupação técnica e política quanto aos possíveis impactos que poderiam ser causados com o fenômeno da redução da camada de ozônio. Nesta ocasião foi formalizada a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio. Em linhas gerais, o texto da Convenção enuncia uma série de princípios relacionados à disposição da comunidade internacional em promover mecanismos de proteção ao ozônio estratosférico, prescrevendo obrigações genéricas que instavam os governos a adotarem medidas jurídico-administrativas apropriadas para evitar tal fenômeno.

Protocolo de Montreal sobre SDO

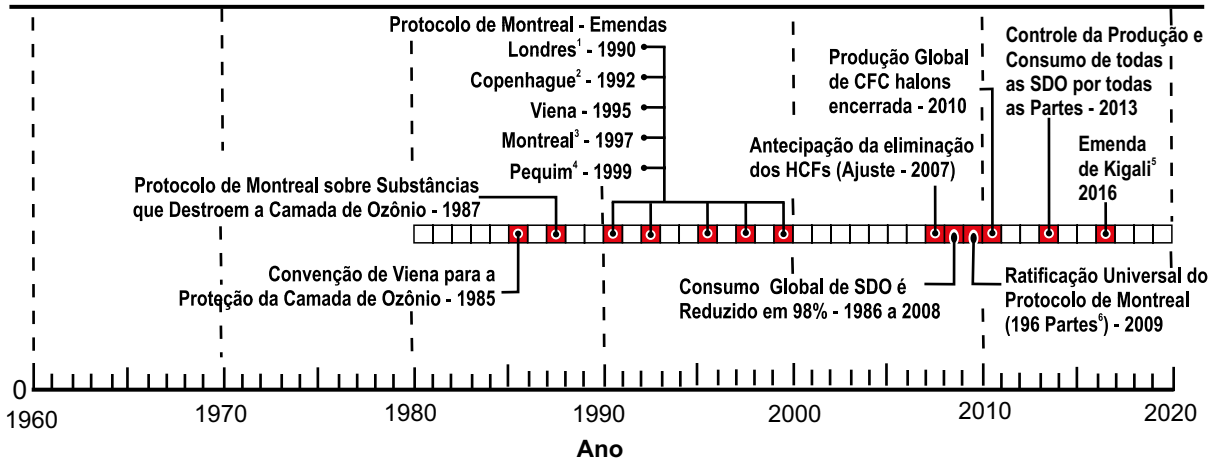
A Convenção de Viena contribuiu para o surgimento, em 1987, do Protocolo de Montreal sobre SDO. O documento assinado pelos Países Parte impôs obrigações específicas, em especial a progressiva redução da produção e consumo das SDO até a total eliminação. Atualmente, o Protocolo de Montreal é o único acordo ambiental multilateral cuja adoção é universal.

O Protocolo de Montreal estabeleceu metas de eliminação para todas as Partes, respeitando o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas. Dessa forma, em 1990, foi instituído o Fundo Multilateral para a Implementação do Protocolo de Montreal (FML, *Multilateral Fund* – MLF em inglês) para prover assistência técnica e financeira aos países em desenvolvimento com recursos provenientes dos países desenvolvidos.

O Protocolo de Montreal é um exemplo de sucesso dentre os múltiplos acordos multilaterais ambientais de que o Brasil é parte. A rara combinação de vontade política dos Estados Parte, somada ao empenho dos setores produtivos e da comunidade científica e tecnológica, transformou-se em modelo de cooperação para enfrentar os grandes desafios ambientais globais (MMA, 2014).

O Protocolo de Montreal permite revisões sob a forma de emendas e ajustes ao texto original, mediante decisões das Partes fundamentadas em recomendações dos painéis técnicos e científicos de avaliação e assessoramento. Enquanto as emendas precisam ser ratificadas pelos países, os ajustes entram em vigor a partir da decisão tomada pelas partes durante as conferências e as reuniões (COP e MOP). A Figura 14 apresenta em ordem cronológica os principais avanços conquistados pelo Protocolo de Montreal.

Figura 14 – Marcos históricos do Protocolo de Montreal.



OBS:

1 Emenda de Londres (1990) Estabeleceu a completa eliminação dos CFC, halons e tetracloreto de carbono até o ano 2000 para os países desenvolvidos e até 2010 para os países em desenvolvimento. O metilclorofórmlo for inserido na lista de substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal, com previsto de eliminação em 2005 para os países desenvolvidos e em2015 para as países em desenvolvimento. Essa Emenda instituiu o FML.

2 Emenda de Copenhague (1992) —Antecipou para 1896, em vez de 2004, o cronograma de eliminação das substâncias já controladas pelo Protocolo de Montreal (CFC, halons, tetracloreto de carbono e metilclorofórmio) O brometo de metila, hidrobromofluorcarbonos e HCFC passaram a ser controlados pelo Protocolo de Montreal.

3 Emenda de Montreal (1997)—Incluiu o cronograma de eliminação dos HCFC para as países em desenvolvimento e a prazo de eliminação do brometo de metila para os países desenvolvidos e em desenvolvimento —2005 e 2015, respectivamente.

4 Emenda de Pequim (1999) - Incluiu controles mais severos sabre a produção e o comércio dos HCFC. O bromoclorometano foi incluído como substância controlada pelo Protocolo de Montreal com eliminação estabelecida para 2004.

5 Emenda de Kigali (2016) — Inclui os HFC na lista de substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal e aprova os cronogramas específicos de redução da produção e consumo.

6 Atualmente o Protocolo de Montreal é composto por 198 Partes.

Fonte: Adaptado de WMO, 2019.

Plano Nacional de Eliminação dos CFC (PNC)

O PNC foi aprovado na 37ª Reunião do Comitê Executivo do FML, realizada em julho de 2002. Foi criado como um instrumento de planejamento para que o Brasil pudesse alcançar o objetivo de promover a eliminação completa do consumo de CFC nos setores de refrigeração, espuma, aerossóis, solventes, esterilizantes e MDI. Além disso, possibilitou apoio ao gerenciamento dos CFC contidos nos equipamentos de refrigeração antigos, por meio do incentivo ao recolhimento, reciclagem e regeneração dessas substâncias.

Para atingir esse objetivo, uma série de atividades em projetos de investimentos, conversão tecnológica, assistência técnica, treinamentos, capacitação, legislação e divulgação foram planejadas e executadas com recursos de US$ 26,7 milhões aprovados pelo FML. Como resultado principal e em concordância com os prazos estabelecidos pelo Protocolo de Montreal, o PNC contribuiu para o cumprimento da meta de eliminação do consumo de CFC no Brasil, equivalente a 9.276 t PDO/ano. A Tabela 6 apresenta algumas das ações já executadas no âmbito do PNC até 2012.

Tabela 6 – Projetos executados pelo PNC.

Projetos	Resultados
Setor de espumas	Conversão de 106 empresas
Centrais de regeneração	Implantação de 5 centrais de regeneração de CFC-12, HCFC-22 e HFC-134a
Unidades de reciclagem	Distribuição de 120 equipamentos para reciclagem de CFC-12, HCFC-22 e HFC-134a
Máquinas recolhedoras	Distribuição de 2.000 máquinas de recolhimento de fluidos refrigerantes
Recolhimento e reciclagem de CFC em ar-condicionado automotivo	Distribuição de 386 equipamentos de reciclagem de fluidos CFC-12 e HFC-134a, com a capacitação de 545 técnicos do setor
Prevenção ao comércio Ilícito	Capacitação de servidores da Receita Federal e do Ibama
Inaladores de Dose Medida (MDIs) livres de CFC	Desenvolvimento da Estratégia Brasileira de Transição para MDIs livres de CFC
Treinamento de técnicos de refrigeração	Treinamento de 24.678 técnicos de refrigeração em boas práticas
Prevenção ao comércio Ilícito	Capacitação de oficiais de alfândega da Receita Federal do Brasil e servidores do Ibama, com o objetivo de evitar a entrada ilegal de SDO no País.

Fonte: MMA, 2014.

Programa Nacional de Eliminação do Brometo de Metila na floricultura

O Programa de Eliminação de Brometo de Metila no setor de flores e plantas ornamentais no Brasil foi conduzido pela parceria entre Mapa, MMA e Ibama. O programa foi baseado não só na eliminação do brometo de metila nos cultivos, mas também no fornecimento de alternativas para tratamento do solo e desinfecção de substratos. Para isso, foram fornecidos aos agricultores conjuntos de caldeiras e injetores de vapor para desinfecção do solo e coletores solares para desinfecção de substratos. O Programa forneceu ainda capacitação técnica para a utilização dos equipamentos.

O trabalho, iniciado em 2005 e concluído em 2008, foi inédito e a experiência inspirou diversos países a fazerem o mesmo. Alguns dos resultados são apresentados a seguir (MMA, 2014): 28 caldeiras, 27 injetores de vapor e 1.000 coletores solares para tratamento de solo e substrato foram distribuídos para associações de agricultores; 1,2 milhão de m² de solo foram tratados com uso do vapor, equivalente à eliminação de 108 toneladas de brometo de metila; 21.000 m³ de substrato foram tratados com os coletores solares, equivalente à eliminação de 22,4 toneladas de brometo de metila; 800 pessoas (entre agricultores e funcionários) capacitadas no manejo integrado de pragas, operação de caldeiras e utilização dos equipamentos; 165 agricultores contemplados com novas alternativas para tratamento de solo.

Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFC (PBH)

Em setembro de 2007, o Protocolo de Montreal iniciou uma nova fase voltada para a eliminação da produção e do consumo dos HCFC. Por meio da Decisão XIX/6[15], as partes do Protocolo optaram pela antecipação dos prazos de eliminação dos HCFC, impondo aos Estados Parte o comprometimento de cumprir um novo cronograma de eliminação.

Com o objetivo de desenvolver ações para eliminar o consumo de HCFC, o governo brasileiro promoveu a elaboração do PBH[16], com a participação das entidades representativas dos setores público e privado, bem como da sociedade em geral. Atualmente o PBH é composto por duas etapas. A etapa 1 encontra-se totalmente concluída e a etapa 2 está em execução. A Tabela 7 apresenta alguns indicadores e principais resultados da implementação do PBH até maio de 2021.

Tabela 7– Principais resultados do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFC (PBH).

PBH	Meta[17]	Principais ações realizadas e resultados alcançados
Etapa 1 (concluída)	Eliminação de 16,6% do consumo de HCFC, em 2015	**Ações**: - 249 empresas do setor de espumas de poliuretano convertidas para a eliminação do HCFC-141b, sendo: 9 casas de sistemas, 14 empresas individuais e 226 usuários finais; - 4.800 técnicos capacitados e treinados para o manuseio adequado do HCFC-22 e outros fluidos no setor de refrigeração comercial; - 100 técnicos capacitados e treinados para o manuseio adequado do HCFC-22 e outros fluidos no setor de ar condicionado; - Disseminação de informações e produção de materiais técnicos e informativos. **Resultados alcançados**: 220,3 t PDO de HCFC eliminadas
Etapa 2 (em andamento)	Eliminação de 39,3% do consumo de HCFC em 2020 Eliminação de 51,6% do consumo de HCFCs em 2021	**Ações:** - 96 empresas do setor de manufatura de espumas de poliuretano convertidas para a eliminação do HCFC-141b (apoio técnico e financeiro), sendo: 8 casas de sistemas, 8 empresas individuais e 80 usuários finais; - 5 empresas do setor de refrigeração comercial convertidas para a eliminação do HCFC-22; - Desenvolvimento de tecnologias nacionais (apoio técnico e financeiro) para a utilização do propano (R-290) em sistema de refrigeração comercial para supermercado, freezers e expositores, máquinas para resfriamento de chopes e sucos; - 4.374 técnicos capacitados e treinados para o manuseio adequado do HCFC-22 e outros fluidos no setor de refrigeração comercial; - 895 técnicos capacitados e treinados para o manuseio adequado do HCFC-22 e outros fluidos no setor de ar condicionado; - Disseminação de informações e produção de materiais técnicos e informativos. **Resultados alcançados**: 521,6 t PDO de HCFC eliminadas

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

15 Decisão XIX/6 tomada na 19ª Reunião das Partes do Protocolo de Montreal. https://ozone.unep.org/treaties/montreal-protocol/meetings/nineteenth-meeting-parties/decisions/decision-xix6-adjustments-montreal-protocol-regard-annex-c-group-i-substances.

16 Documentos disponíveis em: https://antigo.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/acoes-brasileiras-para-protecao-da-camada-de-ozonio/programa-brasileiro-de-eliminacao-dos-hcfcs-pbh.

17 Meta em relação à média do consumo de HCFC para os anos 2009 e 2010 (linha de base = 1327,30 t PDO de HCFC).

Uma terceira etapa deverá ser elaborada para o atendimento das futuras metas estabelecidas pelo Protocolo de Montreal, no qual está prevista a eliminação de 67,5% do consumo de HCFC em 2025 e de 97,5% em 2030, bem como do consumo residual de 2,5 % no período entre 2030 e 2040.

Ações de controle de SDO executadas no Brasil

O Ibama é a instituição federal responsável pelo controle da importação, exportação, comércio e utilização das substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal. Desta forma, o Instituto estabelece as cotas de importação de HCFC, autoriza a importação e exportação, é responsável pelo cadastro de pessoas físicas e jurídicas, realiza o monitoramento do comércio e da utilização das substâncias controladas e atua na fiscalização do setor, garantindo que o Brasil atenda aos limites estabelecidos pelo Protocolo e pela legislação brasileira (MMA, 2014).

Atualmente, o Ibama atua no controle dos HCFC, HFC, halons regenerados e brometo de metila. É importante ressaltar que as pessoas jurídicas que importam, exportam, revendem e utilizam de forma técnica substâncias, bem como, as empresas recicladoras, regeneradoras e incineradoras das substâncias controladas, com exceção dos usuários, devem ter inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP) e prestar as informações necessárias, conforme a Instrução Normativa Ibama n.º 5, de 14 de fevereiro de 2018.

Estudos sobre ozônio estratosférico no Brasil

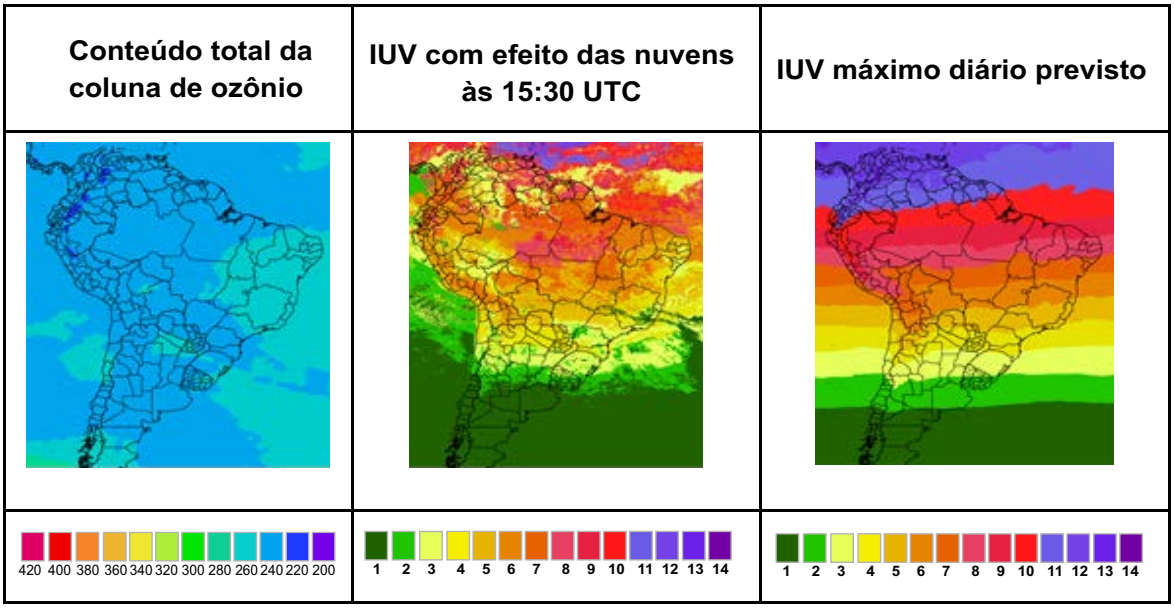
O Inpe monitora a camada de ozônio há mais de 40 anos, desde os primeiros alertas sobre a redução das concentrações de ozônio estratosféricos. Medições de ozônio são realizadas em diferentes localidades (Tabela 8) por meio de técnicas observacionais de sensores instalados à superfície e a bordo de balões estratosféricos. Estas observações fazem parte da rede mundial de monitoramento da camada de ozônio do Programa da Organização Mundial de Meteorologia das Nações Unidas. Adicionalmente, pesquisas sobre métodos de estimativa de radiação UV e ozônio são realizadas no Inpe desde 1995, utilizando imagens de satélites ambientais, bem como modelos meteorológicos da composição química da atmosfera, como exemplificado na Figura 15.

Tabela 8 – Observações da concentração de gases e radiação ultravioleta relevantes para o monitoramento da camada de ozônio.

Variáveis	Localidades (ano de início das observações)
Concentração total de ozônio via espectrofotômetro Brewer	Natal/RN (1994), Cuiabá/MT (1991), La Paz/Bolívia (1996), Cachoeira Paulista/SP (1997), São José dos Campos/SP (2000), Santa Maria/RS (1992), Estação Comandante Ferraz/Antártica (2001)
Concentração total de ozônio via espectrofotômetro Dobson	Cachoeira Paulista/SP (1976), Natal/RN (1978), Estação Comandante Ferraz/Antártica (1996)
Perfil vertical da concentração de ozônio	Natal/RN (1978-2002), Barra de Maxaranguape/RN (2002-2015), Natal/RN (2015- 2020*)
Radiação ultravioleta	São José dos Campos/SP, Cachoeira Paulista/SP, Cuiabá/MT, Santa Maria/RS, Natal/RN (1997), Caicó/RN (2014), Angicos/RN (2015), Currais Novos/RN (2016), estação Comandante Ferraz/Antártica (1996-2012)
GEE: CO, CO_2, CH_4, N_20 e CFC.	Farol Natal Mãe Luiza/RN (2015)

*Observações interrompidas em março de 2020 devido à pandemia.
Fonte: PAES LEME; ALVALÁ, 2018 e MARTINS *et al.*, 2017.

Figura 15 – Mapa de estimativas de concentração de Ozônio para junho de 2021.



OBS.: Mapas de distribuição espacial da concentração total de ozônio, índice de radiação ultravioleta às 15:30 UTC e o índice de radiação UV máximo previsto para o dia 1⁷/6/2021. Valores de IUV indicam a intensidade da radiação UV incidente à superfície com potencial impacto à saúde humana. Para exposição solar saudável, para cada nível de radiação são indicadas recomendações de trajes e horários de exposição solar segura, principalmente para atividades de trabalho, educacionais, esportivas e lazer ao ar livre.
Fonte: Inpe, 2021.

MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA

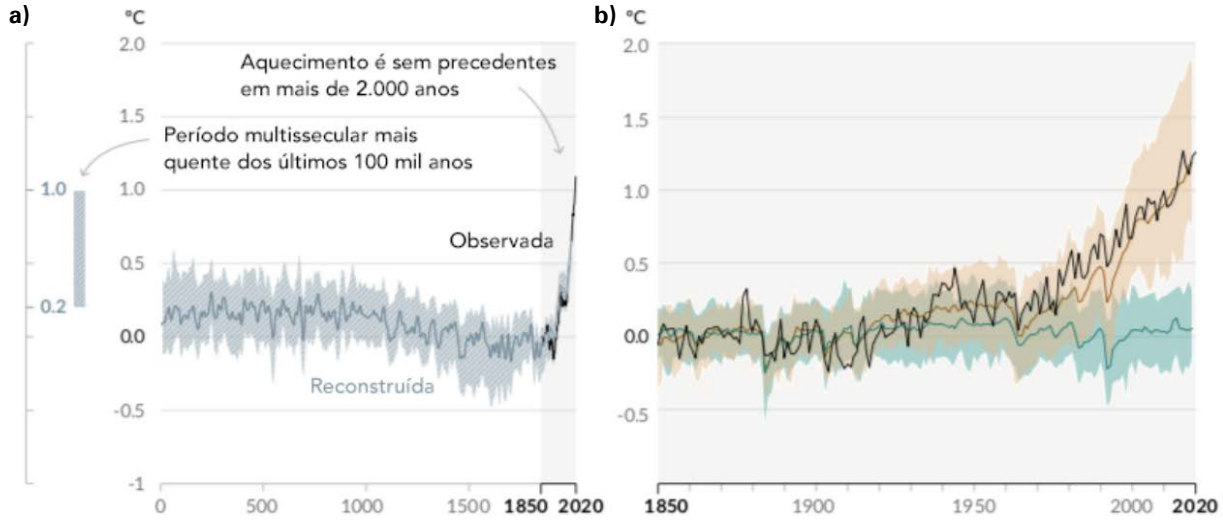
> O aquecimento do sistema climático é inequívoco e, desde a década de 1950, a maioria das mudanças não tem precedentes ao se considerar décadas ou milênios. A atmosfera e o oceano aqueceram, a quantidade de neve e gelo diminuiu, houve elevação do nível do mar, e as concentrações de GEE aumentaram (IPCC, 2013, p. 4).

Aquecimento global antrópico

As evidências científicas apresentadas no Sexto Relatório (AR6)[18] do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) apontaram que o planeta Terra passa por severas mudanças ambientais e climáticas, sendo estas por causa das atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, que emitem GEE, contribuindo para um clima com presença de chuvas fortes, secas e expansão da desertificação, na qual causarão grande ameaça aos ecossistemas, recursos hídricos, biodiversidade e estabilidade e resiliência do ecossistema. Dessa forma, o relatório mais recente do IPCC conseguiu quantificar desde a era pré-industrial o aumento da temperatura global, na qual foi apontado que o planeta Terra esquentou 1,09 °C, e desse total apenas 0,02 °C podem ser atribuídos a causas naturais e 1,07 °C ao aquecimento global antrópico (Figura 16). Ademais, segundo o documento AR6, ondas de calor extremamente fortes que ocorriam uma vez a cada 100 anos antes do século XX, tornaram-se atualmente 4,8 vezes mais frequentes e 1,2 °C mais quentes. Assim, se a temperatura global aumentar 1,5 °C, esse tipo de evento extremo será 8,6 vezes mais frequente e 2 °C mais quente do que há 150 anos, conforme Figura 16.

18 O Relatório AR6 não foi abordado de forma integral neste capítulo em função da redação do RQMA ter ocorrido em 2021, com o objetivo de atualizar os dados até 2020. Abordou-se apenas alguns dados, dada a importância deles, não sendo possível compatibilizar todas as informações deste capítulo com o Relatório AR6. Ressalta-se que o primeiro relatório publicado é sobre 'ciência' e foram previstas as publicações dos relatórios sobre 'adaptação' e 'mitigação' para o primeiro trimestre de 2022.

Figura 16 – Temperatura média global da superfície (sigla em inglês GMST) observada mensalmente até 2020.



OBS: a) Registro de mudanças na temperatura. b) Em vermelho, tem-se o aquecimento global observado nos últimos 170 anos, considerando causas naturais e humanas. Em azul, a simulação do aquecimento global considerando apenas causas naturais.

Fonte: IPCC, 2021.

Desde meados do século XIX, a taxa de aumento do nível do mar tem sido superior à taxa média durante os dois milênios anteriores (IPCC, 2018). Dessa maneira, é provável que a taxa média global do aumento do nível do mar continue a crescer no século XXI.

Desde o início da década de 1970, a perda de massa glaciar e a expansão térmica dos oceanos por aquecimento explicam cerca de 75% do aumento médio global do nível do mar observado, assim em meados do século XIX, a taxa de aumento do nível do mar tem sido superior à taxa média durante os dois milênios anteriores (IPCC, 2018). De acordo com o último relatório do IPCC (AR6) , a elevação do nível do mar neste século dependerá do cenário de emissões – de 28 cm a 55 cm no melhor cenário (SSP 1.9) e de 63 cm a 1,02 m no pior cenário (SSP 8.5) – em relação à média de 1995-2014. Além disso foi apontado também que no pior cenário, picos de maré alta extrema que ocorriam uma vez a cada século, poderão ocorrer uma vez por ano em 80% das localidades com medições de maré do mundo. Nesse sentido é contundente que o oceano aqueceu nos últimos 50 anos e é extremamente provável que a influência humana seja o principal causador desse aquecimento, assim como da acidificação dos mares. Somente entre 2011 e 2020, o aquecimento da temperatura dos oceanos foi de 0,88°C. Neste século, o aquecimento do oceano pode ser duas vezes maior no melhor cenário (SSP1-2.6) e até oito vezes maior no pior cenário (SSP5-8.5), em comparação ao período de 1971 a 2018.

Como consequência do aquecimento global antrópico, também se apontam os índices extremos de precipitação[19]. Dos diversos desastres naturais ocorridos no Brasil por extremos de precipitação, o de 2011, na região Serrana do Rio de Janeiro, foi o maior da história do Brasil e o 8º maior desastre ocorrido no mundo em 100 anos, segundo a Organização das Nações Unidas.

19 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no Capítulo "Água".

Poucos anos depois, em 2014, o extremo oposto se apresenta. Valores muito baixos de precipitação deixam a maior cidade do País, São Paulo, diante da pior crise hídrica de sua história. Uma estação chuvosa deficitária levou o Sistema Cantareira a utilizar seu volume morto para atender a demanda de água da cidade de São Paulo (MARENGO; ALVES, 2015). Na mesma década, e por 6 anos, a Região Nordeste presenciou a pior seca de sua história (MARENGO; SOUZA JR, 2018).

Por outro lado, em 2012, a cidade de Manaus, na bacia Amazônica, viveu uma cheia recorde no Rio Negro. Apenas dois anos antes, em 2010, a Amazônia tinha vivenciado uma seca extrema. Estudos mostram que esses extremos hidrológicos na Amazônia têm aumentado de frequência e parecem ser uma tendência, ainda que com grandes incertezas (MARENGO; ESPINOZA, 2015).

Mais recentemente, no primeiro bimestre de 2020 o excesso de chuva trouxe prejuízos de mais de 1 bilhão de reais e afetou quase 2 milhões de pessoas no Sudeste do Brasil (CEMADEN, 2020). Em 2021, no mês de junho, o nível do rio Negro supera o nível recorde de 2012 em Manaus (GLOBO, 2021). Simultaneamente,a escassez de água na bacia do Rio Paraná coloca o Brasil diante da maior crise hidro energética de sua história (CEMADEN, 2020).

As cidades e seu funcionamento são também vítimas dos extremos de chuva. As duas maiores cidades do País, São Paulo e Rio de Janeiro têm sua mobilidade e dinâmica de atividades urbanas frequentemente perturbada de forma brusca por chuvas fortes.

As causas climáticas vêm sendo amplamente estudadas, pois o aumento de extremos de precipitação é compatível com um planeta mais aquecido (DONAT *et al.*, 2013; DUNN *et al.*, 2020). Um cenário assim sugere que os extremos de precipitação seguirão com frequência e amplitude mais elevadas no futuro.

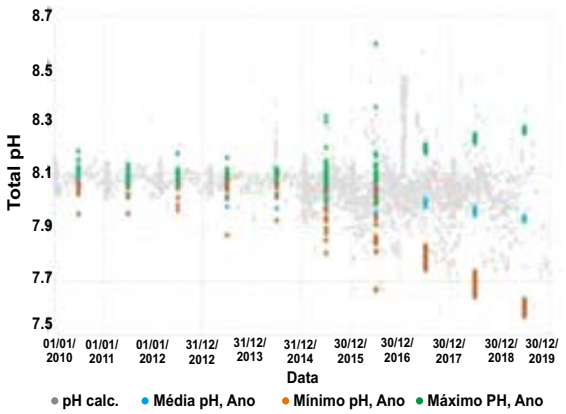
Dessa forma, o oceano tem um papel importante na desaceleração das mudanças do clima. À medida que aumenta a concentração do CO_2 atmosférico, o oceano absorve mais CO_2 por processos físico-químicos na interface atmosfera-oceano. Uma parte do CO_2 dissolvido é absorvido por processos biológicos, sendo que parte desse é aprisionado nas camadas mais profundas em um processo chamado de sequestro de carbono (DE LA ROCHA; PASSOW, 2014). A parte do CO_2 que permanece dissolvida nas camadas superficiais, no entanto, provoca uma alteração na química do oceano com a redução do pH, em um processo chamado de acidificação. A acidificação do oceano por sua vez gera uma série de impactos negativos à biota marinha e consequentemente aos seus serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono, a pesca e aquicultura, a proteção à linha de costa (por recifes de corais), dentre outros (CALDEIRA; WICKETT, 2003; KROEKER *et al.*, 2013).

Em 2012 foi criada a primeira rede global de observação da acidez (pH) no oceano (GOA-ON, do inglês *Global Ocean Acidification Observing Network*)[20] (TILBROOK *et al.*, 2019). O gráfico da Figura 17b mostra a evolução temporal do pH medido no oceano de 2010 a 2019 (WMO, 2021). É possível notar um aumento expressivo nos dados coletados e adicionados à rede global a partir de 2014-2015 (coincidente com a criação da Agenda 2030 das Nações Unidas), e uma diminuição nos valores médios e mínimos globais anuais de pH ao longo da série. Uma segunda fonte de dados globais é o pH estimado a partir de dados reconstruídos e interpolados de alcalinidade e da pressão parcial de CO_2, obtido do *Surface Ocean* CO_2 Atlas (SOCAT)[21] (CMEMS, 2020). A média global anual de pH dessa fonte, possui uma série maior de dados desde 1985, e mostra uma tendência de diminuição do pH de -0,0016±0,0006 por ano (Figura 17b). Há diferenças regionais evidenciadas pelos dados pontuais medidos *in situ* (Figura 17a), e é preciso ainda um grande esforço em aumentar a rede de observações, principalmente em regiões costeiras, onde os impactos da acidificação podem ser mais expressivos. Mas os esforços já existentes corroboram com o cenário de mudanças do clima e com as projeções de

20 Mais informações sobre o GOA-ON, podem ser obtidas no site: http://goa-on.org.
21 Mais informações sobre o SOCAT podem ser obtidas no site: https://www.socat.info/.

Figura 17 – Valores de pH medidos na superfície do mar e média global da superfície do oceano.

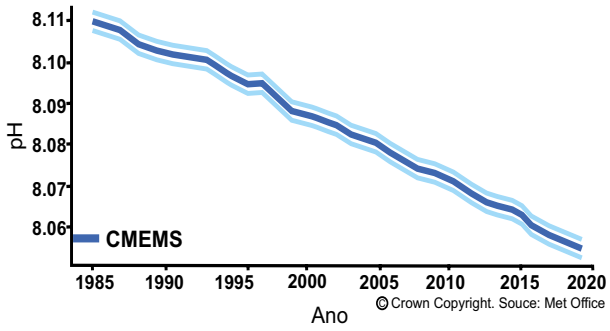
a)



OBS: a) Valores de pH medidos na superfície do mar. Os pontos em cinza representam as medidas pontuais de pH; em azul, a média anual global; em laranja, a mínima global anual; e em verde, o máximo global anual.

Fonte: Adaptado de http://oa.iode.org, para o período de janeiro 2010 a janeiro 2020.

b)



OBS: b) Valores de pH medidos na superfície do mar, obtido do programa Europeu Copernicus Marine Service Information (azul) (CMEMS, 2020). A área sombreada indica a incerteza nas estimativas.

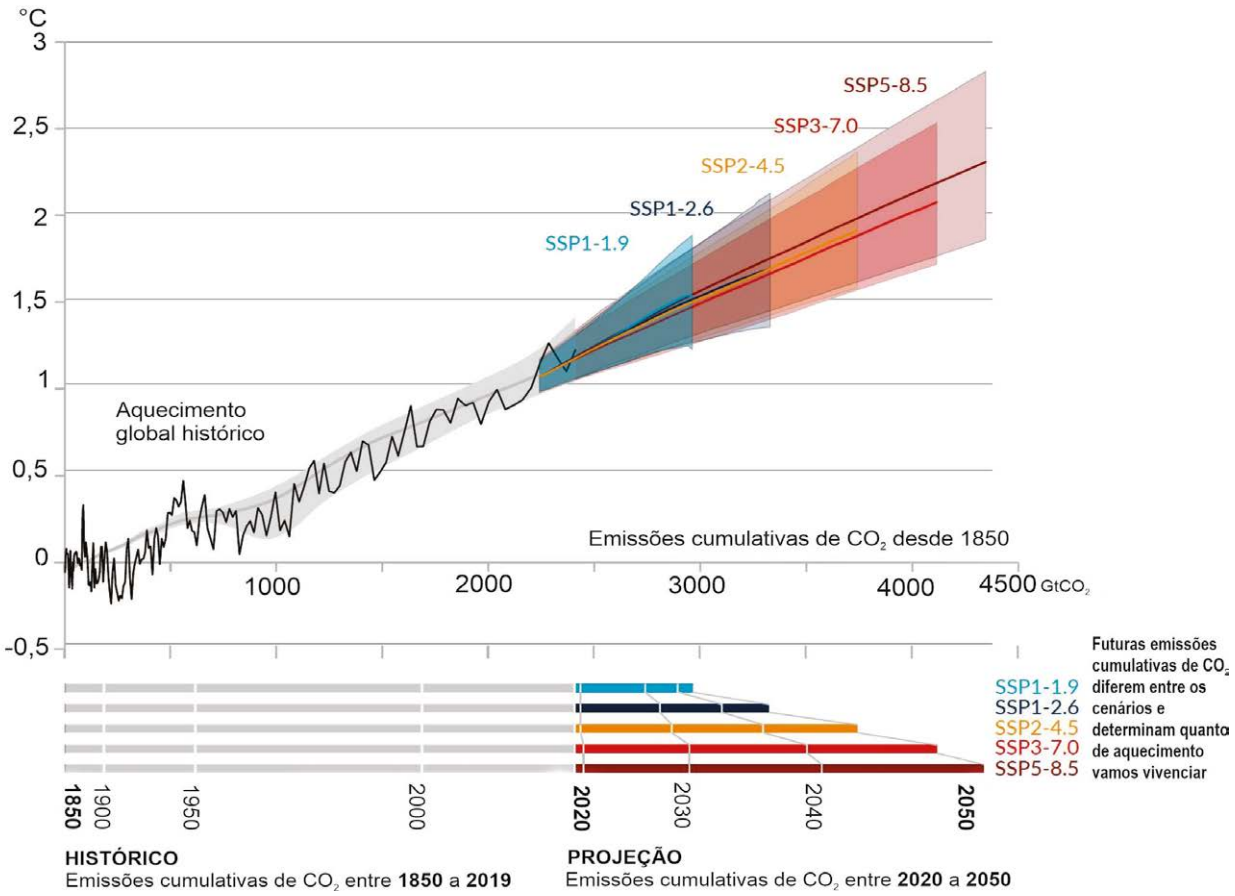
Fonte: WMO, 2021.

modelos globais (WMO, 2021), alertando para o aumento progressivo da acidificação do oceano, com impactos notórios em diversas regiões (KROEKER *et al.*, 2013).

Por fim, o sexto relatório do IPCC (2021) reafirma com 'alta confiança' o que já foi estabelecido pelo quinto relatório (2013): há uma relação quase linear entre o acúmulo de CO_2 emitido por atividades humanas e o aquecimento por ele causado. Cada mil Giga toneladas (1000 Gt) de CO_2 emitidos acumulados na atmosfera corresponde a cerca de 0.27°C a 0.63°C de incremento na temperatura global de superfície, com uma melhor estimativa de 0.45°C (IPCC, 2021). Durante o período de 1850–2019, um total de 2390 ± 240 Gt de CO_2 foram emitidos por atividades humanas. Os orçamentos de carbono remanescentes foram estimados para vários limites globais de temperatura e vários níveis de probabilidade, baseados nestas estimativas do valor de resposta climática transitória às emissões cumulativas de CO_2. Esta relação implica que atingir zero emissões líquidas é um pré-requisito para se estabilizar o aquecimento causado pelo homem em qualquer nível, mas que limitar o aumento da temperatura global a um nível específico implicaria em limitar as emissões cumulativas de CO_2 dentro de um determinado orçamento de carbono.

Cenários com emissões de GEE muito baixas ou baixas (SSP1-1.9 e SSP1-2.6) levam anos a efeitos perceptíveis sobre as concentrações de GEE e aerossóis e a qualidade do ar em relação a cenários de emissões de GEE altos e muito altos (SSP3-7.0 e SSP5-8.5, respectivamente). Sob esses cenários contrastantes, afirma o sexto relatório (IPCC, 2021), diferenças discerníveis nas tendências da temperatura da superfície global começariam a emergir da variabilidade natural em cerca de 20 anos, e por períodos mais longos para muitos outros fatores de impacto climático (Figura 18).

Figura 18 – Aumento da temperatura da superfície global (C°) desde 1850 em função de emissões cumulativas de CO_2 e emissões projetadas em $GtCO_2$ até 2050.



OBS: Cada tonelada de emissão de CO_2 aumenta o aquecimento global. Observa-se ralação praticamente linear entre as emissões cumulativas de CO_2 e o aumento da temperatura da superfície global nos cinco cenários ilustrativos até o ano de 2050 (SSP1-1.9 a SSP5-8.5). **Painel superior:** Dados históricos (linha preta fina) mostram o aumento observado em °C da temperatura da superfície global desde 1850 em função de emissões cumulativas de CO_2, em $GtCO_2$ de 1850 a 2019. A faixa cinza e sua linha central mostram a estimativa correspondente do histórico de aquecimento antropogênico da superfície. As áreas coloridas mostram a faixa avaliada como muito provável de projeções de temperatura da superfície global, e as linhas centrais coloridas mais fortes mostram a estimativa média em função das emissões cumulativas de CO_2 de 2020 até o ano 2050, no conjunto de cenários ilustrativos (SSP1-1.9 a SSP5-8.5). As projeções usam as emissões cumulativas de CO_2 de cada cenário respectivo e o aquecimento global projetado inclui a contribuição de todas as forçantes antropogênicas. A relação é ilustrada no domínio das emissões cumulativas de CO_2 para as quais há confiança alta de que a Resposta Transiente do Clima às Emissões de Carbono Cumulativas (TCRE, na sigla em inglês) permanece constante e pelo período de 1850 a 2050, durante o qual as emissões globais de CO_2 permaneceram positivas líquidas em todos os cenários ilustrativos, já que há evidência limitada fundamentando a aplicação quantitativa de TRCE para estimar a evolução da temperatura com emissões negativas líquidas de CO_2. **Painel inferior:** Histórico de emissões cumulativas de CO_2 e as emissões projetadas em $GtCO_2$ nos respectivos cenários.

Fonte: IPCC, 2021 (Traduzido).

Impactos resultantes das mudanças climáticas

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas causaram impactos nos sistemas naturais e humanos em todos os continentes e oceanos. As evidências dos impactos das mudanças climáticas são mais robustas e conhecidas em relação aos sistemas naturais (IPCC, 2014, p.4).

A agricultura, no caso, é uma atividade amplamente dependente de fatores climáticos, cujas alterações podem afetar a produtividade e o manejo das culturas, além de fatores sociais, econômicos e políticos, e, portanto, sujeita a impactos da mudança climática global. A ameaça da mudança climática sobre a agricultura incide, principalmente, na queda da produtividade e na diminuição de áreas adequadas à condução de lavouras. Projeta-se um decréscimo na produtividade de muitas culturas, mesmo

quando considerados os efeitos diretos do enriquecimento atmosférico de CO_2. Esse pode exercer um efeito positivo em algumas plantas, bem como na melhoria da eficiência de uso da água. Entretanto, sob cenários de aumentos crescentes de temperatura, esse efeito pode ser anulado ou reduzido pelos impactos da variabilidade climática.

Apesar da elevação dos níveis de CO_2 resultar em maiores taxas fotossintéticas de espécies com via C3, com reflexos diretos na produtividade, em cenários de maior aumento de temperaturas, globais, este efeito benéfico do enriquecimento de CO_2 seria compensado pelos efeitos negativos decorrentes de altas temperaturas em que aumentos de temperatura sobre a produtividade da cultura do trigo anulam os efeitos positivos de uma atmosfera mais rica em CO_2, conforme analisado por Fuhrer (2009).

Segundo Assad e Pinto (2008), a soja, o produto agrícola mais importante exportado pelo País, se adapta melhor a temperaturas do ar entre 20ºC e 30ºC, com um crescimento vegetativo baixo ou nulo a menos de 10 °C. De acordo com os autores, acima de 40 °C ocorreriam distúrbios na floração e diminuição da capacidade de retenção de vagens. Além disso, a disponibilidade de água é fundamental no período de germinação e na floração da cultura.

Utilizando o modelo climático 'Precis' (*Providing Regional Climates for Impact Studies*), desenvolvido pelo Centro Hadley, esses autores projetam, ao contrário de Siqueira *et al.* (2001), uma redução de 60% da área de menor risco de impacto até 2070. Reduções de área cultivada de baixo risco poderão acontecer também com as culturas de arroz, girassol, algodão, café, feijão e milho. Em geral, as regiões norte e nordeste seriam as mais atingidas pelos impactos agrícolas do aquecimento global. Entre as culturas que seriam beneficiadas com o aquecimento global, segundo os autores, serão a de cana-de-açúcar e mandioca. A cana-de-açúcar desenvolve-se bem com calor, além de ser uma planta C4, beneficiando-se do aumento de CO_2 atmosférico. A mandioca possui, por sua vez, ampla adaptação a diferentes condições climáticas e edáficas, sendo uma planta C3, porém apresentando materiais com composição bioquímica de plantas C4, que apresentam um maior potencial produtivo. Além disso, a planta possui uma eficiência de uso de água semelhante a de C4.

Os impactos de pragas, ervas daninhas e doenças tem sido geralmente negligenciados na maioria das projeções de produtividade. Porém, alguns estudos se concentraram na projeção de impactos desses estressores bióticos (LUCK *et al.*, 2011; BERGOT *et al.*, 2004), e indicam uma tendência de aumento do risco de danos causados por insetos às plantas (ZISKA *et al.*, 2011). Estudos mostram que o aumento de CO_2 pode favorecer espécies invasoras em relação a espécies nativas funcionalmente semelhantes, com consequente maior competição e perdas de produção em pastagens e culturas (ZISKA, 2011). Isso pode estar relacionado ao maior grau de plasticidade fenotípica e genotípica associada às espécies infestantes em relação à uniformidade de grandes sistemas de cultivo.

Os impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade poderão alterar padrões de uso da terra, tanto em termos de área total plantada quanto na distribuição geográfica dessa área, podendo haver deslocamentos de culturas para outras regiões, em busca de condições edafoclimáticas mais favoráveis. No Brasil, espera-se que importantes culturas como cana- de-açúcar e café, migrem para zonas mais favoráveis no Sul, e o mesmo poderá ocorrer com as lavouras de café na Colômbia, deslocando-se para altitudes mais elevadas em meados do século, segundo Assad e Pinto (2008).

Sobre os impactos diretos para a biodiversidade, em determinadas espécies e populações, de maneira geral, as alterações de temperatura e chuva podem prejudicar o desenvolvimento e taxas reprodutivas, aumentar a mortalidade, afetar a imunidade à doenças, reduzir a mobilidade, entre outros efeitos, podendo acelerar a taxa de extinção reduzindo assim a diversidade de espécies (MMA, 2016).

Em relação a um efeito direto sobre os animais, a temperatura é o fator mais importante. A variação no regime de chuvas pode afetar os animais, devido à secagem de reservatórios e falha no fornecimento de água para consumo. O estresse ao calor influi negativamente na produção de leite e na reprodução de vacas leiteiras, bem como na fertilidade de suínos (NESAMVUNI *et al.*, 2012; DASH *et al.*, 2016). O Brasil, maior exportador de carne do mundo, possui um rebanho bovino predominantemente de raças zebuínas, que é um aspecto favorável em relação à termotolerância. O gado zebu ou indiano (*Bos indicus*) apresenta vantagens sobre o europeu (*Bos taurus*) quanto a termotolerância, pois os animais zebuínos têm maior capacidade de regular a temperatura do corpo em condições de estresse térmico (LIMA; ALVES, 2008).

Em suínos, com a exposição às condições de aumento de calor, o principal desafio destes animais é manter a temperatura central, impactando, diretamente, na redução do consumo de alimento como uma resposta para reduzir a produção de calor ou o efeito térmico da alimentação (CAMPOS *et al.*, 2017). Criações de frangos poderão também ser afetadas pelas mudanças no clima. Os animais adultos possuem desenvolvimento ótimo em temperaturas entre 18 e 20°C, e são sensíveis a altas temperaturas, com elevada mortalidade quando a temperatura ambiente excede 38°C. O estresse por calor é responsável por grandes perdas no rendimento de frangos, ocorrendo diminuição do peso corporal e aumento de mortalidade (LAMARCA, *et al.*, 2018).

Além das influências específicas para cada espécie, dadas as diversas relações de interdependências, alterações em componentes sazonais presentes no ciclo de vida das espécies (como época de floração, frutificação ou perda de flores, migração ou nascimento de filhotes) podem afetar interações como predação, competição, dispersão, polinização e mutualismo entre espécies (MMA, 2016).

Por fim, em termos de diversidade genética, certas características podem ser menos viáveis enquanto outras podem ser favorecidas em novas condições climáticas, influenciando em processos de especiação, diversificação e até extinção de espécies.

No Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (MMA, 2016) consta análise da vulnerabilidade da biodiversidade nos seus três níveis, de acordo com definição da Convenção de Diversidade Biológica (CDB): Ecossistemas (terrestres e aquáticos), Espécies/populações, Diversidade genética dentro das espécies/populações.

> De acordo com o quinto relatório do IPCC (AR5, 2014), as populações mais pobres serão as mais afetadas pela mudança do clima. Essa condição está associada a um quadro de fragilidades socioeconômicas que impede o enfrentamento de intempéries climáticas. O resultado é uma situação de aumento da exposição a doenças, aumento da insegurança alimentar e da subnutrição, na ocorrência de perdas materiais e de moradias, e na redução dos meios de produção e fontes de renda. Outros fatores associados a essa condição de vulnerabilidade incluem: ocupação inadequada do solo, precariedade de moradias, dificuldade de acesso a saneamento básico e outros serviços públicos como educação e saúde (MMA, 2016, p. 143).

Na estratégia de povos e populações vulneráveis do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (MMA, 2016) consta como objetivos principais apoiar na contextualização e na identificação de grupos populacionais vulneráveis à mudança do clima, visando promover sua adaptação.

> Ainda, as inundações e as secas têm cada vez mais chamado a atenção da sociedade, não só por causarem impactos econômicos e sociais relevantes, mas por estarem mais evidenciados nos meios de comunicação. Cabe lembrar que, além do impacto provocado por uma possível modificação do clima, os recursos hídricos e os eventos extremos a eles associados são geralmente afetados por outros fatores de pressão, tais como o uso e ocupação das bacias hidrográficas,

> o aumento da demanda urbana, agrícola e para a geração de energia, a intensificação de certos processos de comprometimento da qualidade da água, o aumento da exposição das populações e o incremento da intervenção humana em geral. Além do aumento da variabilidade dos fenômenos hidrológicos extremos, destaca-se, como decorrência possível das alterações climáticas, a alteração nos padrões das séries hidrológicas, hoje consideradas estacionárias (MMA, 2016, p. 167).

Um dos objetivos da estratégia de recursos hídricos do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (MMA, 2016) é analisar os impactos sobre os recursos hídricos e seus principais usuários.

O Brasil conta, também, com uma vulnerabilidade às mudanças climáticas relativamente alta evidenciada, nos últimos anos, pelo aumento significativo de eventos climáticos extremos no Brasil. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no período entre 2013-2017, os impactos ambientais atribuíveis às mudanças climáticas foram registrados em 68% dos municípios brasileiros e, dentro desses, 50% foram associadas às condições climáticas extremas de secas, enchentes, tempestades ou alagamentos.

O Ministério da Saúde (MS) reconhece, em consonância com o estabelecido pela OMS, que os fenômenos relacionados às mudanças climáticas contribuem para a carga global de doenças e mortes, constituindo-se em impactos diretos e indiretos para a saúde humana.

Além dos eventos climáticos extremos, muitas vezes caracterizados por meio de desastres de origem natural, estão ainda entre os impactos diretos e indiretos à saúde humana reconhecidos pelo MS:

- Doenças diarréicas provenientes de transmissão hídrica e alimentar, em consequência da alteração na quantidade e qualidade da água causada pelas mudanças climáticas;
- Doenças transmitidas por vetores, como malária, dengue, febre amarela, leishmaniose, dentre outras, devido à alteração em algumas variáveis como, temperatura e precipitação, que afetam o desenvolvimento e comportamento dos vetores, e em alguns casos de parasitas; e
- Doenças não-transmissíveis, como desnutrição e subnutrição com implicação no crescimento e desenvolvimento infantil, devido à alteração na disponibilidade de alimentos decorrentes das secas e variabilidades climatológicas, além de transtornos psicossociais, doenças cardiorrespiratórias e dermatoses.

Alguns dados recentes ilustram a dimensão de alguns outros impactos oriundos das mudanças climáticas observados na saúde da população brasileira. A análise da mortalidade (óbitos) e morbidade (internações) relacionados ao aumento de temperatura e estresse térmico, a partir de dados do número diário de internações ou óbitos disponibilizados pelo DATASUS[22] associados com exposição de suas populações a altas temperaturas evidenciam que há, na região sudeste, um aumento do risco de morte durante os dias de ondas de calor, que foi de 5,8% (IC95% 2,3 – 9,3) para todas as causas, 7,8% (IC95% 3,2 – 12,7) para doenças cardiovasculares e 10,8% (IC95% 2,8 –19,3) para doenças do aparelho respiratório, comparado aos dias sem ondas de calor, de acordo com a Fiocruz.

> A avaliação dos efeitos da mudança do clima sobre a saúde humana é complexa e requer uma abordagem interdisciplinar para análise das relações entre os sistemas sociais, econômicos, biológicos, ecológicos e físicos (Barcellos *et al.*, 2009). Evidências apontam que as alterações do clima, associadas aos condicionantes socioeconômicos e ambientais, influenciam no comportamento das doenças e agravos sobre a saúde, refletindo na demanda sobre os serviços de atenção, vigilância e promoção à saúde providos pelo Sistema Único de Saúde (SUS) (MMA, 2016, p. 190).

22 Mais informações sobre a Datasus podem ser obtidas no *site:* www.datasus.gov.br .

A influência das mudanças climáticas na incidência da dengue

Em relação às arboviroses (dengue, Zika vírus, febre chikungunya e febre amarela), há atualmente consenso de que mudanças climáticas são fatores de risco para a proliferação desses agravos. Segundo o relatório do *Lancet Countdown* Brasil 2019, liderado pela conceituada revista "*The Lancet*", em parceria com 27 instituições acadêmicas de todos os continentes, entre elas a Fiocruz, a distribuição de arboviroses em geral, e dengue em particular, é fortemente influenciada por eventos meteorológicos e climáticos como chuvas e temperatura, além de sofrer a influência de ações antrópicas como o uso e ocupação do solo e o grau de sua urbanização.

Em 2016 foram reportados pelos serviços de vigilância em saúde 1,5 milhão de casos de dengue no Brasil – um aumento de 200% em relação ao ano de 2014.

Um dos objetivos da estratégia de Saúde do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (MMA, 2016) é apresentar as vulnerabilidades, os impactos e os riscos da mudança do clima sobre a saúde humana.

Como consequência, também, das mudanças do clima, com a elevação do nível médio do mar, aumento de eventos extremos (e.g., tempestades e ciclones), alterações no clima de vento e de ondas, aumento da temperatura, ondas de calor e acidificação do oceano, e a diminuição do aporte sedimentar das bacias hidrográficas (WONG, *et al.*, 2014; OPPENHEIMER *et. al.*, 2019; WMO, 2021), a zona costeira deve sofrer os seguintes impactos: aumento da erosão da linha de costa; migração vertical do perfil praial; aumento da frequência, intensidade e magnitude das inundações costeiras; mudanças nos processos sedimentares e consequentemente no balanço sedimentar costeiro; perdas de terrenos naturais e urbanizados; fragmentação e até perda completa de ecossistemas e consequente perda da biodiversidade; migração vertical de espécies e até de ecossistemas inteiros; aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens; redução dos espaços habitáveis; salinização do aquífero costeiro e das águas superficiais; comprometimento dos sistemas de saneamento básico (esgoto e água potável); impactos positivos e negativos nas atividades portuárias/retroportuárias; perda de solos férteis; problemas nas atividades agropecuárias, industriais, turísticas e de serviço-comércio; comprometimento da pesca e aquicultura; comprometimento da beleza cênica; perda de potencial turístico; alto custo para manutenção/recuperação/mitigação; problemas de aplicação da legislação ambiental vigente; prejuízos socioeconômicos, perda da qualidade de vida (SOUZA, 2010, a, b, 2011; PBMC, 2016), e ainda a redução na capacidade de sequestro de carbono, que tem papel importante na desaceleração dessas mudanças (FRIEDLINGSTEIN *et al.*, 2020).

Por ser um ambiente complexo, onde atuam diversos fatores simultaneamente, são poucos os estudos que conseguem relacionar diretamente as mudanças do clima aos impactos observados na zona costeira, principalmente no Brasil que carece de redes de observação de longo prazo. Há evidências, no entanto, do aumento de processos erosivos, principalmente, em alguns estados do Norte e Nordeste do Brasil (PBMC, 2016; WMO, 2021)[23].

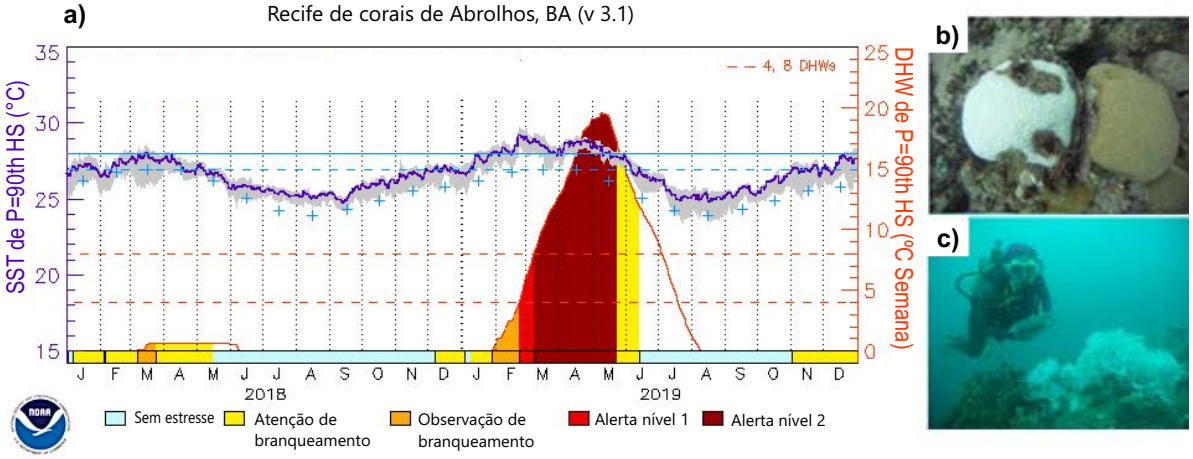
Um dos objetivos da estratégia de Zonas Costeiras do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (MMA, 2016) é identificar a exposição atual da zona costeira brasileira à mudança do clima, inclusive os principais impactos e vulnerabilidades relacionadas.

23 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no capítulo "Ambiente Costeiro e Marinho".

Branqueamento de Corais

Um dos ecossistemas que tem sofrido os maiores impactos das mudanças do clima, incluindo o aumento da temperatura, ondas de calor e a acidificação, do oceano, são os recifes de corais. Estes organismos são sensíveis a pequenas mudanças no ambiente. A acidificação do oceano, por exemplo, causa a diminuição na taxa de calcificação e, consequentemente, no crescimento, produtividade e retenção de algas simbióticas (zooxantelas), causando um processo chamado de branqueamento do coral. O aumento anômalo prolongado da temperatura do mar também causa o processo de branqueamento e, dependendo da intensidade do evento, pode provocar mortalidade em massa das colônias de corais, conforme Figura 19. Além disso, a poluição das águas costeiras, a extração ilegal de organismos e a pesca predatória contribuem para a perda destes ecossistemas, prejudicando a funcionalidade e aumentando a vulnerabilidade de zonas costeiras. Os recifes de corais são ambientes riquíssimos em biodiversidade, servem de refúgio e zona alimentar para uma série de organismos marinhos, incluindo predadores de topo da cadeia, e proveem uma série de serviços ecossistêmicos, como a proteção de zonas costeiras contra ressacas, inundações e erosões (HOEGH-GULDBERG *et al.*, 2017).

Figura 19 – Gráfico do Programa de alerta Coral *Reef Watch*, da NOAA, demonstrado o processo chamado 'branqueamento do coral' para Abrolhos (BA), nos anos 2018-2019.



OBS.: a) A curva azul escuro mostra a série temporal da temperatura da superfície do mar, monitorada por satélite (SST, do inglês *Sea surface temperature*). A curva acumulada indicando os níveis de alerta é o índice de estresse térmico (DHW, do inglês *Degree Heating Weeks*), calculado pela agência. A linha azul clara indica o limiar de temperatura máxima acima da qual pode ocorrer o branqueamento (28 °C). A linha azul pontilhada mostra a média mensal máxima de SST e as cruzes, a média mensal climatológica. Fonte: https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs/map.php. E fotos obtidas durante a amostragem no chapeirão *Jean Pierre* mostrando b) o branqueamento nas colônias de coral-cérebro (uma totalmente branqueada e outra saudável) e c) Colônia de coral-fogo totalmente branqueada, em 2019.

Fonte: Adaptado de ICMBio, 2021.

Políticas e ações de enfrentamento da mudança do clima

No Brasil, a sociedade e o governo atuam em todos os níveis para os esforços nacional e internacional de enfrentamento da mudança do clima[24].

Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

> Adotada em Nova York, no dia 9 de maio de 1992, em vigor desde 21 de março de 1994, e promulgada pelo Brasil em 1º de julho de 1998, atualmente são 197 Partes (196 Estados e 1 bloco econômico (União Europeia)) que compõem a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês). O Brasil foi o primeiro país a assiná-la (OLIVEIRA, MIGUEZ e ANDRADE, 2018, p. 21).

Em suas ações para alcançar os objetivos da Convenção, as Partes devem agir com base na equidade e em conformidade com suas responsabilidades comuns, mas diferenciadas e respectivas capacidades.

O Protocolo de Quioto, um dos principais instrumentos da Convenção, foi adotado em 11 de dezembro de 1997, e entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005. Foi promulgado pelo Brasil em 12 de maio de 2005. Atualmente são 192 Partes que ratificaram o Protocolo (191 Estados e 1 bloco econômico (União Europeia). Os objetivos quantificados de limitação e redução de emissões de GEE estabelecidos no Protocolo se referem aos países industrializados e economias em transição (Partes do Anexo I da Convenção), de acordo com metas individuais acordadas. O conjunto dessas metas deveria resultar em uma média de redução de 5% das emissões de GEE entre 2008 e 2012 (primeiro período de compromissos) e de pelo menos 18% entre 2013 e 2020 (segundo período de compromissos), comparados com os níveis de emissões de 1990.

Os países em desenvolvimento (Anexo I) não foram obrigados a assumir objetivos quantificados de limitação e redução de emissões de GEE no âmbito do Protocolo de Quioto. Nesse contexto, um dos principais meios de envolvimento desses países com o Protocolo foi a participação no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

O MDL tem origem em proposta do Brasil para um Fundo de Desenvolvimento Limpo, adotada posteriormente como proposta do G77 + China. Com algumas objeções dos EUA à proposta, nasceu a proposta conjunta Brasil-EUA do MDL, tornada submissão conjunta na primeira semana da Conferência de Quioto (COP 3, dezembro de 1997).

> Esse mecanismo consistiu na possibilidade de um país do Anexo I da Convenção adquirir reduções certificadas de emissões (RCEs) – também conhecidas pelo nome mais geral de créditos de carbono – em projetos implantados nos países em desenvolvimento. Assim, os países do anexo I poderiam cumprir parte de seus compromissos internos a custos mais baixos, ao passo que poderiam promover o desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento. A proposta, modificada em um grupo de discussão estabelecido para negociá-la, foi adotada em Quioto e tornou-se o artigo 12 do Protocolo (OLIVEIRA, MIGUEZ e ANDRADE, 2018, p. 18).
>
> O Brasil foi pioneiro na utilização desse mecanismo, tendo o primeiro projeto de MDL registrado na ONU em 2004, portanto, antes mesmo da entrada em vigor do Protocolo de Quioto. Da mesma forma, uma metodologia de projeto brasileira foi uma das primeiras aprovadas pelo Conselho Executivo do MDL (OLIVEIRA, MIGUEZ e ANDRADE, 2018, p. 31).

24 Mais informações sobre "*Timeline*" dos esforços e políticas da UNFCCC podem ser obtidas no *site:* https://unfccc.int/timeline/.

No Quarto Relatório de Atualização Bienal do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BUR 4, na sigla em inglês) consta a informação sobre o avanço do MDL no País:

No período de fevereiro de 2004 a dezembro de 2019, foram recebidas, pela Secretaria Executiva da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC), 466 propostas de atividades de projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Desse total, 426 atividades de projeto foram aprovadas pela CIMGC, uma atividade de projeto foi rejeitada e 39 tiveram sua apreciação não finalizada ou cancelada a pedido dos próprios participantes do projeto.

Do total de projetos aprovados na CIMGC, 344 atividades de projeto foram registradas no Conselho Executivo do MDL.

A maior parte dos registros ocorreu em 2006, quando o MDL começou a se estabelecer no mercado de carbono, e em 2012, marco do final do primeiro período de cumprimento dos compromissos do Protocolo de Quioto. A Tabela 9 mostra que 27,9% do total dos projetos do MDL do Brasil, registrados até dezembro de 2019 são de hidrelétricas (96 projetos). Em seguida, lideram, em quantidade, as atividades de projeto de biogás (18,3%), usinas eólicas (16,6%), gás de aterro (15,1%) e biomassa energética (11,9%).

Em termos de potencial de redução de emissões de GEE, as maiores contribuições decorrem das atividades de projetos de hidrelétricas, gás de aterro, decomposição de N_2O e usinas eólicas, cuja redução de emissão estimada conjunta soma mais de 319 milhões de tCO_{2eq}. Os projetos registrados de 2004 a 2019 representam um expressivo potencial de redução de emissões de 380 milhões de tCO_{2eq}, para o primeiro período de creditação (Tabela 9).

Tabela 9. Distribuição das atividades de projeto MDL no Brasil, por tipo de projeto, registradas até dezembro de 2019.

Tipos de atividade de projeto	Atividades de projeto MDL		Redução estimada de emissão de GEE para o primeiro período de creditação	
	Quantidade	%	tCO_{2eq}	%
Hidrelétrica	96	27,9	138.805.656	36,5
Biogás	63	18,3	24.861.823	6,5
Usina eólica	57	16,5	44.306.593	11,7
Gás de aterro	52	15,1	91.367.345	24
Biomassa energética	41	11,9	16.091.394	4,2
Substituição de combustível fóssil	9	2,6	2.664.006	0,7
Metano evitado	9	2,6	8.627.473	2,3
Decomposição de N_2O	5	1,5	44.660.882	11,8
Utilização e recuperação de calor	4	1,2	2.986.000	0,8
Reflorestamento e florestamento	3	0,9	2.408.842	0,6
Uso de materiais	1	0,3	199.959	0,1
Energia solar fotovoltaica	1	0,3	6.594	0
Eficiência energética	1	0,3	382.214	0,1
Substituição de SF_6	1	0,3	1.923.005	0,5
Redução e substituição de PFC	1	0,3	802.860	0,2
Total	**344**	**100**	**380.094.646**	**100**

Fonte: MRE - *Fourth Biennial Update Report of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, 2020, p. 69.

Em termos de estimativa de redução anual de emissões de GEE, associada às atividades de projeto MDL registradas de 2004 a 2019, o Brasil apresentou potencial de redução de 53.043.098 tCO_{2eq} por ano, demonstrando o potencial significativo de participação do Brasil no esforço mundial de mitigação da mudança do clima.

Na COP-21, em 12 de dezembro de 2015, com base em 2011, adotou-se o Acordo de Paris como um instrumento de implementação da Convenção para o período pós-2020. O Acordo entrou em vigor em 04 de novembro de 2016, e conta com a ratificação de 191 Partes (BRASIL, 2016).

O Brasil firmou o Acordo em Nova York em 22 de abril de 2016, e concluiu o processo de ratificação em 12 de setembro de 2016. No dia 21 de setembro de 2016, o instrumento foi entregue às Nações Unidas. O Brasil promulgou o Acordo em 05 de junho de 2017.

Os principais objetivos do Acordo de Paris no contexto do desenvolvimento sustentável e dos esforços de erradicação da pobreza, são:

- Manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, e envidar esforços para limitar esse aumento da temperatura a 1,5°C, em relação aos níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduziria significativamente os riscos e os impactos da mudança do clima;
- Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos negativos da mudança do clima e promover a resiliência à mudança do clima e um desenvolvimento de baixa emissão de GEE, de uma maneira que não ameace a produção de alimentos;
- Tornar os fluxos financeiros compatíveis com uma trajetória rumo a um desenvolvimento de baixa emissão de GEE e resiliente à mudança do clima.

Para o alcance do objetivo final do Acordo de Paris, os governos se envolveram na elaboração de seus próprios compromissos, a partir das chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, na sigla em inglês). Por meio das iNDC, cada nação apresentou sua contribuição de redução de emissões dos GEE, seguindo o que consideravam viável a partir de seus respectivos cenários social e econômico.

O Brasil apresentou sua iNDC em 28 de setembro de 2015, antes mesmo da adoção do Acordo de Paris. Com a ratificação do Acordo pelo Brasil em 12 de setembro de 2016, as metas brasileiras deixaram de ser pretendidas. Nesse contexto, a sigla perdeu a letra "i" (do inglês, intended) e passou a ser chamada de NDC.



Fonte: Vinicius Mendonça

Em 08 de dezembro de 2020, o Brasil submeteu uma nova primeira NDC, por meio da qual confirmou-se o compromisso assumido anteriormente de reduzir em até 37% as emissões de GEE em 2025, em comparação com as emissões de 2005. E assumiu-se ainda uma redução de emissões de até 43% em 2030 também em comparação com as emissões de 2005. Apresentou-se, por fim, uma meta indicativa de neutralidade de carbono para 2060, sendo que no dia 22 de abril de 2021, o Presidente da República antecipou esse prazo para 2050 durante discurso proferido no âmbito da Cúpula de líderes sobre mudança do clima convocada pelos EUA. E, além disso, por meio do mesmo discurso, foi confirmado o compromisso indicado na NDC[25] de 2015 de eliminar o desmatamento ilegal até 2030. Em novembro de 2021, o Brasil submeteu à UNFCCC uma carta de adendo onde oficializa reduzir a zero as emissões líquidas de gases de efeito estufa até 2050, tendo também indicado esta antecipação de 2060 para 2050 durante a 26ª Conferência das Partes da UNFCCC, em Glasgow[26]. Entre várias ações constantes no referido documento, destaca-se que a indicação quanto à redução do desmatamento ilegal foi antecipada da seguinte maneira: reduzi-lo, a partir de 2022, em 15% por ano até 2024, 40% em 2025 e 2026, e 50% em 2027, atingindo a meta de zerar o desmatamento ilegal em 2028[27].

Um outro importante marco da Convenção no que diz respeito a compromissos voluntários dos países em desenvolvimento foi alcançado em 2010, com a adoção das Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMA, na sigla em inglês) por parte desses países no contexto dos chamados Acordos de Cancun. Junto com o Protocolo de Quioto, constituem o chamado período pré-2020 no âmbito da Convenção.

No caso do Brasil, o compromisso nacional voluntário assumido pelo País foi submetido à Convenção em 2010 por meio de uma série de ações de mitigação da mudança do clima que, em conjunto, auxiliam no seguinte objetivo de redução de emissões de GEE reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões desses gases em comparação com emissões projetadas até 2020.

O BUR 4 é a fonte mais atual de informação sobre o avanço de implementação das NAMA no País. No capítulo 3 do BUR 4 constam em detalhe as ações de mitigação brasileiras, incluindo nome, natureza da ação, setor, instituição coordenadora, gases, objetivo geral, descrição, período, metodologia e premissas, objetivo específico, metas, indicadores de progresso, ações/passos dados e resultados.

Estão listadas as seguintes ações de mitigação da mudança do clima no referido BUR 4, com as informações mencionadas acima: Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC)[28]; Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM); Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado); Plano de Siderurgia Sustentável; Aumento do abastecimento de energia por meio de usinas hidrelétricas; Utilização de fontes alternativas de energia; Aumento do uso de biocombustíveis; Implementação de Eficiência Energética.

25 Mais informações sobre a NDC do Brasil e estratégia para neutralidade climática, podem ser obtidas no documento 'Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática', disponível no site: https://www.gov.br/mma/pt-br/diretrizes-para-uma-estrategia-nacional-para-neutralidade-climatica.pdf/.

26 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no site: https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/2021%20- %20Carta%20MRE.pdf .

27 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no Anexo I do 'Plano Nacional para Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa 2020 - 2023', do documento 'Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática'.

28 Para cada tecnologia proposta, foram definidas metas para o aumento da área de adoção (em hectares), e seu respectivo potencial de mitigação (em mg CO_{2eq}), com o objetivo de se quantificar sua contribuição para a redução/mitigação de emissões de GEE. Com base nos estudos de Manzatto *et al.*, 2020, no período de 2010 a 2020, o Plano ABC foi responsável pela expansão da adoção de tecnologias e sistemas de produção de comprovado potencial mitigador dos GEE, em 53,76 milhões de ha e, no total, foram mitigados 193,67 milhões de Mg CO_{2eq}, correspondendo à 115% da meta (MAPA, 2021). Um novo compromisso para o período 2020/30 foi estabelecido através do Plano ABC+, incorporando uma Abordagem Integrada da Paisagem (AIP), que prevê a gestão integrada da propriedade rural, o estímulo o uso eficiente de áreas com aptidão para produção agropecuária, a regularização ambiental e preservação estabelecida pelo Código Florestal, a recuperação e conservação da qualidade do solo, da água e da biodiversidade e ações de adaptação e mitigação para aumentar a resiliência da produção, a eficiência produtiva e a rentabilidade em áreas mais impactadas pelas mudanças climáticas (PEREIRA et al., 2020; EMBRAPA, 2020). Mais informações sobre o Plano ABC podem ser obtidas nos capítulos "Terra" e "Economia Verde".

Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)

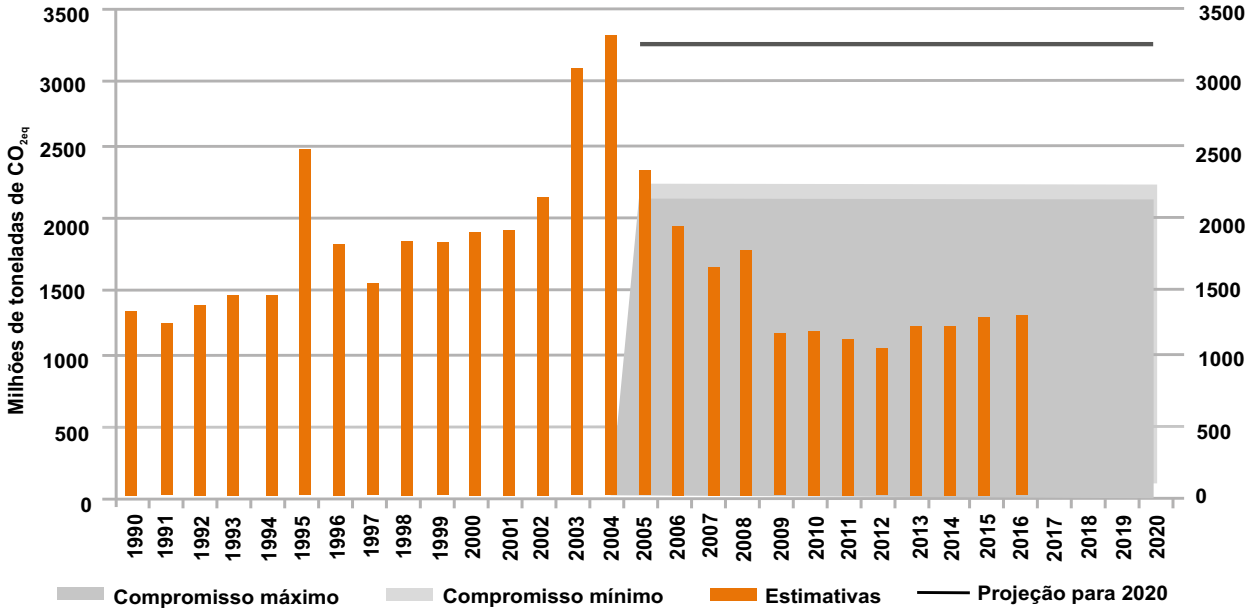
O compromisso nacional voluntário de redução de emissões de GEE informado à Convenção foi internalizado em nível doméstico por meio da PNMC: reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões de GEE em comparação com emissões projetadas até 2020. Esse compromisso consta da Lei n.º 12.187 de 29 de dezembro de 2009 que institui tal Política, e estabelece seus princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos.

O Decreto n.º 7.390 de 9 de dezembro de 2010, que regulamentava a PNMC, foi revogado pelo Decreto n.º 9.578 de 22 de novembro de 2018, o qual consolidou os atos normativos que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e a PNMC.

> Em atendimento ao previsto no Decreto n.º 9.578/2018, para acompanhamento do compromisso nacional voluntário de redução de emissões assumido pelo país, são apresentados a seguir os resultados setoriais e respectivos limites de emissões para o ano 2020. Cabe destacar que, segundo esse decreto, a projeção de emissões de GEE foi estimada em 3.236 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq}) para 2020. A fim de alcançar o compromisso assumido, as ações previstas no decreto almejam reduzir entre 1.168 e 1.259 milhões de toneladas de CO_{2eq}, que correspondem a reduções de 36,1% e 38,9%, respectivamente, do total projetado para 2020. Em termos de emissões, isso significa um limite superior de emissões de 2.068 milhões de toneladas de CO_{2eq} para o ano em questão, equivalente ao compromisso de redução mínimo (MCTI, 2020, p. 6).

A Figura 20 apresenta a estimativa das emissões totais e os compromissos de redução mínimo (maior emissão total) e máximo (menor emissão total) para 2020 estabelecido no decreto (MCTI, 2020).

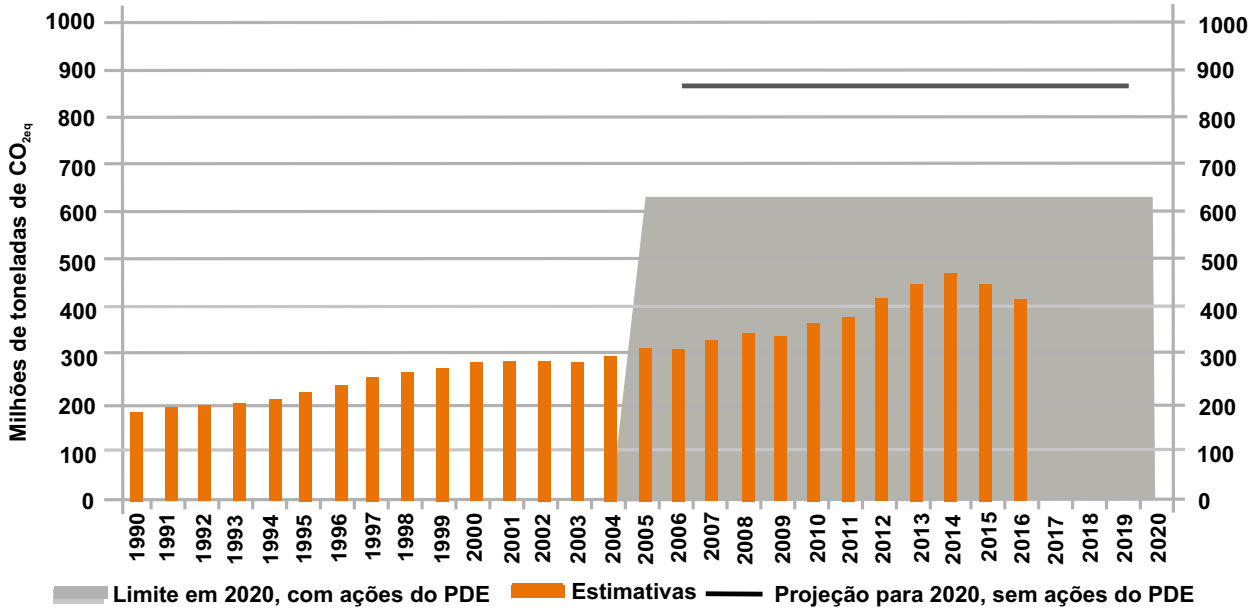
Figura 20 – Estimativas de emissões do País, em CO_{2eq} (GWP 100 anos. SAR IPCC, 1995), de 1990 a 2016, com limites de emissões de acordo com compromisso de redução em relação ao valor projetado para 2020.



Fonte: MCTI, 2020.

Para o setor Energia, o decreto considera o percentual de redução de emissões de GEE de 27% em relação ao projetado para 2020 (868 milhões de toneladas CO_{2eq}) no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE). Conforme consta na Figura 21, essa redução corresponderá a um limite de emissão para o setor de até 634 milhões de toneladas CO_{2eq} (MCTI, 2020; BRASIL, 2016).

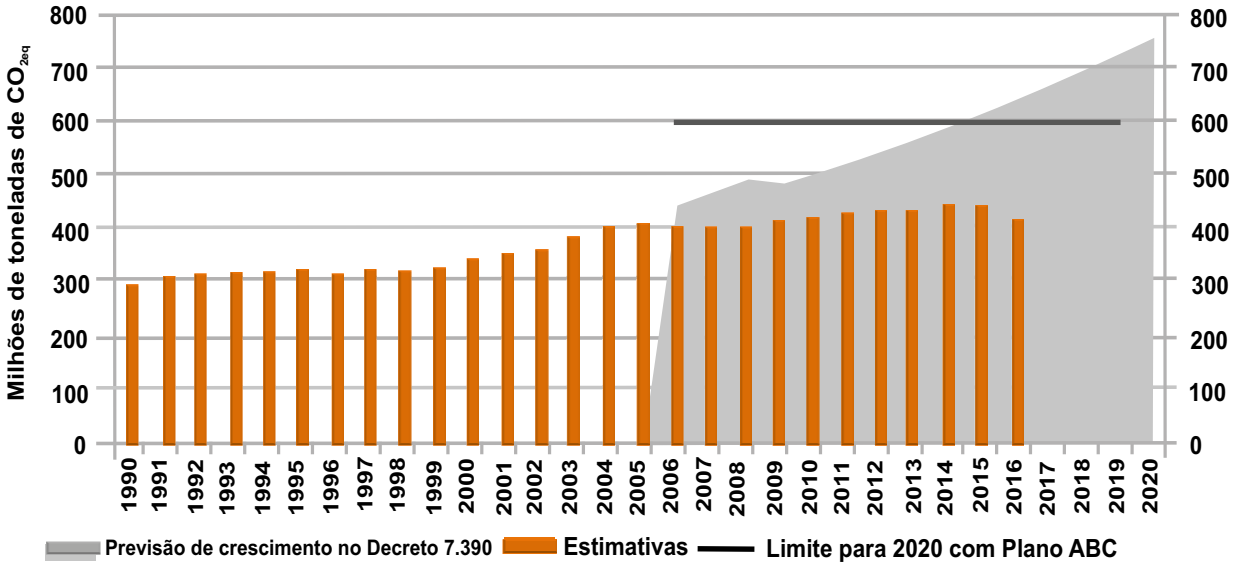
Figura 21 – Estimativas de emissões do País para o setor Energia, em CO_{2eq} (GWP 100 anos. SAR IPCC, 1995), de 1990 a 2016, com limite de emissões de acordo com compromisso de redução em relação ao valor projetado para 2020.



Fonte: MCTI, 2020.

Para o Setor Agropecuária, o decreto apresenta projeção *business-as-usual* de emissões de 2006 a 2020, atingindo valor aproximado de 730 milhões de toneladas CO_{2eq}. A Figura 22 apresenta as estimativas do setor e a trajetória de emissões para 2020 considerando o limite máximo de emissão (596 milhões de toneladas CO_{2eq}), de acordo com o indicado pelo potencial de mitigação apresentado no Plano ABC do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MCTI, 2020; BRASIL, 2016).

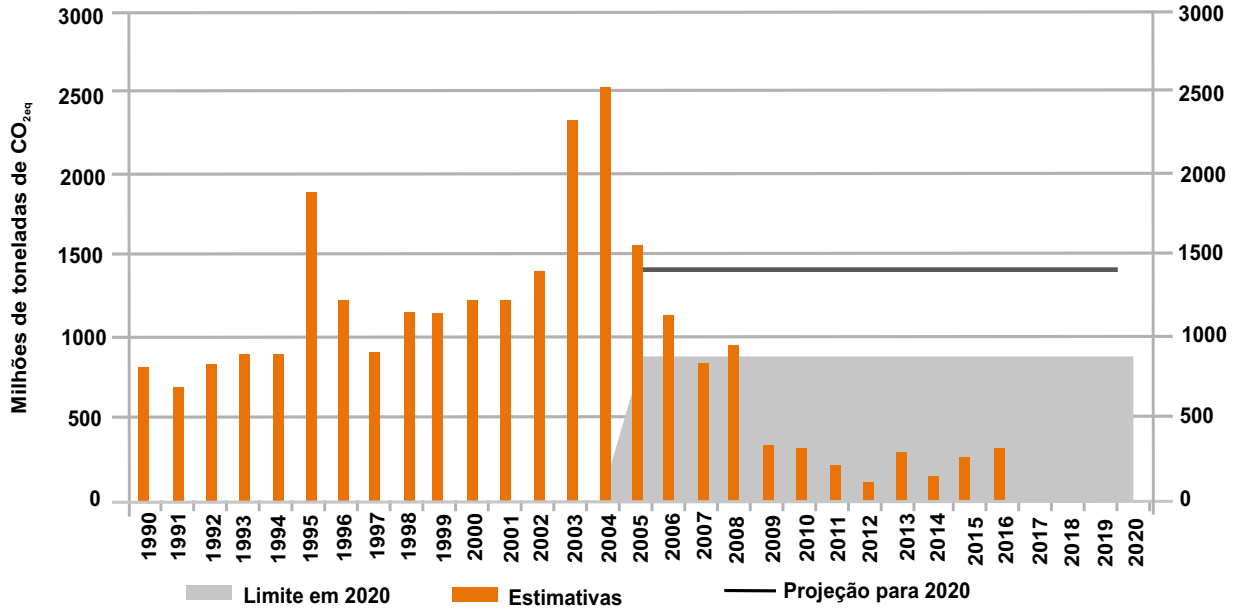
Figura 22 – Estimativas de emissões do País para o setor Agropecuária, em CO_{2eq} (GWP 100 anos. SAR IPCC, 1995), de 1990 a 2016, com limite de emissões de acordo com compromisso de redução em relação à trajetória projetada para 2020.



Fonte: MCTI, 2020.

Para o Setor Mudança de Uso da Terra, o decreto estabelece uma redução de 80% do desmatamento do bioma Amazônia em relação à média verificada entre 1996 e 2005 e de 40% do desmatamento do bioma Cerrado em relação à média entre os anos de 1999 a 2008. Essas reduções foram aplicadas sobre as projeções de emissões para 2020 nos dois biomas, correspondendo a uma redução geral de 63,2%. Na Figura 23, são apresentados, de acordo com esse compromisso voluntário de redução de emissões, o limite de emissão para 2020 (MCTI, 2020; BRASIL, 2016).

Figura 23 – Estimativas de emissões do País para o setor Mudança de Uso da Terra, em CO_{2eq} (GWP 100 anos. SAR IPCC, 1995), de 1990 a 2016, com limite de emissões de acordo com compromisso de redução em relação ao valor projetado para 2020.



Fonte: MCTI, 2020.

Para os Setores de Processos Industriais e Tratamento de Resíduos, apresenta-se a projeção de emissões até 2020 estabelecida pelo decreto, que não contempla nenhum compromisso de redução de emissões (MCTI, 2020, p.11; BRASIL, 2016).

O BUR 4 do Brasil, submetido à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima em 2020, é a fonte mais atual de informação sobre o avanço de implementação das ações de mitigação da mudança do clima no País.

Conforme determinado pela PNMC, a todas as NAMA correspondem Planos Setoriais estabelecidos pelo governo em nível nacional.

Por meio da Lei n.º 12.187/2009, reconheceu-se ainda que poderiam ser implementadas outras ações de mitigação que contribuíssem para o alcance do compromisso nacional voluntário, bem como outros planos e programas governamentais.

Exemplos não exaustivos dessas outras ações, planos e programas são Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (Fundo Clima); Estratégia do Brasil para o Fundo Verde do Clima (GCF); Fundo Amazônia; ações no âmbito da Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal, incluindo conservação, manejo florestal sustentável e aumento dos estoques de carbono

(REDD+); Plano de Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa; Programa Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais – Floresta+; Código Florestal; RenovaBio, no âmbito da Política Nacional de Biocombustíveis; políticas sobre mudança do clima em níveis estadual e municipal; além das ações, Planos e Programas citados no RQMA 2013: Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB); Programa Nacional do Álcool (ProÁlcool); promoção do uso de veículos movidos a bicombustível; Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa); Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet).

Segue lista com alguns resultados alcançados pelo País em relação às ações propostas em 2010:

I - Redução de oitenta por cento dos índices anuais de desmatamento na Amazônia Legal em relação à média verificada entre os anos de 1996 a 2005 (19.535 km^2), que corresponderia a uma taxa de desmatamento equivalente a cerca de 3.900 km^2 em 2020. Com base no PRODES, a taxa de desmatamento em 2020 foi igual a 11.088 km^2;

II - Redução de quarenta por cento dos índices anuais de desmatamento no Bioma Cerrado em relação à média verificada entre os anos de 1999 a 2008 (15,7 mil km^2), que corresponderia a uma taxa de desmatamento equivalente a cerca de 9,42 mil km^2 em 2020. Com base no PRODES, a taxa de desmatamento em 2020 foi igual a 7,3 mil km^2;

III - Quanto à expansão da oferta hidroelétrica, da oferta de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas, pequenas centrais hidroelétricas e bioeletricidade, da oferta de biocombustíveis e do incremento da eficiência energética, constata-se por meio do Balanço Energético Nacional (BEN - 2020) que tem havido incremento consistente da oferta de energia renovável na matriz energética nacional, cujo valor passou de 39,4% em 2014 para 46,1% em 2019. O BEN - 2020 destaca exatamente o incremento da geração hidráulica e eólica, bem como o aumento da oferta da biomassa da cana e biodiesel;

IV - Quanto à recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas, os resultados de expansão na adoção da tecnologia, calculados com base no Programa ABC e como proposto por Azevedo *et al.* (2018), indicam que entre 2010 e 2018 foram atingidos 70% da meta do Plano ABC para 2020, sendo 30% da meta com financiamento direto pelo Programa;

V - No que se refere à ampliação do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em 4 milhões de hectares, a área de adoção da tecnologia para o período 2010 a 2016 é da ordem de 5,83 milhões de hectares;

VI - Em relação à expansão da prática de plantio direto na palha em 8 milhões de hectares, estima-se que a expansão da tecnologia verificada no período de 2010 a 2017 foi da ordem de 12,72 milhões de hectares;

VII - Sobre a expansão da fixação biológica de nitrogênio em 5,5 milhões de hectares de áreas de cultivo, em substituição ao uso de fertilizantes nitrogenados, as estimativas realizadas mostram que a área total da tecnologia utilizada no plantio da soja é atualmente de 33,31 milhões de hectares, com expansão de adoção de 9,97 milhões de hectares no período de 2010 a 2016, de acordo

com a área plantada anualmente nos municípios produtores de soja, registrada no Censo Agropecuário de 2006 e PAM (IBGE, 2017);

VIII - No que se refere à expansão do plantio de florestas em 3 milhões de hectares, foram plantadas 1,10 milhões de hectares de florestas para fins comerciais entre 2010 e 2018, calculados com base nos dados do Instituto Brasileiro da Árvore (IBA);

IX - Quanto à ampliação do uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de metros cúbicos de dejetos de animais, considerando o fator de produção de dejetos mais conservador (OLIVEIRA, 1993), a expansão da adoção da tecnologia foi de 1,7 milhões de m^3 com financiamento dos recursos do Programa ABC entre 2010 e 2018. No entanto, ao considerar sistemas de produção de suíno para Unidade de Produção de Leitão (UPL), conforme FATMA (Santa Catarina, 2014), a expansão chegou a 4,5 milhões de m^3; e

X - No que se refere ao incremento da utilização na siderurgia do carvão vegetal originário de florestas plantadas e melhoria na eficiência do processo de carbonização, destaca-se no BUR 4 que a partir de 2016 teve início a implementação do projeto GEF BRA/14/G31 - Siderurgia Sustentável. Trata-se de projeto piloto coordenado pelo MMA e implementado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). O projeto tem como objetivos principais contribuir para a disseminação de tecnologias mais eficientes nos processos de carbonização, tendo como elemento de destaque o mecanismo de incentivo financeiro de pagamento por resultados, assim como para o estabelecimento de políticas públicas de incentivo à sustentabilidade florestal do setor. O projeto está inicialmente voltado para o estado de Minas Gerais, onde se concentra cerca de 80% da siderurgia a carvão vegetal do País.

É relevante registrar que em outubro de 2021, foi publicado o Decreto n.º 10.845 que estabelece a nova governança sobre mudança do clima. O Decreto dispõe sobre o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima e o Crescimento Verde (CIMV)[29], e atualizou o processo de coordenação governamental sobre o tema.

A PNMC está em processo de atualização. Foi elaborada minuta de Projeto de Lei para esta finalidade por meio do Grupo Técnico Temporário, estabelecido pela Resolução 2, de 17 de agosto de 2021, do CIMV. O processo contou com a participação dos principais especialistas em mudança do clima do Governo Federal e com a participação da sociedade civil por meio de Consulta Pública. O texto elaborado e consolidado após a consulta pública foi submetido ao CIMV para deliberação em sua próxima reunião. O novo texto da PNMC buscou a modernização de conceitos, instrumentos e diretrizes.

29 CIMV: colegiado de caráter permanente que tem a finalidade de estabelecer diretrizes, articular e coordenar a implementação das ações e políticas públicas do País relativas à mudança do clima.

Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA)

No RQMA 2013 se avaliou que as dificuldades e os caminhos para se traçar um plano nacional para a adaptação deveriam ser abordados no contexto da elaboração dos planos setoriais previstos na PNMC. Tais dificuldades foram superadas e os caminhos foram trilhados para que em 10 de maio de 2016 fosse instituído o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) por meio da Portaria n.º 150 do MMA.

O PNA é um instrumento elaborado pelo Governo Federal em colaboração com a sociedade civil, setor privado e governos estaduais que tem como objetivo promover a redução da vulnerabilidade nacional à mudança do clima e realizar uma gestão do risco associada a esse fenômeno.

Uma estratégia de adaptação envolve a identificação da exposição do País a impactos atuais e futuros com base em projeções de clima, a identificação e análise da vulnerabilidade a esses possíveis impactos e a definição de ações e diretrizes que promovam a adaptação voltadas para cada setor. Na elaboração do PNA foram considerados 11 setores, representados pelos órgãos governamentais competentes. Os setores abordados foram: Agricultura, Recursos Hídricos, Segurança Alimentar e Nutricional, Biodiversidade, Cidades, Gestão de Risco de Desastres, Indústria e Mineração, Infraestrutura, Povos e Populações Vulneráveis, Saúde e Zonas Costeiras.

O MMA lançou o 1º Relatório de Monitoramento e Avaliação do Plano, referente ao biênio 2016-2017, por meio do qual apresentou os avanços para o alcance de seus objetivos. Ao final do ano de 2021 foi publicado o 'Relatório Final de Monitoramento e Avaliação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima - Ciclo 2016-2020'[30], após sua aprovação pelo CIMV, por meio da Resolução de 20 de outubro de 2021.

30 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no site: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climaozoniodesertificacao/clima/arquivos/relatorio_final_pna_web.pdf.



Fonte: Andre Borges

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um contexto de crescimento populacional desordenado, juntamente com o aumento da produtividade em diversos setores da economia, que acarretam no agravamento de problemas ambientais, faz-se necessário uma maior atenção à qualidade do ar, principalmente nos centros urbanos e em regiões povoadas que estão sujeitas à ocorrência de queimadas.

A poluição do ar proveniente de diversas fontes de emissões impacta, direta e indiretamente, valores sociais, ambientais e econômicos que englobam desde a biodiversidade (fauna e flora) e a degradação do espaço físico, até especialmente a saúde humana. Portanto, estratégias, implantadas por políticas públicas, vêm sendo adotadas, tanto no mundo, como no Brasil, com o objetivo de amenizar tais impactos.

Nestes mais de 30 anos em que é Parte do Protocolo de Montreal, o Brasil tem realizado esforços e cumprido com os seus compromissos de controle, fiscalização, redução e eliminação do consumo de SDO, bem como apoiado a indústria nacional na transição segura para alternativas não danosas à camada de ozônio e ao clima. Dentre essas medidas, é possível destacar: o apoio técnico e financeiro aos projetos de investimentos para a substituição de tecnologias a base de SDO, realização de capacitações e treinamentos voltados para a aplicação das boas práticas de manuseio de fluidos refrigerantes, produção e divulgação de materiais técnicos e informativos sobre as substâncias controladas.

O acordo internacional do Protocolo de Montreal também foi uma das ações mais importantes tomadas até o momento para mitigar o aquecimento global, já que muitas das substâncias destruidoras da camada de ozônio e seus substitutos regulamentados pelo Protocolo de Montreal também são potentes GEE (EEAP, 2020). No Brasil, somente por meio do PBH as emissões evitadas foram de 62 milhões de toneladas de CO_2 equivalentes cumulativamente desde o ano 2013.

Destaca-se que o consumo de SDO foi drasticamente reduzido pelo Brasil, passando de 26.560,4 toneladas de PDO em 1992 para 452,81 toneladas em 2020, o que representa uma redução de 98,3%.

É inequívoco que a interferência humana, ainda, aqueceu a atmosfera, o oceano e a superfície terrestre. O Brasil foi o primeiro país a assinar a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mundança do Clima, em 1992. Também é Parte do Protocolo de Quioto sob esta Convenção e foi pioneiro na apresentação de projetos de redução de emissões do seu Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. É Parte relevante, também, do Acordo de Paris, sob a referida Convenção. Publicou o 'Plano Nacional sobre Mudança do Clima' em 2008. Aprovou a Lei que institui a PNMC em 2009. Apresentou metas voluntárias de 'Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas' em 2010, detalhadas em 'Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação', e em 2016 publicou seu primeiro 'Plano Nacional de Adaptação'. Ao final do ano de 2021 foi publicado o 'Relatório Final de Monitoramento e Avaliação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima - Ciclo 2016- 2020'. Estabeleceu sua NDC em 2015, e submeteu uma nova primeira NDC em 2020 à Convenção sobre Mudança do Clima. A PNMC passa por processo de atualização, iniciado em 2021, e conta com a participação de especialistas em mudança do clima do Governo Federal, bem como da sociedade civil por meio de Consulta Pública (O texto elaborado e consolidado após a consulta pública foi submetido ao CIMV para deliberação).

O País conta com uma estratégia de adaptação e mitigação no setor agropecuário chamado de Plano Agricultura de Baixo Carbono e um instrumento econômico para promoção do uso de biocombustíveis chamado RenovaBio, entre outras ações e instrumentos para reduzir emissões. Atualmente, sob o Acordo de Paris, o Brasil está comprometido com uma meta de redução, com base nas emissões de 2005, de 37% até 2025 e 43% em 2030.

Instrumentos como este, o Relatório de Qualidade do Meio Ambiente – RQMA Brasil, são essenciais para que haja um panorama real do País em que vivemos para, assim, implantar medidas mais diretas.

Por fim, ressalta-se que, uma vez que um sistema é prejudicado, todos serão. Portanto, o equilíbrio entre as questões deste capítulo e os próximos que serão apresentados, é fundamental para o equilíbrio global.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, M., B. SINGH, M. RAJPUT, F. MARSHALL, E J. N. B. BELL. 2003. Effect of Air Pollution on Peri-Urban Agriculture: A Case Study. Environmental Pollution, v. 126, n. 3, p. 323-329.

ANDREAE, M.O.; ARTAXO, P.; FISCHER, H.; FREITAS, S. R. 2001. Transport of biomass burning smoke to the upper troposphere by deep convection in the equatorial region. Geophysical Research Letters, 28 (6): 951-954.

ANDREAE, M.O.; ROSENFELD, D.; P. ARTAXO, P.; COSTA, A. A.; FRANK, G. P.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS, M. A. F. 2004. Smoking rain clouds over the Amazon. Science, 303: 1342-1345.

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, PROCONVE P7, Diesel e emissões: a nova legislação 2012. Acesso em 03/06/2021, disponível em https://anfavea.com.br/docs/cartilha_proconveP7.pdf.

ARAGÃO, R.; SANTANA, G. R.; COSTA, C. E. F. F.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2013.

ASSAD, E.; PINTO, H.S. Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. Campinas: Embrapa, UNICAMP, 2008, 82p.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. Editora ARTMED, Porto Alegre, 2007.

BERGOT, M., E. CLOPPET, V. PÉRNAUD, M. DÉQUÉ, B. MARÇAIS, AND M. DESPREZ-LOUSTAU, 2004: Simulation of potential range expansion of oak disease caused by Phytophthora cinnamomi under climate change. Global Change Biology, 10, 1539-1552.

BRASIL (2018). Resolução CONAMA nº 492 de 20 dezembro de 2018. Estabelece as Fases PROCONVE L7 e PROCONVE L8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE para veículos automotores leves novos de uso rodoviário, altera a Resolução CONAMA nº 15/1995 e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=742>. Acesso em: 06 de maio de 2021.

BRASIL (2018a). Resolução CONAMA nº 490 de 16 novembro de 2018. Estabelece a Fase PROCONVE P8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE para o controle das emissões de gases poluentes e de ruído para veículos automotores pesados novos de uso rodoviário e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=739>. Acesso em: 06 de maio de 2021.

BRASIL (2019). Resolução CONAMA nº 493 de 24 junho de 2019. Estabelece a Fase PROMOT M5 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos similares – PROMOT para controle de emissões de gases poluentes e de ruído por ciclomotores, motociclos e veículos similares novos, altera as Resoluções CONAMA nºs 297/2002 e 432/2011, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=743>. Acesso em: 06 de maio de 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 88, de 25 de novembro de 2008. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_81_2008_COMP_.pdf/d031f6d6-3664-4d66-ae0b-d1d0ad106178>. Acesso em: 24 maio 2021.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 267, de 14 de setembro de 2000. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=265>. Acesso em: 21 maio 2021.

BRASIL. Decreto 10.145 de 28 de novembro de 2019. Dispõe sobre o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. Diário Oficial da União de 29 de novembro de 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D10145.htm>. Acesso em 13 de maio de 2021.

BRASIL. Decreto 10.223 de 05 de fevereiro de 2020. Declara a revogação, para os fins do disposto no art. 16 da Lei Complementar nº 95, de 26 de fevereiro de 1998, de decretos normativos, incluindo o Decreto de 7 de julho de 1999 que institui a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC). Diário Oficial da União de 06 de fevereiro de 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10223.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2010.223%2C%20DE%205,de%201998%2C%20de%20decretos%20normativos>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Decreto 2.652 de 1º de julho de 1998. Promulga a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, assinada em Nova York, em 9 de maio de 1992. Diário Oficial da União de 02 de julho de 1998. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2652.htm>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Decreto 5.445 de 12 de maio de 2005. Promulga o Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, aberto a assinaturas na cidade de Quioto, Japão, em 11 de dezembro de 1997, por ocasião da Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Diário Oficial da União de 13 de maio de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5445.htm#:~:text=Promulga%20o%20Protocolo%20de%20Quioto,Unidas%20sobre%20Mudan%C3%A7a%20do%20Clima>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Decreto 9.073 de 05 de junho de 2017. Promulga o Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, celebrado em Paris, em 12 de dezembro de 2015, e firmado em Nova Iorque, em 22 de abril de 2016. Diário Oficial da União de 06 de junho de 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9073.htm>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Decreto 9.578 de 22 de novembro de 2018. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União de 23 de novembro de 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9578.htm#:~:text=D9578&text=Consolida%20atos%20normativos%20editados%20pelo,29%20de%20dezembro%20de%202009>. Acesso em 13 de maio de 2021.

BRASIL. Decreto de 7 de julho de 1999. Institui a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC). Diário Oficial da União de 08 de julho de 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/anterior%20a%202000/Dnn07-07-99-2.htm>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Instrução Normativa nº 04, de 14 de fevereiro de 2012. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 16 fev. 2018. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=16/02/2018&jornal=515&pagina=67&totalArquivos=125>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Instrução Normativa nº 05, de 14 de fevereiro de 2012. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 16 fev. 2018. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=16/02/2018&jornal=515&pagina=67&totalArquivos=126>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

BRASIL. Lei 12.187 de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Diário Oficial da União de 30 de dezembro de 2009 - Edição Extra. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Nota Técnica - Assunto: Adoção e mitigação de Gases de Efeitos Estufa pelas tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-emnumeros/arquivos/ResumodaadooemitigaodegasesdeefeitosestufapelastecnologiasdoPlanoABCPerodo2010a2018nov.pdf>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa Conjunta MAPA/ANVISA/IBAMA nº 02, de 14 de dezembro de 2015. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=137317>. Acesso: 21 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil / Coordenação-Geral do Clima. – 5. ed. – Brasília: 2019. Disponível em: <https://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2020/06/Livro_Digital_5Ed_Estimativas_Anuais.pdf>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. 2020. Disponível em: <https://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2020/12/2020_12_22_4CN_v5_PORT_publicada.pdf>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores (MRE) e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Fourth Biennial Update Report of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change. 2020. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR4.Brazil.pdf>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Balanço Energético Nacional 2020 - Relatório Síntese / Ano base 2019. Maio de 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH). Aprovado na 64ª Reunião do Comitê Executivo do Protocolo de Montreal, MMA. Brasília, 2011. Disponível em: <ttps://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80179/PBH_Etapa_1_diagramado_versao_final_copy_copy.pdf>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Estratégia de Agricultura. 2016. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA_Estrategia_de_Agricultura.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Estratégia de Biodiversidade e Ecossistemas. 2016. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA_Estrategia_de_Biodiversidade_e_Ecossistemas.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Estratégia de Povos e populações vulneráveis. 2016. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA_Estrategia_de_Povos_e_Populacoes_Vulneraveis.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Estratégia de Recursos Hídricos. 2016. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA_Estrategia_de_Recursos_Hidricos.pdf>. Acesso em 15 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Estratégia de Saúde. 2016. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA_Estrategia_de_Saude.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Estratégia de Zonas Costeiras. 2016. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA_Estrategia_de_Zonas_Costeiras_copy.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

BRASIL. Planalto. Discurso do Presidente da República, Jair Bolsonaro, na Cúpula de Líderes sobre o Clima - Brasília/DF. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/discursos/2021/discurso-do-presidente-da-republica-jair-bolsonaro-na-200bcupula-de-lideres-sobre-o-clima-brasilia-df>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

BULBOVAS, P.; SOUZA, S.; MORAES, R.; LUIZÃO, P. E ARTAXO, P. 2007. Respostas de Glycine max 'Tracajá' exposta ao ozônio sob condições controladas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n.5, pg. 641-646.

CALDEIRA, K.; WICKETT, M. E. (2003). Anthropogenic carbon and ocean pH". Nature. 425 (6956):365. Bibcode:2001AGUFMOS11C0385C. doi:10.1038/425365a. PMID 14508477. S2CID 4417880.

CÂMARA, J. B. D., Avaliação dos impactos econômicos e dos benefícios socioambientais do Proconve. Brasília: Edições Ibama, 2016, 106 p.

CAMPOS, P.H.R.F.; LE FLOC´H, N.; NOBLET, J.; RENAUDEAU, J. Physiological responses of growing pigs to high ambient temperature and/or inflammatory challenges. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 46, n. 6, p. 537-544, 2017.

CARNEIRO, M. F. B., L. A. G. PEREIRA, E T. M. GONÇALVES. 2019. Agricultura Urbana e Segurança Alimentar no Brasil: desafios e perspectivas. Revista Desenvolvimento Social, v. 19, n. 3, p. 51-61.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Unidade de Pesquisa do MCTI, 2020. Disponível em: http://www2.cemaden.gov.br/monitoramento-de-secas-e-impactos-no-brasil-setembro2020/.

CHARLSON, R.J., S.E. SCHWARTZ, J.M. HALES, R.D. CESS, J.A. COAKLEY, JR., J.E. HANSEN, AND D.J. HOFFMAN, 1992: Climate forcing by anthropogenic aerosols. Science, 255, 423-430, doi:10.1126/science.255.5043.423.

CMEMS, 2020, Product User Manual for CMEMS Ocean Monitoring Indicator OMI_HEALTH_carbon. Ref: MEMS-OMI-PUM-GLO-HEALTH-carbon, Issue 3, 12 p. 2020.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/proconve/>. Acesso em: 03 de junho de 2021.

COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. Nature, v. 421, p. 913-919, 2003.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. Caderno CNT de perguntas e respostas sobre a fase P-8 do programa de controle da poluição do ar por veículos automotores - Proconve. – Brasília: CNT, 2020.43 p. – (Despoluir – Programa Ambiental do Transporte). Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/0e8733db-0f-86-47c2-856b-f296b1a8573f.pdf)>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

DASH, S.; CHAKRAVARTY, A.K.; SINGH, A.; UPADHYAY, A.; SINGH, M.; YOUSUF, S. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. Veterinary World v. 9, n. 3, p. 235-244, 2016. DOI: 10.14202/vetworld.2016.235-244

DE LA ROCHA, C.L., PASSOW U., CAP. 8.4 - THE BIOLOGICAL PUMP, EDITOR(S): HEINRICH D. HOLLAND, KARL K. Turekian, Treatise on Geochemistry (Second Edition), Elsevier, 2014,p. 93-122, ISBN 9780080983004, https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00604-5.

DONAT, M. G.; ALEXANDER, L. V.; YANG, H.; DURRE, I.; VOSE, R.; DUNN, J. H.; WILLETT, M.; AGUILAR, E.; BRUNET, M.; CAESAR, J.; HEWITSON, B.; JACK, C.; KLEIN, A. M. G.; KRUGER, A. C.; MARENGO, T.; PETERSON, T. C.; RENOM, M. C.; ROJAS, O. C.; RUSTICUCCI, M.; SALINGER, J.; ELRAYAH, A. S.; SEKELE, S. S.; SRIVASTAVA, A. K.; TREWIN, C.; VILLARROEL, C.; VINCENT, L. A.; ZHAI, P.; ZHANG, X.; KITCHING, S. Updated analyses of temperature and precipitation extreme índices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. The HadEX2 dataset, J. Geophys. Res. Atmos., 118, 2098–2118. 2013.

DOU (1986). Resolução CONAMA nº 18 de 06 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. *Diário Oficial da União* 1986; 17 junho. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=41>. Acesso em: 05 de maio de 2021.

DOU (2006). Resolução CONAMA nº 382 de 26 dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. *Diário Oficial da União* 2007; 02 jan. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>. Acesso em: 06 de maio de 2021.

DOU (2011). Resolução CONAMA nº 436 de 22 dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. *Diário Oficial da União* 2011; 26 dez. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>. Acesso em 06 de maio de 2021.

DOU (2018). Resolução CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. *Diário Oficial da União* 2018; 21 nov. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>. Acesso em: 05 de maio de 2021.

DUNN, et al. Development of an Updated Global Land In Situ-Based Data Set of Temperature and Precipitation Extremes: HadEX3. Journal of Geophysical Research: AtmospheresVolume 125, Issue 16. 2020.

EEAP - Environmental Effects Assessment Panel. Environmental Effects of Stratospheric Ozone Depletion, UV Radiation, and Interactions with Climate Change: Summary update 2020 for policymakers, Update 2020. United Nations Environment Programme. Kenya, Nairobi: 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mitigação das emissões de Gases de Efeitos Estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215371/1/Manzatto-emissoes-gases-2020.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2020.

EPA - Environmental Protection Agency. National Air Quality and Emissions Trends Report, 1999.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2020: Ano-base 2019. Relatório Síntese / Ano Base 2019, Rio de Janeiro. Disponível em <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. (2020c). Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis: ano 2019. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-570/NT-EPE-DPG-SDB-2020-01_NT_Impacto_saude_uso_bios.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2021.

FAN, J.; ROSENFIELD, D.; ZHANG, Y.; GIANGRANDE, S. E.; LI, Z.; MACHADO, L. A.; MARTIN, S. T.; YANG, Y.; WANG, J.; SOUZA, R. A. F. Substantial convection and precipitation enhancements by ultrafineaerosol particles. Science. 2018.

FARMAN, J.C., GARDINER, B.G., SHANKLIN J.D. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. Nature. 315:207–210, 1985.

FREITAS, S., K. LONGO, M. SILVA DIAS, P. SILVA DIAS, R. CHATFIELD, E. PRINS, P. ARTAXO, G. GRELL AND F. Recuero. Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America. Environmental Fluid Mechanics, Kluwer Academic Publishers, 2004 (em impressão, disponível eletronicamente em www.kluweronline.com/issn/1567-7419, na seção Articles in Advance).

FRIEDLINGSTEIN, P. et al., 2020: Global Carbon Budget 2020. Earth System Science Data, 12(4): 3269–3340, https://doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020.

GÁCITA, M. S. et al. Impact of mixing state and hygroscopicity on CCN activity of biomass burning aerosol in Amazonia. European Geosciences Union. 2017.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. F. The South America Monsoon Circulation and Its Relationship to Rainfall over West-Central Brazil. American Meteorological Society. 2004.

HOEGH-GULDBERG OVE, POLOCZANSKA ELVIRA S., SKIRVING WILLIAM, DOVE SOPHIE. Coral Reef Ecosystems under Climate Change and Ocean Acidification, Frontiers in Marine Science, vol. 4, 2017, 158p., DOI=10.3389/fmars.2017.00158

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011). Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil / IBGE, Diretoria de Geociências. - Rio de Janeiro, 176p.

ICMBio, 2021. Relatório do Programa de Monitoramento de Ambientes Recifais do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos (2019/20). Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnaabrolhos/images/stories/relatorio_monitoramento_de_ambientes_recifais_2019_20.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2020). TerraBrasilis. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores — Proconve/ Promot/Ibama, 3 ed. — Brasília: Ibama/Diqua, 2011. 584 p. (Coleção Meio Ambiente. Série Diretrizes — Gestão Ambiental, n.º 3). Disponível em: <https://aea.org.br/inicio/wp-content/uploads/2019/10/manualProconvePromot_portugues.pdf>. Acesso em: 19 de março de 2021.

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts,Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

IPCC, 2020. The IPCC and the Sixth Assessment cycle. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/05/2020-AC6_en.pdf)>. Acesso em: 16 de maio de 2021.

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

KOCH, N. M. Efeitos da poluição atmosférica como fator de estresse ambiental na estrutura e na funcionalidade das comunidades de liquens. 2016. Porto Alegre – RS. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/143740>. Acesso em: 13 maio 2021.

KROEKER K. J. et al., "Impacts of ocean acidification on marine organisms: Quantifying sensitivities and interaction with warming," Glob. Chang. Biol., vol. 19, no. 6, pp. 1884–1896, 2013.

KUNZ et al. Ecosystem services provided by bats.New York Academy of Sciences.Boston, v.1223, p.1-38, mar. 2011.

LAMARCA, D.S.F.; PEREIRA, D.F.; MAGALHÃES, M.M.; SALGADO, D.D. Climate Change in Layer Poultry Farming: Impact of Heat Waves in Region of Bastos, Brazil. Brazilian Journal of Poultry Science, v. 20, n. 4, p. 657-664, 2018. https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0750

LIMA, M.A.; ALVES, B.J.R. Vulnerabilidades, impactos, e adaptação à mudança do clima no setor agropecuário e solos agrícolas. Parcerias Estratégicas, Brasília, n. 27, 2008, p. 73-108.

LUCK, J., M. SPACKMAN, A. FREEMAN, P. TREBICKI, W. GRIFFITHS, K. FINLAY. S. CHAKRABORTY, 2011: Climate change and diseases of food crops. Plant Pathology, 60, 113-121.

LUEDEMANN, G., MATYSSEK, R., FLEISCHMANN, F., GRAMS, T.E.E., 2005. Acclimation to ozone affects host/pathogen interaction and competitiveness for nitrogen in juvenile Fagus sylvatica and Picea abies trees infected with Phytophthora citricola. Plant Biol. 7, 640–649.

MANZATTO, C.V.; ARAUJO, L.S.; ASSAD, E.D.; SAMPAIO, F.G.; SOTTA, E.D.; VICENTE, L.E.;PEREIRA, S.E.M.; LOEBMANN, D.G.S.; VICENTE, A.K. Mitigação das emissões de Gases de Efeito Estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020. PDF (35p) – (Documentos Embrapa Meio Ambiente,1516-4691; 122).

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Adoção e mitigação de Gases de Efeitos Estufa pelas tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC). 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-em-numeros/arquivos/ResumodaadooemitigaodegasesdeefeitosestufapelastecnologiasdoPlanoABCPerodo2010a2018nov.pdf. Acesso em: 21 de maio de 2021.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Crise Hídrica em São Paulo em 2014: Seca e Desmatamento. Revista GEO USP. V.19 , n.3. 2015.

MARENGO, J. A.; SOUZA JR, C. Climate Change: Impacts and scenarios for the Amazon. Instituto de Energia e Ambiente. São Paulo, 2018.

MARENGO, J.A.; ESPINOZA, J.C. (2015) Extreme Seasonal Droughts and Floods in Amazonia: Causes, Trends and Impacts. International Journal of Climatology, 36, 1033-1050.

MARENGO, J.A.; TOMASELLA, J.; SOARES, W.R.; ALVES, L.M.; NOBRE, C.A. Extreme climatic events in the Amazon basin climatological and hydrological context of recente floods. Theoretical and Applied Climatology, v. 107, n. 1-2, p. 73-85, 2012.

MARTINS, M. P.; LEME, N., P.; SILVA, F. R.; PINHEIRO, D. K.; ALVALÁ, Plínio Carlos; SILVA, E. L. ; PENHA, T. L. B. ; RODRIGUES, N. L. CHAGAS, J. R. Ozone National Report - Brazil. 2017. Disponível em: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21621#.YLbUd9VKiM8 > acesso 31 junho de 2021.

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. SIRENE, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene>. Acesso em: 21 de maio de 2020.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2014. Ações brasileiras para a proteção da camada de ozônio. Brasília.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2014. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Vei-culos_Rodoviarios_2013.pdf>. Acesso em: 19 de março de 2021.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2016. Plano Nacional de Adaptação. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao.html>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Acordo de Paris. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

NÄÄS, I.A.; ROMANINI, C.E.B.; SALGADO, D.D.A.; LIMA, L.A.O.; VALE, M.M. DO; LABIGALINI, M.R.; SOUZA, S.R.L. DE; MENEZES, A;G; MOURA, D.J. de. Impact of global warming on beef cattle production cost in Brazil. Scientia Agricola, v. 67, n.1, p. 1-8. 2010. https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000100001

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Goddard Space Flight Center. Ozone Hole Watch. Images, data, and information for the Southern Hemisphere. 2011. Disponível em: <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>. Acesso em: 21 maio 2021.

NEIL, K.; WU, J. Effects of urbanization on flowering phenology: a review. Urban Ecosystems, v. 9, p. 243-257, 2006.

NESAMVUNI, E.; LEKALAKALA, R.; NORRIS, D.; NGAMBI, J. W. Effects of climate change on dairy cattle, South Africa. African Journal of Agricultural Research, v. 7, n. 26, p. 3867-3872, 2012.

OLIVEIRA, A. S.; MIGUEZ, J. D. G.; ANDRADE, T. C. M.. A Convenção sobre Mudança do Clima e o seu Protocolo de Quioto como Indutores de Ação. In: Legado do MDL: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil - Organizadores: Flavia Witkowski Frangetto, Ana Paula Beber Veiga e Gustavo Luedemann. - Brasília: IPEA, 2018. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/181228_livro_mdl.pdf>. Acesso em 13 de maio de 2021.

OLIVEIRA, D. M.; SILVEIRA, M. V. D. Reação da termosfera a tempestades geomagnéticas. Revista Brasileira de Ensino de Física. 2017. https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0219

OPPENHEIMER, M., B.C. GLAVOVIC , J. HINKEL, R. VAN DE WAL, A.K. MAGNAN, A. ABD-ELGAWAD, R. CAI, M. CIFUENTES-JARA, R.M. DECONTO, T. GHOSH, J. HAY, F. ISLA, B. MARZEION, B. MEYSSIGNAC, AND Z. SEBESVARI, 2019: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

Ozone Secretariat. Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer: Fourteenth edition (2020). United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, 2020. Disponível em: <https://ozone.unep.org/sites/default/files/Handbooks/MP-Handbook-2020-English.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

PACIFICO, F., G. A.; FOLBERTH, S.; SITCH, J. M.; HAYWOOD, P. ARTAXO; L. V. RIZZO. Biomass burning related ozone damage on vegetation over the Amazon forest. Atmos. Chem. Phys., 15, 2791–2804, 2015. doi:10.5194/acp-15-2791-2015.

PAES LEME, N. M. P.; ALVALÁ, P. C. Report Brazil. 2008. Disponível em: http://ozone.unep.org/Meeting_Documents/researchmgrs/7orm/7orm-report.pdf>. Acesso 27 de maio 2021.

PBMC, 2016: Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p. ISBN: 978-85-285-0345-6.

PBMC, 2020. Base Científica das Mudanças Climáticas – Volume 1. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/relatorios-pbmc/item/base-cientifica-das-mudancas-climaticas-volume-1-completo?category_id=18>. Acesso em 27 de maio de 2021.

PEREIRA, S. E. M. W.; LOEBMANN, D. G. S.; VICENTE, A. K. Mitigação das emissões de Gases de Efeitos Estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais. Embrapa Meio Ambiente - Jaguariúna, SP. Junho de 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215371/1/Manzatto-emissoes-gases-2020.pdf>. Acesso em 13 de maio de 2021.

REDDINGTON, C. L.; BUTT, E. W.; RIDLEY, D. A.; ARTAXO, P.; MORGAN, H.; SPRACKLEN, D. V. Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil. Nature Geoscience. 2015.

RODRIGUES, C. G.; VORMITTAG, E. M. P.; CAVALCANTE, J. A.; SALDIVA, P. H. N. Projeção da mortalidade e internações hospitalares na rede pública de saúde atribuíveis à poluição atmosférica no Estado de São Paulo entre 2012 e 2030. R. bras. Est. Pop., Rio de Janeiro, v.32, n.3, p.489-509, set./dez. 2015.

RODRIGUES, G. S., E R. A. MARTINS. 2001. Efeitos potenciais do ozônio troposférico sobre as plantas cultivadas e o biomonitoramento ambiental. Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico.

SEINFIELD, J. H.; PANDIS, S. N. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. 3rd ed. 2016.

SEKERCIOGLU, C. H. Increasing a wariness of avian ecological function. Trends in Ecology and Evolution, v. 21, n. 8, p. 464-471, 2006.

SETZER, A. W.; PEREIRA, M. C. Amazonia biomassa burnings in 1987 and an estimate of their topospheric emissions. AMBIO, Stockoholm, v. 20, n. 1, p. 19-22, 1991.

SIHD – Sistema de Informação Hospitalar Descentralizado. 2019.

SIQUEIRA, O.J.W.; STEINMETZ, S.; SALLES, L.A.B. de. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R.; MIGUEZ, J.D.G. Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p.33-63.

SOUZA, CRG (2010a) Brazilian scientific programs in natural disasters. In: IDRC Davos 2010 - International Disaster and Risk Conference, Davos (Suiça), 30/05 a 03/06/2010, Extended Abstracts (e-book), p.697-700.

SOUZA, CRG (2010b) Impactos das mudanças climáticas no litoral do Estado de São Paulo (Sudeste do Brasil). In: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física, Coimbra (Portugal), 26-30/05/2010, Actas, <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema4/celiaregina, p.1-17>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

SOUZA, CRG (2011) Os ecossistemas costeiros frente às mudancas climáticas no Brasil: efeitos da elevação do nível do mar. XIV Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - COLACMAR, Balneário Camboriú (SC). Boletim de Resumos Expandidos (CD-ROM)

TILBROOK B, et al. (2019) An Enhanced Ocean Acidification Observing Network: From People to Technology to Data Synthesis and Information Exchange. Front. Mar. Sci. 6:337. doi: 10.3389/fmars.2019.00337.

Thurston, George D.; Kipen, Howard; Annesi-Maesano, Isabella; Balmes, John; Brook, Robert D.; Cromar, Kevin et al. (2017): A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. In The European respiratory journal 49 (1). DOI: 10.1183/13993003.00419-2016.

UCAR (University Corporation for Atmospheric Research). 2020. Ozone in the Troposphere. Disponível em: <https://scied.ucar.edu/ozonetroposphere#:~:text=Tropospheric%20ozone%20is%20formed%20by,occur%20during%20warm%20summer%20months>. Acesso em: 21 de maio de 2020.

UNFCCC, 2020. Nama map - Pre-2020 action by countries. Disponível em: <https://unfccc.int/topics/mitigation/workstreams/nationally-appropriate-mitigation-actions/nama-map-pre-2020-action-by-countries>. Disponível em: 21 de maio de 2021.

UNFCCC, 2020. What is the Kyoto Protocol?. Disponível em: <https://unfccc.int/kyoto_protocol>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

UNFCCC, 2020. What is the United Nations Framework Convention on Climate Change?. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>. Acesso em 21 de maio de 2021.

ULKE A G. LONGO K M. FREITAS S R. HIERRO RF, 2007: Regional pollution due to biomass burning in South America, Ciência e Natura, 10, 201.

VILLARDI, J. et al. Vigilância em saúde ambiental de populações expostas à poluição atmosférica no Brasil - um modelo em construção. Cad. Saúde Colet., 2011, Rio de Janeiro, 19 (4): 467-72

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. Atmospheric Science: An Introductory Survey. 2006.

WALTHER, G. R. et al. Rapid changes in flowering time in British plants. Science, v. 296, p. 1689-1691, 2002.

WHO (1958). World Health Organization. Air pollution: fifth report of the Expert Committee on Environmental Sanitation. Genebra: World Health Organization (WHO Technical Report Series, No. 157. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/40416/WHO_TRS_157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 de maio de 2021.

WHO (2005). World Health Organization. Air Quality Guidelines Global Update 2005. Report on a working group meeting, Bonn/Germany, 18-20 october 2005. Disponivel em: <https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/147851/E87950.pdf>. Acesso em: 06 de maio de 2021

WHO (2017). World Health Organization. Evolution of WHO air quality guidelines: past, present and future. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017

World Health Organization (2021): Air Quality Guidelines - update 2021

WMO - World Meteorological Organization. Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2018 Update, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018, 84 pp., Geneva, Switzerland, 2019. Disponível em: <https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-11/twentyquestions.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

WMO, 2021, State of the Global Climate 2020, WMO-No. 1264, 56 p., ISBN 978-92-63-11264-4. Disponível em: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/climate-change-indicators-and-impacts-worsened-2020>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

WONG, PP, LOSADA, IJ, GATTUSO, JP, HINKEL, J, KHATTABI, A, MCINNES, KL, SAITO, Y, E SALLENGER, A (2014) Coastal systems and low-lying areas. In: Climate Change (2014) Impacts, Adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova.

WRI BRASIL. O Estado da Qualidade do ar no Brasil. 2021. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/sites/default/files/wri-o-estado-da-_qualidade-do-ar-no-brasil.pdf>. Acesso em: 28 de junho de 2021.

WRI BRASIL. Veja onde é feito o monitoramento da qualidade do ar no Brasil. 2019. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/06/veja-onde-e-feito-o-monitoramento-da-qualidade-do-ar-no-brasil>. Acesso em: 28 de junho de 2021.

ZISKA, L.H.; BLUMENTHAL, D.M.; BRETT RUNION, G.; HUNT JR, E.R.; DIAZ-SOLTERO, H. Invasive species and climate change: an agronomic perspective. Climatic Change, v. 105, p. 13–42, 2011.

2 Água



Fonte: Marinelson Almeida

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Marcus André Fuckner - ANA

Flávio Hadler Tröger - ANA

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares - ANA

Redação

Laura Tillmann Viana - ANA

Marcela Ayub Brasil - ANA

Darlan Aragão Mesquita - MDR

Elizabeth Cristina Arantes Miranda - Ministério da Saúde

Pedro Gerhard - Embrapa Meio Ambiente

Pedro Henrique Cabral de Melo - Ministério da Saúde

Philipe Pontes Barbeiro - Ibama

Roseli dos Santos Souza - MDR

Colaboração

Adalberto Meller - ANA

Mayara Rodrigues Lima - ANA

ODS relacionados ao capítulo



INTRODUÇÃO

Os reflexos da urbanização, do crescimento populacional, da disseminação de tecnologias e da integração global, se apresentam de forma significativa na economia, na política e na cultura do Brasil e do mundo. Nas últimas décadas, os níveis de produção agrícola e industrial aumentaram substancialmente e ganharam escala em um contexto de maior oferta e consumo de produtos e serviços em termos nacionais e internacionais. Para a viabilidade desses processos, a pressão sobre os recursos naturais é intensa, sendo estes matérias-primas para produção ou os próprios produtos comercializados globalmente. A água é um recurso natural essencial nesse contexto. O recurso hídrico é cada vez mais demandado e extraído do meio ambiente, seja para consumo pela população humana ou para viabilizar a diversa gama de atividades econômicas. A rápida urbanização, o desenvolvimento econômico e a desigualdade estão entre os principais fatores socioeconômicos de pressão sobre os sistemas hídricos com os quais os impactos climáticos relacionados à água, advindos das mudanças climáticas globais, se relacionam (UNESCO; UN WATER, 2020).

A água é um recurso natural essencial para a manutenção dos ecossistemas, da biodiversidade e dos processos ecológicos. Ela é elemento central que integra esses componentes para que haja um sistema harmônico e eficiente que propicie o equilíbrio climático e a manutenção da vida no planeta. O ciclo hidrológico é o processo pelo qual a água se renova e é distribuída nos diferentes componentes do sistema terrestre. A precipitação, a evapotranspiração, a infiltração e o escoamento superficial são partes desse ciclo. Outros processos físicos, químicos e biológicos também determinam a quantidade e a qualidade da água que chega até nós.

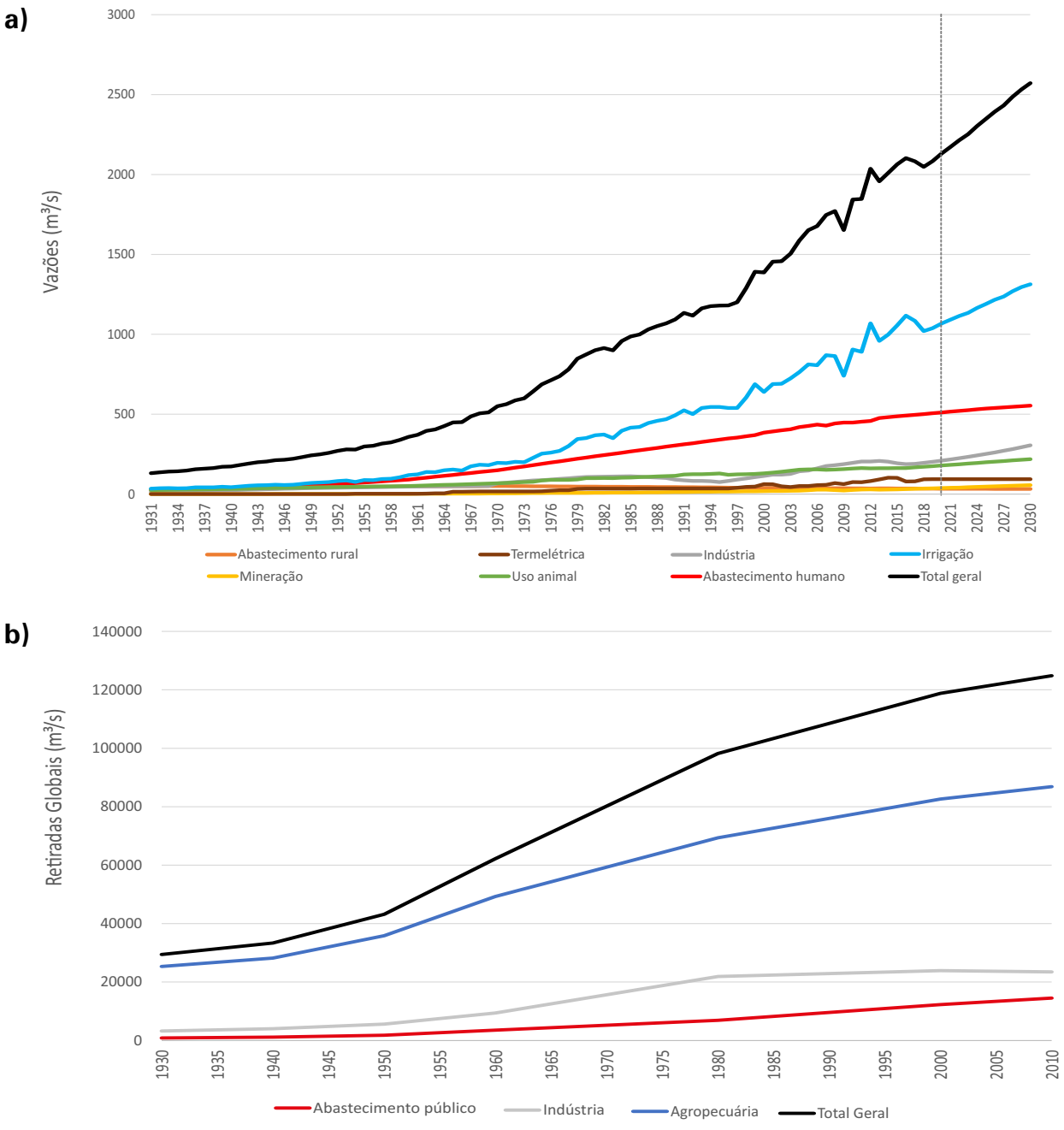
O recurso hídrico é utilizado em diferentes contextos sociais, culturais e econômicos, tornando-se essencial para o desenvolvimento dos países. A água, como recurso hídrico, reveste-se de caráter utilitário e serve às diversas atividades e ao próprio consumo humano. No Brasil é considerada um bem público, um recurso natural limitado e, por isso mesmo, é dotada de valor econômico. Essas são premissas para que o recurso hídrico seja utilizado de maneira racional e sustentável, sem que haja escassez ou mesmo indisponibilização de sua oferta, devido à redução na quantidade ou no deterioramento de sua qualidade. A intensificação do uso da água é uma realidade global. A irrigação e o abastecimento humano são as principais atividades que demandam maiores retiradas de água do ambiente (Figura 1).

Mudanças no uso da terra podem interferir no ciclo hidrológico e alterar a quantidade e a qualidade da água. A supressão da vegetação natural para substituição por pastagens ou culturas agrícolas, sem o devido manejo com práticas agrícolas sustentáveis, pode ocasionar erosão e compactação do solo, alterando o ciclo hidrológico pela possibilidade de redução da infiltração e aumento do escoamento superficial. Os prováveis impactos são o aumento abrupto da vazão dos rios (enchentes), o carreamento de contaminantes do solo para os cursos d'água (poluição hídrica difusa) e redução na recarga dos aquíferos (menor disponibilidade hídrica). Por outro lado, a preservação de matas ciliares ao longo dos cursos d'água contribui para a conservação das características e funções hidrológicas e a manutenção dos serviços ecossistêmicos.

A Constituição Federal de 1988[1] estabelece como competência exclusiva da União, a instituição de um Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e a definição de critérios de outorga de direitos de seu uso. A gestão dos recursos hídricos é disciplinada no Brasil pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei n.° 9.433 de 1997[2],

1 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm.
2 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm.

Figura 1 – a) Evolução da demanda de água no Brasil e b) evolução da retirada de água no mundo.



Fonte: a) ANA, 2019a ; **b)** UNESCO e UN WATER, 2021.

de modo a proporcionar uma gestão participativa e descentralizada. Trata-se de um processo contínuo e participativo para estabelecer um pacto nacional, com o objetivo de atender aos usos múltiplos das águas. Além disso, os usos da água são regulados por meio da aplicação de instrumentos de gestão e de ações de planejamento e de comando e controle, como o cadastramento de usuários e a fiscalização. A integração entre a gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental é também fundamental para garantir a sustentabilidade e a segurança hídrica necessárias para a manutenção, no presente e para o futuro, da qualidade e quantidade dos recursos hídricos em nosso País.

ÁGUAS NO BRASIL

Ciclo da água

O fluxo das águas no território ocorre por entradas e saídas do sistema. Considerando uma bacia hidrográfica, uma Unidade da Federação (UF) ou o País como um todo, as entradas de água ocorrem por meio da precipitação e da inserção de volumes d'água oriundos de outros territórios (vazões afluentes). Ao longo do percurso, ocorrem processos que interferem na quantidade e na qualidade da água, tanto superficial quanto subterrânea. Tem-se, por exemplo, as retiradas para os diversos usos, a própria precipitação, a evapotranspiração, a infiltração da água no solo e seu armazenamento em aquíferos, o estoque de volumes d'água em reservatórios artificiais, entre outros. As saídas ocorrem pela evapotranspiração e por "entregas de água" a outros territórios ou pelo deságue em outros rios (vazões defluentes) ou no mar.

Considerando o período de 2015 a 2018, conforme dados publicados nos relatórios de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017 a 2020, a entrada de águas no Brasil oriunda de outros países fronteiriços na bacia Amazônica (Figura 2) foi da ordem de 2,6 a 3,1 trilhões de m^3/ano (ANA, 2017b, 2018a, 2019b, 2020). A precipitação e a evapotranspiração foram da ordem de 12,9 a 15,6 e 9,7 a 11,7 trilhões de m^3/ano, respectivamente. No escoamento superficial, a vazão gerada foi da ordem de 5,7 a 6,2 trilhões de m^3/ano e o armazenamento em aquíferos (águas subterrâneas) de 1,1 trilhão de m^3/ano. As saídas para outros países (Figura 2) variaram de 654 a 900 bilhões de m^3/ano, e para o mar, de 6,6 a 8,7 trilhões de m^3/ano. Por fim, o armazenamento de águas superficiais foi da ordem de 124 a 300 bilhões de m^3/ano.

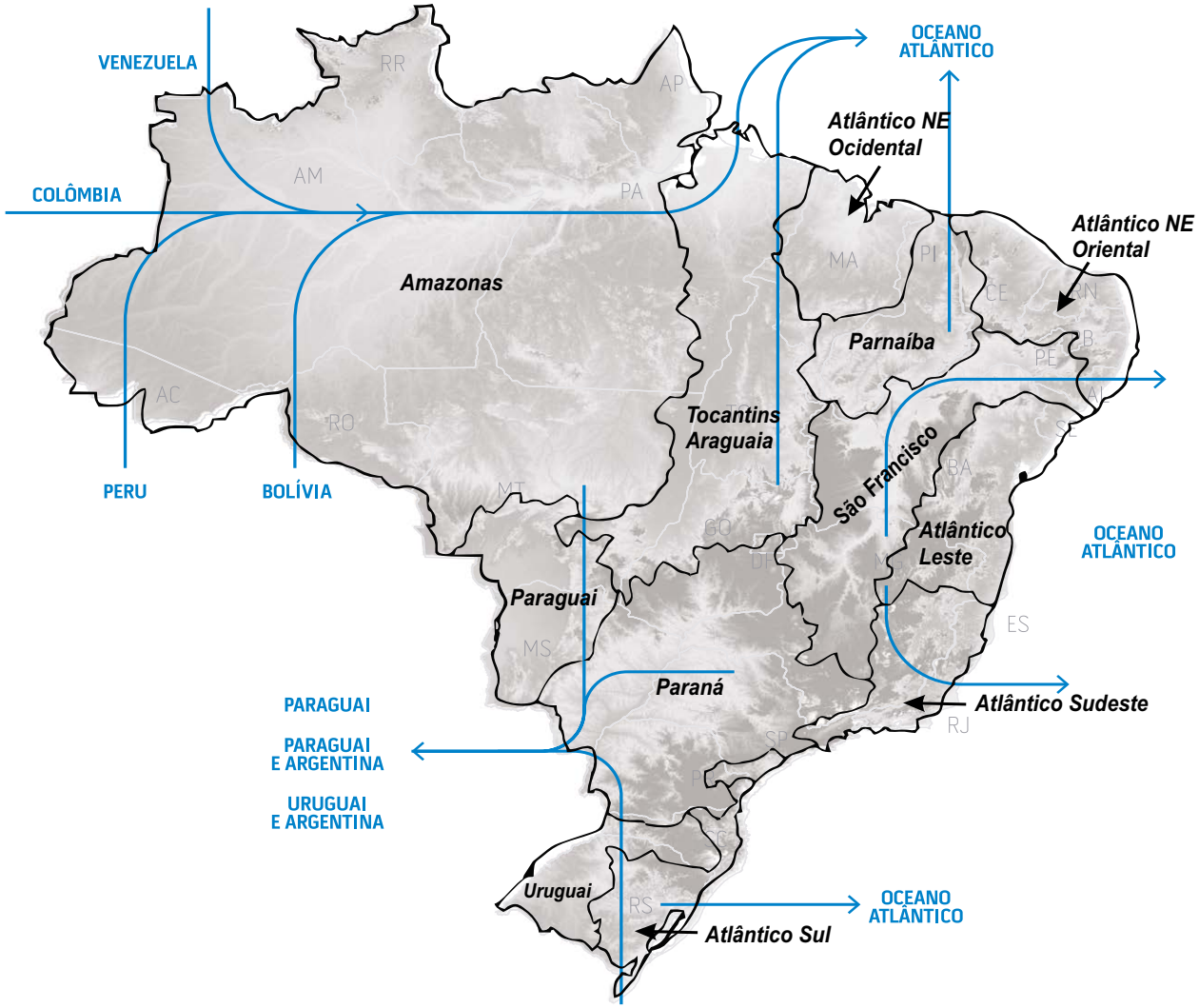
Para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, a bacia hidrográfica é a unidade territorial a ser considerada. Nela, as características físicas, ambientais e socioeconômicas são mais similares e favorecem uma análise integrada das dinâmicas hidrológicas que interferem no território. A bacia se caracteriza por possuir divisores de água, que são regiões geograficamente mais altas onde a água escoa por gravidade para um único ponto de saída por escoamento superficial.

Para fins de gestão, pode-se considerar apenas uma ou um conjunto de bacias hidrográficas. A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) n.º 32 de 2003[3], divide o Brasil em 12 Regiões Hidrográficas (RHs) (Figura 2). Cada uma delas é constituída por uma ou várias bacias hidrográficas que se assemelham quanto às características naturais e socioeconômicas, com vistas a facilitar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos. Conforme a necessidade, outras divisões de maior detalhe são adotadas para o acompanhamento sistemático da situação dos recursos hídricos e análise de dados e indicadores. De maneira similar, as UF também adotam para o planejamento e gerenciamento de seus recursos hídricos, suas próprias divisões hidrográficas.

Outra classificação dos recursos hídricos para fins de gestão se refere à dominialidade da União e dos estados, estabelecida a partir da Constituição Federal de 1988. Os cursos d'água que atravessam mais de uma UF, adentram ou fazem limite com algum país transfronteiriço são gerenciados pela União. Os cursos d'água estaduais nascem e deságuam no território de uma mesma UF.

3 Disponível em: https://cnrh.mdr.gov.br/resolucoes/74-resolucao-n-32-de-15-de-outubro-de-2003/file.

Figura 2 – Compartilhamento das águas superficiais no Brasil e divisão hidrográfica nacional.



Fonte: ANA, 2017b.

Rios Voadores

As florestas participam ativamente do ciclo hidrológico, injetando água na atmosfera através da evapotranspiração. Estima-se que até 70% da umidade atmosférica possa ser gerada pelas plantas, um aporte significante para o balanço hídrico local, isto é, nas mesmas bacias hidrográficas onde se encontram. Porém, o vapor de água oriundo da evapotranspiração também é transportado por regiões e continentes pelos ventos predominantes. É a este fenômeno de geração de vapor de água pela vegetação e seu transporte por longas distâncias que se dá o nome de "rio voador" (FAO, 2019). Apesar de ser observado em outras regiões do planeta, como na bacia do Rio Congo, na África, é em relação ao bioma Amazônia que as atenções de diversos pesquisadores têm se voltado. Calcula-se que cerca de 17 bilhões de toneladas de água por dia sejam liberadas na atmosfera pela floresta, um volume comparável ao transportado diariamente pelo rio Amazonas (NOBRE, 2014). Portanto, as florestas contribuem com a disponibilidade de água não apenas rio abaixo, na própria bacia hidrográfica, mas também para fora dela, pelo transporte de vapor de água. No caso da floresta amazônica, os efeitos do rio voador são sentidos até na região norte da Argentina, influenciando as chuvas nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Secas recentes observadas nestas regiões, como em 2014, têm sido relacionadas ao crescente desmatamento da floresta pluvial amazônica (MARENGO *et al.*, 2018; FAO, 2019).

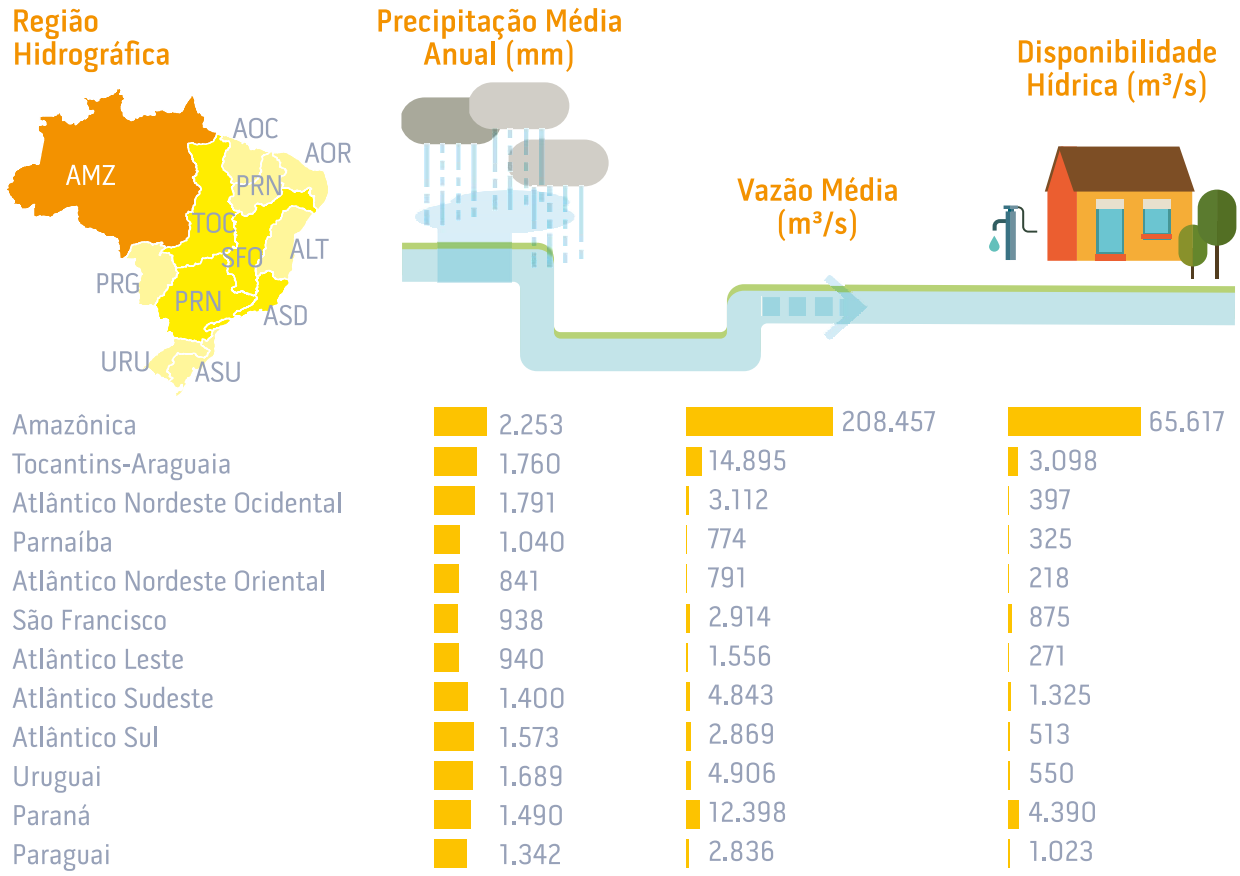
Águas superficiais e subterrâneas

As chuvas e as vazões dos rios são as principais variáveis físicas que determinam a oferta de água para os diversos usos. O Brasil é um país abundante em termos de oferta de recursos hídricos, oriundos da vazão natural dos rios e das precipitações. A água, entretanto, está distribuída de forma desigual nas bacias hidrográficas brasileiras. As precipitações variam espacialmente e sazonalmente, e de ano para ano. As variações interanuais da precipitação, por exemplo, podem ser superiores a 50% em relação à média no Semiárido, enquanto na região Sudeste são menores e ficam na faixa de 15% da média. A precipitação média anual do Brasil é de 1.760 mm, mas por causa das suas dimensões continentais, o total anual de chuva varia de menos de 500 mm na região semiárida do Nordeste, a mais de 3.000 mm na região Amazônica. Em relação à sazonalidade, na região Nordeste, os totais médios podem atingir valores mensais superiores a 300 mm no período chuvoso, enquanto no período de meses mais secos, a precipitação média mensal pode ficar abaixo de 25 mm (ANA, 2017b).

As vazões dos rios são muito influenciadas pelo regime de precipitações. Em geral, há um pico de cheia no escoamento superficial dos rios (maior vazão) logo após um período mais úmido. O monitoramento associado à previsão em tempo real dessas variáveis são fundamentais para ações de planejamento quanto à reservação da água, regulação do seu uso e para minimizar ou prevenir impactos de possíveis eventos críticos de cheias ou secas.

Cerca de 80% da água superficial do País encontra-se na RH Amazônica que, por sua vez, possui baixa densidade demográfica e pouca demanda hídrica (ANA, 2017b) (Figura 3).

Figura 3 – Precipitação, vazão e disponibilidade hídrica por região hidrográfica.



Fonte: ANA, 2017b.

As regiões mais populosas apresentam menor disponibilidade hídrica, que é agravada pela alta demanda para o abastecimento humano ou para atividades econômicas, pela poluição hídrica ou pelo fato de o regime de precipitações ser menos favorável, como ocorre por exemplo, na região Nordeste. Especificamente na região semiárida, além das características físicas do ambiente não favorecerem a disponibilidade hídrica (precipitações mais reduzidas, altas taxas de insolação e evapotranspiração, características hidrogeológicas desfavoráveis e rios intermitentes), o regime de precipitações é mais variável ano a ano.

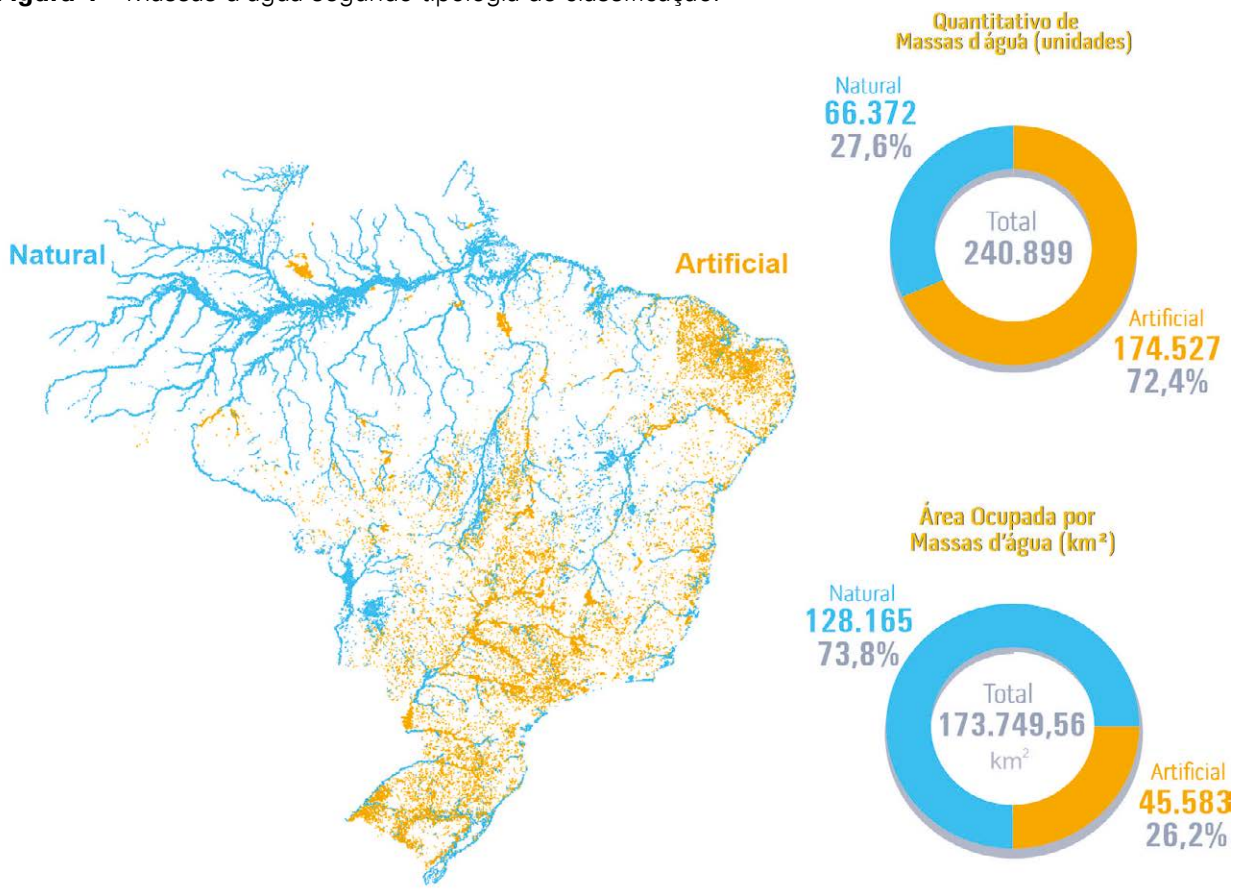
Para tentar prevenir problemas advindos desses fatores que envolvem escassez hídrica e alta demanda, com possibilidades de conflitos pelo uso da água, ações estruturantes e não estruturantes de gestão dos recursos hídricos podem ser adotadas. Para amenizar os impactos de eventos hidrometeorológicos críticos e da variabilidade das vazões dos rios ao longo do tempo, podem ser construídas obras de infraestrutura hídrica, com destaque para os reservatórios, que regularizam as vazões dos rios e podem atuar também na atenuação de ondas de cheias. Visando garantir a segurança hídrica nas bacias hidrográficas, potencializam a disponibilidade hídrica superficial, armazenando água nos períodos úmidos e ofertando-a, sobretudo, nos períodos de estiagem. Eles têm a finalidade de acumulação de volumes de água para as diversas finalidades de uso: geração de energia elétrica, aquicultura, abastecimento público, irrigação, entre outros. Podem ser construídos também para a acumulação de rejeitos industriais ou da mineração, por exemplo. As massas d'água mapeadas e classificadas como artificiais, ou seja, que constituem reservatórios, somam 174.527, ou 72,4% do total de massas d'água presentes no País e ocupam uma área de 45.583,76 km² (ANA, 2020a) (Figura 4).

O armazenamento de água nos reservatórios depende das vazões afluentes dos rios, especialmente nos períodos úmidos, que, por sua vez, dependem do regime de chuvas. A maior parte do volume de água armazenado no Brasil se destina prioritariamente ao setor elétrico (92,7%). Em segundo lugar, tem-se os reservatórios para o abastecimento público, especialmente nas grandes metrópoles e, em particular, na região Nordeste. Especificamente no Semiárido, na maioria dos rios só é possível garantir uma oferta contínua de água com o uso de açudes e reservatórios, já que esses rios naturalmente secam nos meses de estiagem (rios intermitentes). No Nordeste Setentrional, que engloba Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, cerca de 67% do abastecimento público urbano é realizado por água superficial armazenada em açudes (ANA, 2017b).



Fonte: Vinicius Mendonça

Figura 4 – Massas d'água segundo tipologia de classificação.



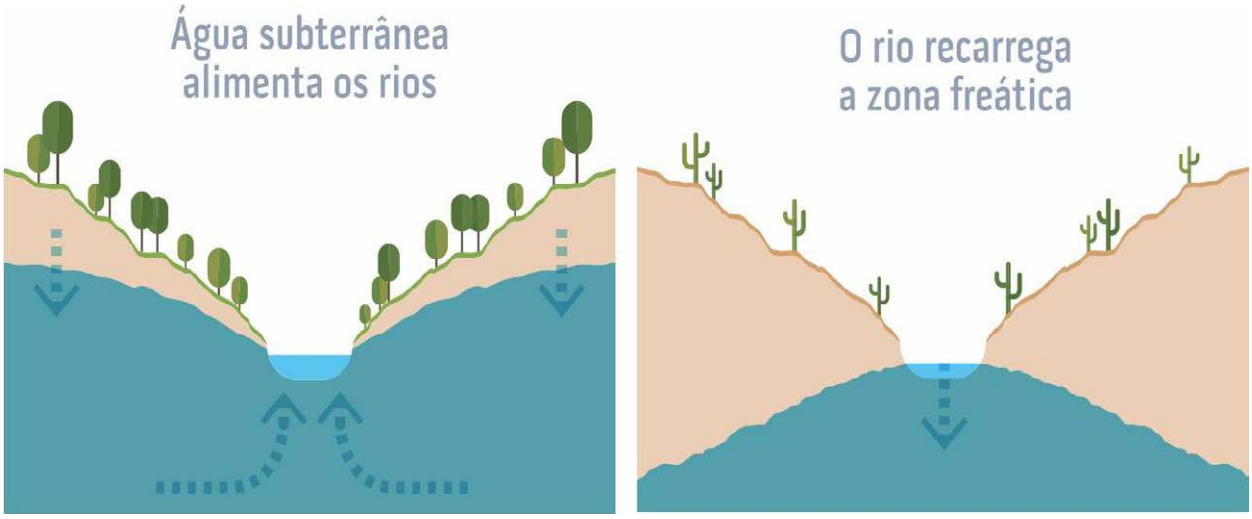
Fonte: ANA, 2020a.

Além das águas superficiais, as águas subterrâneas desempenham importante papel para os diversos usos e para a manutenção das características ambientais e ecológicas dos ecossistemas. A grande capacidade de armazenamento e a resiliência dos aquíferos a longos períodos de estiagem, por exemplo, fazem dos recursos hídricos subterrâneos uma importante alternativa para o enfrentamento de períodos de seca. A descarga de água dos aquíferos alimenta e pereniza a maior parte dos rios, lagos e pântanos no Brasil, por meio de sua contribuição ao fluxo de base dos cursos d'água (Figura 5). Importante ressaltar que variações nesse processo têm relação direta com o regime de chuvas na bacia hidrográfica.

As áreas aflorantes de um aquífero são aquelas que interceptam a superfície terrestre e possuem potencial para receber recarga direta de água por meio da infiltração proveniente das chuvas e de corpos d'água superficiais. Entre 2013 e 2018, estudos foram desenvolvidos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para estimar os valores de recarga ou a reserva potencial direta de alguns importantes aquíferos, havendo destaque para os sistemas aquíferos Urucuia e Guarani, a Província Hidrogeológica Amazonas e os aquíferos cársticos na RH do São Francisco.

A disponibilidade de água subterrânea no Brasil, estimada em 13.205 m^3/s (ANA, 2017), apresenta, similarmente ao que ocorre com as águas superficiais, uma distribuição heterogênea. Os sistemas aquíferos localizados em terrenos sedimentares, que ocupam 48% da área do Brasil, têm grande potencial para armazenamento de água (ANA, 2017), enquanto os terrenos cristalinos, em geral, apresentam disponibilidades hídricas menores.

Figura 5 – Relação entre rios e aquíferos.



Fonte: ANA, 2017b.

Eventos hidrometeorológicos críticos

A variabilidade climática é um fenômeno natural. As variações no regime de chuvas e de temperaturas, dentro do mesmo ano e entre os anos, são frequentes. Em algumas regiões e em determinados períodos, porém, a amplitude dessas variações pode ser maior do que normalmente é registrado, e isso pode deflagrar eventos críticos de secas ou cheias.

Dados meteorológicos têm demonstrado um aumento da temperatura global nas últimas décadas, ocasionando o fenômeno conhecido como Mudanças Climáticas Globais (MCG). Existe uma série de determinantes responsáveis pela elevação da temperatura média no planeta, em particular após o ano de 1950 (IPCC, 2014; ELLIS, 2018). Entre os determinantes diretos estão os gases do efeito estufa, com capacidade de reter calor nas camadas baixas da atmosfera. Entre os fatores indiretos, responsáveis pela produção e liberação desses gases, é possível citar a queima de combustíveis fósseis (atividades industriais e de transporte) e a conversão da cobertura do solo (atividades florestais e agropecuárias)[4]. Entre os gases do efeito estufa, o vapor d'água é o mais abundante e considerado um gás de "*feedback*" (tem caráter retroalimentador), pois sua própria pressão relativa parcial responde de forma muito dinâmica ao clima local e regional. Essa pressão parcial se eleva com o aquecimento, mas também aumenta a formação de nuvens e, assim, a precipitação.

As MCG já afetaram os padrões de precipitação e a frequência de eventos climáticos extremos, especialmente sobre os continentes (IPCC, 2019). Os dados registrados, tanto em termos de volume quanto de periodicidade anual, têm demonstrado alterações nas séries históricas de precipitações, com aumento na variabilidade sazonal (dentro do mesmo ano) e interanual.

Alterações no regime pluviométrico podem afetar diretamente a dinâmica hidrológica de toda a bacia hidrográfica. Fundamental para a recarga de mananciais, lençóis freáticos e aquíferos, a precipitação também atua diretamente em processos de superfícies de vertentes em bacias hidrográficas, integrando os ecossistemas terrestres e aquáticos, e no movimento de sedimentos, nutrientes, cargas orgânicas (naturais e antrópicas) e poluentes – de origem natural ou antrópica – para os rios, várzeas e lagos. A perda da estacionariedade[5], característica

4 Mais informações sobre MCG podem ser obtidas nos capítulos 'Atmosfera' e 'Terra'.

5 De maneira geral, uma série temporal é considerada estacionária quando suas propriedades estatísticas (média, variância e autocorrelação) não se alteram ao longo do tempo. Uma série temporal corresponde à sequência de dados observados de uma variável ao longo do tempo.

das séries históricas de alguns parâmetros hidrometeorológicos do País afeta diretamente a gestão dos recursos hídricos, por conferir mais incertezas ao planejamento de ações e ao dimensionamento, e operação de obras de infraestrutura hídrica para atendimento aos usos múltiplos.

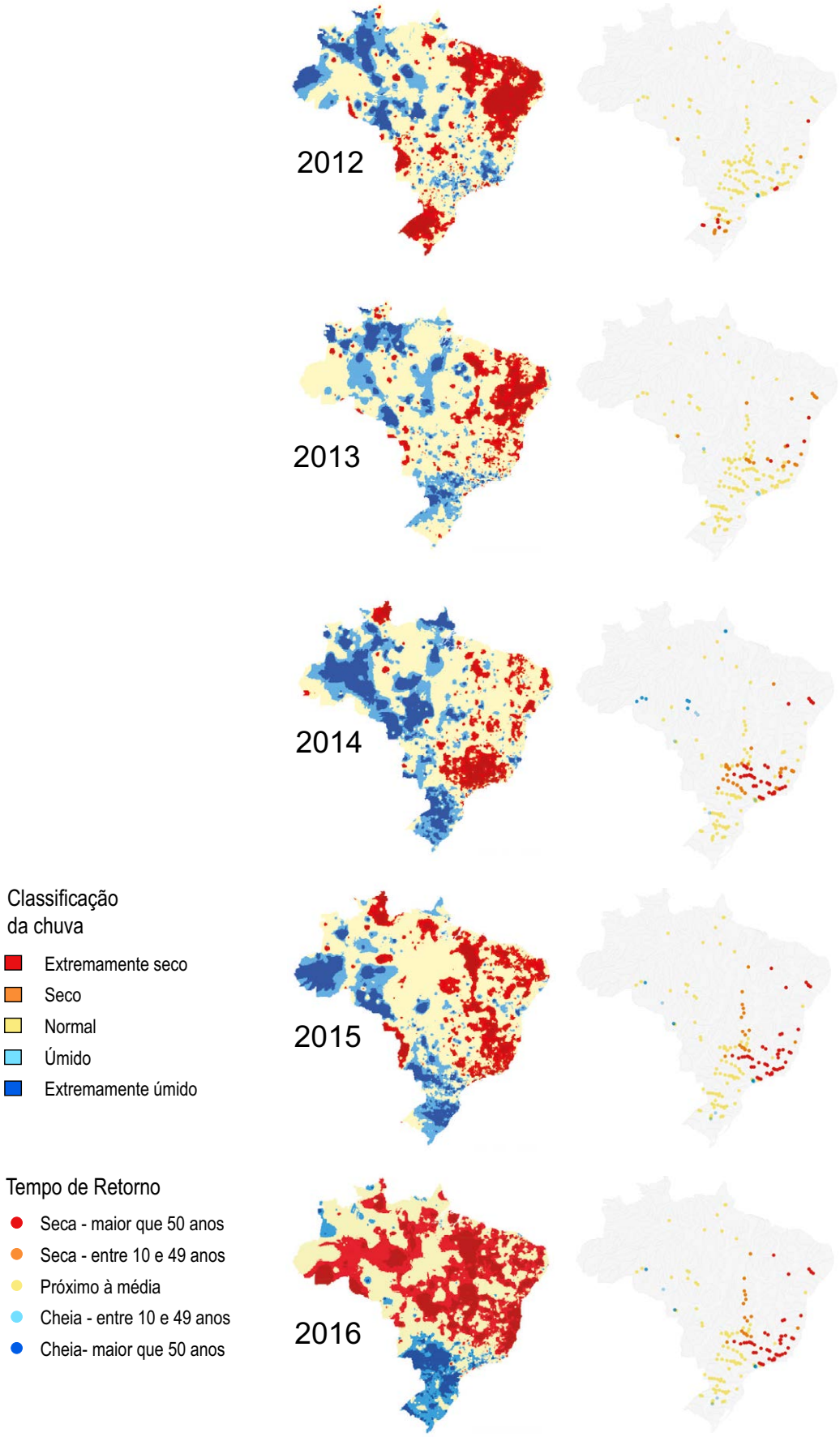
Previsões do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (UNESCO; UN WATER, 2020) para a América Latina e Caribe apontam para maiores reduções na oferta de água nas regiões semiáridas, com a diminuição na precipitação e o aumento na evapotranspiração, afetando o abastecimento, a geração hidrelétrica e a agricultura. A vulnerabilidade das populações mais pobres é real devido às desigualdades no acesso à água e ao saneamento. Em relação ao meio ambiente, habitats de diversas espécies são impactados por alterações ecológicas, levando à perda de biodiversidade. Além disso, há ecossistemas mais vulneráveis a eventos climáticos extremos como as áreas úmidas e as próprias regiões semiáridas. Eventos hidrometeorológicos críticos, como secas e cheias, a depender da intensidade e da duração, e de um conjunto de outras variáveis como vulnerabilidade local, resiliência (capacidade de resposta) e políticas de mitigação, podem gerar desastres naturais, que se caracterizam por ocasionar nas áreas afetadas prejuízos sociais, econômicos, à saúde, à vida humana e ao meio ambiente.

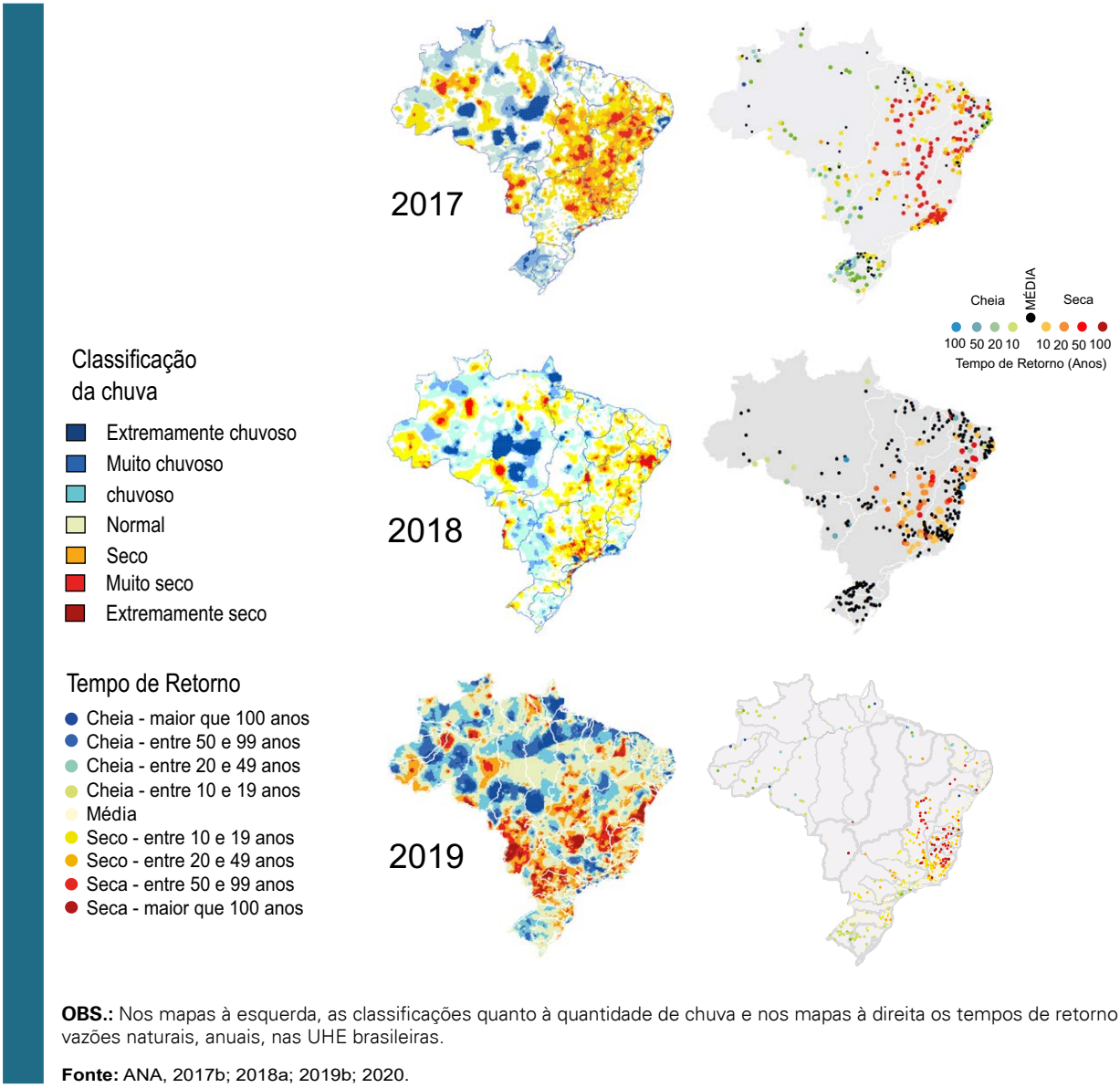
Na última década, foram registradas reduções nos volumes de chuvas, vazões e de água armazenada nos reservatórios, ocasionadas por eventos de seca intensa, que avançaram, espacial e temporalmente pelo País, desde 2012 (Figura 6). Entre os anos de 2012 e 2017, a região semiárida foi intensamente impactada por um processo prolongado de seca, já definido como o "evento" mais intenso dos últimos 30 anos (BRITO *et al.*, 2018; CUNHA *et al.*, 2018) Considerando os impactos acumulados, entre 2012 e 2016, cerca de 1.100 municípios foram afetados (cerca de 20 milhões de pessoas atingidas por ano), principalmente com relação ao abastecimento de água e às perdas dos sistemas agroprodutivos (CUNHA *et al.*, 2019).



Fonte: Vinicius Mendonça

Figura 6 – Classificação das precipitações (quantis) e vazões (tempo de retorno) anuais (2012-2019).





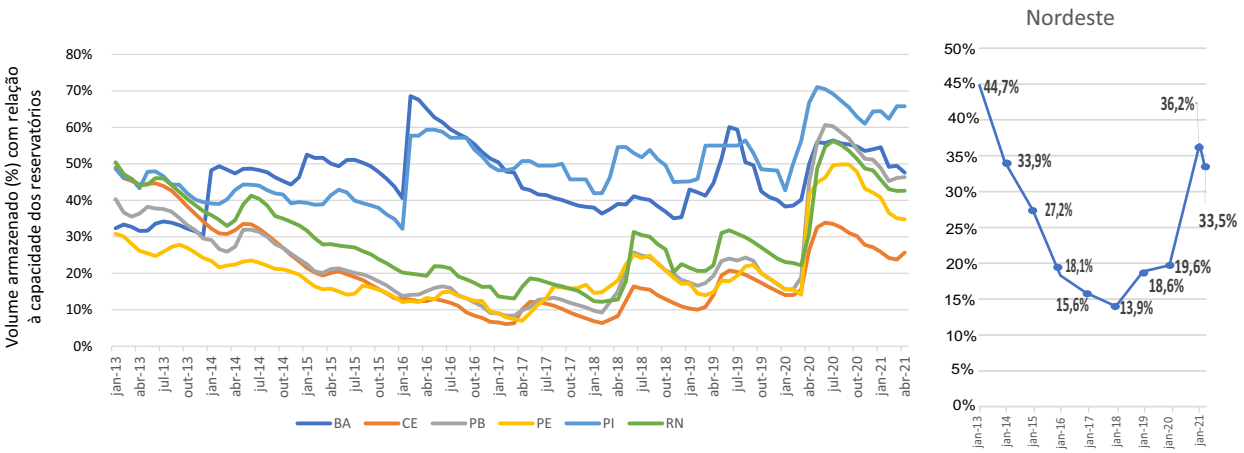
OBS.: Nos mapas à esquerda, as classificações quanto à quantidade de chuva e nos mapas à direita os tempos de retorno das vazões naturais, anuais, nas UHE brasileiras.

Fonte: ANA, 2017b; 2018a; 2019b; 2020.

A partir de 2012, o volume de água armazenado no Reservatório Equivalente[6] do Nordeste sofreu queda acentuada (Figura 7). Em 2014, a falta de chuvas atingiu a região Sudeste, onde regiões metropolitanas como São Paulo e Rio de Janeiro enfrentaram crises hídricas sem precedentes, refletidas na redução da oferta de água para o abastecimento público (diminuição do volume armazenado nos reservatórios). A partir de 2016, esses efeitos foram verificados na região Centro-Oeste e em algumas partes da região Norte, cujos impactos também ocasionaram redução da vazão em importantes rios e na capacidade de armazenamento dos reservatórios para o abastecimento público. No Distrito Federal, a falta de chuvas ocasionou uma queda drástica no volume de água armazenada, o que levou à necessidade de racionamento de água pela população. A partir de 2019, a seca se tornou mais intensa na região Sul, com destaque para as bacias do Iguaçu, do Paranapanema e do Uruguai, e a seca extrema ocorrida no Pantanal, bacia do Paraguai. Em decorrência, cidades como Curitiba, por exemplo, também passaram a enfrentar restrições no abastecimento público.

6 Um Reservatório Equivalente corresponde ao somatório do volume dos reservatórios representativos de uma região. No Nordeste, representa o conjunto de 272 reservatórios com capacidade de armazenamento igual ou superior a 10 milhões de m³.

Figura 7 – Volume de água armazenado no reservatório equivalente do Nordeste (01/2013-04/2021).



Fonte: ANA, 2020a.

Em contrapartida, o excesso de volume precipitado ocasiona cheias e enchentes. Em 2014, enchentes deixaram cidades e pessoas isoladas em Rondônia e, principalmente no Acre, devido à cheia no rio Madeira. Em 2015, registrou-se aumento expressivo das chuvas na Região Sul do Brasil, quando se verificou a segunda maior cheia do rio Guaíba, no rio Grande do Sul. Em 2021, foi registrada a maior cheia da história no rio Negro, em Manaus, e em diversos outros municípios do Amazonas, bem como uma grave seca na porção sul da bacia do Paraná.

A escassez hídrica ocasionada pela baixa oferta de água gera impactos sociais, econômicos e ambientais, com prejuízos na agricultura e na pecuária, no abastecimento público e industrial, na saúde pública, na pesca, na navegabilidade dos rios e na própria dinâmica ecológica dos ecossistemas aquáticos. A menor vazão dos rios tem impactos também na menor capacidade de diluição de efluentes pelos cursos d'água, o que favorece a poluição hídrica e a eutrofização, devido à redução na capacidade de autodepuração dos rios.

A possibilidade de que os efeitos das MCG causem alterações no clima e agravem esses impactos, por alterar a temperatura e o regime de chuvas e vazões em nível local e global, com consequências que vão além da própria variação natural, exigem medidas de mitigação e adaptação a esses impactos. O planejamento de ações de adaptação às MCG deve considerar a vulnerabilidade social, econômica e ambiental dos territórios, para que se possa construir possibilidades reais de resiliência da população e do meio ambiente frente às alterações advindas desse processo.

Monitoramento da quantidade da água

A quantidade de água ofertada em uma bacia hidrográfica é função do volume de chuva precipitado e da vazão em seus rios e aquíferos. O monitoramento hidrológico da oferta de água superficial ou subterrânea na bacia, tanto qualitativa quanto quantitativamente, ocorre por meio da coleta de dados em estações pluviométricas e fluviométricas. As primeiras monitoram as chuvas e, nas estações fluviométricas pode haver pontos de medição de descarga líquida (vazão dos rios) e de sedimentos em suspensão (descarga sólida), além do monitoramento de parâmetros de qualidade da água.

A Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) possuía em 2019 quase 23 mil estações sob responsabilidade de várias entidades (Figura 8). Em 2012, esse quantitativo era de aproximadamente 15 mil estações, indicando um crescimento de 65% desde então. Atualmente, a ANA gerencia diretamente 4.807 estações de monitoramento, sendo: 2.808 pluviométricas (monitoram as chuvas) e 1.999 estações fluviométricas (monitoram os rios). Do universo de estações fluviométricas, em 1.485 há medição

de vazão de água (descarga líquida), em 1.541 de qualidade da água e em 466 de sedimentos em suspensão (descarga sólida) (ANA, 2020a).

Além da RHN, existem redes estaduais de monitoramento da quantidade e qualidade da água, cujas séries históricas se somam às federais, para compor um panorama situacional sobre a oferta de água em nosso País, apresentado anualmente nos relatórios Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil[7], publicados pela ANA. O setor elétrico também é responsável pelo monitoramento hidrológico realizado por 671 empresas concessionárias ou autorizadas para exploração do potencial hidráulico, que são titulares de 920 aproveitamentos hidrelétricos (ANA, 2020a).

Figura 8 – Estações de monitoramento fluviométrico da Rede Hidrometeorológica Nacional.



Fonte: ANA, 2021a.

7 Os relatórios de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil podem ser acessados no *site:* http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos. Demais estudos técnicos da ANA podem ser acessados em https://metadados.snirh.gov.br/.

O monitoramento das águas subterrâneas ocorre em alguns estados por poços, dedicados ou não, onde são avaliados parâmetros físicos, químicos e biológicos e, também, por meio da Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas (Rimas), coordenada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). O registro periódico e sistemático dos dados que caracterizam a dinâmica de recarga dos aquíferos e a qualidade das águas subterrâneas permitem análises e projeções dos possíveis impactos que atividades antrópicas podem gerar na disponibilidade desses recursos. Esse monitoramento é essencial e deve ser realizado de maneira integrada ao das águas superficiais, de modo a obter um quadro situacional completo que forneça subsídios à tomada de decisões, para a eficiente gestão desses recursos. O monitoramento das águas subterrâneas ainda se encontra incipiente no País e precisa avançar tanto para aumentar o conhecimento técnico (níveis e valores de referência) quanto para propiciar respostas aos impactos gerados.

Diante de situações de crises hídricas, seja pela escassez, ocasionada por secas intensas, ou pelo excesso, que configura cheias e inundações, a ANA e os estados instalaram e mantêm Salas de Situação, onde o monitoramento e a análise da evolução das chuvas, dos níveis e da vazão dos principais rios e reservatórios presentes em bacias hidrográficas, são compartilhados por meio de boletins de monitoramento hidrológico, que subsidiam ações de prevenção e mitigação dos impactos desses eventos. Outra iniciativa é a instalação das chamadas "Salas de Crise", que se caracterizam pela ocorrência de reuniões periódicas, em um ambiente coordenado pela ANA, articulado com atores governamentais e não governamentais, que são ou podem ser impactados pelos efeitos de crises hídricas ou têm alguma atuação sobre elas. Nessas oportunidades, avaliam-se e discutem-se medidas técnicas que buscam maior segurança hídrica para uma dada bacia ou localidade que inclua um reservatório ou outro tipo de obra de infraestrutura hídrica, que esteja sofrendo impactos devido a algum evento hidrometeorológico crítico. Enquanto houver impactos a serem gerenciados, as ´Salas de Crise´ são mantidas e podem ser reinstaladas sempre que necessário[8].

USOS DA ÁGUA

Caracterização e evolução dos usos consuntivos da água

Os usos da água, para fins de gestão dos recursos hídricos, se caracterizam em consuntivos e não consuntivos. Os primeiros referem-se àqueles usos em que há retirada de volume de água de um manancial, seja superficial ou subterrâneo, e parte desta água é consumida no processo a que se destina. Esse consumo pode ocorrer pela incorporação no processo produtivo ou pelo consumo dos próprios seres vivos. Como exemplos de usos consuntivos da água, pode-se citar o abastecimento urbano e rural, a dessedentação animal, o uso para a irrigação e para as atividades industriais, e até o processo de evaporação da água armazenada em reservatórios artificiais, entre outros. O lançamento e a depuração de efluentes nos cursos d'água são considerados consuntivos, na medida que indisponibilizam, mesmo que temporariamente, o recurso hídrico para os demais usos. Nos usos não consuntivos da água, tem-se o aproveitamento do potencial hidrelétrico, a pesca e a aquicultura, a navegação, o uso paisagístico e para o turismo e lazer. Esses são usos que não subtraem ou desviam água do manancial, mas dependem da quantidade e da qualidade ali presentes.

8 Mais Informações sobre as ´Salas de Crise´ podem ser obtidas no *site:* https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/eventos-criticos.

As parcelas de água utilizadas podem ser classificadas em: (1) retirada – refere-se à água total captada para um uso, como por exemplo, a água extraída de um manancial para o abastecimento público; (2) consumo – água retirada que não retorna ao corpo hídrico, pois é incorporada ao processo a que se destina, como exemplo, tem-se a diferença entre a água retirada para o abastecimento público e a que retorna ao meio ambiente na forma de esgotos domésticos; e (3) retorno – parcela da água retirada para determinado uso, que retorna ao corpo hídrico, como o próprio esgoto doméstico decorrente do uso da água para o abastecimento humano.

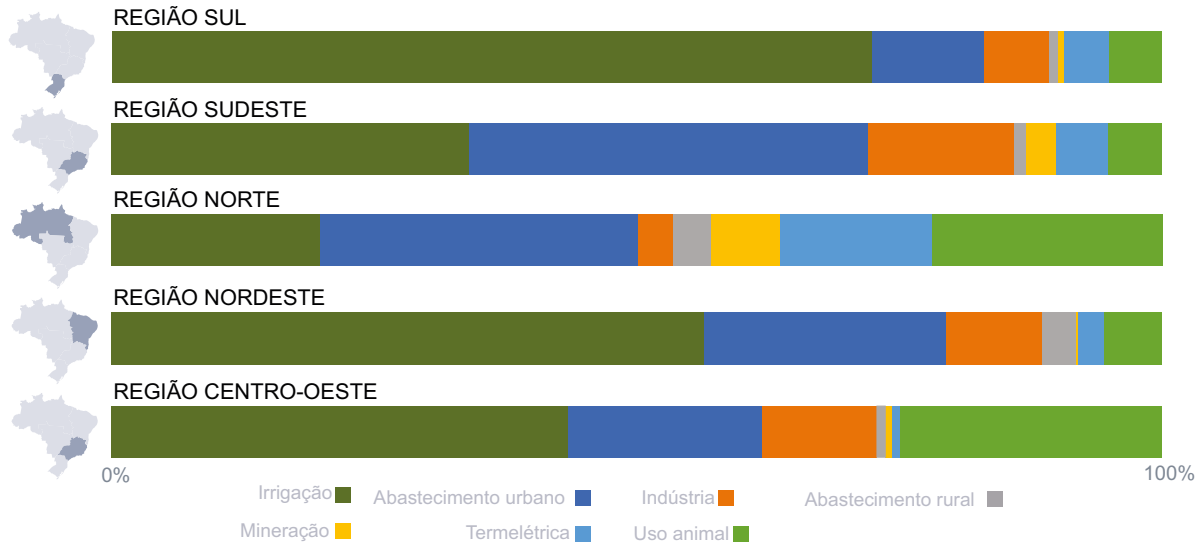
A demanda hídrica no Brasil é crescente, com aumento de aproximadamente 35% no total retirado no período entre 2003 e 2012, e 2% entre 2012 e 2019. A previsão é de que, entre 2019 e 2030, a retirada aumente 23% (ANA, 2019a). O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do País.

Os principais usos consuntivos da água, em termos de volume retirado em 2019, foram a irrigação - 49,8%, abastecimento urbano - 24,3%, indústria - 9,7%, abastecimento animal - 8,4%, termelétricas - 4,5%, mineração - 1,7% e abastecimento rural - 1,6% (ANA, 2020a). Apesar do aumento na demanda ao longo dos anos, percebe-se que não houve grandes alterações nos percentuais de retirada de água para os diferentes usos no Brasil, se comparado com os valores registrados em 2012: irrigação - 52,5%, abastecimento urbano - 22,5%, indústria - 10%, abastecimento animal - 7,9%, termelétricas - 4,0%, mineração - 1,4% e abastecimento rural - 1,7% (ANA, 2013).

O crescimento das demandas hídricas, a partir do aumento da população e das atividades econômicas, contribui para o aumento do estresse hídrico. Este ocorre quando há um balanço hídrico desfavorável entre a demanda e a oferta de água, podendo gerar escassez e conflitos pelo uso em determinadas regiões. Torna-se importante, portanto, acompanhar a intensidade dessas demandas e regular esses usos a partir de instrumentos de gestão dos recursos hídricos, de modo a minimizar ou evitar impactos. As regiões mais críticas e que demandam mais atenção nesse aspecto são: a região Sudeste, onde se destacam demandas hídricas para o abastecimento humano, irrigação e indústrias, a região Sul, em que é expressiva a retirada de água para irrigação de grandes lavouras de arroz, pelo método de inundação, e a região Nordeste, que apresenta considerável demanda em relação à baixa disponibilidade hídrica (Figura 9).

A irrigação é o principal uso da água em termos de quantidade utilizada. Estimou-se um total de 8,2 Mha equipados para irrigação no Brasil em 2019, 35,5% desses com fertirrigação

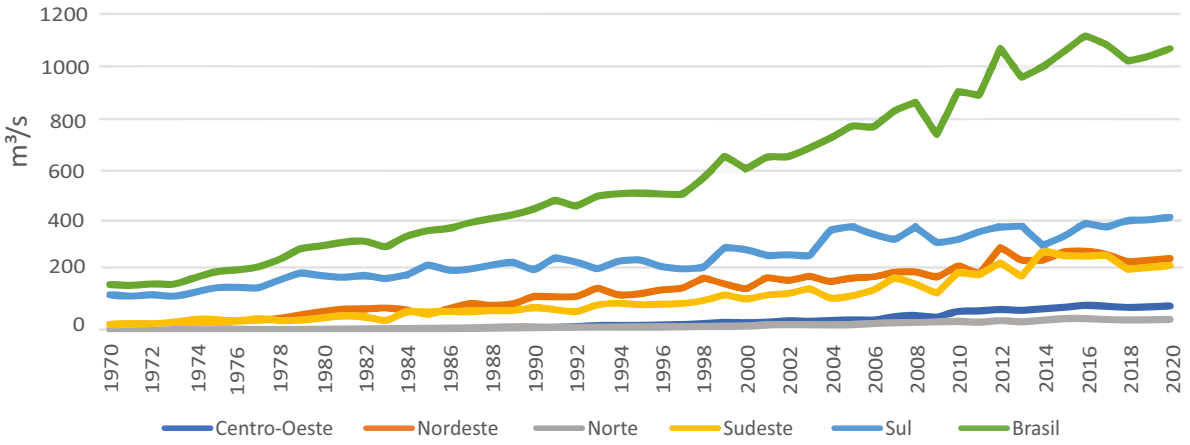
Figura 9 – Retirada de água, por finalidade de uso, por região geográfica.



Fonte: ANA, 2019b.

com água de reúso e 64,5% de irrigação com água de mananciais (ANA, 2020a). Apesar das altas demandas, é importante salientar os impactos positivos da irrigação no meio ambiente, por reduzir a pressão pela incorporação de novas áreas ao cultivo, devido ao aumento de produtividade e do valor agregado dos produtos a partir dela gerados (Figura 10).

Figura 10 – Evolução da demanda de água para irrigação no Brasil e Regiões Geográficas (1970-2020).

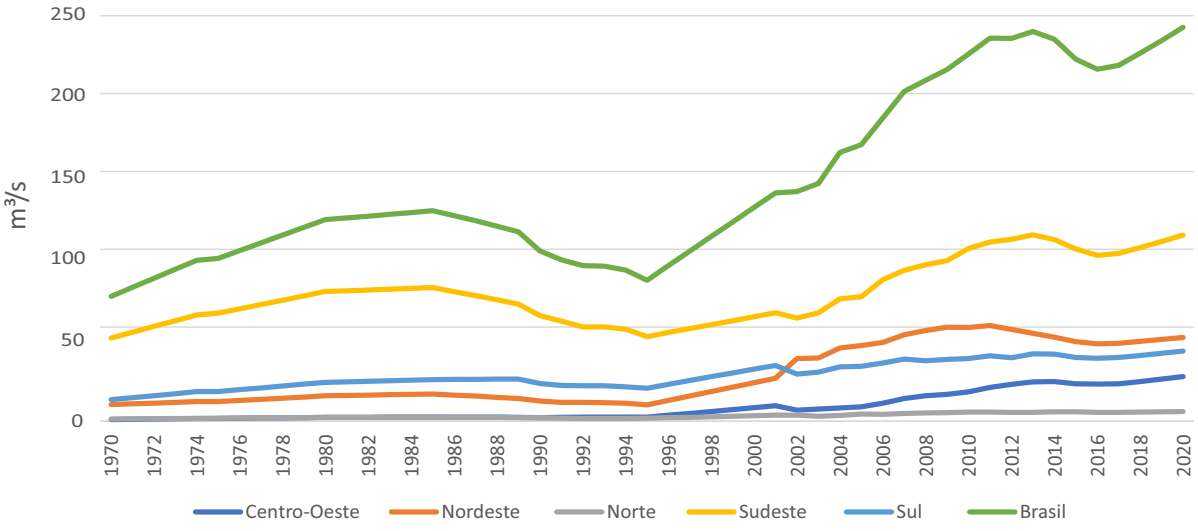


Fonte: ANA, 2019a.

Além disso, há impactos socioeconômicos positivos ao permitir o cultivo em épocas e em áreas naturalmente desfavoráveis em termos de clima e regime de chuvas. O desafio que se impõe à gestão de recursos hídricos frente a irrigação é o de planejar, regular e fiscalizar seu uso, de modo a não permitir retiradas que comprometam a oferta de água para outros usos e para a manutenção das condições ecológicas do ambiente[9].

O uso industrial corresponde a 9,7% da retirada de água no Brasil em 2019 (Figura 11).

Figura 11 – Evolução da demanda de água para a indústria no Brasil e regiões geográficas (1970-2020).



Fonte: ANA, 2019a.

9 Estudos técnicos da ANA sobre a caracterização e a dinâmica do uso da água para a irrigação no Brasil podem ser acessados em: https://www.snirh.gov.br/portal/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua.



Fonte: Renato Alves/Agência Brasília

A mineração é a indústria extrativa de maior consumo de água no Brasil; já o maior número de indústrias de transformação encontra-se na região Sudeste e as tipologias que retiram maior quantidade de água são: sucroenergética, papel e celulose, abate e produtos de carne, e bebidas alcoólicas (ANA, 2020a). A intensidade da demanda hídrica industrial depende de vários fatores, dentre eles o tipo de processo e de produtos, tecnologias utilizadas, boas práticas e maturidade da gestão. O uso cada vez mais eficiente da água pela indústria e a redução e tratamento dos efluentes são medidas importantes para a oferta e conservação dos recursos hídricos.

O uso racional dos recursos hídricos é de fundamental importância para garantir a sustentabilidade na oferta de água para todos os usos ao longo do tempo. O fomento a ações que promovam uma melhor eficiência no uso da água se insere em um necessário contexto de gestão das demandas hídricas, que envolve também a promoção de outras ações como o reúso da água e a redução de desperdícios.

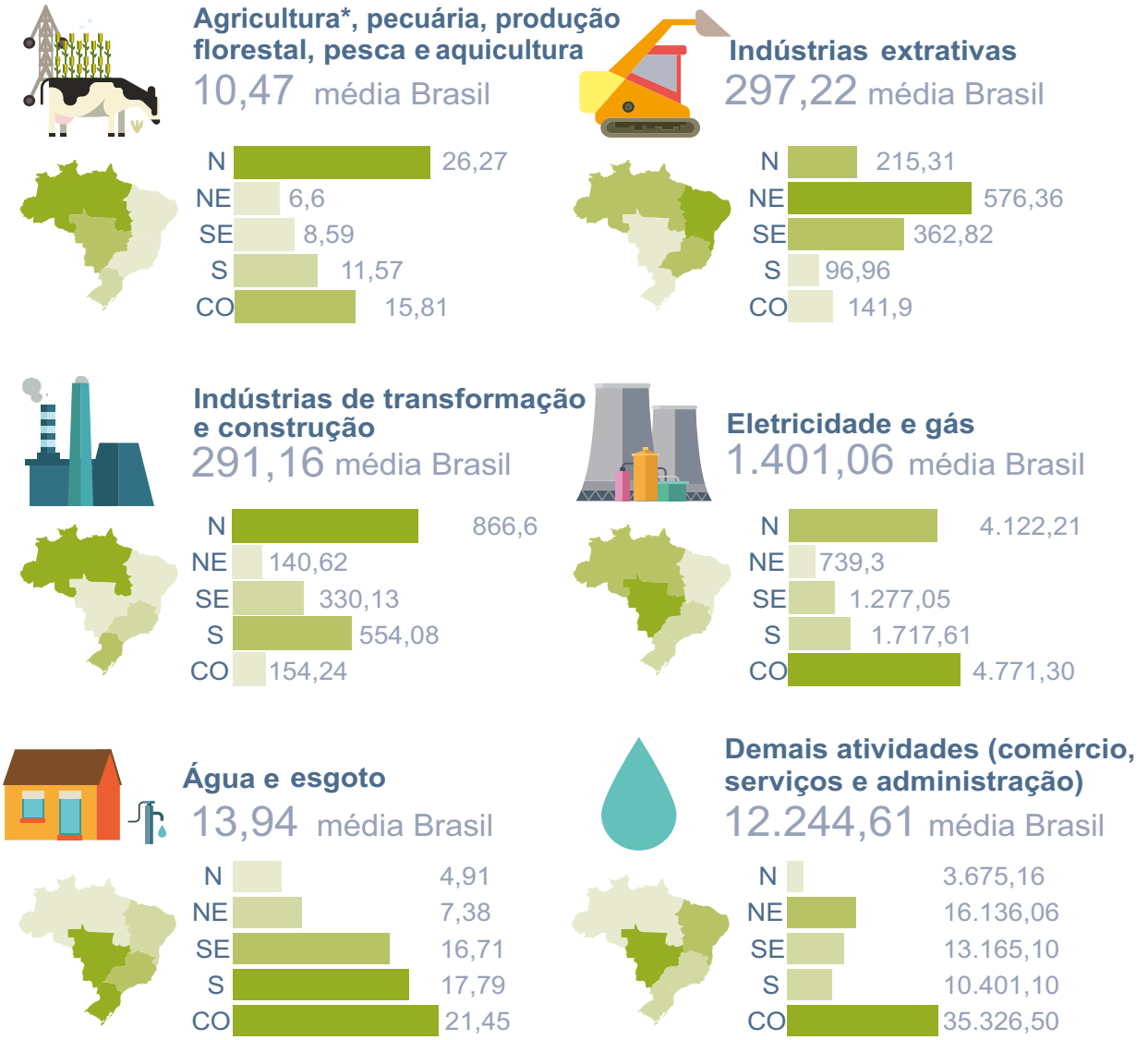
A utilização de indicadores de monitoramento é essencial para subsidiar o planejamento e a tomada de decisão na gestão de recursos hídricos. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, Água Limpa e Saneamento, é composto por 8 metas que visam "assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos". Ele trata de saneamento e recursos hídricos em uma perspectiva integrada e permite avaliar o cenário de cada país quanto à disponibilidade de recursos hídricos, demandas e usos da água para as atividades humanas, ações de conservação dos ecossistemas aquáticos, redução de desperdícios e acesso ao abastecimento de água, esgotamento sanitário e tratamento dos esgotos (ANA, 2019c)[10].

A eficiência do consumo de água é mensurada pelo Indicador ODS 6.4.1, a partir da relação entre quantos reais de (VAB)[11] são gerados pelas atividades econômicas a cada m^3 consumido. Em 2013, o resultado desse indicador para as atividades de agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura foi de 9,54 R$/$m^3$ e, em 2017, 10,47 R$/$m^3$ (IBGE; ANA, 2020). Em geral, o setor agrícola é responsável pelas maiores vazões consumidas no País, em função das suas características intrínsecas. Destaca-se que, no acumulado da série 2013-2017, a eficiência do consumo de água por essa atividade vem aumentando, bem como pela atividade indústrias de transformação e construção (Figura 12).

10 A ANA, em conjunto com alguns parceiros, é responsável pelo monitoramento do atingimento das metas do ODS 6 no Brasil por meio do cálculo dos indicadores, atualizando e aprimorando os mesmos periodicamente, e os disponibilizando em âmbito nacional e internacional. Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/ods6.

11 Valor Adicionado ou Agregado Bruto (VAB) é o valor da produção sem duplicações. É obtido descontando-se do Valor Bruto de Produção (VBP) o valor dos insumos utilizados no processo produtivo (IBGE; ANA, 2020).

Figura 12 – Eficiência no consumo de água em 2017 no Brasil e regiões geográficas.



Fonte: IBGE; ANA, 2020.

Caracterização dos usos não consuntivos da água

Quanto aos usos não consuntivos da água, a geração de energia hidrelétrica é o principal setor usuário, pois representa a principal modalidade na matriz energética brasileira. A capacidade de produção de energia elétrica instalada no Brasil, por meio do aproveitamento do potencial hidráulico, tem aumentado a cada ano, e se dá principalmente pela reservação de água, que geralmente ocorre em rios com maiores vazões e com desníveis topográficos. Os aproveitamentos hidrelétricos se classificam em Centrais de Geração Hidrelétrica (CGH), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e Usinas Hidrelétricas (UHE), sendo a potência instalada a principal diferença entre elas[12].

12 A UHE possui potência maior que 30 MW e é objeto de concessão pelo poder concedente, ou seja, é alvo de análise técnica quanto à disponibilidade hídrica para sua autorização. Já as CGH (geram até 5 MW de potência instalada) e as PCH (geram entre 5 e 30 MW), não necessitam de concessão.

Os dados da evolução da capacidade de produção da energia elétrica instalada no Brasil, consideradas todas as fontes energéticas, mostram que em 2019 houve um acréscimo de 7.341 MW na capacidade total do sistema**,** superando em 1.560 MW a meta estabelecida para o ano (ANEEL, 2020). Deste total, 67,4% foram referentes à geração hidrelétrica, sendo que as UHEs são as que mais contribuem para esta capacidade instalada (ANA, 2020a). A capacidade instalada de geração hidrelétrica no Brasil cresceu aproximadamente 28% desde 2012, passando de 84 GW, para 108 GW de potencial hidrelétrico em operação ou construção em 2019, segundo dados do Plano Nacional de Energia (PNE) 2050 (MME, 2020).

Na RH do Paraguai, a expansão de empreendimentos hidrelétricos foi alvo de estudos técnicos no âmbito de seu Plano de Recursos Hídricos, para avaliar os impactos que esses empreendimentos podem causar em termos de fragmentação de habitats aquáticos e efeitos na pesca, e no turismo, e assim, subsidiar os órgãos gestores de recursos hídricos quanto às decisões acerca das autorizações do uso da água para empreendimentos hidrelétricos nessa região (ANA, 2018a). Outros impactos ambientais gerados pela instalação de grandes reservatórios são a perda de água por evaporação líquida e o alagamento de grandes áreas.

Os usos da água para navegação, pesca/aquicultura e turismo também devem ser destacados por sua importância social e econômica. A rede hidrográfica brasileira possui alto potencial para a navegação interior, porém ainda é pouco explorada. Apenas cerca de 5% da carga transportada (granel sólido agrícola, granel sólido não agrícola, carga geral e granel líquido) utiliza as vias economicamente navegáveis (EPL, 2018). O transporte de passageiros, a pesca artesanal ou profissional e esportiva, e a aquicultura, assim como o turismo, são outras atividades com potencial de crescimento no País.

Para todas essas atividades, há impactos sociais e ambientais que podem ser gerados aos recursos hídricos. Acidentes em vias fluviais oriundos do vazamento de cargas de navios são registrados com certa frequência e podem ocasionar poluição hídrica de grandes proporções, assim como a aquicultura, que pode alterar a qualidade das águas devido aos resíduos gerados, e mesmo a pesca, que deve ser alvo de controle pelos órgãos ambientais, para que não haja uma exploração predatória do recurso pesqueiro. A poluição reduz a qualidade da água e os padrões de balneabilidade podem limitar as atividades turísticas e o lazer, em mananciais voltados para esse fim.



UHE Itaipu Binacional/Foz do Iguaçu-PR
Fonte: Zig Koch/Banco de Imagens da ANA

O crescimento das demandas hídricas, a partir do aumento da população e das atividades econômicas demandantes de água, contribui para o aumento do estresse hídrico (maior pressão sobre os recursos hídricos), monitorado pelo Indicador ODS 6.4.2. No conjunto do País, os resultados são sempre muito satisfatórios (segundo a ONU, abaixo de 10%), variando de 2006 para 2019, de 1,29% a 1,57% (ANA, prelo).

Devido às grandes diferenças que caracterizam o território nacional, é possível identificar as áreas mais críticas, que necessitam ações de gestão, correspondentes à RH Atlântico Nordeste Oriental, cuja maior parte se localiza no Semiárido, e a RH Atlântico Sul, em que é expressiva a retirada de água para irrigação de grandes lavouras de arroz por inundação. Chama a atenção também a situação das RH Atlântico Leste e São Francisco, que apresentam demandas consideráveis em relação às suas disponibilidades hídricas.

Ciclo urbano da água: abastecimento de água, esgotamento sanitário e gestão das águas no ambiente urbano

Outro importante uso que deve ser destacado, devido ao volume de água retirado dos mananciais e aos impactos que pode gerar ao meio ambiente devido à poluição hídrica, é o abastecimento de água. Este se divide em abastecimento rural, que se dá, geralmente, por meio do uso de poços, captações isoladas ou cisternas, e o abastecimento urbano, que usa cerca de 15 vezes a demanda de água do rural. O abastecimento urbano necessita de um serviço especializado para produção e distribuição, que é prestado, predominantemente no Brasil, por companhias estaduais de saneamento, além de entidades municipais e pelo setor privado. A retirada da água ocorre em mananciais superficiais (utilizados preponderantemente por cerca de 58% dos municípios brasileiros), mas também por meio da perfuração de poços em mananciais subterrâneos (ANA, 2017b).

O Indicador ODS 6.1.1 é calculado a partir da proporção da população que tem acesso a uma fonte melhorada de água, localizada na propriedade ou perto dela, que seja acessível com pelo menos 30 minutos de viagem de ida e volta, disponível quando necessário e livre de contaminação fecal e de substâncias químicas perigosas. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), o Brasil apresentou o resultado de 98,2% no indicador para 2018. Ou seja, quase a totalidade da população brasileira utiliza serviços de água potável gerenciados de forma segura. Entretanto, a PNAD Contínua não considera as premissas relativas à disponibilidade e à contaminação fecal e química.

Com relação à disponibilidade de água, a intermitência no abastecimento e até mesmo a falta de água para distribuição à população é uma realidade de parte significativa dos municípios, principalmente localizados na região Nordeste, que convivem com problemas relacionados à escassez hídrica de longa data. Nos últimos anos, no entanto, a oferta de água também se revelou crítica em outras regiões, especialmente nos maiores aglomerados populacionais das regiões Sudeste e Centro-Oeste.

Água livre de contaminação química e fecal é a água que atende aos padrões de potabilidade definidos em norma nacional ou local. Na ausência de norma, a referência são as Diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre qualidade da água potável. Para os relatórios globais, coliformes termotolerantes ou *E. coli* são os indicadores de escolha para a qualidade microbiológica, e arsênio e flúor são as substâncias químicas prioritárias (ANA, 2019c). O Sistema de Informações de Vigilância da Qualidade de Água para Consumo Humano (Sisagua), disponibilizado e gerenciado pelo Ministério da Saúde (MS), fornece dados oficiais sobre qualidade da água para consumo humano no País, o que o torna fonte de informação para o acompanhamento dos indicadores relacionados à água segura.

Em grandes cidades e em regiões metropolitanas onde a demanda hídrica para o abastecimento urbano é elevada, é comum a utilização de reservatórios e sistemas hídricos, para garantir a oferta necessária, inclusive para a transposição de água entre bacias hidrográficas, e o estabelecimento de sistemas integrados, envolvendo vários municípios. O armazenamento

de água, desde 2012, sofreu queda acentuada em vários reservatórios de abastecimento nas grandes metrópoles brasileiras, o que gerou impactos e afetou diretamente a oferta à população. Medidas de sustentabilidade como o uso racional da água e a manutenção constante das redes de distribuição, para evitar vazamentos e, consequentemente, desperdícios durante o trajeto das estações de tratamento até as residências, são essenciais para a otimização do uso. Perdas na distribuição incluem vazamentos, ligações irregulares e, ainda, falhas na medição. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o índice de perdas para o País se encontra em ritmo crescente, em 2012 representava 36,9%, em 2017 alcançou 38,3% e, em 2019, a média do índice de perdas na distribuição foi de 39,2% (MDR, 2020).

A oferta hídrica para o abastecimento urbano depende de infraestrutura e de serviços para a captação, tratamento e distribuição. Deve-se associar a esse sistema a coleta e o tratamento de efluentes, ou seja, do esgoto doméstico gerado. A vazão de retorno da água retirada para o abastecimento, especialmente o urbano, é elevada, correspondendo a cerca de 80% do que é captado. Isso faz com que a coleta e o tratamento dos esgotos para posterior disposição nos corpos d'água seja de grande relevância, a fim de evitar a poluição hídrica devido ao lançamento de matéria orgânica, substâncias poluentes e microrganismos patogênicos.

Os cursos d'água são depuradores naturais dos efluentes domésticos lançados pela ação da biota microbiana. O processo de autodepuração ocorre pelo consumo da matéria orgânica após o lançamento de efluentes. A capacidade de autodepuração, entretanto, depende de fatores como a vazão do rio, o volume e o tipo de efluente, que devem ser observados para que ocorra de forma efetiva e não cause prejuízos ao meio ambiente.

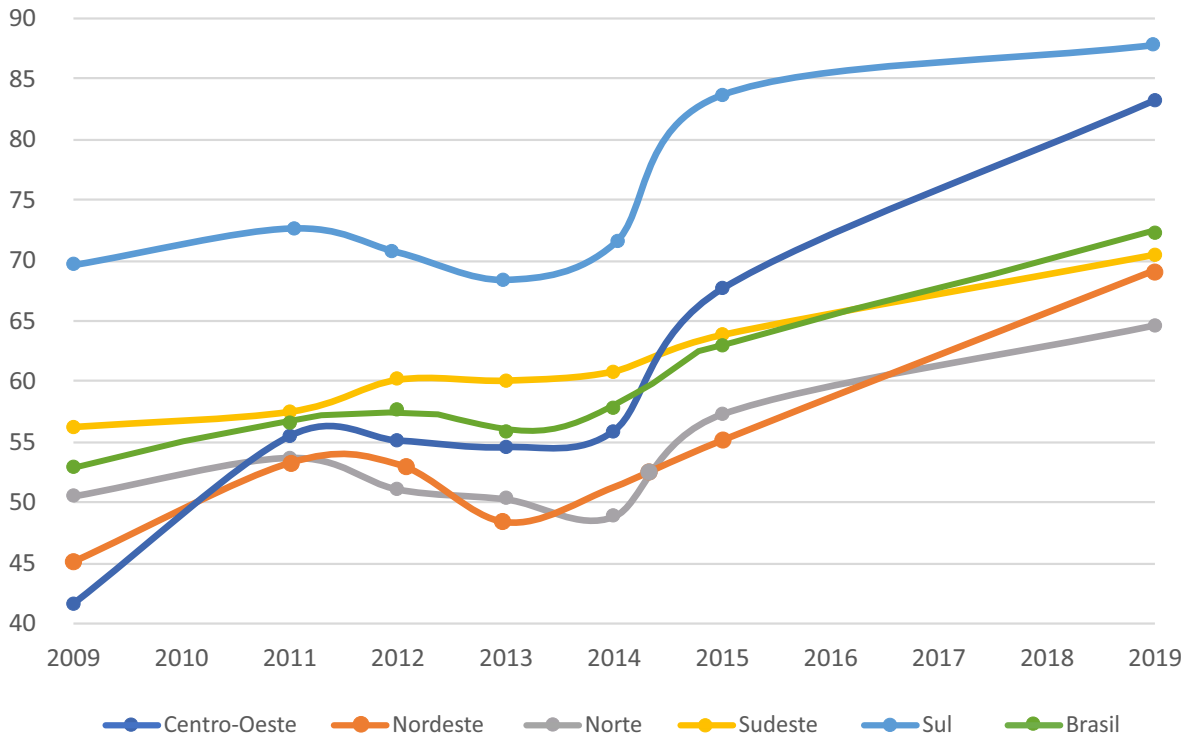
Independentemente da autodepuração dos cursos d'água, a infraestrutura e os serviços adequados de coleta e tratamento de esgotos são fundamentais para garantir a qualidade da água dos corpos hídricos. Essas taxas, entretanto, apesar de estarem melhorando ao longo dos anos, ainda são menores que a da cobertura da rede de abastecimento de água no País (cerca de 93%). O percentual da população que utiliza serviços de esgotamento sanitário geridos de forma segura[13] foi de 72%, em 2019 (Indicador ODS 6.2.1) (Figura 13).

13 Entende-se por percentual da população que utiliza serviços de esgotamento sanitário geridos de forma segura, conforme descrição referente ao Indicador ODS 6.2.1, aquela que tem uma instalação sanitária melhorada no seu domicílio, que não é compartilhada com demais domicílios, e cujas excretas são tratadas e dispostas *in situ* ou transportadas e tratadas em outro local. Instalações sanitárias melhoradas incluem privada com descarga ou outra forma de adicionar líquidos, pelo usuário, de forma a direcionar ao sistema de coleta de esgotos, fossas sépticas ou rudimentares, fossas rudimentares melhoradas (com laje ou ventiladas) e banheiros de compostagem.



Córrego urbano poluído (RH Nordeste Oriental)
Fonte: Zig Koch Cavalcanti / Banco Imagens da ANA

Figura 13 – População com serviços de esgotamento sanitário geridos de forma segura no Brasil e regiões geográficas (2009-2019)[14].



Fonte: ANA, prelo.

Em termos de volume de águas residuais tratadas de forma segura no Brasil, em 2019, esse percentual foi de 58,3% (Indicador ODS 6.3.1)[15]. Enquanto o indicador 6.2.1 estima o dado em termos de parcela da população atendida, o 6.3.1 apresenta o volume de esgoto gerado que é tratado, o que pode incluir uma parcela de esgotos oriundos de atividades econômicas (ANA, Prelo). Para esse Indicador, foi considerado o tratamento em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) e em soluções alternativas, como fossas sépticas não ligadas à rede de coleta. Especificamente quanto ao volume de esgotos tratados em ETE, o índice de tratamento em relação ao volume de efluentes gerados permaneceu abaixo dos 50%, entre 2010 e 2019, variando de 37,8% até 49,1% nesse período. Já em relação aos efluentes coletados, esse percentual evoluiu de 59,3% em 2010, para 78,5%, em 2019 (MDR, 2021). Portanto, considerando o tratamento em ETE e fossas sépticas em relação aos efluentes gerados, uma parcela considerável dos esgotos ainda continua a ser lançada nos cursos d'água sem tratamento.

Apesar dos avanços obtidos nos últimos anos, o esgotamento sanitário ainda é um problema crítico no País que demanda soluções coletivas a serem discutidas conjuntamente entre Poder Público (municipal, estadual e federal) e iniciativa privada. O lançamento de esgotos não tratados nos cursos d'água têm impactos sociais, econômicos, ambientais e de

14 Em 2010, ano de realização do Censo Demográfico, não foi coletada a PNAD concomitantemente. O indicador foi calculado apenas para os anos em que a PNAD forneceu dados de fossas sépticas separadamente de fossas rudimentares, o que não ocorreu nos anos 2016, 2017 e 2018.

15 Para o cálculo do Indicador ODS 6.3.1, considera-se o volume das águas residuais urbanas tratadas, não apenas as de origem doméstica, mas também as oriundas de atividades econômicas.

saúde pública (ANA, 2017a). A água poluída fica indisponível para os diversos usos, tem aspecto e odor desagradáveis, é prejudicial à biota e aos ecossistemas aquáticos e se torna meio de proliferação de patógenos que causam doenças de veiculação hídrica.

Os rios urbanos apresentam elevadas concentrações de nutrientes e contaminantes, alterações da morfologia do canal, na vazão e na redução da riqueza biótica, com maior dominância de espécies tolerantes (WALSH *et al.*, 2005). A ocupação do solo urbano afeta diretamente as características ambientais da bacia hidrográfica, por ter influência no esgotamento sanitário, na drenagem urbana, nas inundações, no carreamento de sólidos totais e na qualidade das águas pluviais.

Conflitos pelo uso da água

Em decorrência da industrialização e do crescimento populacional após a década de 1970, de uma maior diversificação econômica e da ocorrência de crises hídricas por escassez, a água disponível começou a tornar-se mais escassa em algumas regiões, o que levou à intensificação dos conflitos entre usuários de água e impôs a necessidade da elaboração de mecanismos de planejamento e coordenação para os usos, direcionados à sua otimização.

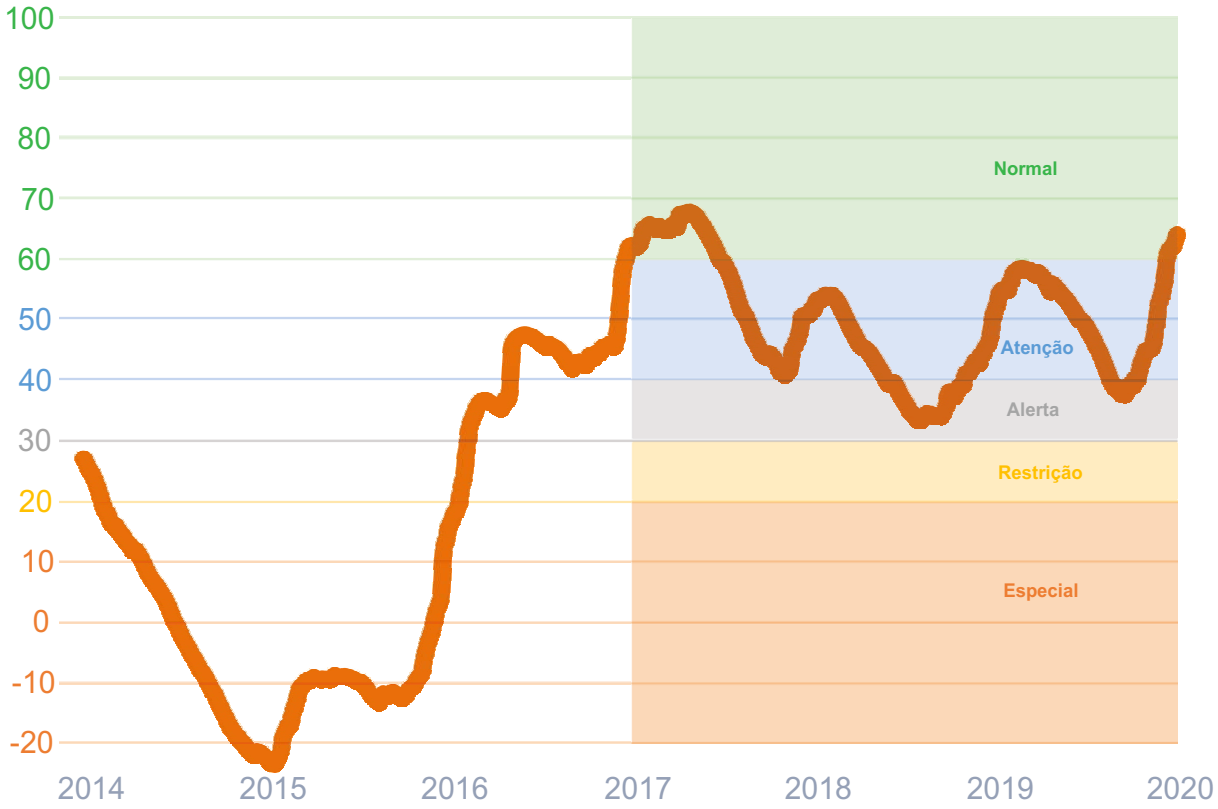
Os usos múltiplos da água, muitas vezes, geram conflitos entre os usuários, a depender principalmente do estado de estresse hídrico em que a bacia se encontra, sendo um impacto decorrente da sua criticidade quantitativa e qualitativa. As crises hídricas podem intensificar esses conflitos, uma vez que decorrem de períodos de maior escassez hídrica, por conta da redução de chuvas (ou alterações na estacionariedade das séries hidrológicas), de ausência de investimentos em ampliação da infraestrutura hídrica, entre outros fatores.

A crise hídrica no Sudeste impactou os sistemas de abastecimento de água das regiões mais populosas e com maior demanda hídrica do Brasil, como a bacia do Paraíba do Sul, ao longo de 2014 e 2015, principalmente. Naturalmente, essa bacia caracteriza-se por conflitos entre usuários de água, estando localizada entre os maiores polos industriais e populacionais do País. Houve ainda uma série de conflitos internos no estado de São Paulo, envolvendo o abastecimento da região Metropolitana de São Paulo (RMSP), na bacia do Alto Tietê, e da região Metropolitana de Campinas, na bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ).

O Sistema Cantareira, por exemplo, formado pelos reservatórios Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro, é o maior entre os oito sistemas produtores de água, que compõem o sistema integrado de abastecimento da RMSP, e um dos maiores sistemas produtores de água do mundo. Em condições normais, garante o fornecimento de água para cerca de 9 milhões de pessoas, metade da população da RMSP, além da liberação de uma parcela significativa de água para a bacia do Rio Piracicaba. A redução do volume de chuvas e vazões afetou o volume de água armazenado nos reservatórios do sistema. A partir de maio de 2014, foi necessária a utilização do volume morto do Sistema, que representa cerca de 33% da capacidade de armazenamento, em duas diferentes etapas, com o intuito de manter o abastecimento no período do ano mais crítico de seca (Figura 14).

Nem sempre os usos competitivos são consuntivos. Na RH do Paraguai, a instalação de hidrelétricas nas cabeceiras dos rios que adentram e fornecem água para o Pantanal exerce grande influência na atividade de pesca profissional artesanal. A pesca na região tem por base peixes com características migratórias e que, portanto, necessitam percorrer distâncias importantes da sua porção de planície até a região de planalto, de forma a realizar a sua desova, bem como fazer o caminho inverso, com a deriva de ovos e larvas, permitindo a maturação dos indivíduos até chegarem aos locais de alimentação. A implantação de barramentos em trechos de rios de relevante migração e desova pode influenciar a manutenção das populações de peixes, uma vez que pode interromper ciclos migratórios para reprodução e, com isso, afetar de forma direta a economia da região.

Figura 14 – Volume útil equivalente acumulado (em %) no Sistema Cantareira.



OBS.: Em 2017 foram implementadas faixas de avaliação da situação para melhor gerir o sistema.
Fonte: ANA 2020a.

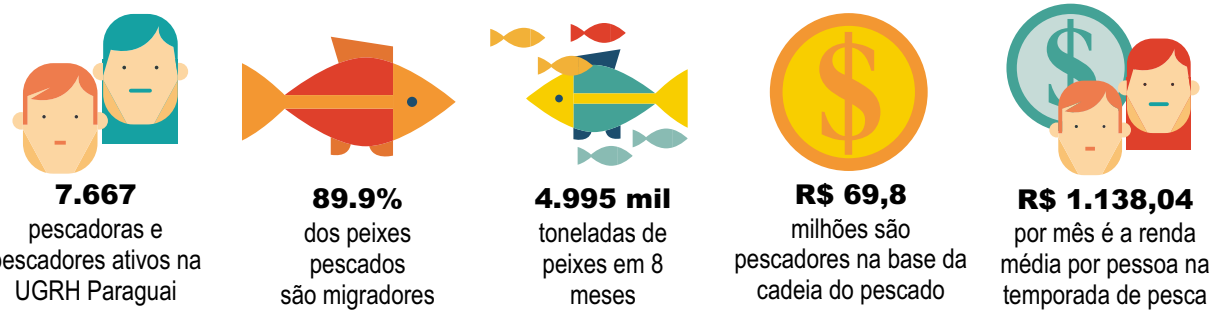
A pesca profissional artesanal nessa região foi alvo dos estudos para levantamento do impacto das hidrelétricas, desencadeados pela preocupação com a previsão de instalação de mais de uma centena de novos empreendimentos hidrelétricos na região. Nesse sentido, por meio da Resolução ANA n.° 64 de 2018[16], ocorreu a suspensão temporária da análise de novos pedidos de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH) ou Outorgas para novos aproveitamentos hidrelétricos, que perdurou até maio de 2020, quando os estudos sobre o impacto socioambiental dos empreendimentos foram finalizados[17].

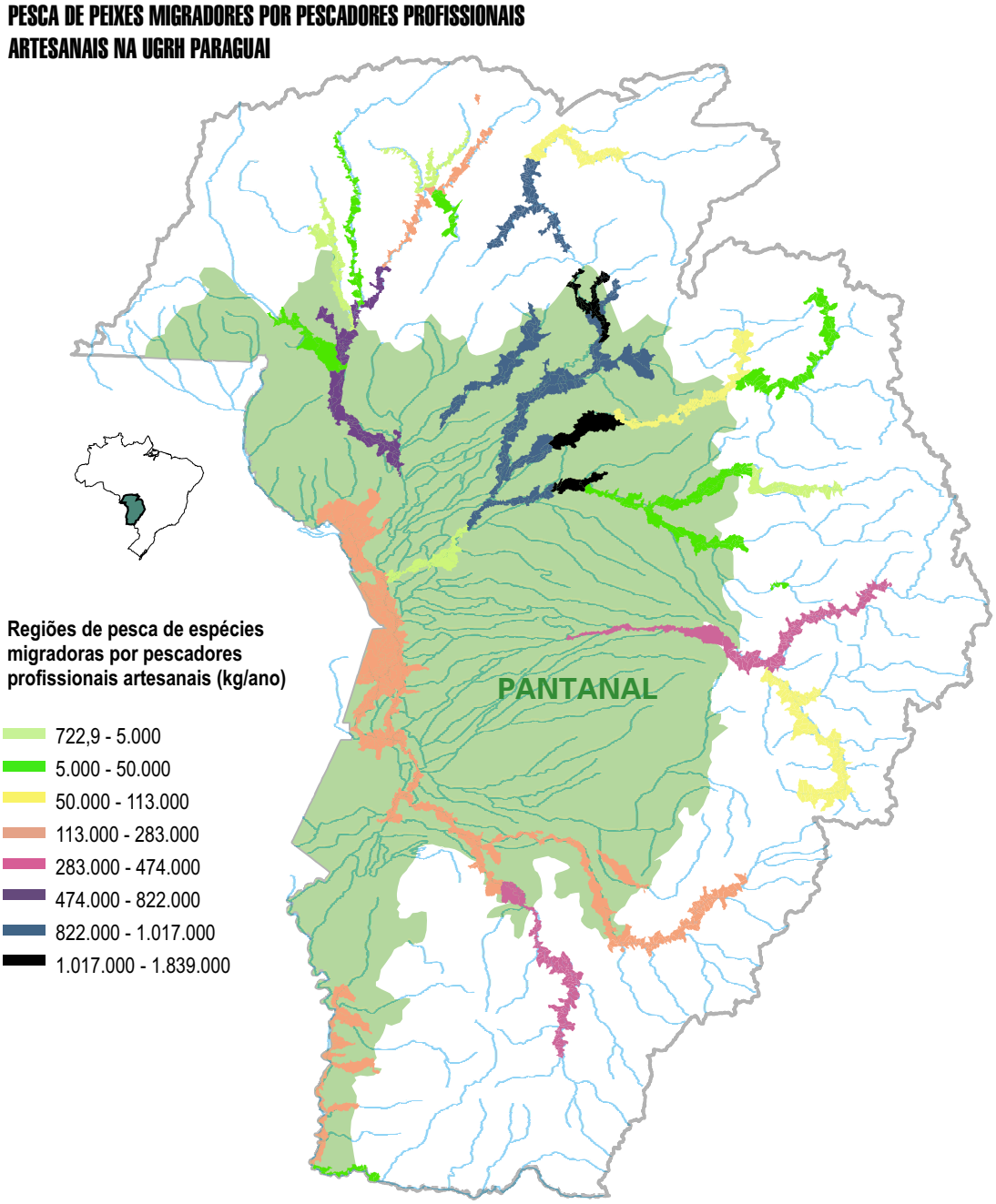
Ao longo de dez meses de monitoramento da pesca profissional artesanal na bacia do Paraguai (04/2018 a 01/2019), a maior captura foi do pintado (1.168 ton), que representou cerca de 23% do desembarque total de 4.995 toneladas, seguido do pacu, uma das espécies mais apreciadas pela população local, com 16% do total. A representatividade de peixes migradores foi equivalente a 88% para o Mato Grosso e 90% para o Mato Grosso do Sul, dado que reitera a importância do peixe migrador na sustentação da atividade da pesca na região (Figura 15).

Como apresentado, em uma mesma bacia hidrográfica podem ocorrer conflitos entre os diferentes usos da água, que dependem do mesmo recurso hídrico. Esses conflitos demandam ações de gestão e regulatórias, de forma a garantir os usos múltiplos na bacia, sejam eles consuntivos e/ou não consuntivos.

16 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-64-de-4-de-setembro-de-2018-40360263.
17 Os estudos, coordenados pela ANA em parceria com a Fundação Eliseu Alves (FEA), trouxeram resultados de pesquisa multidisciplinar nos seguintes temas: hidrologia; qualidade da água e sedimentologia; ictiofauna; socioeconomia e energia. Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/planos-e-estudos-sobre-rec-hidricos/plano-de-recursos-hidricos-rio-paraguai/estudos-de-avaliacao-dos-efeitos-da-implantacao-de-empreendimentos-hidreletricos.

Figura 15 – Pesca de peixes migradores por pescadores profissionais artesanais na RH Paraguai.





Fonte: ANA, 2020a.

No caso do Paraguai, o conflito envolve a atividade da pesca e a geração de energia, mas também o turismo, seja ele de pesca esportiva, recreacional, ou mesmo o turismo de lazer, cuja participação econômica é expressiva no Bioma Pantanal. Conflitos envolvendo usos da água para o turismo e a geração de energia hidrelétrica também se intensificaram na bacia do Rio Grande (entre os estados de São Paulo e Minas Gerais), entre 2019 e 2020. Os lagos das UHE Furnas e Mascarenhas de Moraes, conhecidos pela beleza cênica de seu entorno, demandam ações de gestão de modo a compatibilizar a operação dos reservatórios, importantes para a regularização da geração de energia elétrica do País, com o desenvolvimento de outras atividades econômicas associadas aos lagos, como turismo e lazer. Outra área de destaque quanto à presença de conflitos pelo uso da água, envolvendo neste caso a irrigação e a geração de energia, é a bacia do São Marcos, afluente do rio Paranaíba. Nesta bacia, juntamente com a do rio Preto, afluente ao rio São Francisco, localizase o maior polo de irrigação da América Latina. Constitui-se em área de planalto, composta por rios de pequena vazão em áreas de cabeceiras, com expressiva redução na disponibilidade de água nos períodos de invernos secos do Planalto Central. Nela, a demanda por irrigação tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, diminuindo as vazões afluentes à UHE Batalha. Já no oeste da Bahia (bacia do Rio São Francisco), importante polo de agricultura irrigada, ocorrem conflitos entre a população local tradicional e os grandes projetos de irrigação, especialmente na bacia do Rio Arrojado (CBHSF, 2020).

QUALIDADE DA ÁGUA

Principais fontes poluidoras

A qualidade da água tem grande impacto na saúde pública e, de modo mais abrangente, na qualidade de vida da população. Água com qualidade adequada é essencial para o equilíbrio e o funcionamento dos ecossistemas. O estado de conservação dos mananciais e dos ecossistemas em seu entorno são determinantes para a qualidade da água.

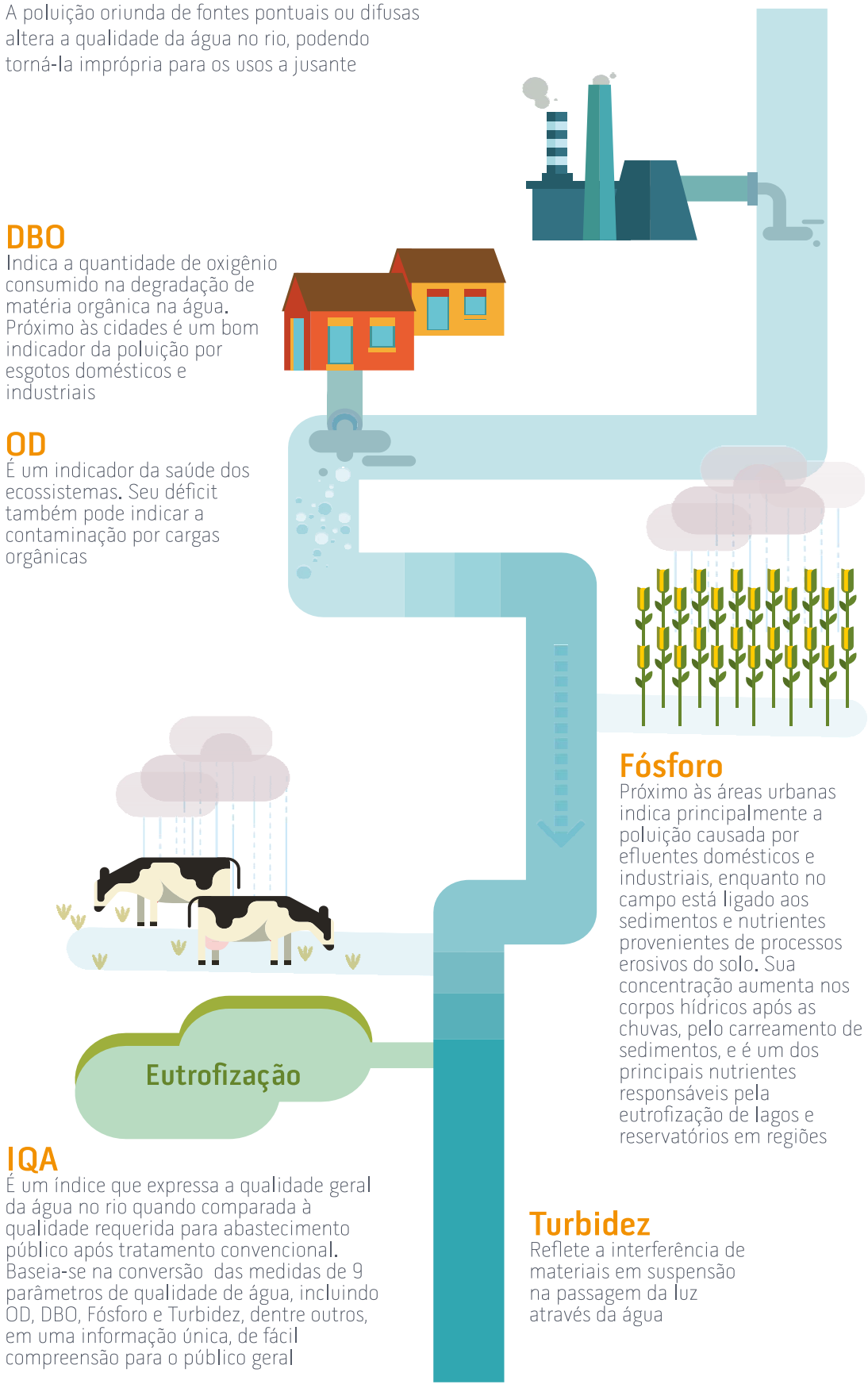
As fontes pontuais de contaminação podem ser identificadas individualmente como o lançamento de efluentes industriais ou domésticos. Já as fontes difusas são difíceis de quantificar em função de suas origens dispersas e por variarem intensamente ao longo do tempo. A dinâmica das cargas poluentes está intimamente ligada ao regime de chuvas e geralmente está associada à contaminação das águas pela drenagem pluvial nas áreas urbanas, ou a partir da erosão dos solos e do transporte de sedimentos contendo potenciais poluentes na zona rural. Quanto às águas subterrâneas, os principais contaminantes são nitratos, derivados do petróleo, metais pesados, vírus e bactérias patogênicas. A falta de saneamento básico, a construção inadequada de poços e fossas sépticas, a disposição inadequada de resíduos sólidos (lixões), o vazamento de tanques de combustíveis, assim como o uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes são fontes potenciais para este tipo de poluição (Figura 16).

Parâmetros comumente monitorados

O cenário atual da qualidade das águas superficiais a partir dos dados de monitoramento no Brasil[18], obtidos para 2018, é apresentado neste relatório a partir da demanda bioquímica

18 A evolução da rede de monitoramento de qualidade da água será abordada adiante.

Figura 16 – Principais fontes poluidoras e parâmetros indicados para o seu monitoramento.



Fonte: ANA, 2017b.

de oxigênio (DBO), fósforo total e o Índice de Qualidade das Águas (IQA)[19]. Nas análises foram utilizados dados obtidos em 2.738 pontos com monitoramento da DBO e em 2.744 de fósforo total, com pelo menos duas coletas em datas diferentes em 2018. A partir de um conjunto de nove parâmetros foi calculado o IQA médio em 2018 para 2.153 pontos de monitoramento[20]. Para fins de comparação, em 2012 foi possível avaliar o IQA para 1.569 pontos de monitoramento (ANA, 2014).

A DBO representa a quantidade de oxigênio dissolvido na água consumido por bactérias e outros microrganismos nos processos biológicos de degradação da matéria orgânica no meio aquático. Os valores mais elevados de DBO normalmente indicam poluição por matéria orgânica, comum devido ao lançamento de efluentes domésticos e provenientes de estabelecimentos, tais como, granjas e abatedouros, por exemplo.

É nítida a tendência de valores mais altos de DBO nos grandes centros urbanos (esses valores mais críticos tipicamente podem ser vistos em corpos hídricos localizados no Rio de Janeiro, Belo Horizonte e São Paulo) (Figura 17). Esses valores refletem situações de baixa qualidade de água em rios, muitas vezes de vazão reduzida, que cortam grandes cidades e recebem grandes cargas orgânicas vindas principalmente de esgotos não tratados e de fontes difusas decorrentes da falta de estrutura de saneamento e de drenagem urbana apropriada.

Também chama a atenção os elevados valores médios de DBO no Semiárido, em pontos de monitoramento situados em açudes (reservatórios) (Figura 17). O aumento da biomassa vegetal, em função da alta concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, provoca o aumento de decompositores aeróbios da matéria orgânica que se acumula nos açudes, aumentando a DBO, e favorecendo a ocorrência de eutrofização.

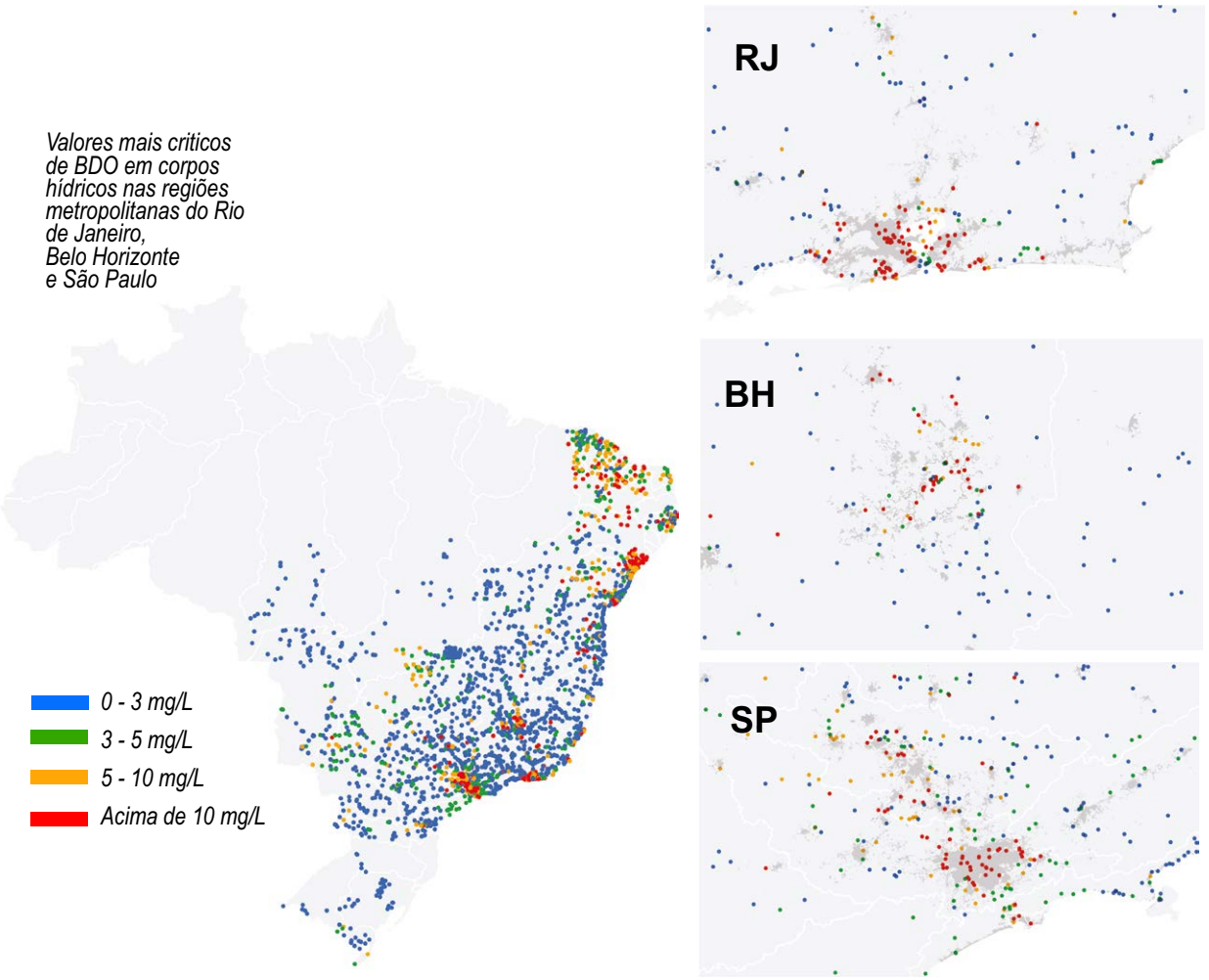
O fósforo encontrado nos corpos d'água tem como principais fontes os solos da bacia hidrográfica, os fertilizantes utilizados na agricultura, dejetos de criações animais e efluentes domésticos ou industriais. A erosão dos solos, sobretudo nas margens de rios, lagos e reservatórios, representa uma importante fonte de poluição hídrica para esses corpos d'água, portanto, o manejo adequado do solo é importante para o controle da poluição das águas por fósforo. O aumento do fósforo nos rios e, principalmente, em ambientes lênticos, como lagoas e reservatórios, pode ocasionar o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas e a consequente redução do oxigênio dissolvido na água, aumentando a eutrofização. O enriquecimento das águas por fósforo também pode provocar a floração de algas com potencial de produzir toxinas perigosas para a saúde humana e animal.

A região semiárida é caracterizada por longos períodos de secas e rios intermitentes, que passam a maior parte do ano sem água. Os açudes são utilizados para armazenar a água para esses períodos de seca, constituindo, portanto, os principais mananciais para essa região. Em função da escassez de alternativas para o abastecimento de água, esses açudes muitas vezes concentram intensa atividade em seu entorno, incluindo a agropecuária. Tal ocupação intensa ao redor dos açudes exige uma gestão da água integrada com a gestão ambiental e o manejo adequado do solo, com boas práticas agrícolas, bem como uma atenção especial em relação ao lançamento de cargas poluentes na água.

19 A base de dados completa dos indicadores de qualidade da água no Brasil está disponível para acesso no portal de metadados da ANA em https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/647706bb-bbad-4b99-8413-6b4f48697521 e visualização em mapa interativo do SNIRH em https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=b3d9cbc0b05b466a9cb4c014e--ba748b3.

20 O IQA empregado nestas análises inclui 9 parâmetros de qualidade de água: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, DBO, colime--tria, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

Figura 17 – Valores médios de DBO em pontos de monitoramento em 2018.

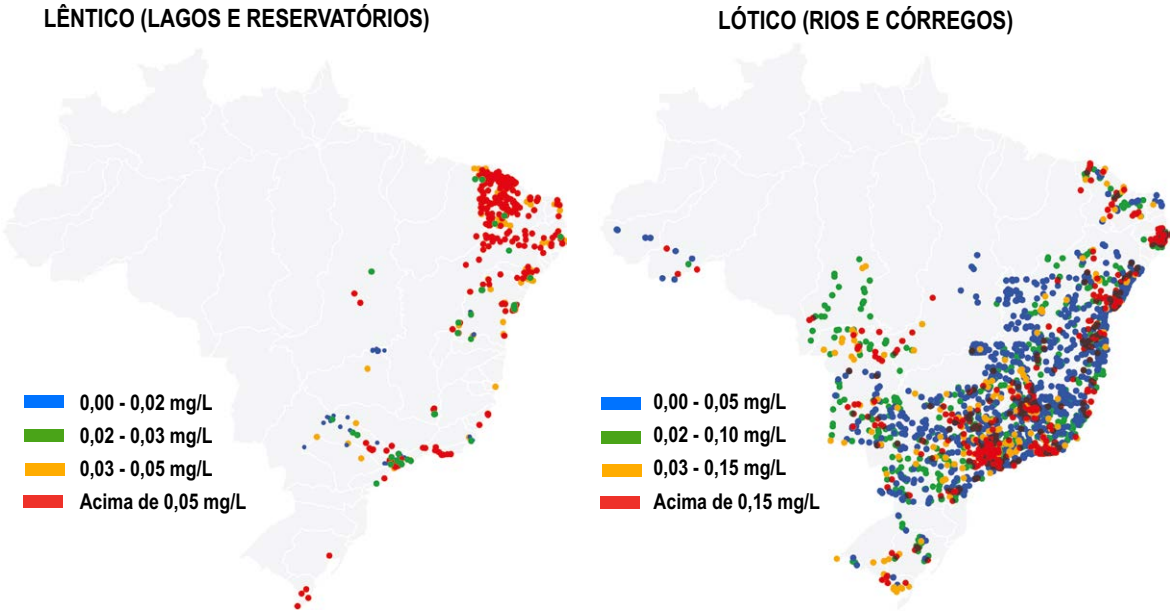


Fonte: ANA, 2020a.

O fósforo total nos rios pode não representar tanto risco à qualidade de água no que se refere à eutrofização e seus efeitos quando comparado aos sistemas lênticos. Isso se deve à reduzida capacidade desse nutriente se acumular em um regime de água corrente. No entanto, o monitoramento desse indicador é importante também nos rios, pois permite identificar fontes de contaminação das águas e subsidiar ações de controle da poluição hídrica. Afinal, grande parte do fósforo que se acumula e compromete a qualidade da água em lagos naturais e açudes é trazido pelos rios que os alimentam.

O monitoramento de rios e córregos nos maiores centros urbanos aponta concentrações mais elevadas de fósforo, indicando o aporte de cargas orgânicas provenientes principalmente de efluentes domésticos e industriais, e refletindo situações parecidas com aquelas apontadas pela DBO. O problema pode ser agravado pela baixa capacidade de diluição e assimilação dessas cargas nos córregos e rios urbanos de menor porte (Figura 18).

Figura 18 – Valores médios de fósforo em pontos de monitoramento em 2018.



A distribuição dos pontos de monitoramento de fósforo total na região Nordeste do Brasil sugere a preocupação dos órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos em relação a este parâmetro na região em função do problema da eutrofização.

Corpos hídricos nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro, Belo Horizonte e São Paulo também apresentaram elevadas cargas de fósforo em 2018. Foram registradas elevadas cargas de fósforo em 2018, bem como praticamente todos os corpos d´´agua monitorados da região Nordeste.

Fonte: ANA, 2020a .

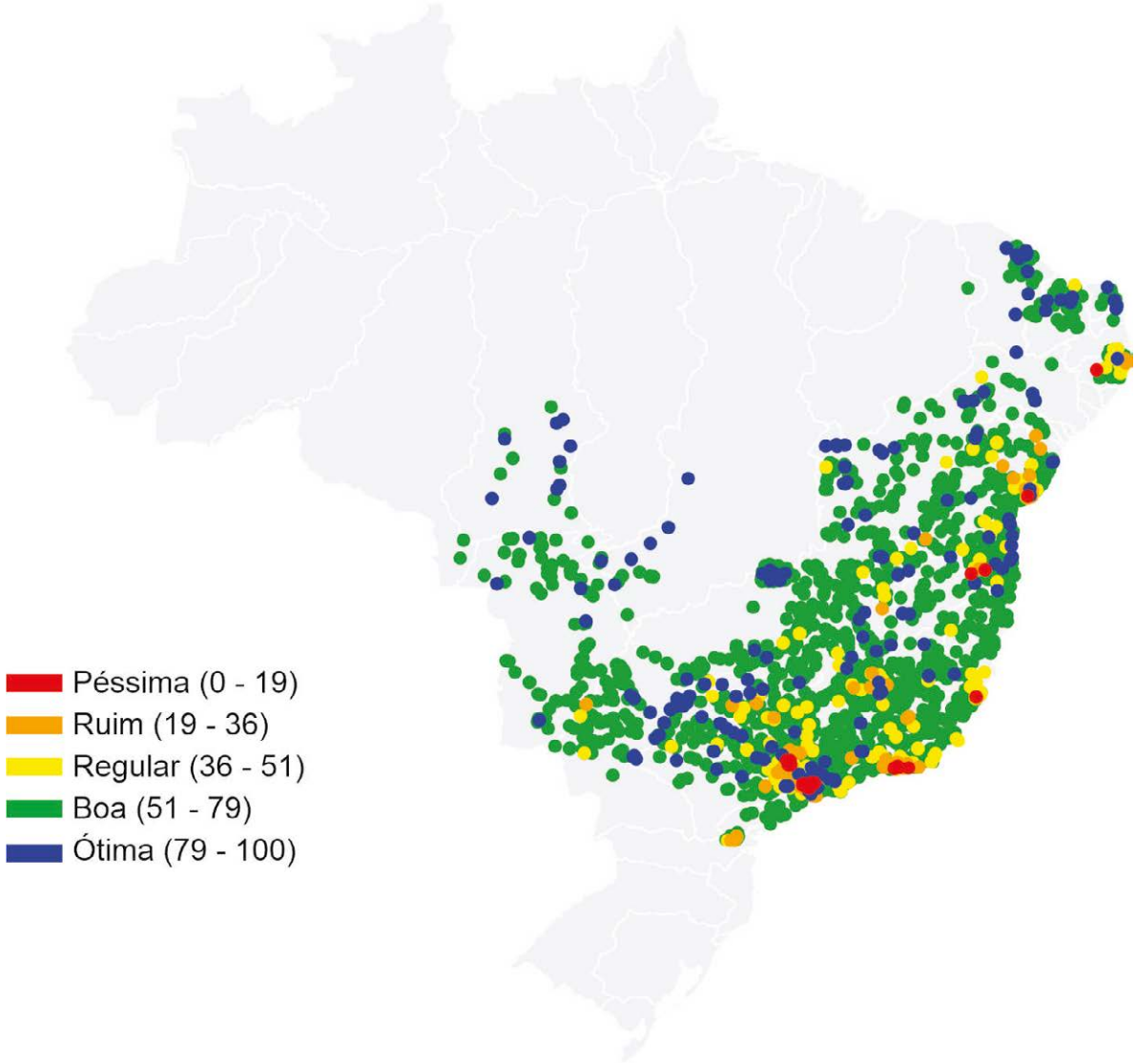
O IQA foi desenvolvido nos Estados Unidos em 1970. Esse índice tem sido amplamente empregado para uma avaliação de qualidade de água baseada em múltiplos parâmetros, com pequenas adaptações. Apesar da vantagem de contemplar diversos parâmetros em uma única medida de qualidade de água, o IQA apresenta a desvantagem de não poder ser aplicado quando não há o conjunto completo dos parâmetros incluídos no cálculo, para um determinado ponto de monitoramento, o que explica as lacunas vistas na Figura 19.

Nas cidades, boa parte da contaminação das águas revelada pelo IQA tem origem em fontes contínuas de poluição. Valores de IQA dentro da faixa de qualidade "boa" predominam pelos pontos de monitoramento no interior do País, onde as fontes de poluição tendem a ser mais difusas e eventuais. Os resultados mostram o quanto o IQA pode ser sensível aos problemas de qualidade de água, típicos das grandes cidades brasileiras, ressaltando os desafios relacionados à universalização do saneamento básico e à necessidade de mais infraestrutura para o controle da poluição hídrica de origem difusa no meio urbano.

O monitoramento periódico da qualidade da água é bastante eficiente para detectar as fontes de poluição. Porém, grandes aportes de contaminantes oriundos de eventos mais extremos de chuva são dificilmente identificados em coletas bimestrais ou trimestrais de amostras de água. A poluição difusa carreada para os rios nesses eventos também pode ter uma contribuição significativa para a degradação da qualidade da água, principalmente em bacias hidrográficas onde a cobertura vegetal original já se encontra bastante suprimida e os processos erosivos se disseminam na paisagem. O uso indiscriminado de fertilizantes e agrotóxicos, por exemplo, pode gerar esse tipo de poluição aos corpos hídricos, contaminando a água com substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente. O monitoramento da qualidade da água com foco nas substâncias químicas oriundas desses compostos químicos, entretanto, ainda é incipiente no País[21].

21 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no capítulo 'Terra', em que aborda-se incidência no País e a evolução temporal por Unidade da Federação, de notificações por intoxicação com agrotóxicos, além dos impactos de seu uso inadequado como fonte de poluição ao meio ambiente.

Figura 19 – IQA em pontos de monitoramento em 2018.



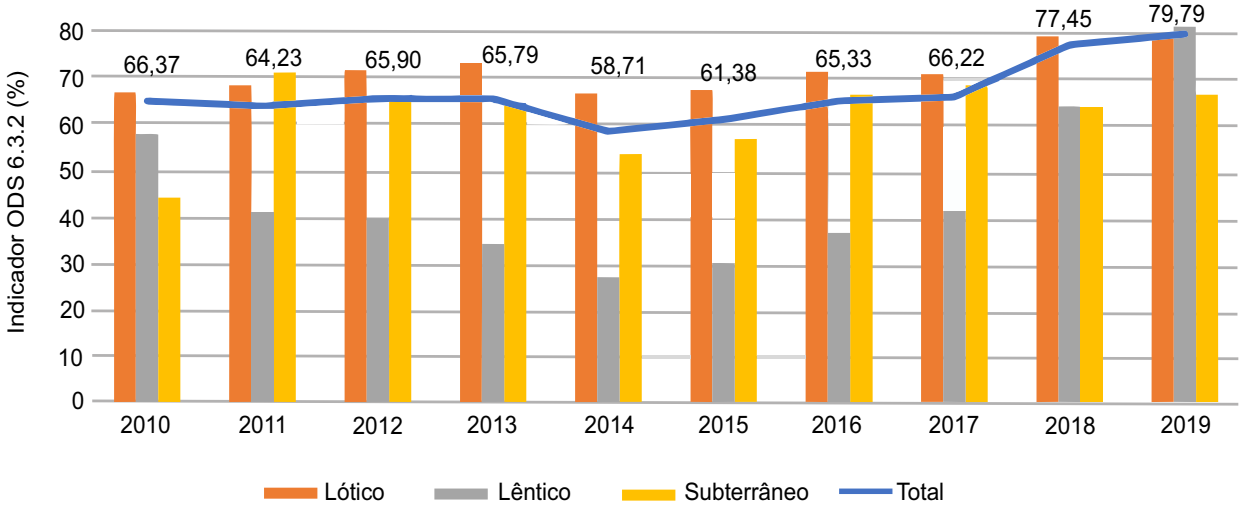
Fonte: ANA, 2020a.

O monitoramento de agrotóxicos é efetuado pelos técnicos das secretarias estaduais e municipais de saúde, avaliando as especificidades locais e priorizando os municípios com maior probabilidade de ocorrência de agrotóxicos na água de consumo humano. Considerando ações desenvolvidas em 2014 e dados inseridos no Sisagua, 741 municípios foram monitorados no Brasil. Considerando o total de análises de monitoramento de agrotóxicos na água para consumo humano realizadas em 2014 (57.299 análises), 99,9% apresentaram resultado analítico dentro do padrão de potabilidade estabelecido. No entanto, e apesar do elevado percentual de amostras em consonância com o disposto pela legislação, os resultados que quantificaram agrotóxicos nas amostras de água, mesmo que abaixo do valor máximo permitido da norma, devem ser considerados para execução de ações de vigilância em saúde (ANA, 2019b).

O Indicador ODS 6.3.2 permite avaliar as condições da qualidade de água do País reunindo dados de águas superficiais (em ambientes lóticos e lênticos) e subterrâneas (Figura 20). A condição "Boa" indica qualidade que não prejudica a função do ecossistema e a saúde humana.

O resultado do indicador agregado para o Brasil é fruto do comportamento de cada RH, que depende, principalmente, da densidade de pontos de monitoramento existentes, da quantidade de

Figura 20 – Proporção de corpos hídricos com boa qualidade ambiental da água (2010-2019).



Fonte: ANA, Prelo.

dados registrados e da variabilidade da incidência de precipitações, o que se reflete na maior ou menor disponibilidade de água para diluição de cargas poluentes, além de outros fatores. Devido à grande diversidade natural do Brasil, a qualidade das águas varia muito entre as RH, acompanhando as variações climáticas e a sazonalidade de fenômenos naturais decorrentes dos pulsos de vazões dos cursos d'água nos períodos de cheias e vazante. Ressalta-se que essas características intrínsecas de ambientes específicos foram consideradas para determinar a situação natural de qualidade de água nas regiões do Pantanal e na Amazônia, por exemplo, onde ocorrem valores naturalmente baixos de oxigênio dissolvido e pH.

Analisando a série de dados do indicador, percebe-se uma tendência de melhora na qualidade das águas do País, verificada com destaque nos ambientes lênticos, entre outros fatores, decorrente do aumento dos volumes dos reservatórios nas RH do Nordeste, após a crise hídrica de 2012 a 2017. Os anos de 2018 e 2019 apresentaram uma estação chuvosa mais próxima da média histórica em boa parte da região, o que pode ser corroborado pelo aumento do indicador para corpos lênticos no Brasil de 41,6% em 2017 para 81,4% em 2019.

Demais incrementos no indicador ao longo dos anos, inclusive nos ambientes lóticos, podem também ser reflexo de um número expressivo de ETE que entraram em operação no Brasil entre 2013 e 2019, com 900 novas instalações identificadas nesse período. Ainda assim, ressalta-se que 64% dos municípios do Brasil não possuem ETE (ANA, 2020b).

Assoreamento e sedimentação

No Brasil, as chuvas são o principal agente de erosão da superfície terrestre. A erosão do solo pela chuva pode ocorrer por duas formas principais: erosão laminar ou linear. A ocorrência ou não desse processo de desagregação e transporte de partículas do solo é altamente dependente de suas características intrínsecas, como granulosidade e porosidade, e fatores extrínsecos, como condições climáticas, de relevo e de cobertura vegetal. Não há, até o presente, estimativas de abrangência nacional para perda de solos por erosão hídrica. Recentemente, porém, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) produziu modelos espaciais preliminares para a erodibilidade, suscetibilidade e vulnerabilidade dos solos brasileiros, que podem ser utilizados como fontes de informações valiosas de planejamento territorial[22].

22 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no *site:* https://www.embrapa.br/pronasolos.

A segunda fase do ciclo de erosão e sedimentação é o transporte de partículas de sedimento (oriundas do solo) até um ponto de deposição, que pode ser um corpo d'água lêntico ou lótico. As partículas podem ser depositadas nesse local, ou serem transportadas pelo sistema fluvial. A capacidade de transporte de sedimentos por um canal fluvial depende do tamanho da partícula, da velocidade da corrente de água e das formas do leito fluvial. Uma rede fluvial pode ser entendida como um sistema transportador de sedimentos: nas cabeceiras predomina a erosão, seja de origem fluvial (nos leitos e margens) ou pluvial (a partir do meio terrestre). Nos trechos intermediários predomina o processo de transporte dos sedimentos. Finalmente, nos trechos inferiores e nos estuários e deltas, predomina a deposição de sedimentos.

Da mesma forma que para o processo erosivo, não existe quantificação ou generalização dos processos de sedimentação ao longo dos rios brasileiros, apesar de existirem diversos estudos tratando de bacias ou regiões específicas, por exemplo, em Godoy *et al.* (2002). Entre os fatores antrópicos que alteram as taxas de erosão, podemos citar as atividades agropecuárias, as estradas mal planejadas e as atividades de desenvolvimento urbano e industrial. Já o processo de sedimentação é afetado pelo barramento dos rios, que favorece o processo pelo decaimento da velocidade da corrente da água. A sedimentação é um sério problema para o manejo da água em reservatórios e também para os ecossistemas aquáticos (MIRANDA; MAUAD, 2015).

As MCG atuam no regime e distribuição de chuvas, alterando a dinâmica da vazão fluvial. Por sua vez, o regime de vazão determina a variação e a intensidade da velocidade da corrente. Dessa forma, as MCG alteram o perfil de erosão e transporte de sedimentos ao longo do contínuo fluvial e, portanto, a distribuição de sedimentos. Grandes rios brasileiros sofrem com o problema de alterações no regime de vazão e do processo de sedimentação, como o Parnaíba (CODEVASF, 2016) e o São Francisco (BANDEIRA *et al.*, 2013). Sob a perspectiva regional, a alteração no aporte de sedimentos tem efeitos sobre os grandes estuários brasileiros (Amazonas, Paraná, São Francisco), que vêm perdendo área (aquática) devido ao excessivo aporte de sedimentos (NIENHUIS *et al.*, 2020).

Acidentes ambientais e corpos hídricos

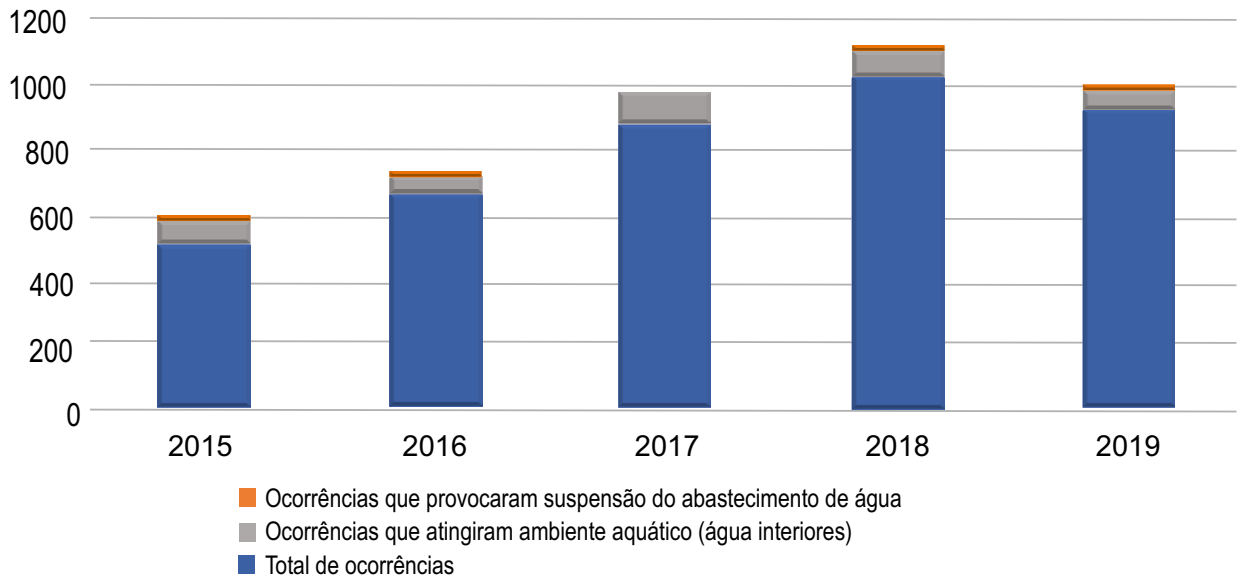
O Sistema Nacional de Emergências Ambientais (Siema) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) apresenta dados de acidentes ambientais envolvendo poluição de águas interiores com produtos perigosos (IBAMA, 2020a, b)[23]. Do total de ocorrências registradas em todas as tipologias e entre 2015 e 2019, um total entre 7% (2019) e 14% (2015) referem-se àquelas em que ambientes aquáticos interiores foram atingidos (Figura 21)[24]. No período, do número total de registros, cinco ocasiões provocaram a suspensão do abastecimento de água à população, destacando-se os rompimentos das barragens de rejeito da Samarco, em Mariana (2015), e da Vale, em Brumadinho (2019). No contexto dos acidentes ambientais registrados, essas duas ocorrências foram as maiores fontes de poluição de águas no período.

Em Mariana, o rompimento da barragem de Fundão liberou um volume estimado de 34 milhões de m³ de rejeitos de mineração, produzindo ondas de lama e de cheia que percorreram mais de 650 km até a foz do rio Doce, no litoral do Espírito Santo, causando morte de pessoas e diversos impactos socioeconômicos e ambientais. A alta carga de sedimentos que alcançou os corpos d'água da bacia causou a interrupção do abastecimento de água da população, servida pelo rio Doce, além do comprometimento dos demais usos (geração de energia, indústria, irrigação e pecuária, pesca, balneabilidade e turismo) e de perda da biodiversidade na região afetada (ANA, 2016).

23 Os dados e informações apresentados estão compilados nos Relatórios de Acidentes Ambientais 2015-2018 e 2019, disponíveis para acesso em: https://www.ibama.gov.br/emergencias-ambientais/publicacoes/relatorios. A classificação de produto perigoso utilizada nos registros é aquela constante na Resolução da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) n.º 5.232 de 2016 (e atualizações).

24 Consideram-se ambientes aquáticos interiores os rios, lagos, córregos e águas subterrâneas.

Figura 21 – Acidentes ambientais com produtos perigosos (2015-2019).



Fonte: Ibama, 2020a.

Em Brumadinho, o maior impacto foi a perda de vidas, um total de 270 pessoas. A lama resultante da ruptura da Barragem I da mina do Córrego do Feijão alcançou o rio Paraopeba, manancial que abastece cerca de três milhões de pessoas residentes na região Metropolitana de Belo Horizonte. Num contexto de crise hídrica, o abastecimento de água a todo esse contingente populacional poderia ter sido severamente prejudicado. Atividades econômicas (agricultura irrigada) e abastecimento de populações ribeirinhas também foram impactados (ANA, 2019b).

Águas residuais e tratamento de efluentes

A principal fonte de contaminação dos mananciais é o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais sem o devido tratamento. Baixos índices de coleta e tratamento de esgotos comprometem a qualidade das águas, principalmente próximo às áreas urbanas, impactando na saúde da população e até mesmo inviabilizando o atendimento de usos a jusante, especialmente o abastecimento humano.

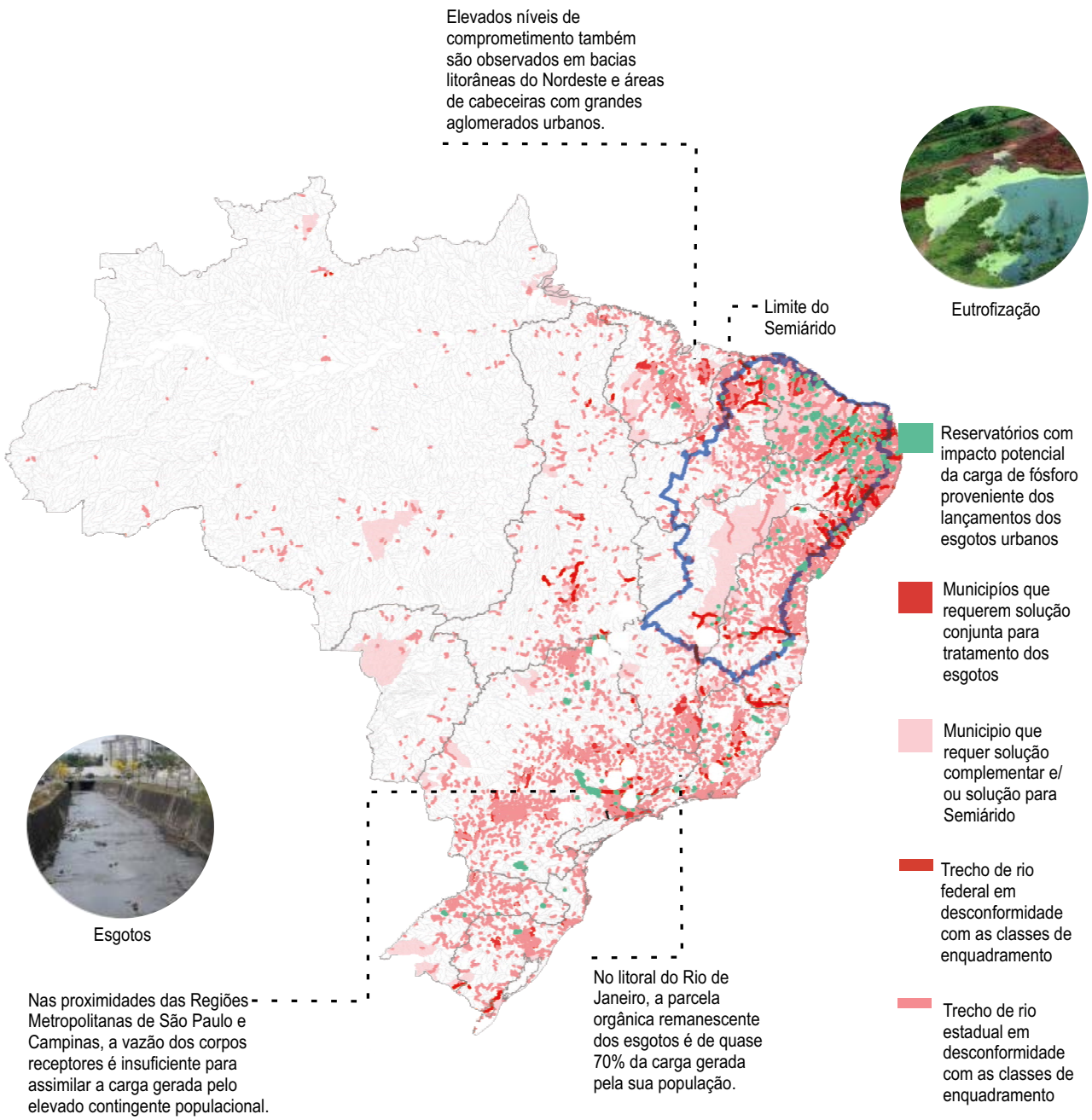
A diluição dos esgotos pelos corpos d'água (parte do processo de autodepuração) depende da vazão destes e da concentração da carga lançada, podendo conflitar com outros usos. Por essa razão, é necessário que os setores de recursos hídricos e saneamento atuem de forma articulada, uma vez que o tratamento de esgotos melhora significativamente a qualidade da água, aumentando a disponibilidade hídrica para outros usos. Por outro lado, é importante considerar que a demanda por recursos hídricos é crescente em todo o mundo, e as águas residuais vêm ganhando importância como fonte de água alternativa e confiável, alterando o paradigma de sua gestão: de "tratamento e eliminação" para "reúso, reciclagem e recuperação de recursos".

No Brasil, 524 municípios demandam soluções conjuntas no âmbito de suas respectivas bacias hidrográficas, para o tratamento e lançamento de efluentes em compatibilidade com a capacidade de diluição do corpo hídrico receptor e com os usos preponderantes da água (ANA, 2017a)[25]. Dentre as bacias com essas características destacam-se as do Tietê, incluindo as bacias PCJ, Sinos,

25 Mais informações sobre o estudo Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas, que incluiu o levantamento de todas as ETE do País e suas taxas de remoção de DBO podem ser obtidas no *site:* http://atlasesgotos.ana.gov.br/, atualizadas/complementadas, por meio do Encarte de Atualização da Base de Dados de ETE no Brasil. Dados disponíveis no Catálogo de Metadados da ANA no *site:* https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01 .

Alto Iguaçu, Paraíba do Sul, Velhas, Descoberto, Meia Ponte e Ipojuca. Os municípios localizados nas regiões de cabeceira dos rios, por sua vez, requerem soluções complementares, tendo em vista a elevada população e baixa disponibilidade hídrica, assim como os municípios do Semiárido, em função dos rios serem intermitentes e do elevado número de açudes (Figura 22).

Figura 22 – Impacto das cargas orgânicas nos cursos d'água do Brasil.



Fonte: ANA, 2017b.

Além das ETE que concentram a maior parte do tratamento dos esgotos, cabe destaque para soluções alternativas, como as fossas sépticas, que têm tido cada vez mais relevância ao longo dos anos, no tratamento dos efluentes, principalmente em áreas de população difusa como no ambiente rural. Aproximadamente 20% da população total (urbana e rural) é atendida por fossas sépticas não ligadas à rede, atingindo 12% da população urbana (IBGE, 2019) (Tabela 1).

Tabela 1 – Atendimento à população urbana dos sistemas coletivos e individual de tratamento de esgoto.

Sistema	Situação	População Urbana	População urbana (%)
Individual	sem tratamento	13.851.939	7,8
	fossa rudimentar	35.474.954	20,1
	fossa séptica e sumidouro	21.689.892	12,3
Coletivo	com coleta e sem tratamento	23.392.283	13,3
	com coleta e com tratamento	82.130.656	46,5

Fonte: IBGE, 2019.

Somente 46,5% da população urbana brasileira conta com sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgotos. O Distrito Federal, Paraná e São Paulo são as UF que possuem os melhores índices de atendimento, superiores a 70%. Os estados com menores índices, abaixo de 15%, são Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Rondônia e Pará (ANA, 2020b). A grande maioria das cidades brasileiras (4.801) apresenta níveis de remoção da carga orgânica inferiores a 60%, totalizando 129,5 milhões de habitantes. Há predominância de cidades com baixos níveis de remoção de carga orgânica em todas as regiões geográficas, em especial no Norte e no Nordeste. No outro extremo, apenas 769 cidades (14% do total) apresentam índices de remoção de DBO superiores a 60%, sendo que a região Sudeste concentra a maioria dessas cidades (ANA, 2017a).

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) n.º 430 de 2011[26], que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, prevê uma remoção mínima de 60% de DBO para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários. Os parâmetros e limites para a classificação das águas, de acordo com seus usos preponderantes (classes de enquadramento), estão estabelecidos na Resolução Conama n.º 357 de 2005[27], complementada e alterada quanto às condições e padrões de lançamento de efluentes, pela Resolução n.º 430 de 2011, supracitada.

O Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), instituído pela Lei n.º 11.445 de 2007[28], busca a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil. Dentre as dificuldades de execução no âmbito das ações voltadas para saneamento podem-se citar: projetos inadequados, insuficiência de quadros técnicos, morosidade administrativa e pouca articulação entre os órgãos envolvidos.

O saneamento é um determinante social para a saúde e o conjunto de serviços, como o fornecimento de água, a coleta e a destinação final dos esgotos, das águas pluviais e dos resíduos sólidos, são elementos de prevenção de doenças e promoção da saúde (SANTOS, 2009). Contudo, não se pode afiançar que o aumento da cobertura de serviços de saneamento esteja atuando de modo isolado na redução de doenças relacionadas à água, tendo em vista que os determinantes são multicausais[29].

26 Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646.
27 Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2005_357.pdf.
28 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm.
29 As doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, bem como os dados de qualidade da água tratada distribuída à população, serão tratadas no capítulo Ambiente Urbano, deste relatório.



Estação de Tratamento de Esgotos Sul - ETE Sul / Brasília-DF
Fonte: Banco de Imagens da ANA

Monitoramento da qualidade da água

Em resposta às alterações nos corpos hídricos, causadas pelos usos da água, é essencial monitorar a disponibilidade e a qualidade da água nos mananciais. O monitoramento da qualidade da água permite a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas. Existem diversas formas de avaliar a qualidade da água de um corpo hídrico. Parâmetros físico-químicos e biológicos de amostras de água colhidas nos rios e reservatórios são amplamente empregados como indicadores de qualidade da água. No Brasil, os níveis e concentrações de vários indicadores na água são usados como referência para o enquadramento dos corpos hídricos, segundo classes de qualidade de água, um dos instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos. A ANA e as UF mantêm redes de monitoramento com base nesses indicadores.

As águas subterrâneas ainda são monitoradas de forma mais incipiente do que as águas superficiais no Brasil. A Rimas da CPRM é uma rede quantitativa com alertas qualitativos. Algumas UF também fazem o monitoramento qualitativo das águas subterrâneas, na forma de uma rede integrada ou em diferentes redes.

Já o monitoramento das águas superficiais é resultado dos esforços de monitoramento de instituições com atribuição de gerir os recursos hídricos nas UF, reconhecidos e apoiados pela ANA, que criou, em 2013, a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas (RNQA), com o objetivo de otimizar, ampliar e aperfeiçoar as redes de monitoramento de qualidade de água das UF, padronizando o monitoramento e melhorando a qualidade dos dados gerados. Neste sentido, o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (Qualiágua) foi lançado visando a assinatura de contratos entre a ANA e as UF, de modo a que estas recebam recursos financeiros como forma de incentivo à produção de dados de qualidade de água, visando fomentar a implementação da RNQA e o monitoramento, a partir da padronização dos critérios e métodos, de modo a torná-lo comparável em nível nacional (Figura 23). Cabe destacar que algumas UF ainda estão em fase de implantação de suas redes de monitoramento da qualidade das águas.

Também a água para consumo humano é monitorada quanto à sua qualidade, conforme normativos próprios. O Ministério da Saúde, a partir da publicação do Decreto n.º 79.367 de 1977[30], é responsável por elaborar normas e estabelecer o padrão de potabilidade da água

30 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/d79367.htm.

Figura 23 – Evolução da implantação da RNQA (2016-2020) e pontos de monitoramento previstos.



Fonte: ANA, 2021a.

para consumo humano, além de coordenar o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiágua). A Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano consiste no conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública, para verificar o atendimento ao padrão de potabilidade vigente, considerados os aspectos socioambientais e a realidade local, para avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde humana (MS, 2016).

O Vigiágua tem por objetivo, em articulação com as Secretarias de Saúde das UF e dos municípios, desenvolver ações para garantir à população o acesso à água com qualidade compatível ao padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente. As ações abrangem todo o sistema de produção de água potável, desde a captação até o ponto de consumo, incluindo estações de tratamento, reservatórios e sistemas de distribuição. Dentre os instrumentos do Vigiagua estão: a Norma de Potabilidade (Portaria do Gabinete do Ministro

(GM)/MS n.º 888 de 2021[31], que alterou o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n.º 5 de 2017[32]), e a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, que objetiva fornecer subsídios técnicos aos profissionais das UF e municípios, com vistas à implementação do plano de amostragem do Vigiágua, e define parâmetros, número mínimo de análises, frequência de monitoramento, assim como critérios de seleção de áreas e pontos prioritários para a coleta de amostras de água para análises de campo e de laboratório (MS, 2016).

Outro instrumento é o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Siságua), que tem como objetivo auxiliar o gerenciamento de riscos à saúde associados à qualidade da água utilizada para consumo humano. Este Sistema registra dados sobre as formas de abastecimento de água existentes nos municípios brasileiros: Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano (SAA), Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento (SAC) e Solução Alternativa Individual (SAI), e a respectiva qualidade da água (padrões microbiológico, para substâncias químicas, organoléptico e de radioatividade), inseridos rotineiramente pelos profissionais do setor de saúde e responsáveis pelos serviços de abastecimento de água[33].

SEGURANÇA HÍDRICA: CONCEITO E AÇÕES

Diagnóstico da segurança hídrica

A discussão sobre segurança hídrica foi impulsionada em 2013, a partir de debates do Conselho de Segurança da Organização das Nações Unidas (ONU), diante da escassez hídrica, de conflitos pelo uso e inequidades no acesso à água, observados com cada vez maior frequência em muitos países. Os impactos registrados são graves e levam à perda de oportunidades e à impossibilidade de uma vida digna aos cidadãos. Em nível global, causam prejuízos e retardos no desenvolvimento socioeconômico de países. Estima-se que mais de dois bilhões de pessoas em todo o mundo vivem em países em situação de estresse hídrico (UNESCO; UN WATER, 2018).

Os fatores que podem alterar uma desejada situação de equilíbrio entre oferta e demanda de água são o aumento populacional, principalmente nas áreas urbanas, e o crescimento econômico, que geram incremento na demanda hídrica, bem como as MCG e os seus efeitos nos eventos hidrológicos extremos, podendo intensificar secas e inundações. Esses fatores, associados à ausência de planejamento e ações institucionais coordenadas e de investimentos em infraestrutura hídrica e saneamento, desencadeiam a instalação de crises hídricas, tais como as que afetaram o Brasil nos últimos anos. A crescente pressão sobre os mananciais, as limitações da disponibilidade hídrica e os problemas de gestão das águas subterrâneas são os principais fatores que motivam a busca de novas fontes hídricas, sendo necessário explorar mananciais cada vez mais distantes e a crescente complexidade da infraestrutura hídrica para o atendimento das demandas.

A segurança hídrica, de acordo com o conceito da ONU, existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às

31 Não constituem objeto da norma a regulamentação de água mineral natural, água natural, águas adicionadas de sais destinadas ao consumo humano após o envasamento e águas utilizadas como matéria-prima ou insumo de atividades produtivas, muito embora as normativas específicas possam referenciar à norma de potabilidade, a exemplo de algumas resoluções da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562.

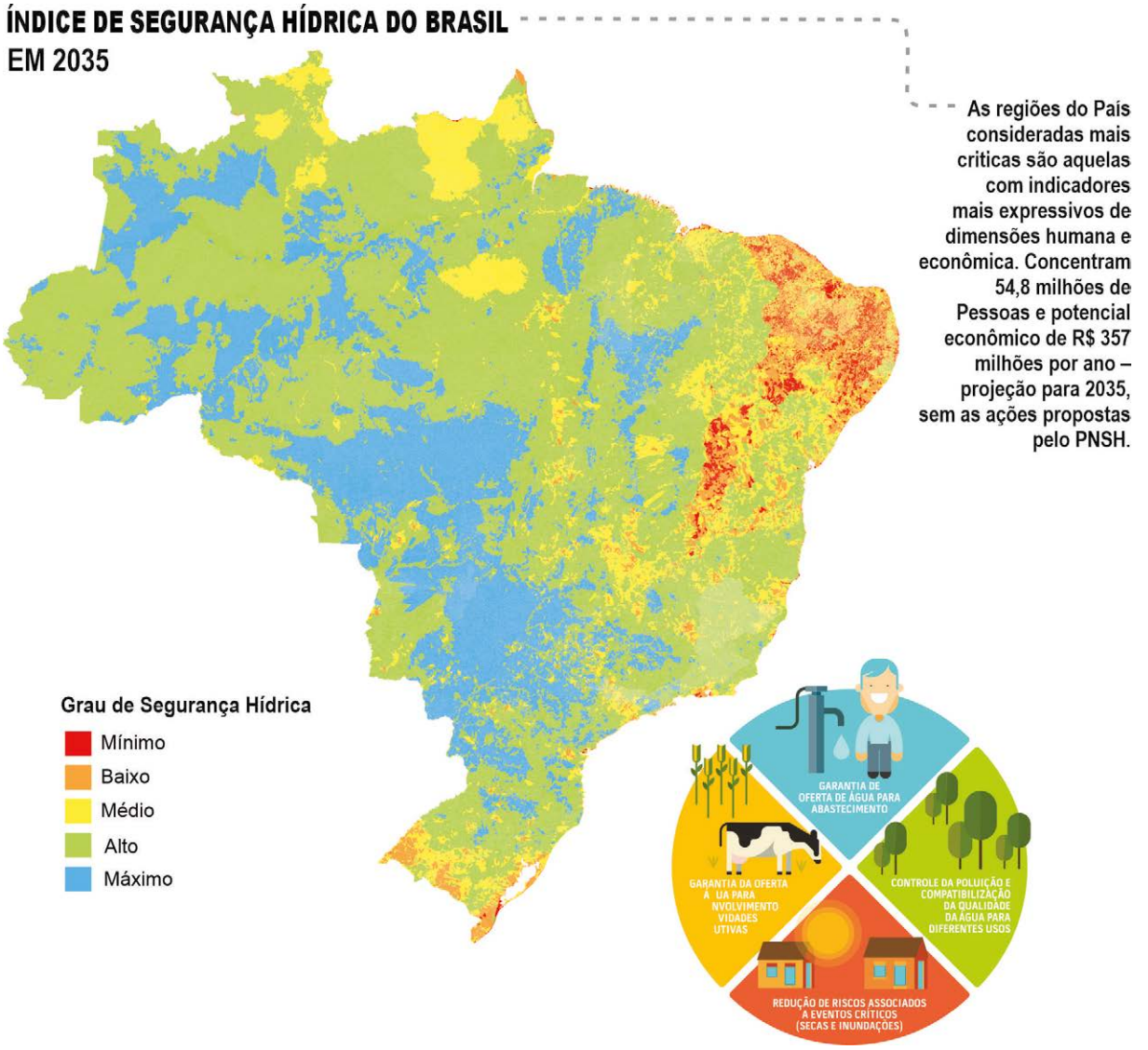
32 Portaria de Consolidação n.º 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX – Do Controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017_comp.html#ANEXOXX.

33 Mais informações sobre os dados do Sisagua podem ser obtidas no *site:* https://dados.gov.br/dataset?q=sisagua.

necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões: humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência, como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país. O Índice de Segurança Hídrica (ISH)[34] calculado para o Brasil considera essas quatro dimensões (Figura 24).

Verifica-se baixa segurança hídrica principalmente no Nordeste Setentrional, ao longo da bacia do Rio São Francisco, nas regiões metropolitanas e no sul do Rio Grande do Sul. Nessas áreas, as altas demandas hídricas, especialmente para o abastecimento e a irrigação, e a má qualidade das águas devido à poluição pelo lançamento de esgotos domésticos e rejeitos industriais (especialmente próximo às capitais) são os principais fatores que contribuem para a situação.

Figura 24 – Índice de segurança hídrica do Brasil em 2035 e suas dimensões[35].



Fonte: ANA, 2019b.

34 O ISH foi calculado para os anos de 2017 e 2035, considerando apenas a infraestrutura hídrica existente à época, se diferenciando basicamente pela incorporação das demandas setoriais de uso da água no cenário de 2035.

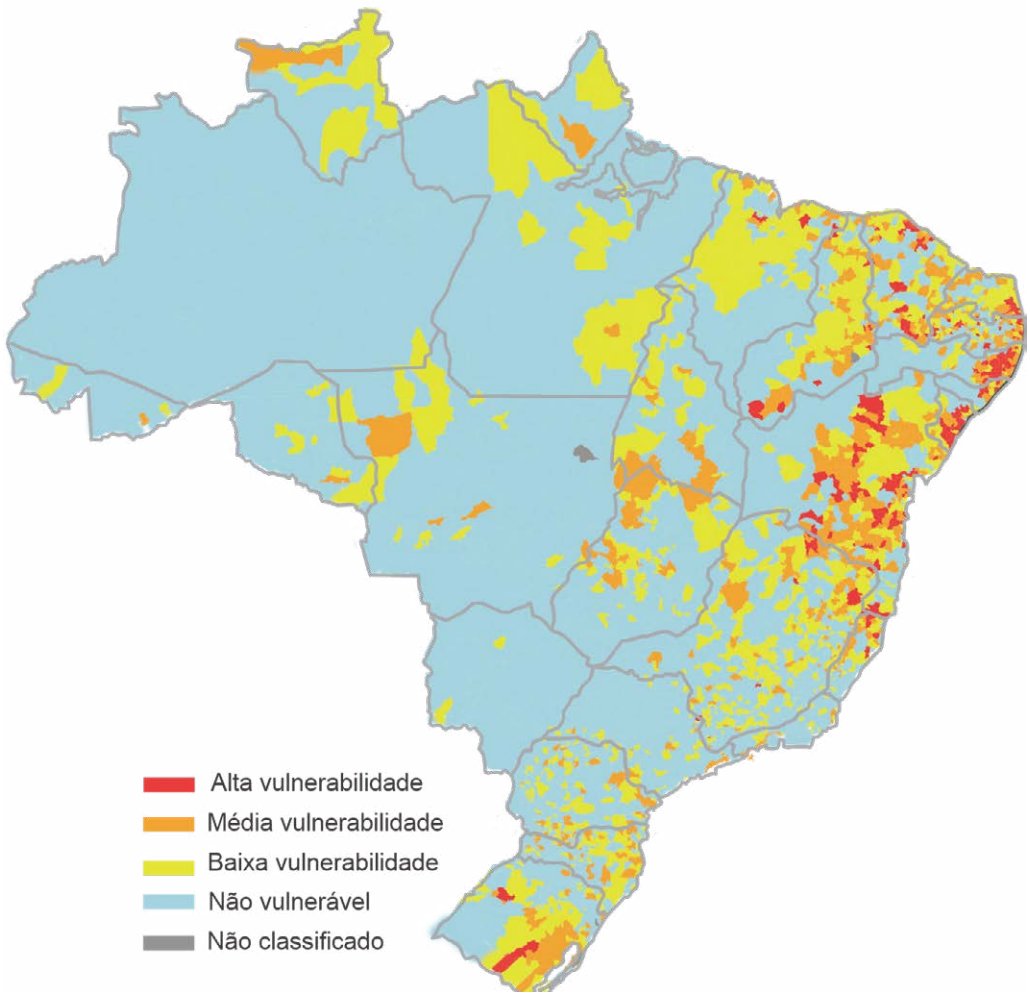
35 Os dados referentes ao ISH do Brasil etão disponíveis no SNIRH em http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=76eaa4f324f2404a86784e21d882b6ec.

As regiões metropolitanas se encontram com nível de segurança mínimo na Dimensão Ecossistêmica do ISH devido, principalmente, às elevadas concentrações de DBO nos cursos d'água, poluídos predominantemente por esgotos domésticos sem tratamento adequado (ANA, 2019d). A região Nordeste, devido ao clima semiárido que lhe confere características naturais específicas, como baixa pluviosidade e alta variabilidade em seu regime, intermitência dos cursos d'água, baixa disponibilidade hídrica e pouco armazenamento de águas subterrâneas, apresenta em boa parte de seu território o menor ISH, com alto impacto nas dimensões ecossistêmica e de resiliência.

No contexto da Dimensão Humana, a atualização do Atlas Águas (ANA, 2021b) mostra que a maior parte das sedes urbanas brasileiras é atendida predominantemente por mananciais superficiais (57%), e isso se reflete de forma mais acentuada em termos de população atendida, sendo 84% da população urbana brasileira atendida por esse tipo de manancial. Alguns dos maiores centros populacionais do País são atendidos por mananciais superficiais, como é o caso de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Fortaleza e Porto Alegre.

Observa-se que 43% das sedes municipais apresentam certo grau de vulnerabilidade, sendo 36% da população urbana brasileira. A região Nordeste é a que apresenta o maior percentual de sedes e população com algum grau de vulnerabilidade, sendo 68% e 69%, respectivamente (Figura 25).

Figura 25 – Vulnerabilidade do manancial de abastecimento urbano das cidades brasileiras.

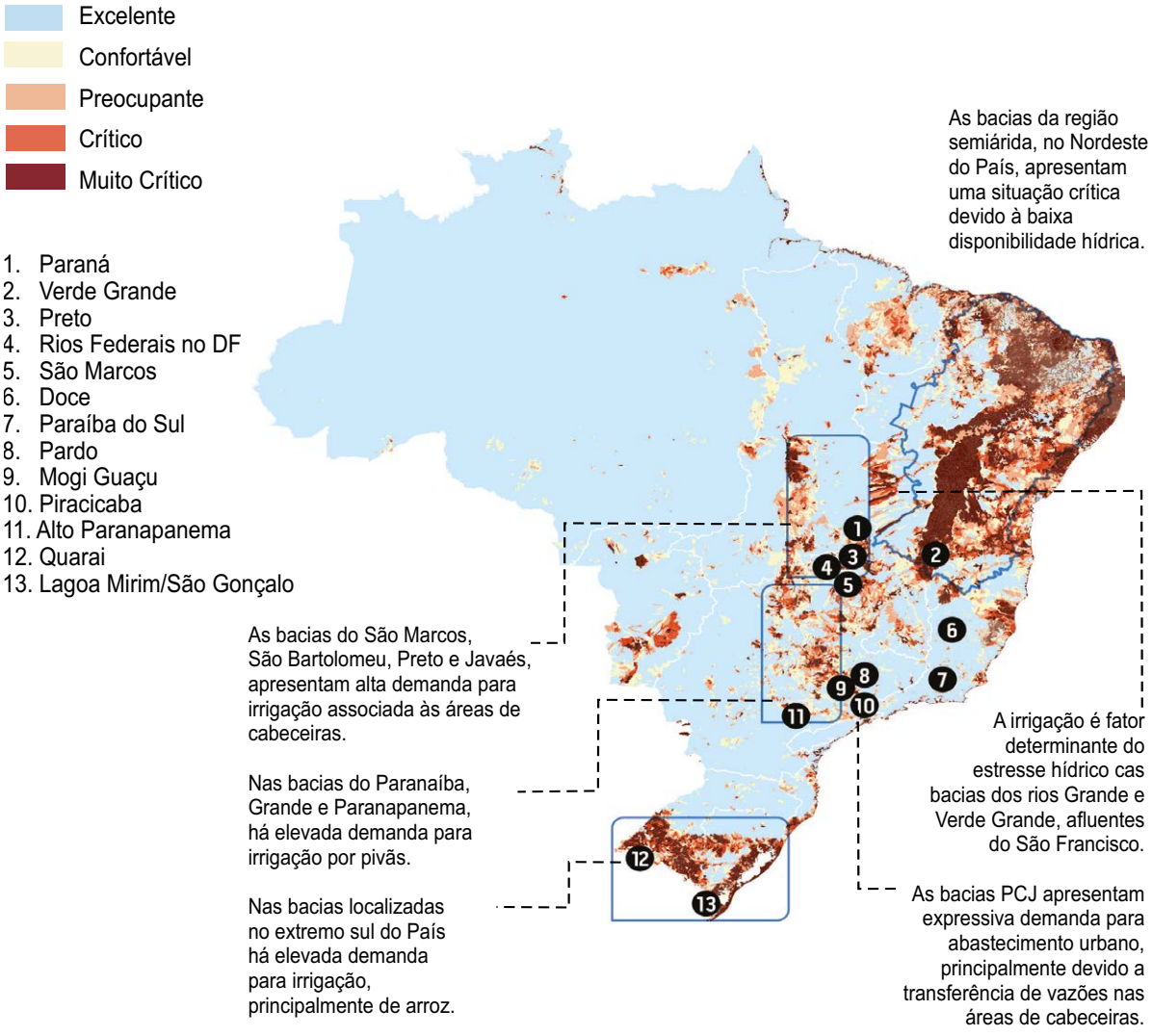


Fonte: ANA, 2020a.

Eventos como os acidentes com barragens de rejeito e as crises hídricas ocorridas nos últimos anos expõem a necessidade de uma visão crítica em relação à capacidade de antecipação das condições às quais os sistemas de engenharia precisam atender, tentando equilibrar objetivos de garantia de atendimento com a minimização de custos sociais ou ambientais. A partir desse panorama, pode ser observado que várias regiões do Brasil necessitam de infraestrutura para aumentar sua segurança hídrica, sabendo-se que as MCG apontam para uma tendência de intensificação das secas nessas regiões.

A alta vulnerabilidade decorrente de um balanço hídrico desfavorável, associada a baixos investimentos em infraestrutura hídrica, principalmente dos sistemas de produção de água, e períodos de precipitações abaixo da média, podem agravar a situação e conduzir a períodos de crise hídrica por escassez (ANA, 2017b) (Figura 26).

Figura 26 – Balanço hídrico quantitativo e bacias hidrográficas críticas[36].



Fonte: ANA, 2017b.

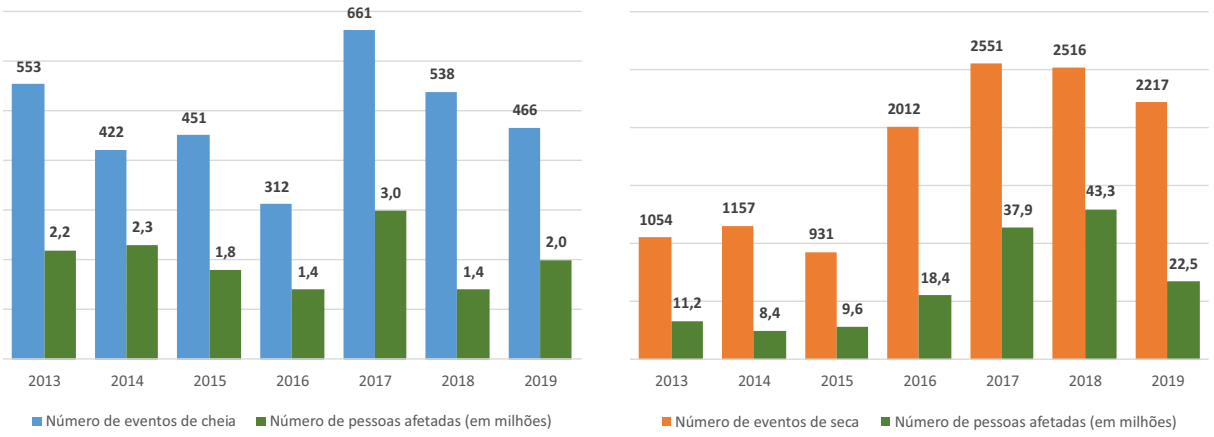
36 Mais informações sobre o 'balanço hídrico por microbacia' podem ser obtidas no Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017, no *site*: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf. Com o objetivo de priorizar ações em bacias que necessitam de medidas de gestão, a ANA elaborou, em 2012, um estudo para o desenvolvimento de metodologia para identificação de corpos d´água com maior nível de criticidade, considerando o comprometimento dos recusos hídricos em todas as RH brasileiras. Os resultados obtidos indicaram 29 bacias críticas localizadas em diversas RHs. Toda a região do Semiárido foi classificada como critica.

A vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica pode decorrer da inerente criticidade quanto à disponibilidade hídrica, seja devido a características naturais ou devido às altas demandas e/ou poluição hídrica. O desmatamento e a erosão dos solos, a redução da precipitação, o aumento da demanda por água, entre outros fatores, são pressões que favorecem a escassez.

A instalação de crises hídricas afeta todos os usos da água, com maior ou menor intensidade, inclusive usos não consuntivos como navegação, pesca, turismo e lazer. A compreensão das causas da ocorrência de baixos índices de precipitação e de sua dinâmica tendencial interanual ainda é imprecisa devido, principalmente, ao curto período de observações dessas anomalias. As causas das crises hídricas não podem ser reduzidas, entretanto, apenas às menores taxas pluviométricas verificadas nos últimos anos, pois outros fatores relacionados à garantia da oferta de água e à gestão da demanda são importantes para agravar ou atenuar sua ocorrência.

Os padrões de distribuição das chuvas variam naturalmente e apresentam eventos extremos decorrentes do seu excesso ou escassez. Estiagens, secas, enxurradas e inundações representam a grande maioria dos desastres naturais ocorridos no Brasil. Historicamente, os impactos dos eventos de seca afetam seis vezes mais a população e são três vezes mais frequentes que os de cheia (Figura 27). Cabe destaque para a região Nordeste, onde vivem 83% das pessoas afetadas por eventos de secas, desde 2013.

Figura 27 – Eventos hidrológicos críticos e população afetada no Brasil (2013-2019).

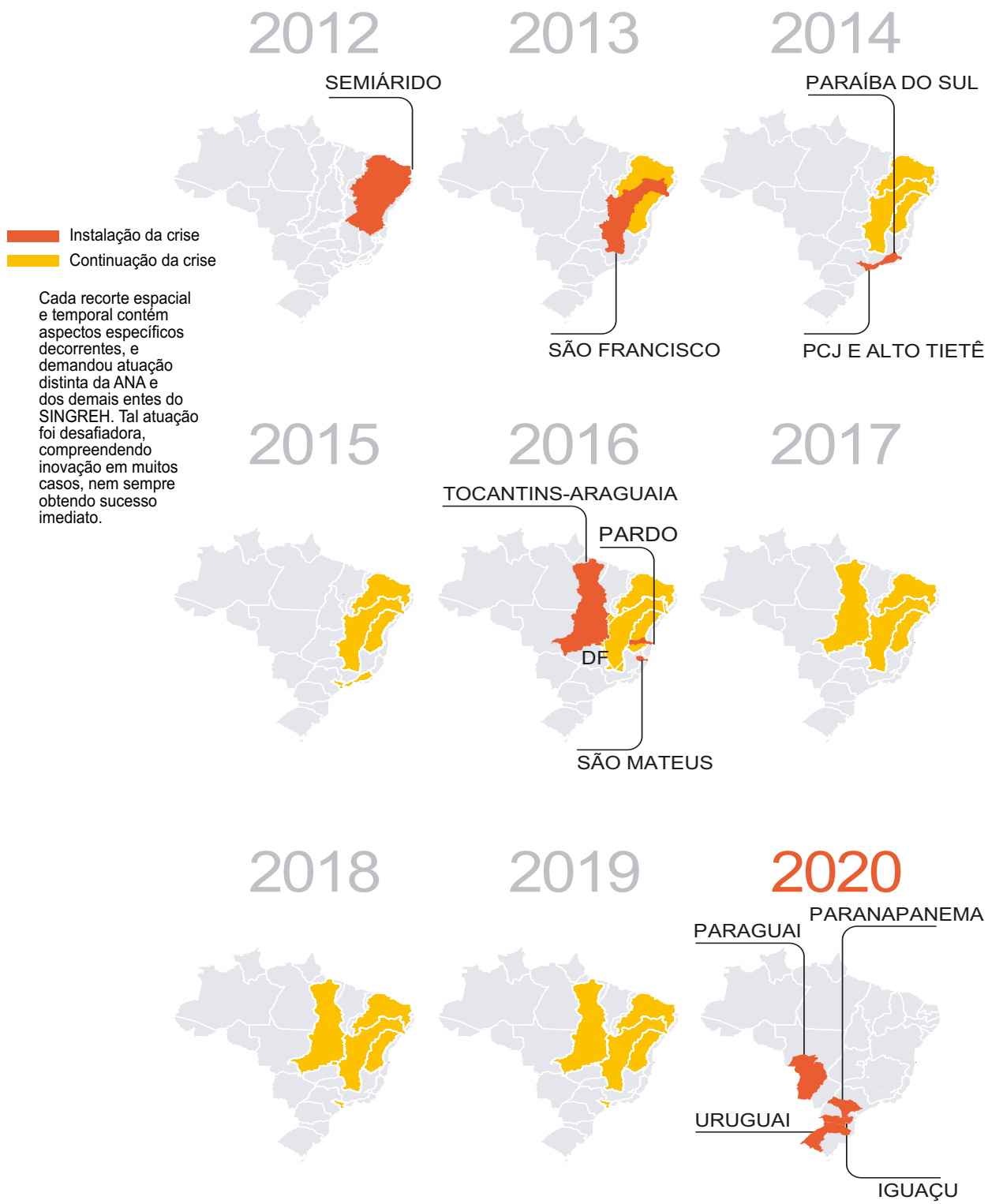


Fonte: ANA, 2017b; 2018a; 2019b; 2020, a partir de dados do MDR, 2020[37].

As estiagens e secas observadas desde 2012 em diversas regiões do Brasil têm prejudicado de forma significativa a oferta de água para abastecimento público e para setores usuários que dependem do armazenamento e dos volumes de água nos reservatórios, como a irrigação, a geração de energia hidrelétrica e a navegação (Figura 28). Dentre os mecanismos adotados ao longo dos anos para enfrentar a escassez de água, assegurando sua disponibilidade para todos os usos, pode-se citar a alocação negociada de água, marcos regulatórios, a instalação e operação de salas de situação e salas de crise, uso de carros-pipa, restrição e suspensão de usos da água, cadastramento de usuários e ações de fiscalização.

37 Mais informações sobre 'Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID' podem ser obtidas no *site:* https://s2id.mi.gov.br/.

Figura 28 – Principais crises hídricas de escassez de água enfrentadas no Brasil (2012-2020).



OBS: A constante crise apenas muda de lugar, seu caráter é cíclico

Fonte: ANA, 2020a.

Infraestrutura cinza

O conceito de segurança hídrica implica que a água seja gerenciada de maneira sustentável em todo o ciclo hidrológico, por meio de um enfoque multidisciplinar que contribua para o desenvolvimento socioeconômico e reforce a resiliência da sociedade para os impactos ambientais e doenças transmitidas pela água, sem comprometer a saúde atual e futura das populações e ecossistemas (ONU, 2013 in MELO; JOHNSON, 2017).

Diante dessa complexidade e das adversidades das condições de suprimento de água à população e às atividades econômicas, a ANA e o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) lançaram em 2019 o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), que define as principais intervenções estruturantes de natureza estratégica e relevância regional, necessárias para garantir a oferta de água para o abastecimento humano e para o uso em atividades produtivas, e melhorar a gestão dos riscos associados a eventos críticos (secas e cheias)[38] (ANA, 2019d). Além disso, foi lançada em 2021 a atualização do Atlas Águas, que traz a caracterização e o diagnóstico dos mananciais e dos sistemas de abastecimento das sedes municipais brasileiras (ANA, 2021b)[39].

A chamada escassez econômica da água ocorre quando, apesar de haver suficiente oferta de água para os usos múltiplos, ela não se encontra disponível, pois não há infraestrutura hídrica (obras de armazenamento e transporte da água) suficiente para permitir o acesso e o uso dos recursos hídricos. Gomide (2012), citado por Melo e Johnson (2017), ressalta a importância da construção de reservatórios para a garantia da segurança hídrica, sendo capazes de arcar com a dupla responsabilidade de atenuar os extremos do ciclo hidrológico: as secas (ou estiagens) e as cheias (ou enchentes). Defende a importância dos reservatórios para a conexão entre segurança hídrica, segurança alimentar e segurança física das pessoas. No Brasil, há 3.790 m^3 de água reservada para cada habitante. Porém, desconsiderando os reservatórios do setor elétrico, esse indicador despenca para 372 m^3 *per capita*, indicando um quadro deficitário de infraestrutura para garantia dos usos múltiplos da água.

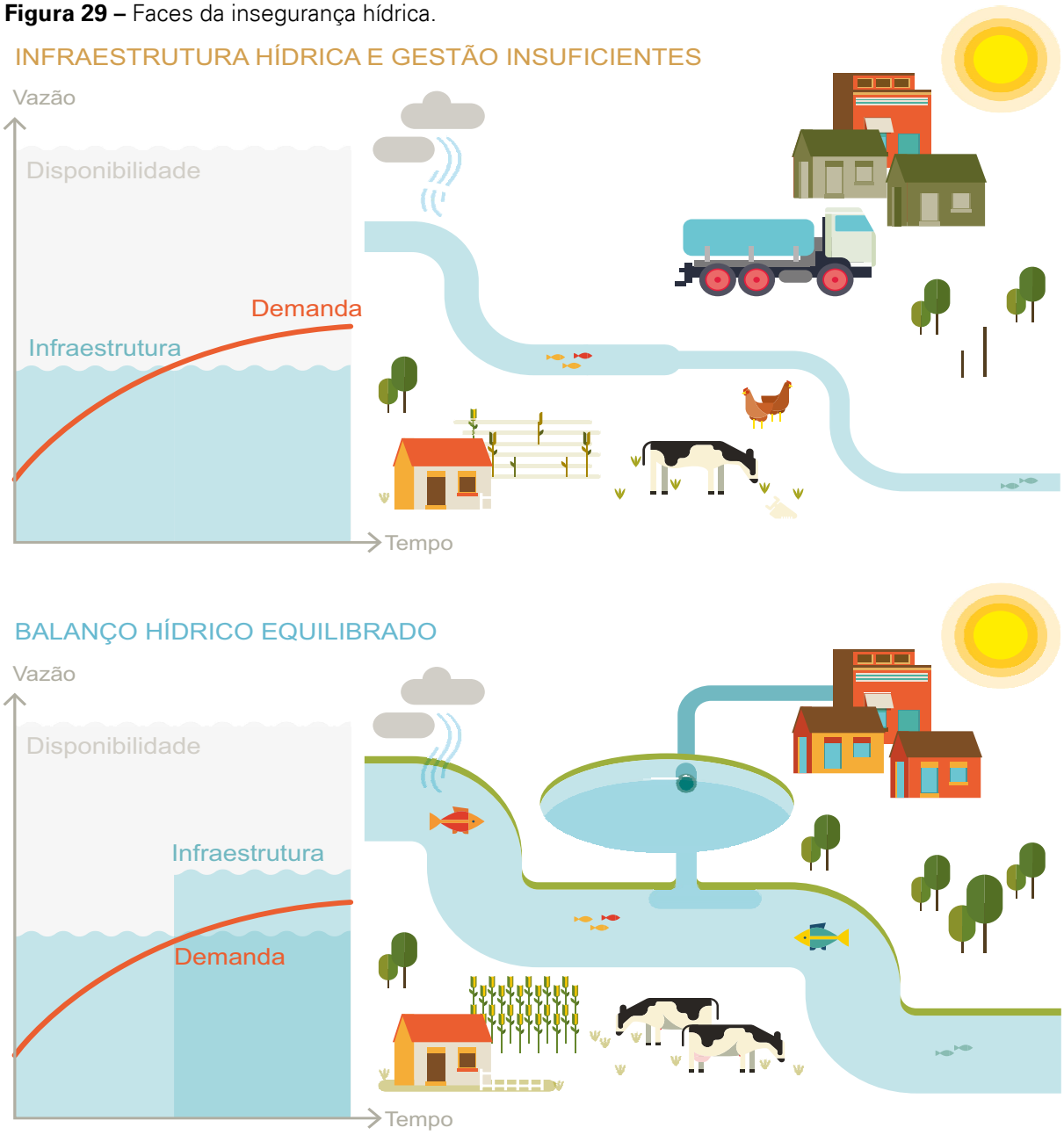
Para reverter um quadro de insegurança hídrica, é possível atuar de modo tradicional mediante a ampliação e manutenção de obras de infraestrutura hídrica e com o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos (por meio de ações de planejamento, controle do uso da água, monitoramento, operação e manutenção de sistemas hídricos etc.). Adicionalmente, é importante incorporar medidas para a gestão de riscos, envolvendo conhecimento aprofundado da vulnerabilidade e da exposição a eventos extremos, visando a proposição de ações dirigidas ao aumento da resiliência da área, população e atividades econômicas (Figura 29).

No contexto de crise hídrica, seja pela falta ou pelo excesso de água, as ações voltadas para a promoção da segurança hídrica podem ser agrupadas em: (1) medidas emergenciais, que têm como característica a solução imediata do problema e, por isso, são muitas vezes custosas e pouco efetivas em longo prazo; e (2) medidas baseadas em um planejamento de médio a longo prazo, cujos objetivos são a prevenção e/ou mitigação dos impactos futuros advindos de novas crises. Essas medidas incluem ações estruturantes na gestão (marcos regulatórios, instalação e operação de salas de situação, aperfeiçoamentos na legislação e na articulação institucional e setorial) e a melhoria da infraestrutura hídrica de uma região.

O Programa de Segurança Hídrica (PSH) do PNSH contém as intervenções selecionadas e os investimentos estratégicos recomendados para tentar prevenir a escassez e os conflitos pelo uso da água e minimizar os impactos de eventos críticos de secas e cheias. Está estruturado em três componentes (estudos e projetos, obras e institucional) que se desdobram em ações orçadas em R$ 27,58 bilhões em intervenções recomendadas (obras, projetos e estudos) e em média R$ 1,2 bilhão/ano em operação e manutenção dessa infraestrutura proposta. As intervenções habilitadas ao PSH, que requerem estudos complementares, somam investimentos em estudos da ordem de R$ 187,1 milhões, também orientados à oferta de água e ao controle de cheias (ANA, 2019b).

38 Mais informações sobre o PNSH podemo serem obtidas no *site:* https://pnsh.ana.gov.br/.
39 Mais informações sobre o assunto podemo serem obtidas no *site:* http://atlas.ana.gov.br/.

Figura 29 – Faces da insegurança hídrica.



Fonte: ANA, 2020a.

Infraestrutura verde

A infraestrutura verde, natural ou ecológica é a aplicação de uma Solução baseada na Natureza (SbN) para fornecer opções de administração dos recursos hídricos. As SbN são inspiradas e suportadas pela natureza e usam, ou imitam, processos naturais que são propositalmente manejados para se obter benefícios relacionados à gestão da água. Os processos naturais manejados são aqueles que ocorrem em ecossistemas naturais, isto é, envolvem a interação do meio físico e biótico, a ciclagem e o armazenamento de matéria e energia entre diversos compartimentos do meio ambiente. Em suma, as SbN focam nos serviços ecossistêmicos que geram resultados positivos e desejados no manejo da água. Portanto, a infraestrutura é a aplicação prática de uma SbN, propositalmente implantada, projetada ou manejada, e com benefícios equivalentes ou similares à infraestrutura cinza (construída) para a água. Essas soluções podem ser consideradas e aplicadas em escalas variadas, desde locais até a escala de paisagem (UNESCO; UN WATER, 2018) (Figura 30).

Figura 30 – Exemplos de infraestrutura verde empregada para o manejo da água em diferentes paisagens.



Fonte: UNESCO; UN WATER, 2018 (Traduzido).

Grande parte das SbN baseiam-se em estratégias de conservação de solo, vegetação, áreas úmidas e ecossistemas aquáticos lacustres e fluviais. Apesar das SbN e da infraestrutura verde serem apresentadas atualmente sob uma nova ótica, suas aplicações práticas são conhecidas e praticadas em todo mundo durante milênios (Figura 31).

Os serviços ecossistêmicos[40] são pressupostos básicos dos conceitos de SbN e infraestrutura verde. Uma estratégia para auxiliar na conservação de recursos hídricos, com foco especial no abatimento de fontes difusas de poluição, está em ampliar técnicas e práticas de uso do solo e planejamento da cobertura do solo em escala de bacia hidrográfica. Desde a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, Lei n.º 12.651 de 2012[41], passando por planos de governo como o Plano da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC+)[42], o Programa Águas Brasileiras[43], até diversos níveis de organização de programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)[44], todos trazem elementos para o enfrentamento do problema.

40 "Serviços ecossistêmicos são as contribuições diretas e indiretas da natureza para o bem-estar humano, como os alimentos, água doce, regulação do clima, polinização, além da manutenção da biodiversidade e dos benefícios não materiais (por exemplo, a contemplação da natureza)". Fonte: https://www.bpbes.net.br/.

41 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.

42 Mais informações sobre o Plano ABC+ podem ser obtidas no *site:* https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc.

43 Mais informações sobre o Programa Águas Brasileiras podem ser obtidas no *site:* https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/programa-aguas-brasileiras.

44 "Serviços ambientais são atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos" (Lei n.º 14.119/2021). Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394.

Figura 31 – Soluções de infraestrutura verde para a gestão de recursos hídricos.

Problema no manejo da água (SE primário a ser provido)		Solução de infraestrutura verde	Compartimento		Paisagem		Solução de Infraestrutura cinza correspondente (para o SE primário)
			Vertentes da bacia	Fundos de vale	Rural	Urbana	
Regulação de suprimento de água (incluindo mitigação de seca)		Restauração ou conservação de florestas	■	■	■		Represas e bombeamento de água. Sistemas de distribuição de águas
		Reconexão de rios às planícies de inundação		■	■		
		Restauração e conservação de áreas úmidas		■	■	■	
		Construção de áreas úmidas		■	■	■	
		Captação de água pluvial				■	
		Espaços verdes (biorretenção e infiltração)				■	
		Pisos permeáveis				■	
Regulação de suprimento de água (incluindo mitigação de seca)	Purificação da água	Restauração ou conservação de florestas	■	■	■		Estação de tratamento de água
		Vegetação ripária		■	■		
		Reconexão de rios às planícies de inundação		■	■		
		Restauração e conservação de áreas úmidas		■	■	■	
		Construção de áreas úmidas		■	■	■	
		Espaços verdes (biorretenção e infiltração)				■	
		Pisos permeáveis				■	
	Controle de erosão	Restauração ou conservação de florestas	■	■	■		Reforço de encostas
		Vegetação ripária		■	■		
		Reconexão de rios às planícies de inundação		■	■		
	Controle biológico	Restauração ou conservação de florestas	■	■	■		Estação de tratamento de água
		Vegetação ripária		■	■		
		Reconexão de rios às planícies de inundação		■	■		
		Construção de áreas úmidas		■	■	■	
	Controle de temperatura da água	Restauração ou conservação de florestas	■	■	■		Represas
		Vegetação ripária		■	■		
		Reconexão de rios às planícies de inundação		■	■		
		Construção de áreas úmidas		■	■	■	
		Construção de espaços verdes (sombreamento de canais)		■		■	
Moderação de eventos extremos (enchentes)	Controle de enchentes de rios	Restauração ou conservação de florestas	■	■	■		Represas e diques
		Vegetação ripária		■	■		
		Reconexão de rios às planícies de inundação		■	■		
		Restauração e conservação de áreas úmidas		■	■		
		Construção de áreas úmidas		■	■		
		Canais de conexão ("atalhos" sobre fundos de vale)		■	■		
	Controle de enxurradas	Telhados verdes				■	Infraestrutura urbana contra enxurradas
		Captação de água pluvial				■	
		Espaços verdes (biorretenção e infiltração)		■		■	
		Pisos permeáveis				■	

Fonte: Adaptado de UNEP-DHI/IUCN/TNC, 2014.

Na área rural, as intervenções visando à conservação da qualidade e quantidade de água são implantadas principalmente em Áreas de Preservação Permanente (APP), uma determinação legal que tem como objetivo preservar as áreas no entorno de corpos d'água, sejam rios, lagos ou reservatórios. Nesses locais é prevista a preservação ou a restauração da vegetação nativa. Como forma de incentivo para a restauração, existem mecanismos que buscam recompensar o produtor rural, os denominados PSA.

No Brasil, o programa que se utiliza há mais tempo do PSA é conduzido pela ANA, o Programa Produtor de Água (PPA), destinado a promover a conservação dos recursos hídricos no meio rural, visando segurança hídrica. Dentre seus objetivos está a promoção de práticas de conservação de água, solo, vegetação e saneamento rural. A atuação da ANA se dá por meio do apoio aos projetos nos quais são previstos uma série de ações de conservação de água e do solo como, dentre elas, a construção de terraços e bacias de infiltração (barraguinhas), readequação de estradas vicinais, recuperação e proteção de nascentes e matas ciliares.

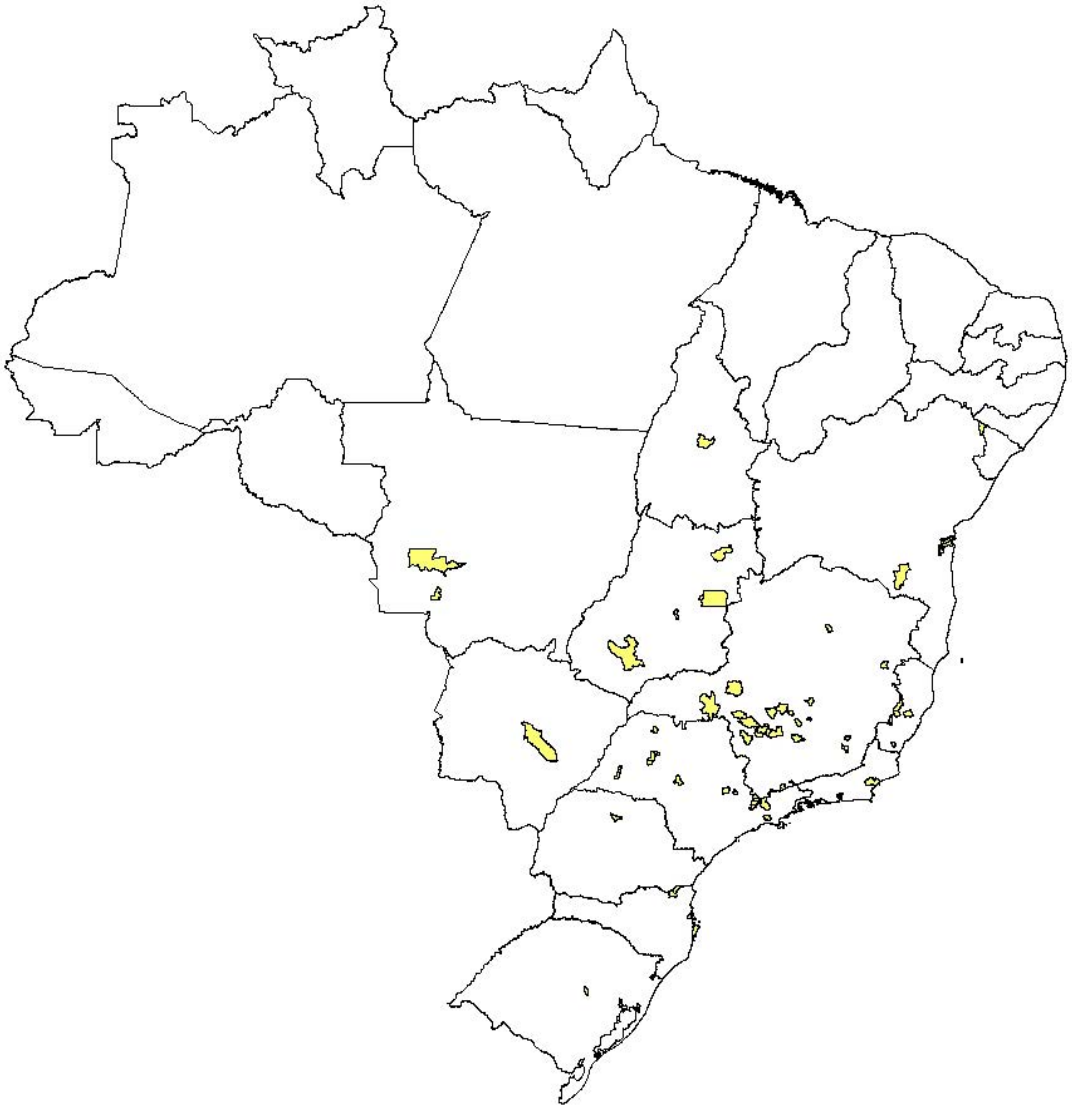
A implementação do projeto é feita tendo como diferencial o estabelecimento de parcerias, por meio de um arranjo local que promova a participação, das mais variadas formas, de entes públicos, entes privados, usuários de água, instituições de pesquisa e organizações não governamentais, e tem como público-alvo os produtores rurais, cuja adesão ao projeto é voluntária. E por utilizarem práticas conservacionistas de água e solo, esses produtores rurais, reconhecidamente, prestam serviços ambientais e, assim, podem receber um incentivo financeiro, que é feito por meio do PSA. Idealizado em 2001, o PPA já apoiou cerca de 60 projetos distribuídos por 15 UF (Figura 32).

Ao longo dos anos, as ações de recuperação de rios ou bacias hidrográficas no Brasil foram realizadas a partir de esforços de governos estaduais ou municipais, em alguns casos, com o apoio financeiro de organismos internacionais, sem considerar um planejamento mais amplo, com medidas integradas com a visão de desenvolvimento sustentável para toda a área da bacia hidrográfica. O tema da revitalização foi implantado e amplamente discutido a partir de 2007, com foco na bacia do São Francisco.

Em 2018, a fim de revisar o conceito e com o objetivo de definir princípios e diretrizes para o tema, teve início a elaboração do Programa Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas, que incluirá critérios e indicadores para identificação das regiões mais críticas, visando a convergência de ações e de investimentos em áreas que resultem em maior resultado e impacto positivo para a segurança hídrica brasileira.

No contexto desse Programa, foi lançado em dezembro de 2020 o Programa Águas Brasileiras, com o objetivo de ampliar a quantidade e a qualidade da água disponível para consumo e para o setor produtivo, de forma a fomentar o desenvolvimento regional e garantir melhor qualidade de vida à população. Em parceria com o setor produtivo rural, o Programa busca alavancar iniciativas de recuperação de áreas degradadas, com o uso de tecnologias avançadas, consolidar e recuperar APP, avançar nos mecanismos de conversão de multas ambientais e PSA, além de aprimorar medidas de gestão e governança que garantam segurança hídrica em todo o País. Na fase piloto, executada no primeiro semestre de 2021, foram escolhidas como prioritárias as bacias hidrográficas do Araguaia-Tocantins, Parnaíba, São Francisco e Taquari, afluente do Paraguai, e selecionados por meio de edital 26 projetos de revitalização que contemplam mais de 250 municípios de 10 UF nessas quatro bacias.

Figura 32 – Projetos do Programa Produtor de Água.



Fonte: ANA , 2021a.

Gestão de recursos hídricos

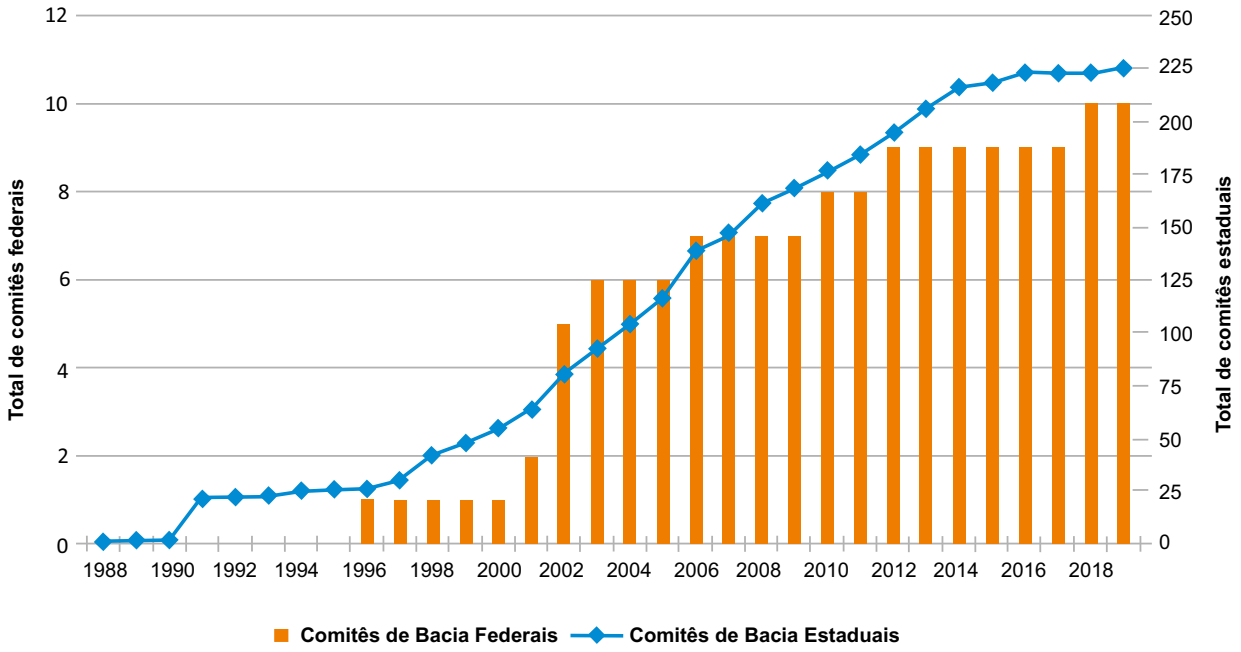
A gestão dos recursos hídricos no Brasil é realizada a partir de um conjunto de ações que envolvem planejamento, monitoramento, alocação de recursos, cadastro, regulação e fiscalização dos usos da água. A prevenção e mitigação de eventos hidrológicos críticos e a promoção do uso racional e sustentável da água também são pilares dessa gestão. A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei n.º 9.433 de 1997, é a norma balizadora da gestão dos recursos hídricos no País. Ela prevê que a gestão das águas não deve dissociar aspectos de quantidade e qualidade e deve considerar a diversidade geográfica e socioeconômica das diferentes regiões, o planejamento dos setores usuários e os planejamentos regionais, estaduais e nacional, além da integração com a gestão ambiental, do uso do solo, sistemas estuarinos e zonas costeiras.

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece os fundamentos, as diretrizes e os instrumentos de gestão dos recursos hídricos, além de definir que a gestão deve ocorrer de maneira participativa e descentralizada, com a

participação do poder público, dos usuários de água e das comunidades. Para atender a essas premissas, foi instituído o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh), que integra atores de interesse. Na estrutura do Singreh estão os colegiados: CNRH, Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e comitês de bacia hidrográfica (CBH), no âmbito federal e estadual. Esses entes se caracterizam por possuírem representantes de diferentes segmentos sociais, do governo e da sociedade civil, de forma a compor fóruns de discussão dos interesses da sociedade brasileira. Ainda compondo a estrutura do Singreh estão os órgãos gestores de recursos hídricos, de caráter executivo, a ANA e os órgãos gestores de recursos hídricos das UF.

Os conselhos e os comitês são considerados os "fóruns" para debate e tomada de decisão nos temas relacionados à gestão dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas em que atuam (Figura 33). Os CBH estão estruturados para promover a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, atuando no fomento à implementação dos instrumentos de gestão, da negociação de conflitos pelo uso da água e da promoção dos diferentes usos da água na bacia, sendo conhecidos como "parlamentos da água" (ANA, 2017b).

Figura 33 – Evolução na criação de CBH no Brasil.



Fonte: ANA, 2020a.

Desde o início do século XX, porém, já havia uma lei para disciplinar a apropriação e o uso da água no Brasil. Àquela época de crescimento e desenvolvimento econômico, a água era considerada um bem em abundância. O Código das Águas, Decreto n.º 24.643 de 1934[45], ditava as regras para a apropriação e os diferentes usos desse recurso natural. Antes mesmo desse Decreto, os estados de São Paulo e Ceará já haviam elaborado e promulgado suas próprias políticas sobre recursos hídricos. Naquela época, o setor de energia concentrava o uso e as demandas sobre o recurso.

45 Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html.

A partir da década de 1970, o aumento populacional e a intensificação do crescimento industrial verificados no País contribuíram para uma maior pressão pelo uso da água. Na década seguinte, o processo de democratização do Brasil, que trazia na esfera política ideias inovadoras com forte caráter social, e diante da percepção de que a água se tornaria escassa, fomentou os debates que levaram à elaboração e promulgação da atual Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta, por sua vez, foi influenciada pelo modo como a água já vinha sendo percebida internacionalmente, como um recurso limitado que deveria ser utilizado de modo racional e sustentável.

Para implementar a gestão e garantir o alcance de seus objetivos, a Política Nacional de Recursos Hídricos instituiu cinco instrumentos de gestão. São eles: planos de recursos hídricos, enquadramento dos cursos d'água em classes de qualidade, conforme os usos preponderantes, outorga de direito de uso dos recursos hídricos, cobrança pelo uso dos recursos hídricos e sistema de informações sobre recursos hídricos[46]. Os planos e o enquadramento são instrumentos de planejamento. A outorga e a cobrança pelo uso, associadas ao cadastro de usuários e à fiscalização, são ferramentas para o controle e a regulação dos usos, e o sistema de informações visa garantir a coleta, a sistematização e as análises e divulgação de dados e informações sobre recursos hídricos. Os cinco instrumentos de gestão se inter-relacionam. Como exemplo, para a concessão da outorga de uso dos recursos hídricos em um determinado trecho de curso d'água, é necessário observar a classe de uso em que este se encontra enquadrado, definida preferencialmente no plano de recursos hídricos.

Nos últimos anos, têm havido um gradativo fortalecimento institucional nas UF, progressos na implementação dos instrumentos de gestão, maior mobilização e participação social, verificáveis pelo contínuo incremento na criação de CBH, maior transparência e democratização da informação, com a divulgação de dados sobre a situação e a gestão dos recursos hídricos, por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e dos relatórios Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, além de esforços empreendidos na integração da gestão de recursos hídricos com outras políticas setoriais, e na gestão integrada nacional e internacional. O Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (Progestão), criado em 2013 e coordenado pela ANA, destaca-se nesse sentido, pois visa intensificar a articulação e a cooperação institucional no âmbito do Singreh e fortalecer os sistemas de gestão dos recursos hídricos nas UF[47].

Além dos avanços apontados, as ações de capacitação são pilares para o fortalecimento da gestão de recursos hídricos. Na última década, foi criado o Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, parceria entre a ANA e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Houve também aumento na oferta de cursos gratuitos presenciais, semipresenciais e a distância, além de cursos ofertados em línguas estrangeiras, atendendo aos países com os quais o Brasil estabelece cooperação no tema água[48].

Em relação às competências legais, novas atribuições foram acrescidas à ANA com a promulgação da Lei n.º 14.026 de 2020[49], que atualiza o marco legal do saneamento básico no Brasil. A partir desse normativo, a ANA se tornou responsável por elaborar normas de referência para as agências infranacionais de regulação dos serviços de saneamento básico no País. O reúso dos efluentes sanitários tratados, em conformidade com as normas ambientais e de saúde pública, e a coordenação de um sistema de

46 A evolução de cada um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos pode ser acompanhada nos relatórios anuais de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, publicados pela ANA, incluindo os encartes especiais elaborados, em http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos.

47 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no *site:* https://progestao.ana.gov.br/.

48 Mais informações sobre o conteúdo das capacitações podem ser obtidas no *site:* https://capacitacao.ead.unesp.br/.

49 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no *site:* https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421.

avaliação do cumprimento de metas de ampliação e universalização da cobertura dos serviços públicos de saneamento básico, incluindo nesse escopo a gestão de resíduos sólidos e a drenagem de águas pluviais no ambiente urbano, estão entre os temas a serem geridos.

O reúso da água é uma das estratégias sustentáveis para garantir segurança hídrica. Há outras que também podem ser citadas, como a conservação ambiental, redução de perdas de água, despoluição, proteção e recuperação de bacias hidrográficas, incremento no armazenamento de água superficial, importação de água (transposição) ou dessalinização. Nos países industrializados e em desenvolvimento, o reúso tem sido parte importante do portfólio nacional de abastecimento de água, especialmente em regiões com escassez hídrica. Algumas empresas de saneamento e usuários de água no Brasil já praticam ou consideram implantar o reúso dentro do quadro jurídico estabelecido pelo CNRH, conforme a Resolução n.º 54 de 2005[50], sem, no entanto, critérios de qualidade de água preestabelecidos nacionalmente. A Resolução CNRH n.º 121 de 2010[51] normatizou a modalidade de reúso agrícola e florestal.

A discussão sobre reúso está sendo impulsionada pela necessidade de melhorar a disponibilidade hídrica, principalmente no Nordeste e nos grandes centros urbanos brasileiros, onde o balanço hídrico quali-quantitativo é crítico, e pelo crescimento populacional e os efeitos das MCG que tendem a aumentar a pressão sobre os recursos hídricos. Além disso, considera-se o fato de que o reúso de efluente sanitário tratado é uma alternativa comprovada para a melhoria da disponibilidade hídrica em certos contextos, e já em andamento no Brasil, embora ainda limitado.

A regulamentação sobre o reúso de água vem avançando no País, com a edição de normativos pelas UF disciplinando o tema, a exemplo de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Ceará. Também tramita no Congresso Nacional propostas legislativas, muitas das quais surgiram em 2015, quando se instaurou uma situação de crise deflagrada pela escassez hídrica na Região Sudeste.

Neste contexto, a Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do MDR elaborou em 2018 proposta de plano de ações para instituição de uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil, e o CNRH instituiu, em 2020, um Grupo de Trabalho para propor a normatização da matéria, com diretrizes e orientações voltadas para as reais necessidades do País, no sentido de impulsionar o uso racional e o reúso de água, resguardando a saúde pública e a proteção do meio ambiente. A meta proposta para o reúso não potável direto no Brasil é de aproximadamente 13 m^3/s até 2030, frente aos quase 2 m^3/s atuais. Esse número representaria 4% do total de água reusada no mundo, valor que colocaria o Brasil numa posição de destaque nesse quesito. No longo prazo, espera-se poder chegar até algo em torno de 175 m^3/s, valor bastante considerável e que será de grande importância para o incremento das fontes de abastecimento no País.

O aprendizado com a gestão dos recursos hídricos nos últimos anos evidencia também lacunas e desafios a serem superados. Destaca-se a necessidade de avanços na gestão das águas subterrâneas, no enquadramento dos cursos d'água em classes de uso, na integração com a gestão costeira, na implementação e em uma melhor integração entre planos de recursos hídricos, em suas diferentes escalas de atuação, melhorias nos mecanismos de financiamento e na aplicação de recursos financeiros para ações dirigidas à implementação da gestão integrada dos recursos hídricos, entre outros aspectos.

50 Disponível em: https://cnrh.mdr.gov.br/resolucoes/37-resolucao-n-54-de-28-de-novembro-de-2005/file.
51 Disponível em: https://cnrh.mdr.gov.br/resolucoes/1414-resolucao-n-121-de-16-de-dezembro-de-2010/file.

Plano Nacional de Recursos Hídricos

O plano de recursos hídricos é o instrumento de gestão que mais interfaces possui com os outros instrumentos e com as políticas setoriais de interesse para a gestão de recursos hídricos. Por estar consolidado em um diagnóstico técnico, prognóstico e plano de ações, tem a função de subsidiar o diálogo e as negociações com diferentes atores sociais, para identificar as necessidades que se apresentam e, a partir delas, pactuar compromissos, a partir de uma gestão participativa, integrada e intersetorial, de modo a alcançar seus objetivos. O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), por seu recorte territorial, traz o panorama nacional da situação dos recursos hídricos e as diretrizes e ações que devem ser pactuadas e compromissadas em nível nacional, pelos diferentes entes em busca da sustentabilidade hídrica e da conservação dos recursos hídricos no Brasil.

O PNRH, aprovado em 2006 pelo CNRH, encerra seu último ciclo de implementação ao final de 2021, de acordo com a Resolução CNRH n.° 216 de 2020[52], que prorroga o prazo de vigência das suas respectivas prioridades e metas, em função da pandemia de Covid-19[53].

Ao longo de 2021, o MDR, com o apoio técnico da ANA e em articulação com o CNRH, está conduzindo o processo participativo de elaboração do novo PNRH para o período 2022-2040, que constituirá a estratégia nacional para o gerenciamento dos recursos hídricos. O processo envolve uma série de oficinas regionais, setoriais, temáticas e de pactuação, com as instituições do Singreh e a sociedade, com o objetivo de estabelecer diretrizes, programas e metas pactuados social e politicamente, a partir de uma base técnica consistente, considerando o horizonte temporal previsto.

Os resultados do processo participativo de elaboração do PNRH 2022-2040 serão levados à apreciação do plenário do CNRH no inicio de 2022, sistematizados em dois documentos principais: i) o Diagnóstico e Prognóstico dos Recursos Hídricos no Brasil, que constitui o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos 2021, elaborado pela ANA; e ii) o Plano de Ação, contendo os objetivos, diretrizes, programas, ações e metas do PNRH 2022-2040. O Plano de Ação também contará com um Anexo Normativo, com as propostas de normativos vinculantes a serem atendidos pelo Poder Público e setores usuários da água, e uma agenda para o seu desenvolvimento pelo CNRH e/ou outras instâncias do Singreh.

O processo de elaboração do PNRH 2022-2040 constitui uma oportunidade para dar luz às principais necessidades de aprimoramento ou lacunas da política de recursos hídricos, dos instrumentos de gestão, dos espaços colegiados e de integração com as políticas e planos setoriais e entre os níveis de planejamento[54].

52 Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-cnrh-216-de-11-de-setembro-de-2020-278927951.
53 Mais informações sobre a implementação do PNRH podem ser obtidas no *site:* https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/analise-global-da-implementacao-do-pnrh.
54 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no *site:* https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A última década foi caracterizada por situações de crises hídricas no Brasil. Houve grandes cheias que causaram inúmeros impactos e, especialmente, longos períodos de seca que levaram à escassez de água em várias localidades. A falta de recursos hídricos em quantidade e qualidade adequadas, impacta diretamente o desenvolvimento do País, afetando negativamente a produção e as atividades econômicas, a saúde pública e o meio ambiente. O desafio de gerir um recurso tão precioso como a água se mostra cada vez mais relevante diante de contexto de alterações climáticas e de secas e cheias cada vez mais frequentes e intensas. Garantir a segurança hídrica, em todas as suas dimensões, por meio do planejamento e da implantação de infraestrutura hídrica adequada, vinculada à gestão de riscos e de demandas, com foco na otimização do uso, do armazenamento da água e da garantia da sustentabilidade ecológica dos ecossistemas aquáticos, são desafios que se impõem aos gestores e aos setores usuários de recursos hídricos. A gestão de recursos hídricos, descentralizada e participativa, integrada à gestão ambiental e consoante com a dinâmica socioeconômica brasileira, tem avançado, mas ainda exige aperfeiçoamentos.

Aprimorar a governança e a gestão integrada, melhorar e divulgar o conhecimento técnico, dando cada vez mais transparência e oportunidades para a participação social nas decisões e ações em prol da sustentabilidade hídrica e ecossistêmica, são premissas que devem ser seguidas constantemente.

Os relatórios Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, publicados anualmente pela ANA, o SNIRH e os indicadores do ODS 6 – Água Limpa e Saneamento para o Brasil, são exemplos de instrumentos e estratégias de monitoramento que informam, analisam e subsidiam os tomadores de decisão e o público em geral em relação à água no Brasil. Além disso, o PNRH 2022-2040 será o instrumento norteador para continuarmos avançando na busca pelo alcance dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos – garantir água em quantidade e qualidade para as gerações presentes e futuras, de maneira sustentável, em observância às medidas de prevenção e mitigação dos efeitos de eventos hidrológicos críticos.



Confluência Rio das Velhas e São Francisco
Fonte: Banco de Imagens da ANA

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013: Relatório Pleno**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2013_rel.pdf. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2014: Informe**. Brasília: ANA, 2014. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informes2014.pdf. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce.** Brasília: ANA, 2016. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarteriodoce_22_03_2016v2.pdf. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: ANA, 2017a. Disponível em: http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=72208. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017: Relatório Pleno**. Brasília: ANA, 2017b. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2018: Informe**. Brasília: ANA, 2018a. Disponível em: http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=77855. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil.** Brasília: ANA, 2019a. Disponível em: http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=78093. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019: Informe**. Brasília: ANA, 2019b. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_anual_2019-versao_web-0212-1.pdf. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília: ANA, 2019c. Disponível em: http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=77856. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH**. Brasília: ANA, 2019d. Disponível em: https://pnsh.ana.gov.br/. Acesso em: 30 jul. 2021.

_____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2020: Informe**. Brasília: ANA, 2020a. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2020. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Atlas Esgotos: Atualização da base de dados de estações de tratamento de esgotos.** Brasília: ANA, 2020b. Disponível em: http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=85259. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021: Relatório Pleno**. Brasília: ANA, 2021a.

_____. **Atlas Águas: Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano**. Brasília: ANA, 2021b.

_____. **ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores**. 2. ed. Brasília: ANA, [s.d.].

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Brasil alcança 170 mil megawatts de capacidade instalada em 2019.** Sala de Imprensa: ANEEL, 10 jan. 2020. Disponível em: http://bit.ly/35IP2Vo. Acesso em: 14 jul. 2021.

BANDEIRA, J. V.; FARIAS, E. G. G.; LORENZZETTI, J. A.; SALIM, L. H. Resposta morfológica da foz do Rio São Francisco, devido à retenção de sedimentos nos reservatórios. **VETOR - Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, v. 23, n. 1, p. 5–17, 4 jul. 2013.

BRITO, S. S. B.; CUNHA, A. P. M. A.; CUNNINGHAM, C. C.; ALVALÁ, R. C. S.; MARENGO, J. A.; CARVALHO, M. A. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p. 517–529, fev. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1002/joc.5225.

CBHSF, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Conflito pelo uso da água no Rio Arrojado é tema de congresso virtual**. CBHSF: 1 jun. 2020. Disponível em: https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/novidades/conflito-pelo-uso-da-agua-no-rio-arrojado-e-tema-de-congresso-virtual/. Acesso em: 30 jul. 2021.

CODEVASF, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Plano nascente Parnaíba: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Parnaíba**. Brasília: Editora IABS, 2016. Disponível em: https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/revitalizacao. Acesso em: 30 jul. 2021.

CUNHA, A. P. M. A.; TOMASELLA, J.; RIBEIRO-NETO, G. G.; BROWN, M.; GARCIA, S. R.; BRITO, S. B.; CARVALHO, M. A. Changes in the spatial–temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast. **Atmospheric Science Letters**, v. 19, n. 10, p. e855, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1002/asl.855.

CUNHA, A. P. M. A.; MARCHEZINI, V.; LINDOSO, D. P.; SAITO, S. M.; ALVALÁ, R. C. S. Desafios para a Consolidação de um Sistema de Alerta de Risco de Desastre Associado às Secas no Brasil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 10, n. 1, p. 60–76, 30 abr. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v10n1.2019.19380.

ELLIS, Erle Christopher. **Anthropocene: A Very Short Introduction**. 1. ed. Oxford, New York: Oxford University Press, 2018.

EPL, Empresa de Planejamento e Logística S.A. **Plano Nacional de Logística - PNL 2025: Relatório Executivo**. EPL, 2018. Disponível em: https://www.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-pnl.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Flying Rivers – how forests affect water availability downwind and not just downstream.** 2019. Disponível em: http://www.fao.org/in-action/forest-and-water-programme/news/news-detail/en/c/1190278/. Acesso em: 22 jun. 2021.

GODOY, J. M.; PADOVANI, C. R.; GUIMARÃES, J. R. D.; PEREIRA, J. C. A.; VIEIRA, L. M.; CARVALHO, Z. L.; GALDINO, S. Evaluation of the Siltation of River Taquari, Pantanal, Brazil, through 210Pb Geochronology of Floodplain Lake Sediments. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 13, n. 1, p. 71–77, fev. 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-50532002000100011.

GOMIDE, F. L. S. **Sobre Reservatórios e Segurança Hídrica**. 2012. Disponível em: https://enercons.com.br/restrito/site-abrapch/sobre_reservatorios_e_seguranca_hidrica.pdf. Acesso em: 19 mai 2016.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Acidentes Ambientais: Relatório 2019**. Brasília: IBAMA, 2020a. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/emergencias-ambientais/publicacoes/relatorios. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Relatório de Acidentes Ambientais 2015-2018**. Brasília: IBAMA, 2020b. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/emergencias-ambientais/publicacoes/relatorios. Acesso em: 16 jul. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual - PNADC/A**. 2019. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnadca/tabelas. Acesso em: 17 jul. 2021.

IBGE; ANA. **Contas Econômicas Ambientais da Água: Brasil 2013-2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020 (Contas Nacionais, 72). Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101710. Acesso em: 16 jul. 2021.

IPCC, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge e New York: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. Cambridge e New York: Cambridge University Press, 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/srccl/. Acesso em: 16 jul. 2021.

MARENGO, J. A., SOUZA, C. Jr., THONICKE, K., BURTON, C., HALLADAY, K., BETTS, R., ALVES, L. M.; SOARES, W. R., 2018. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. **Frontiers in Earth Science**. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2018.00228/full. Acesso em: 16 jul. 2021.

MELO, M. C.; JOHNSON, R. M. F. O conceito emergente de segurança hídrica. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p. 72–92, dez. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.5892/st.v1i1.4325. Acesso em: 16 jul. 2021.

MIRANDA, R. B.; MAUAD, F. F. Influence of Sedimentation on Hydroelectric Power Generation: Case Study of a Brazilian Reservoir. **Journal of Energy Engineering**, v. 141, n. 3, p. 04014016, 1 set. 2015. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29EY.1943-7897.0000183. Acesso em: 16 jul. 2021.

MDR, Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico - Plansab: Mais Saúde com Qualidade de Vida e Cidadania.** Brasília: 2019. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao_Conselhos_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Alta_-_Capa_Atualizada.pdf. Acesso em: 5 ago. 2021.

_____. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília, 2020. Disponível em: http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2019. Acesso em: 5 ago. 2021.

_____. **Plano Nacional de Saneamento Básico - Plansab: Relatório de Avaliação Anual 2019**. Brasília: 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/RELATRIODEAVALIAOANUALDOPLANSAB20192.pdf. Acesso em: 5 ago. 2021.

MME, Ministério de Minas e Energia; EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050. Acesso em: 16 jul. 2021.

MS, Ministério da Saúde. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano.** Brasília: MS, 2016. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf. Acesso em: 16 jul. 2021.

NIENHUIS, J. H.; ASHTON, A. D.; EDMONDS, D. A.; HOITINK, A. J. F.; KETTNER, A. J.; ROWLAND, J. C.; TÖRNQVIST, T. E. Global-scale human impact on delta morphology has led to net land area gain. **Nature**, v. 577, n. 7791, p. 514–518, jan. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41586-019-1905-9. Acesso em: 16 jul. 2021.

NOBRE, A. D. **O Futuro Climático da Amazônia: Relatório de Avaliação Científica**. São José dos Campos: Articulação Regional Amazônia, 2014. Disponível em: http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/10/Futuro-Climatico-da-Amazonia.pdf. Acesso em: 22 jun. 2021.

SANTOS, J. F. O saneamento como instrumento de promoção da saúde – Livro II. *In*: Ministério das Cidades. **Lei nacional de saneamento básico: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços públicos**. Brasília: Programa de Modernização do Setor Saneamento, 2009. v. 2, p. 357–366. Disponível em: https://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/193/titulo/lei-nacional-de-saneamento-basico---perspectivas-para-as-politicas-e-a-gestao-dos-servicos-publicos---livro-ii. Acesso em: 16 jul. 2021.

UNEP, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - DHI, Centro para Água e Ambiente; IUCN, União Internacional para a Conservação da Natureza; TNC, The Nature Conservancy. **Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects**. Nairobi: UNEP, 2014. Disponível em: https://portals.iucn.org/library/node/44769. Acesso em: 16 jul. 2021.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura; UN WATER. **World Water Development Report 2018: Nature-based solutions for water**. Paris: UNESCO, 2018. Disponível em: https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018/. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **World Water Development Report 2020: Water and Climate Change**. Paris: UNESCO, 2020. Disponível em: https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2020/. Acesso em: 16 jul. 2021.

_____. **World Water Development Report 2021: Valuing Water**. Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2021/. Acesso em: 16 jul. 2021.

WALSH, C. J.; ROY, A. H.; FEMINELLA, J. W.; COTTINGHAM, P. D.; GROFFMAN, P. M.; MORGAN, R. P. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 24, n. 3, p. 706–723, 1 set. 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1899/04-028.1. Acesso em: 16 jul. 2021.

3 Terra



Fonte: Bruno Abe Saber/MMA

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação
Bruno Siqueira Abe Saber Miguel - MMA

Redação
Adma Hamam de Figueiredo - IBGE
Adriano Santhiago de Oliveira - MMA
Amanda Amaral Abrahão - Ministério da Saúde
Ana Clara Alencar Lambert - IBGE
Bruno Siqueira Abe Saber Miguel - MMA
Celso Vainer Manzatto - Embrapa Meio Ambiente
Cristiano Alberto de Andrade - Embrapa Meio Ambiente
Débora Sousa Bandeira - Ministério da Saúde
Edson Luís Bolfe - Embrapa Informática Agropecuária
Fabio Giusti Azevedo de Britto - NETMIN/CETEM/MCTI
Felipe Leite Nisiyama - Ministério da Saúde
Fernando Ferreira de Castro - NETMIN/CETEM/MCTI
Fernando Peres Dias - IBGE
Gustavo Bayma Siqueira da Silva - Embrapa Meio Ambiente
Iara Campos Ervilha - Ministério da Saúde
Iêdo Bezerra Sá - Embrapa Semi-Árido
Jaciara Aparecida Rezende - Ibama
José Antônio Sena do Nascimento - NETMIN/CETEM/MCTI
José Carlos Polidoro - Embrapa Solos
Luis Carlos Hernani - Embrapa Solos
Marcelo Augusto Boechat Morandi - Embrapa Meio Ambiente
Margareth Gonçalves Simões - Embrapa Solos
Maria Amélia da Silva Enriquez - UFPA
Maria Pereira Lima Green - NETMIN/CETEM/MCTI
Mariely Helena Barbosa Daniel - Ministério da Saúde
Monica Monnerat Tardin Bastos - NETMIN/CETEM/MCTI
Pedro Luiz de Freitas - Embrapa Solos
Robson Rolland Monticelli Barizon - Embrapa Meio Ambiente
Rodrigo Favero Clemente - Ministério da Saúde
Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz - Embrapa Solos
Sandro Eduardo Marschhausen Pereira - Embrapa Meio Ambiente
Tassiane Garcia Peinado - Ibama
Thais Araújo Cavendish - Ministério da Saúde
Vanessa de Paula Ferreira - Ministério da Saúde
Wagner Lopes Soares - IBGE

Colaboração e revisão
Alexandre Marques - Ibama
Laerte Guimarães Ferreira - UFG
Peter Rembischevski - Anvisa
Roberta Zecchini Cantinho - MCTI
Rosângela Garrido Machado Botelho - IBGE

ODS relacionados ao capítulo



INTRODUÇÃO

"Gigante pela própria natureza", a grande extensão do território brasileiro se reflete nas diversas formas de ocupação e uso dos espaços moldados pela natureza tropical e subtropical do País, conformando uma diferenciação regional que se altera à medida que o movimento de ocupação vai construindo o território nacional através do tempo.

Não é, portanto, uma simples coincidência o fato de que a história da formação do Brasil esteja ligada a diferentes ciclos de uso da terra – pau-brasil, cana-de-açúcar, ouro e diamantes, algodão, borracha, café, cacau, ferro e soja, sucessivamente, tendo a pecuária como atividade de suporte e de viabilização da ocupação do interior do País.

Pode-se afirmar, assim, que as potencialidades naturais do território forneceram a base de recursos necessária à expansão da fronteira econômica sempre que solicitada nos momentos de aceleração do processo de crescimento, de consolidação do mercado interno e, mais recentemente, de competição no mercado externo.

Partindo das principais tipologias de uso da terra definidas no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) e no projeto Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil (IBGE, 2020a), o presente capítulo tem o objetivo de analisar a dinâmica recente de ocupação e uso do território nacional, identificando as pressões e impactos relacionados às principais classes de uso da terra (agricultura, pecuária, silvicultura, mineração, áreas urbanas e cobertura vegetal), bem como as iniciativas que têm sido implementadas visando otimizar as oportunidades e coibir os efeitos adversos decorrentes desses processos.

Para tanto, é importante ter em perspectiva que essa dinâmica é resultado da influência de uma série de fatores (ou forças motrizes), tanto internos quanto externos, que atuam na conformação territorial do País na contemporaneidade, associados a processos demográficos, econômicos, sociais e ambientais que moldam as mudanças ocorridas na distribuição da produção primária no território nacional.

Estima-se que a população brasileira atingiu, em 2020, cerca de 211,7 milhões de habitantes. A taxa média geométrica de crescimento anual, no período de 2010 a 2020, foi de 1,05%, a mais baixa já observada, refletindo a continuidade do declínio da fecundidade verificado no decorrer dos últimos 50 anos, exprimindo-se na queda relativa e, em diversos casos, na redução até absoluta do número de nascimentos (IBGE, 2016a).



Fonte: Bruno Adé Sabel/MMA

Ainda que em desaceleração, houve um acréscimo de mais de 20 milhões de habitantes desde o Censo Demográfico de 2010, o que, conjugado com o aumento da renda per capita nacional (fortemente impactada pela crise econômica iniciada em 2015 e intensificada pela pandemia de COVID-19) e a mudança dos hábitos alimentares dos brasileiros, com maior consumo de proteínas animais, têm se refletido no aumento da demanda por produtos agropecuários, minérios e energia para atender o mercado consumidor do País.

Outro aspecto importante da evolução da população brasileira está relacionado ao processo de urbanização, que, de acordo com o Censo Demográfico de 2010 (último dado disponível), atingiu o patamar de 84,4%.

Em seguida à região Sudeste – que, no Censo Demográfico de 1960, apresentou pela primeira vez predomínio de residentes na zona urbana (57%) –, as regiões Sul e Centro-Oeste também começam a se urbanizar de forma intensa a partir de meados da década de 1970, uma vez que a concomitante expansão das atividades agropecuárias nessas regiões foi acompanhada por um intenso processo de mecanização. Com efeito, a modernização do setor agrícola no Brasil veio acompanhada também por um ritmo acelerado do processo urbano-industrial, estimulando um movimento simultâneo de esvaziamento do espaço rural e de adensamento populacional em torno dos grandes centros urbanos, tais como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte[1].

Essa concentração populacional nas zonas urbanas gera, por exemplo, uma maior demanda por minerais, em especial os de uso direto na construção civil, além de minerais metálicos e industriais. Entre 1990 e 2018, o consumo per capita de cimento no Brasil passou de 177 kg/habitante para 254 kg/habitante; o de alumínio saltou de 2,2 kg/habitante para 6,6 kg/habitante, enquanto o de cerâmica para revestimento aumentou de 1,1 m^2/habitante para 3,4 m^2/habitante (MME, 2020).

Por fim, não menos importante na leitura da dinâmica populacional e dos vetores indutores das formas de apropriação e uso da terra na atualidade, a distribuição espacial dos estabelecimentos agropecuários no País constitui um reflexo direto de formas simultâneas de incorporação econômica da população, da terra e, portanto, da natureza no território nacional.

As manchas adensadas de estabelecimentos agropecuários, em geral de pequeno porte, são características do bioma Mata Atlântica, em áreas históricas de ocupação agrícola pioneira pela expansão das lavouras de cana-de-açúcar e café, e do bioma Caatinga, área pioneira de interiorização do sertão nordestino pela pecuária. Ademais, essa distribuição revela os adensamentos lineares ao longo dos rios e as formas contemporâneas derivadas da apropriação do bioma Amazônia por meio dos projetos de assentamento ao longo da Transamazônica (BR-230) e do eixo da BR-364 em Rondônia e dos movimentos mais recentes de interiorização de sua ocupação ao longo do eixo da BR-163 e de estradas vicinais situadas no Amazonas e no Pará.

Essas porções do território apresentam um forte contraste com as áreas ocupadas por estabelecimentos agropecuários no restante do bioma Amazônia e nos biomas Cerrado e Pantanal, caracterizadas por uma estrutura fundiária com predomínio de estabelecimentos de grande dimensão. De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, nos estados do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul, 80,1% e 76,4% da área de seus estabelecimentos agropecuários, respectivamente, é ocupada por unidades com mais de 1.000 hectares (ha), que correspondem a apenas 8% e 9,4% do número de estabelecimentos desses estados. Além disso, os estados com maior área média de seus estabelecimentos agropecuários estão localizados nesses três biomas: Mato Grosso (462 ha), Mato Grosso do Sul (412,4 ha), Tocantins (233,3 ha), Amapá (177,1 ha) e Goiás (173,3 ha)[2].

1 Segundo o Censo Demográfico de 2010, as taxas de urbanização das regiões brasileiras são de 92,9% no Sudeste, 88,8% no Centro-Oeste, 84,9% no Sul, 73,5% no Norte e 73,1% no Nordeste.

2 A área média dos estabelecimentos agropecuários no Brasil é de 69,1 ha, sendo os menores valores encontrados nos estados de Sergipe (15,6 ha), Pernambuco (15,9 ha) e Alagoas (16,6 ha).

Em nível internacional, os últimos anos foram marcados pelo expressivo crescimento da economia da China, combinado à elevação da renda per capita de sua população, de 1,4 bilhão de habitantes, e ao seu ingresso, em 2001, na Organização Mundial do Comércio, desencadeando um processo de redução das barreiras tarifárias e não tarifárias.

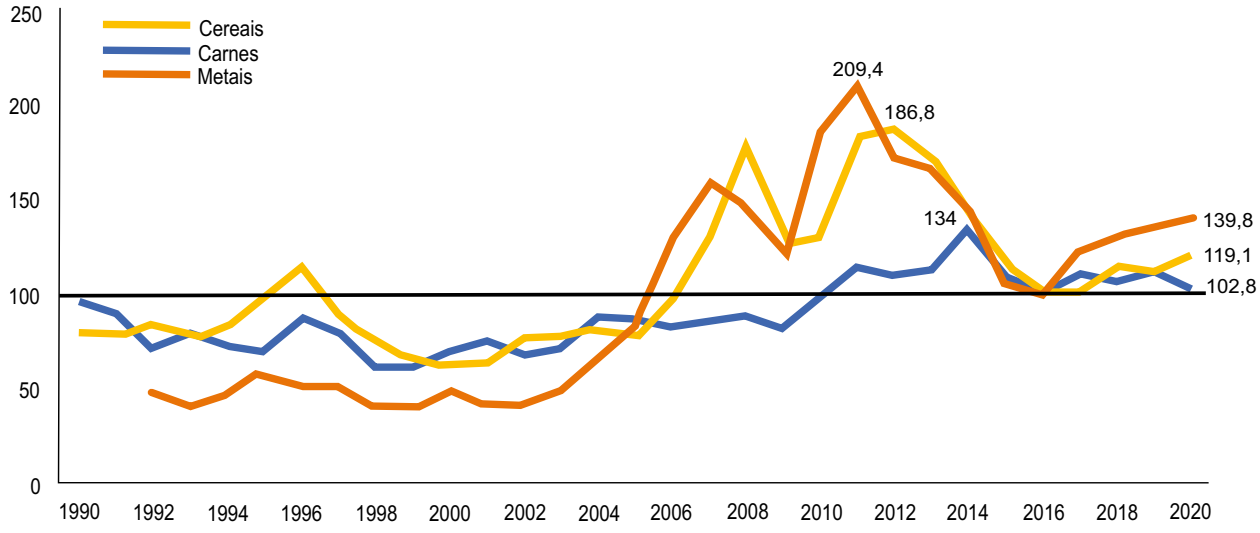
Esse crescimento, que também se fez sentir em outros Países, em especial a Índia, foi acompanhado pela inserção maciça no mercado de produtos alimentícios processados de carnes (de aves, bovina e suína) e derivados de soja, e pela demanda por bens cuja produção é altamente dependente de energia, como é o caso do ferro e do aço.

Em decorrência desses fatores, o período entre 2006 e 2014 testemunhou um "super ciclo" das *commodities*, no qual a intensa alta dos preços dos produtos agropecuários e dos minérios desencadeou forte pressão pelo aumento da produção e das exportações. Não obstante as baixas pontuais a partir de 2009, os índices de preços se mantiveram em patamares muito acima daquele verificado nos anos 1990 (Figura 1).

Dessa forma, outro fator propulsor da atual dinâmica de uso da terra no Brasil se deve à posição de liderança mundial que o País vem assumindo na exportação de *commodities* agropecuárias e minerais, a fim de abastecer a nova demanda. O País é atualmente o principal exportador de açúcar, café, carne bovina e de aves, celulose, nióbio, soja e suco de laranja e é o segundo maior exportador de ferro e milho.

O volume exportado pelo setor agropecuário brasileiro cresceu quase cinco vezes entre 2000 e 2020, totalizando US$ 100,7 bilhões no último ano[3] – com um superávit de US$ 87,7 bilhões (AGROSTAT/MAPA, 2021), enquanto as exportações de minério de ferro e aço, que foram de US$ 6,63 bilhões em 2000, atingiram US$ 34,78 bilhões em 2020 (COMEXSTAT/MDIC, 2021), contribuindo de forma decisiva para o saldo total da balança comercial brasileira.

Figura 1 – Evolução do índice de preços de *commodities* agropecuárias e minerais no mercado internacional, entre 1990 e 2020 (2016 = 100).



OBS: O índice de cereais inclui arroz, aveia, cevada, milho, soja, sorgo e trigo; o índice de carnes inclui carne bovina, suína e de aves; o índice de metais inclui alumínio, chumbo, cobalto, cobre, estanho, ferro, molibdênio, níquel, urânio e zinco.
Fonte: *Primary Commodity Price System*/FMI, 2021.

3 Note-se, no entanto, que as receitas de exportação do setor dependem fortemente de alguns produtos. Em 2020, as exportações do complexo soja (grão, farelo e óleo) atingiram US$ 35,2 bilhões, ou 35% da receita total. Os cinco principais produtos agropecuários exportados (soja, carne, açúcar/etanol, produtos florestais e cereais, respectivamente) responderam por quase 80% da receita, contra 57,7% em 2000.

No ano 2000, os países europeus, os Estados Unidos e o Canadá absorveram mais de 62% das exportações de produtos agropecuários e 44,5% das exportações de minério de ferro do Brasil, enquanto a China era apenas o 11º importador de produtos agropecuários – com menos de US$ 0,5 bilhão, ou 4% do total – e o 3º importador de minério de ferro – com US$ 271 milhões, ou 9% do total.

Em 2020, a China ficou em primeiro lugar nos dois grupos, absorvendo US$ 36,2 bilhões em produtos agropecuários (35,8% do total) e US$ 18,5 bilhões em minério de ferro (71,8% do total), com a participação dos países europeus, dos Estados Unidos e do Canadá, tendo diminuído para 24,4% e 6,2% do total, respectivamente (AGROSTAT/MAPA, 2021; COMEXSTAT/MDIC, 2021). Apesar da desaceleração do crescimento econômico chinês, as disputas comerciais entre esse País e os Estados Unidos tendem a favorecer o Brasil.

Como resultado, a trajetória brasileira nos últimos anos culminou em um quadro de incentivo ao setor agropecuário e mineral com foco no mercado externo, muitas vezes em detrimento da diversificação produtiva e da valorização de outras potencialidades do espaço nacional[4].

Isso tem ocorrido por meio de políticas setoriais difusas e concessões à iniciativa privada para desenvolvimento das redes de suporte à logística do setor primário, essencial ao escoamento desses produtos até os pontos de armazenagem e exportação, favorecendo o crescimento e interiorização do agronegócio e do setor mineral nacional.

Em escala nacional, o Centro-Sul do País continua a concentrar o principal eixo de armazenagem, grande parte da matriz rodoviária e ferroviária e os principais portos exportadores do Brasil (Santos, Paranaguá e Rio Grande). Contudo, chama atenção uma nova geografia configurada pelos fluxos entre as unidades da federação onde se dá a produção das *commodities* agrícolas e os principais locais de exportação, que começa a colocar os portos de Manaus, Santarém, Belém e São Luís, localizados nas regiões Norte e Nordeste, no cenário dos fluxos de exportação da produção agropecuária de grãos do Centro-Oeste e da região do Matopiba (distribuída pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, em áreas majoritariamente de Cerrado, somando cerca de 730 mil km²), além de minérios e celulose trazidos pelas ferrovias Norte-Sul e Carajás (Figura 2).

O sucesso do País na exportação de *commodities* agrícolas e minerais tem, inclusive, posto na ordem do dia a complexa questão envolvendo o crescente peso desses produtos na pauta de exportações brasileiras[5], ao mesmo tempo em que ressalta a dependência do País em relação à importação de produtos industrializados, problematizando, em novos termos, a questão da forma de inserção do Brasil no mundo.

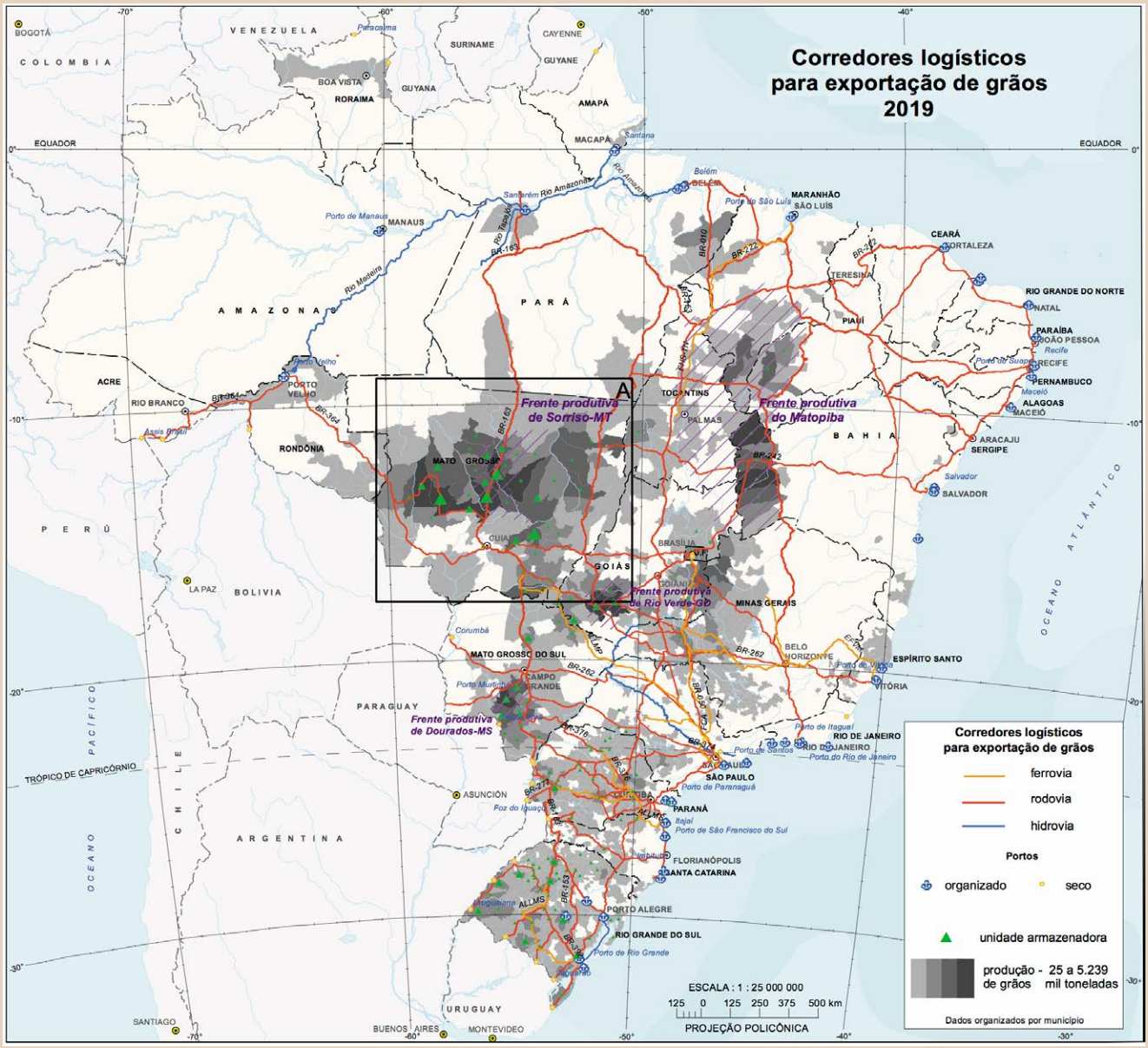
De forma transversal aos processos descritos anteriormente, um vetor adicional das condições de demanda e oferta de produtos primários está relacionado à mudança comportamental de um número crescente de pessoas, que valorizam cada vez mais características que vão além do preço, como a saudabilidade, a segurança dos alimentos, a ética e a sustentabilidade (ARAÚJO; BOLFE, 2020).

O acelerado avanço das tecnologias da informação e comunicação, com a proliferação das mídias sociais e plataformas digitais, vem modificando radicalmente as relações entre produtores e consumidores.

4 Como exemplo, pode-se mencionar a Lei Kandir - Lei complementar no 87/1996 -, que ao isentar as exportações de matérias-primas e produtos semiprocessados do ICMS é criticada por desestimular a agregação de valor à produção.

5 A participação das exportações agropecuárias e da indústria extrativa mineral (excluindo-se petróleo e gás) no total das receitas de exportação aumentou de 37,3% e 6,4% para 48% e 14% entre 2000 e 2020, respectivamente, enquanto os produtos da indústria de transformação mineral, entre metais e manufaturados, que respondiam por 27% das exportações em 2000, caíram para apenas 15% em 2020 (AGROSTAT/MAPA, 2021; COMEXSTAT/MDIC, 2021).

Figura 2 – Corredores logísticos para exportação de grãos no Brasil, em 2019.



Fonte: IBGE. Atlas do Espaço Rural Brasileiro, 2020b.

Os consumidores tornam-se mais conscientes e exigentes por informações sobre a origem dos produtos e o impacto de seus hábitos de consumo na saúde e no meio ambiente, implicando, assim, em novos arranjos organizacionais para o setor produtivo, a exemplo dos sistemas integrados, dos orgânicos, das práticas de bem-estar animal e das certificações socioambientais (EMBRAPA, 2018).

Por fim, é importante considerar os efeitos das mudanças climáticas, em especial sobre o setor agropecuário. Estimativas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que o aumento da temperatura média e a alteração dos regimes de precipitação alterarão os padrões de uso da terra em termos de área total semeada, distribuição geográfica das culturas agrícolas e redução dos índices de produtividade. No caso da pecuária, os impactos incluem efeitos na forragem e alimentação animal e na disponibilidade de água para os rebanhos, bem como efeitos indiretos por meio de doenças do gado (IPCC, 2014).

No contexto doméstico, a Quarta Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, de 2020, destaca que esses impactos poderão restringir a produção dos principais produtos voltados à alimentação da população, em um contexto, conforme descrito anteriormente, de aumento da demanda por alimentos, influenciada tanto pelo crescimento da população e do consumo per capita, quanto pelas exportações de produtos agropecuários. A Quarta Comunicação Nacional registra, ainda, um potencial de redução da capacidade de produção em cerca de 11 milhões de hectares (Mha) de terras agricultáveis até 2030, afetando de forma diversa cada região brasileira e seus respectivos sistemas de produção (MCTI, 2020a).

Estudos de impactos climáticos corroboram a indicação de que a produção agrícola brasileira será significativamente afetada pela mudança do clima, reduzindo a produtividade e, consequentemente, a produção da maioria dos produtos agropecuários do País (Tabela 1).

A título de exemplo, a soja poderá testemunhar uma redução de até 79,6% em sua produtividade até 2050, o que implicaria em uma forte queda da produção do grão, de 190,2 milhões para 38,5 milhões de toneladas. Uma vez que a demanda interna projetada seria de 90,4 Mt, o Brasil, maior exportador da oleaginosa na atualidade, poderá voltar a depender, no futuro, de importações maciças de produtos agrícolas para suprir suas necessidades, o que desperta para a magnitude do desafio e da necessidade de medidas de adaptação e mitigação para fazer frente a tais impactos.

Tabela 1 – Produtividade (t/ha) atual e projetada com base em cenários de mudança do clima.

Agricultura				
Produtos	**Produtividadeatual (t/ha)***	**Produtividade projetada em 2050 (t/ha)**	**Variação (%)**	**Fonte**
Arroz	4,9	4,2	-15,2	Fernandes *et al.*, 2012
Café	1,4	1,1	-21,5	Pinto *et al.*, 2019; Tavares,2017
Feijão	0,9	0,7	-23,1	Campos *et al.*, 2010; Oliveira,2007; Martins e Assad, 2007
Milho	4,7	2,3	-51	Bender, 2017
Soja	2,9	0,6	-79,6	Fernandes *et al.*, 2012

Fonte: MCTI, 2020a. – * Média de 2008-2017.

AGRICULTURA E PECUÁRIA

O monitoramento do uso da terra no Brasil, realizado em várias escalas geográficas, é fundamental não só para observar as grandes mudanças que ocorrem nas formas de uso econômico do território, como deve avançar, também, no sentido de acompanhar os eventuais impactos e rupturas que essas mudanças podem causar na alteração da imensa diversidade socioambiental que dá destaque ao País no cenário mundial.

Em 2018, dos 8,51 milhões de km² do País, 63% estavam ocupados por áreas com vegetação florestal e campestre, 13,2% com pastagens com manejo, 12,7% com mosaicos de ocupações em áreas florestais e campestres (áreas de ocupação fragmentada, nas quais, devido à escala de trabalho, não é possível individualizar os elementos), 7,8% com áreas agrícolas, 1% com silvicultura e 0,45% com áreas artificiais (nas quais estão incluídas as áreas voltadas à extração mineral e as áreas urbanas), sendo o restante constituído por áreas úmidas e corpos d'água (IBGE, 2020a).

O retrato abaixo da cobertura e uso da terra no Brasil em 2018 reflete a dinâmica observada entre 2012 e 2018, quando o avanço da agropecuária, principalmente das pastagens com manejo e das áreas agrícolas, resultou em redução da cobertura vegetal (Figura 3).

A vegetação florestal perdeu, nesse período, cerca de 5,48 Mha, enquanto a redução da vegetação campestre foi de 4,44 Mha (IBGE, 2020a).

A expansão da atividade agrícola e da atividade pecuária ocorreu de forma associada, pressionada pela valorização dos produtos agropecuários nos mercados nacional e internacional, com maior avanço ora dos cultivos, ora das pastagens, e de forma diferenciada nas diversas regiões do País, de acordo com fatores econômicos, sociais e ambientais locais.

Entre os anos de 2012 e 2018, a área agrícola brasileira cresceu 8,1 Mha (um aumento de 13,88%). Esse crescimento ocorreu principalmente entre 2012 e 2014, quando foi registrado 50% do aumento observado no período.

Figura 3 – Cobertura e uso da terra do Brasil, em 2018.



Fonte: IBGE. Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil, 2020a.

A maior parte da expansão dos cultivos aconteceu em quatro regiões do Brasil, apresentando diferentes dinâmicas de ocupação do território. A primeira está localizada no norte do Mato Grosso, onde extensos cultivos avançam em direção à borda sul do bioma Amazônia. A partir de 2012, o avanço das novas áreas agrícolas no Mato Grosso foi observado principalmente sobre áreas ocupadas por pastagens, uma alteração em relação à dinâmica do período anterior, entre 2000 e 2012, quando o crescimento da área agrícola ocorreu especialmente sobre áreas de vegetação florestal e campestre.

A substituição das áreas de usos antrópicos, como as pastagens com manejo por áreas agrícolas, também ocorreu de maneira mais intensa na região que se estende pelo Centro-Sul, englobando partes do Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Já no Rio Grande do Sul, o avanço das áreas agrícolas vem sendo observado sobre as áreas de vegetação campestre do bioma Pampa.

Por último, na região do Matopiba, a expansão das áreas agrícolas, no período de 2012 a 2018, de 1,45 Mha (um aumento de 30%), foi caracterizada pelo avanço dos cultivos sobre áreas de vegetação campestre dos planaltos e chapadas da região, sendo que mais da metade dessa expansão aconteceu entre 2012 e 2014, totalizando quase 800 mil ha.

Por sua vez, o crescimento de 532 mil ha (ou 5,72%) da área ocupada por pastagens com manejo ocorreu tanto sobre áreas de mosaicos florestais quanto sobre a vegetação campestre, especialmente no Tocantins e no Maranhão. O avanço dos cultivos agrícolas e das pastagens sobre áreas de vegetação natural resultou na redução de 1,78 milhão e de 240 mil ha de áreas de vegetação campestre e florestal, entre 2012 e 2018, respectivamente.

Dados de aptidão agrícola indicam uma significativa proporção de terras na região do Matopiba (26 Mha ou 35% do total) com potencial para o desenvolvimento da agricultura intensiva (LUMBRERAS *et al.*, 2015), com projeções de 2020 indicando um crescimento de 14,8% da produção de grãos na região, na próxima década, passando de 25 Mt na safra 2019/2020 para o patamar entre 33 e 41 Mt em 2029/2030 (MAPA, 2020). A região, porém, apresenta grande variedade de solos, sob condições climáticas distintas e, por vezes, adversas, com reflexos em qualidades e vulnerabilidades diversas para o uso agrícola. A realidade agrária também é complexa e necessita especial atenção, pois envolve inúmeras áreas quilombolas, terras indígenas, assentamentos rurais e unidades de conservação da natureza.

Além das quatro regiões citadas acima, houve significativa expansão das áreas agrícolas sobre áreas de vegetação florestal e de pastagens nos arredores de Paragominas e Santarém, no Pará, e sobre áreas de vegetação campestre na savana de Roraima. No Brasil como um todo, enquanto o crescimento da área agrícola foi constante entre 2012 e 2018, a área ocupada por pastagens com manejo apresentou tendência de estabilidade, resultando em pequena redução de 91,2 mil ha (-0,08%) nesse período. Esse saldo é resultado de duas dinâmicas diferentes observadas no Brasil em relação às pastagens com manejo: a redução da área ocupada por pastagens em algumas regiões do Brasil – como no Vale do Araguaia, no Mato Grosso, e nas porções centro-sul e sudeste do País, abrangendo principalmente os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo – e a expansão de novas áreas de pastagens sobre áreas de vegetação florestal e campestre, observada principalmente nas regiões limítrofes dos biomas Cerrado e Amazônia, avançando para o interior deste último bioma.



Fonte: Bruno Abe Saber/MMA

Nunca é demais lembrar que a velocidade das mudanças ocorridas nas formas de apropriação e uso da terra no Brasil estão associadas também a mudanças operadas na base técnica da produção agropecuária, aí se destacando, particularmente, a crescente mecanização observada no campo, em especial a partir dos anos 1970.

A distribuição geográfica do trator no território nacional, entre 1970 e 2017, ilustra o quanto o processo de mecanização avançou rumo ao interior do País, alavancado no início pela política creditícia que sustentou a modernização da agricultura brasileira e que passou a adotar, daí em diante, pacotes tecnológicos voltados à padronização da produção, como a da soja e a do milho, voltadas crescentemente para o mercado internacional (Figura 4).

Nesse contexto, a figura de 1970 ainda apresenta uma geografia que remonta ao início da expansão dos tratores no espaço rural brasileiro, onde se destaca a presença dos dois núcleos pioneiros da mecanização no País, localizados no Rio Grande do Sul e em São Paulo. Os demais mapas da Figura 4 revelam o processo de crescimento contínuo do número de tratores que impulsionou a mecanização da agricultura brasileira, fazendo com que essa última conhecesse uma expansão contínua acompanhada pela evolução do cultivo da soja, entre outros produtos, em direção ao Centro-Oeste e, mais recentemente, à região Norte.

Entretanto, no que se refere à presença da mecanização no espaço rural brasileiro em escala macrorregional, o Censo Agropecuário de 2017 levantou que, dos 5.073.324 estabelecimentos existentes no País, 14,4% ou 734.280 estabelecimentos, tinham acesso a tratores, com uma média de 1,6 trator nesses estabelecimentos[6]. Em Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul, estados de ocupação mais antiga e de fronteira agropecuária mais consolidada, essa proporção atingiu níveis superiores a 44%.

Em patamares de mecanização também elevados, acima de 33%, vêm a seguir: Paraná, Distrito Federal e Mato Grosso do Sul, além de Mato Grosso e Goiás, com níveis acima de 22%. Em comum, esses estados têm o fato de terem sido fronteiras agrícolas alavancadas, em grande parte, pela produção de *commodities* em regimes altamente mecanizados, ressaltando a precedência do Paraná nesse processo, quando comparado à incorporação mais recente do Centro-Oeste à fronteira agropecuária brasileira, que conta, inclusive, com um número elevado de migrantes oriundos do Sul.

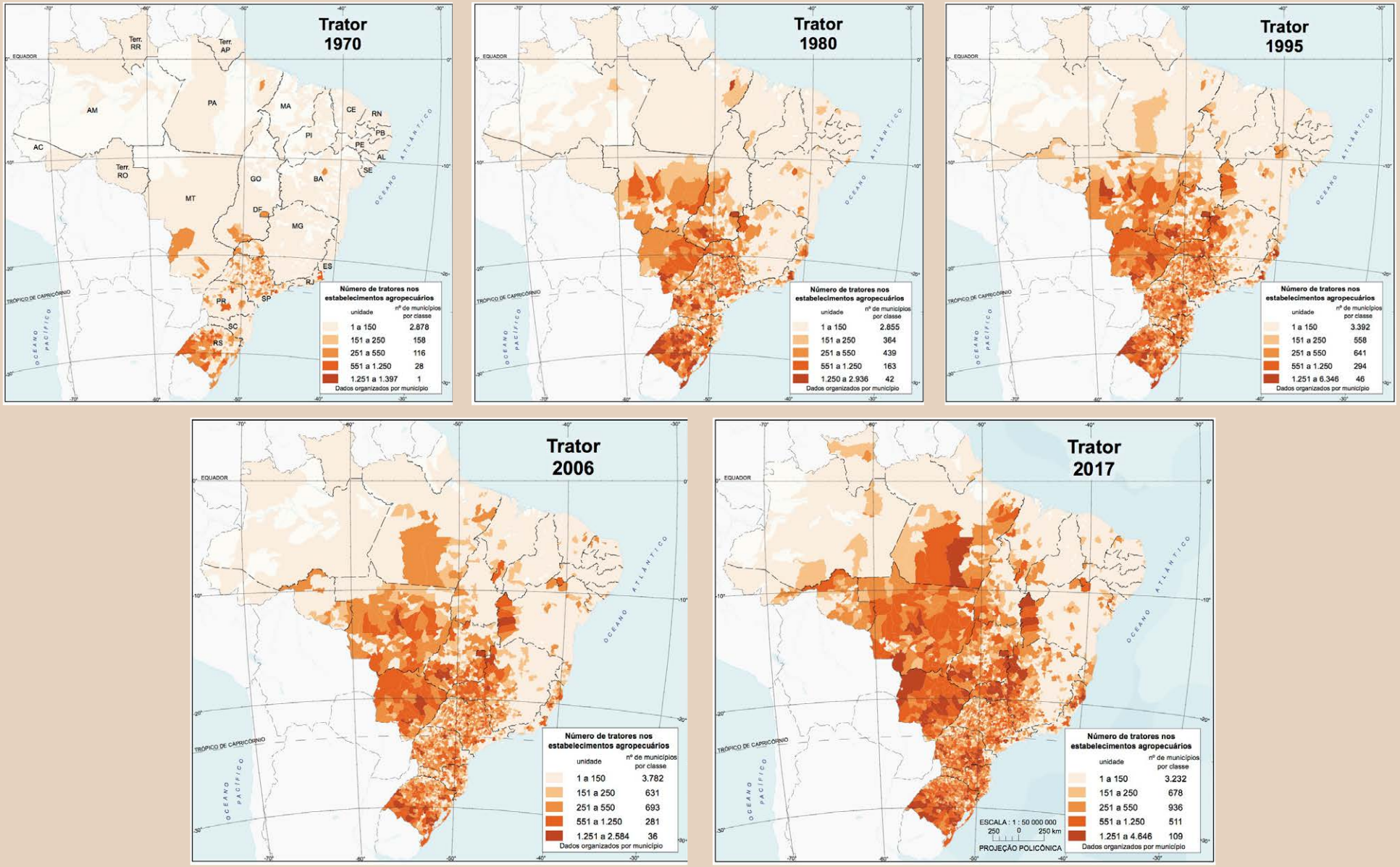
Uma dimensão igualmente importante, no que diz respeito ao processo de mecanização da agropecuária brasileira, é aquela atinente à comparação entre os estratos fundiários e a incorporação de tecnologia via uso do trator. Observa-se, por exemplo, uma distribuição concentrada dos tratores em Mato Grosso no grupo de área com estabelecimentos acima de 500 ha (37,7% do total), enquanto em Santa Catarina cerca de 60,1% dos tratores estão em estabelecimentos de áreas entre 2 e 20 ha, acompanhando os números da concentração fundiária em cada estado.

Quando se utiliza como parâmetro os estabelecimentos agropecuários considerados de agricultura familiar, que representam 77% dos estabelecimentos mapeados pelo Censo Agropecuário de 2017 no Brasil (o equivalente a 3.897.408 unidades), observa-se a continuidade desses contrastes, visto que apenas 11,7% destes possuíam tratores. Esse baixo percentual de acesso se perpetua para outros insumos e práticas produtivas, como a adubação, química e/ou orgânica (utilizada em 42% dos estabelecimentos de agricultura familiar), a assistência técnica (18,2%) e a rotação de culturas (19%). Nos estabelecimentos agropecuários com mais de 500 ha, essas proporções foram de 92,9% (tratores), 46,3% (adubação), 54,3% (assistência técnica) e 23,6% (rotação de culturas).

Nesse sentido, a crescente modernização e mecanização da agricultura brasileira e as pressões dela derivadas devem ser vistas a partir de vários ângulos, destacando as diferenças regionais quanto ao perfil fundiário, à incorporação de insumos e práticas produtivas e ao próprio uso da terra.

6 E uma média de 0,2 trator/estabelecimento, quando considerados todos os estabelecimentos agropecuários brasileiros existentes em 2017.

Figura 4 – Distribuição espacial de tratores nos estabelecimentos agropecuários do Brasil, entre 1970 e 2017.



Fonte: IBGE. Atlas do Espaço Rural Brasileiro, 2020b.

Breve retrato da agropecuária brasileira nos últimos anos

Em 2020, a participação do agronegócio (que compreende, além da produção primária, as cadeias produtivas relacionadas aos insumos, à agroindústria e aos agrosserviços) no PIB do Brasil correspondeu a 26,6%, um crescimento importante em relação à 2010, quando essa proporção foi de 20,6%. Em valores monetários, o PIB do Brasil totalizou R$ 7,45 trilhões em 2020, dos quais aproximadamente R$ 2 trilhões foram oriundos do agronegócio (CEPEA/USP; CNA, 2021).

A importância da atividade agrícola e pecuária para o País fica mais bem compreendida quando analisamos os tipos de lavoura e de rebanho que impulsionam a expansão do setor, tais como a soja, o milho, a cana-de-açúcar e o algodão, além dos rebanhos bovino, suíno e avícola. A soja é o carro-chefe da produção agropecuária brasileira, responsável por aproximadamente um quarto do valor bruto da produção (VBP) do setor no Brasil, R$ 175,63 bilhões. O segundo lugar no ranking do VBP é ocupado pela pecuária de corte, com R$ 139,7 bilhões em 2020, seguida do milho, com R$ 90,7 bilhões, da pecuária de leite (R$ 50,9 bilhões) e da cana-de-açúcar (R$ 47,4 bilhões).

Em uma perspectiva quantitativa, quando se comparam dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, pode-se observar grande transformação no que diz respeito ao uso da terra no Brasil, ressaltando a redução absoluta de 3,92 Mha das áreas ocupadas com lavouras permanentes (uma queda de 34% no período, totalizando 7,76 Mha em 2017), enquanto a área ocupada com lavouras temporárias cresceu 6,85 Mha nesse intervalo (um acréscimo de 14%, totalizando 55,76 Mha no último Censo Agropecuário).

Na escala regional, conforme revelado nas Figuras 5 e 6, esse crescimento ocorreu, sobretudo, nos estados de Minas Gerais e do Pará, no caso das lavouras permanentes,



Fonte: Bruno Abe Sabe/MMA

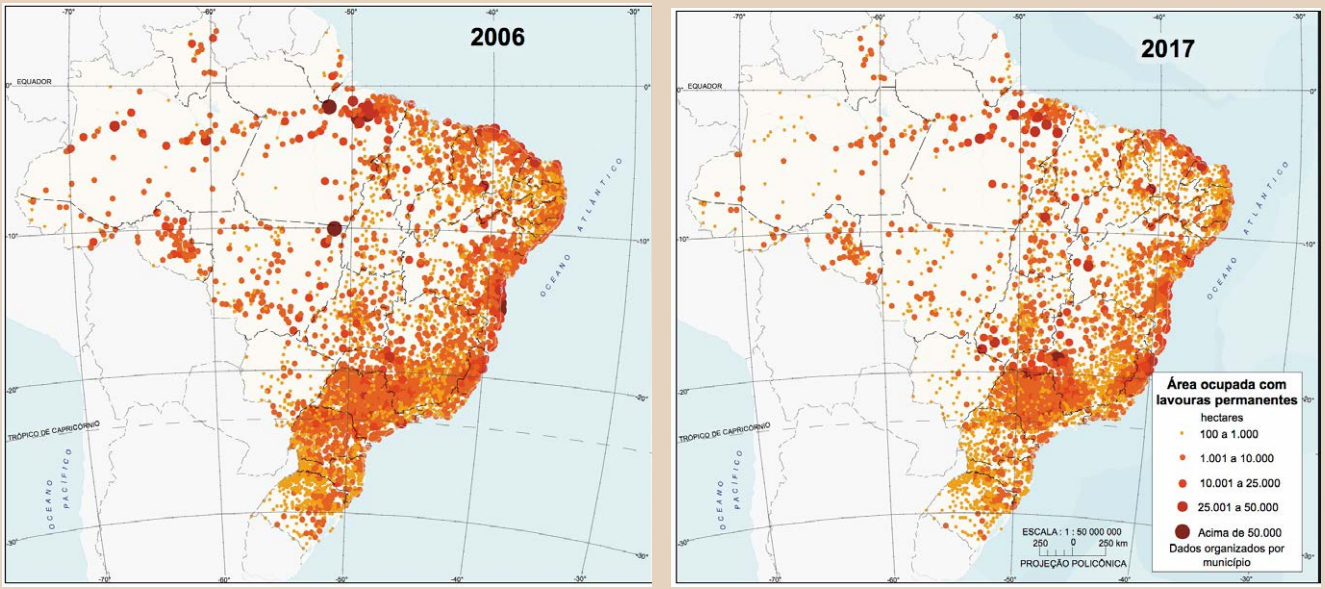
e nas regiões Centro-Oeste e do Matopiba, como fronteiras ativas voltadas às *commodities* agrícolas, como a soja e o milho[7].

Contando com um conjunto muito diverso de cultivos, a lavoura temporária abrange, entre outros produtos, a soja e o milho, cuja expansão espacial constitui na atualidade um reflexo direto da inserção cada vez maior do Brasil no mercado internacional como produtor de *commodities* agrícolas, notadamente para o continente asiático.

A soja esteve geograficamente concentrada até meados da década de 1960 na região Sul do País, onde passou de cultivo que fazia parte da policultura colonial dessa região à produção voltada ao mercado nacional e internacional. Alavancada pela política de crédito rural, essa lavoura conheceu uma acelerada expansão a partir de meados da década de 1970 e 1980 em direção à região Centro-Oeste e, mais recentemente, alcançando as áreas de Cerrado da região do Matopiba e até mesmo a região Norte.

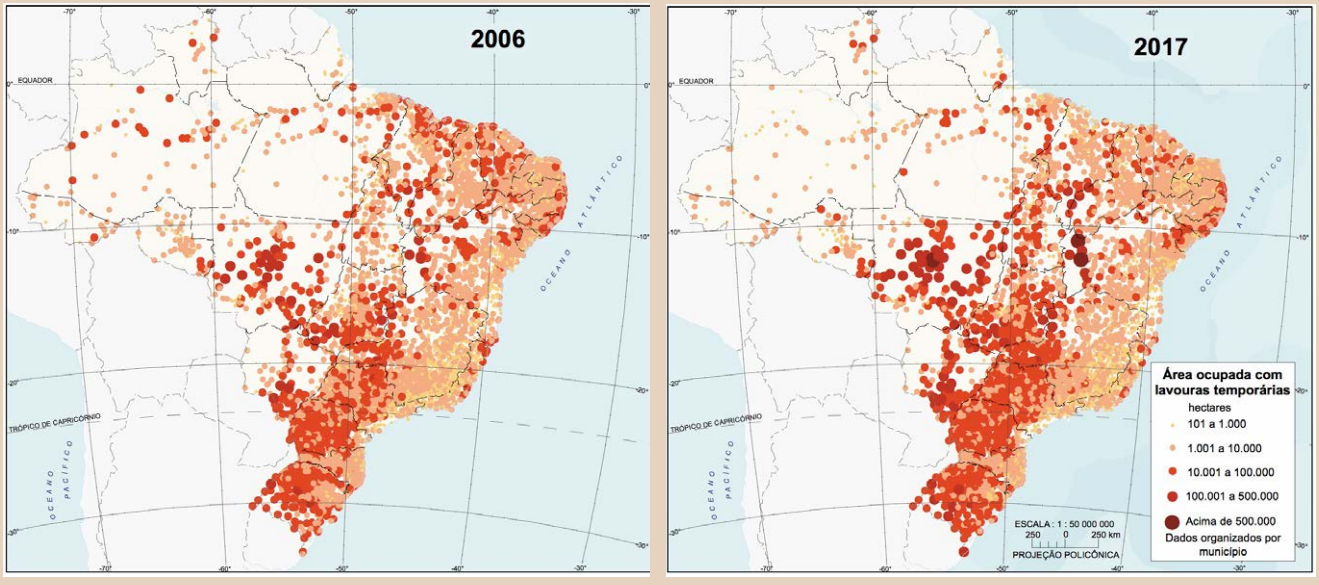
7 A soja e o milho representaram, em 2017, 68,7% da área destinada às lavouras temporárias no Brasil, o equivalente a 46,5 Mha.

Figura 5 – Área ocupada com lavouras permanentes no Brasil, em 2006 e 2017.



Fonte: IBGE. Atlas do Espaço Rural Brasileiro, 2020b.

Figura 6 – Área ocupada com lavouras temporárias no Brasil, em 2006 e 2017.



Fonte: IBGE. Atlas do Espaço Rural Brasileiro, 2020b.

Em 2017, a produção total de soja em grão foi de 103,2 Mt, distribuídas em aproximadamente 30,7 Mha, um impressionante crescimento de 123% da quantidade produzida e de 71% da área cultivada em relação a 2006. A produtividade do grão, por sua vez, registrou uma elevação de 30%, passando de 2.583 kg/ha, em 2006, para 3.357 kg/ha, em 2017. A região Centro-Oeste foi responsável por 46,8% do volume produzido, seguida pela região Sul, que possuía pouco mais de um terço da produção nacional.

O plantio da soja no Centro-Oeste e no Sul, no entanto, apresenta aspectos distintos. Em geral, na região Centro-Oeste, o cultivo ocorre em grandes áreas de monocultura de soja, concentrando a produção em um número relativamente reduzido de estabelecimentos agropecuários, enquanto na região Sul a produção está distribuída em um número maior de produtores, com escala produtiva inferior.

O milho, partindo, em 1940, de uma lavoura concentrada especialmente nos estados de Minas Gerais e São Paulo, teve sua produção passando de uma condição de cultivo tradicional voltado à alimentação da população brasileira para a de *commodity* mecanizada destinada em grande parte à agroindústria de aves, expandindo-se para a região Sul e, mais recentemente, em grande escala, para as regiões Centro-Oeste e do Matopiba.

A produção de milho em grão no País, em 2017, foi de 88,1 Mt (aumento de 113% em relação a 2006), com 15,8 Mha cultivados com o cereal (36% a mais do que em 2006). Em termos de produtividade, houve um progresso de 56,3%, de 3.570 kg/ha, em 2006, para 5.581 kg/ha, em 2017. Mais da metade da produção do cereal tinha como origem a região Centro-Oeste (48,6 Mt), concentrada em um número relativamente baixo de estabelecimentos agropecuários, caracterizados, em geral, por cultivos de milho em monoculturas de grandes extensões e em sucessão a uma primeira safra de soja. Em seguida, com pouco mais de um quarto da produção nacional, estava a região Sul, com 22,4 Mt.

Outro destaque na evolução das lavouras temporárias no País no período recente é a cana-de-açúcar, ligada historicamente ao povoamento do litoral nordestino e hoje ocupando, enquanto produtora de bioenergia, áreas do interior paulista e partes dos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul e do noroeste paranaense.

Em 2017, a produção total de cana-de-açúcar no País foi de 638,7 Mt (um crescimento de 56,7% sobre 2006), com cerca de 9,1 Mha plantados – uma área 60% superior aos quase 5,7 Mha registrados em 2006. São Paulo era responsável, em 2017, por mais da metade da produção nacional, totalizando 347,7 Mt. Em seguida, estavam os estados de Goiás (72,7 Mt), Minas Gerais (66 Mt), Mato Grosso do Sul (50,5 Mt) e Paraná (37,8 Mt). A soma da produção desses cinco estados correspondia a quase 90% da produção do Brasil.

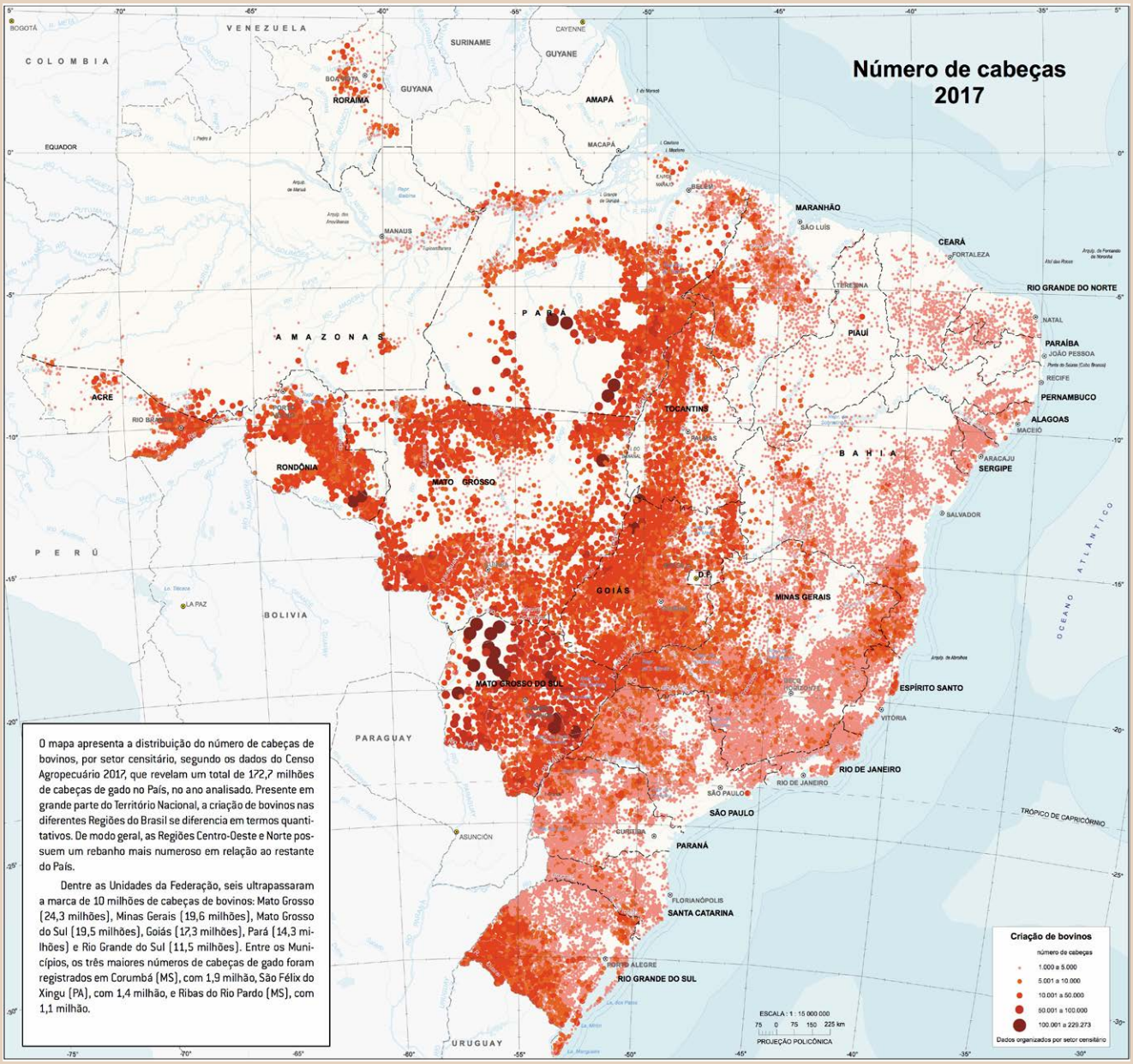
Cabe observar que a distribuição espacial da cana-de-açúcar, embora ainda guarde forte caráter regional, a partir de seu núcleo histórico no litoral nordestino e, posteriormente, em São Paulo, tem demonstrado, na atualidade, em meio à ampliação do complexo sucroalcooleiro, grande potencial de expansão em direção ao Triângulo Mineiro, ao sul de Goiás e Mato Grosso do Sul e mesmo em direção ao Mato Grosso.

Constituindo uma produção com uso intensivo de máquinas e insumos, o Censo Agropecuário de 2017 revelou uma produção total de 3,7 Mt de algodão herbáceo no País nesse ano (um aumento de 48% em relação ao volume de 2,5 Mt em 2006), em pouco mais de 910 mil ha, um ligeiro crescimento de 5,9% sobre os 859 mil ha cultivados em 2006. Mato Grosso concentrava, em 2017, 64% dessa produção, totalizando 2,4 Mt, seguido pela Bahia, com 940,3 mil toneladas, com o cultivo se concentrando no oeste e no sul deste estado.

As alterações verificadas no uso da terra no período intercensitário ocorreram também no que diz respeito à pecuária, uma vez que a pastagem natural teve um decréscimo de 17,9%, passando de 57,6 Mha, em 2006, para uma superfície de 47,3 Mha em 2017, enquanto as pastagens plantadas tiveram um aumento de 9,5%, com um acréscimo de 9,7 Mha em relação aos 102,4 Mha verificados em 2006, com destaque para a região Norte, onde a pecuária bovina passou por forte expansão.

Distribuído por todo o território nacional, o aumento quantitativo dos bovinos e seu avanço para a região Centro-Oeste e, mais recentemente, para a região Norte, é o que distingue, de modo geral, a sequência temporal de sua distribuição geográfica. Nesse contexto, chama atenção o avanço registrado para os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e, nos últimos anos, para Rondônia e sudeste e leste paraense, que vêm aumentando sua participação na pecuária bovina brasileira (Figura 7).

Figura 7 – Distribuição espacial do rebanho bovino no Brasil, em 2017.



Fonte: IBGE. Atlas do Espaço Rural Brasileiro, 2020b.

Relevante também é a manutenção dessa atividade em praticamente todos os municípios das regiões Sudeste, Sul e Nordeste, embora apresentem diferenças regionais marcantes quanto ao quantitativo do rebanho.

Cabe registrar que, em 2017, no âmbito nacional, o País totalizou 172,7 milhões de cabeças de gado (uma ligeira queda em relação a 2006, quando foram contabilizadas 176,1 milhões de cabeças). Das unidades da federação, seis ultrapassaram a marca de 10 milhões de cabeças de bovinos em 2017 – Mato Grosso (24,3 milhões), Minas Gerais (19,6 milhões), Mato Grosso do Sul (19,5 milhões), Goiás (17,3 milhões), Pará (14,3 milhões) e Rio Grande do Sul (11,5 milhões) –, duas a menos em relação a 2006, quando Bahia e São Paulo também possuíam mais de 10 milhões de cabeças de bovinos.

Com relação aos rebanhos suíno e avícola, sua geografia atual alia a presença marcante em áreas tradicionais de sua produção, na região Sul, com um avanço mais recente em direção à região Centro-Oeste. Assim, em 2017, o número de cabeças de suínos no País era de 39,3 milhões (crescimento de 26% em relação às 31,2 milhões de cabeças em 2006), com mais da metade desse total na região Sul (21,1 milhões cabeças), das quais 8,4 milhões estavam em Santa Catarina, 6,4 milhões no Rio Grande do Sul e 6,2 milhões no Paraná, sendo esses os maiores números dentre todas as unidades da federação.

Quanto ao rebanho avícola, que totalizava, em 2006, 1,14 bilhão de cabeças de aves (galinhas, galos, frangas, frangos e pintos), seu número saltou para 1,36 bilhão de animais em 2017 (crescimento de 19,3%) dos quais 333,3 milhões estavam em pequenos e médios estabelecimentos rurais do Paraná, o equivalente a quase um quarto do total. Outros quatro estados ultrapassaram a marca de 100 milhões de aves: São Paulo (177,6 milhões), Santa Catarina (160,3 milhões), Rio Grande do Sul (154,8 milhões) e Minas Gerais (112,7 milhões). Destaca-se, ainda, fora do eixo Sul-Sudeste, o Estado de Goiás, com um total de 91,5 milhões de cabeças de aves.

Finalmente, as mudanças operadas no uso da terra no Brasil ao longo do período analisado apontam não só no sentido da substituição da cobertura vegetal do País, como no da expansão/reorganização contínua do espaço apropriado, configurando novos padrões regionais de especialização em diferentes produtos agrope-cuários.

Nesse contexto de expansão, renovação e especialização contínua do espaço rural brasileiro é que se insere a questão de se compatibilizar esse movimento com a manutenção simultânea dos sistemas agrícolas tradicionais, intrinsecamente associados à própria existência dos povos e comunidades tradicionais existentes no mundo rural brasileiro.

Numa perspectiva mais ampla, o uso da terra pela agropecuária se abre também a análises conjuntas com as redes de circulação e os nós de articulação representados pelos centros urbanos, uma vez que a produção de alimentos e *commodities* insere-se em complexas cadeias produtivas responsáveis por fluxos de diferentes naturezas e intensidades, cujos nós se localizam, em grande parte, nas cidades. São nos centros urbanos que ocorrem a disponibilização de crédito aos produtores, a comercialização dos produtos e insumos, a gestão da produção de grande porte, os principais centros de consumo por meio das centrais de abastecimento, a sede de complexos agroindustriais e os centros de pesquisa agropecuária, entre muitos outros exemplos (IBGE, 2020c).

O mapeamento de alguns fluxos gerados pela produção agropecuária baseou-se nas informações levantadas pela pesquisa ‘‘Regiões de Influência das Cidades (REGIC)’’, do IBGE. No âmbito dessa pesquisa foram investigados os fluxos entre municípios gerados pela origem dos insumos, implementos, serviços especializados e destino da produção dos principais produtos agropecuários como articuladores de redes próprias, que influenciam a hierarquização urbana, sobretudo, nas regiões de forte produção agropecuária.

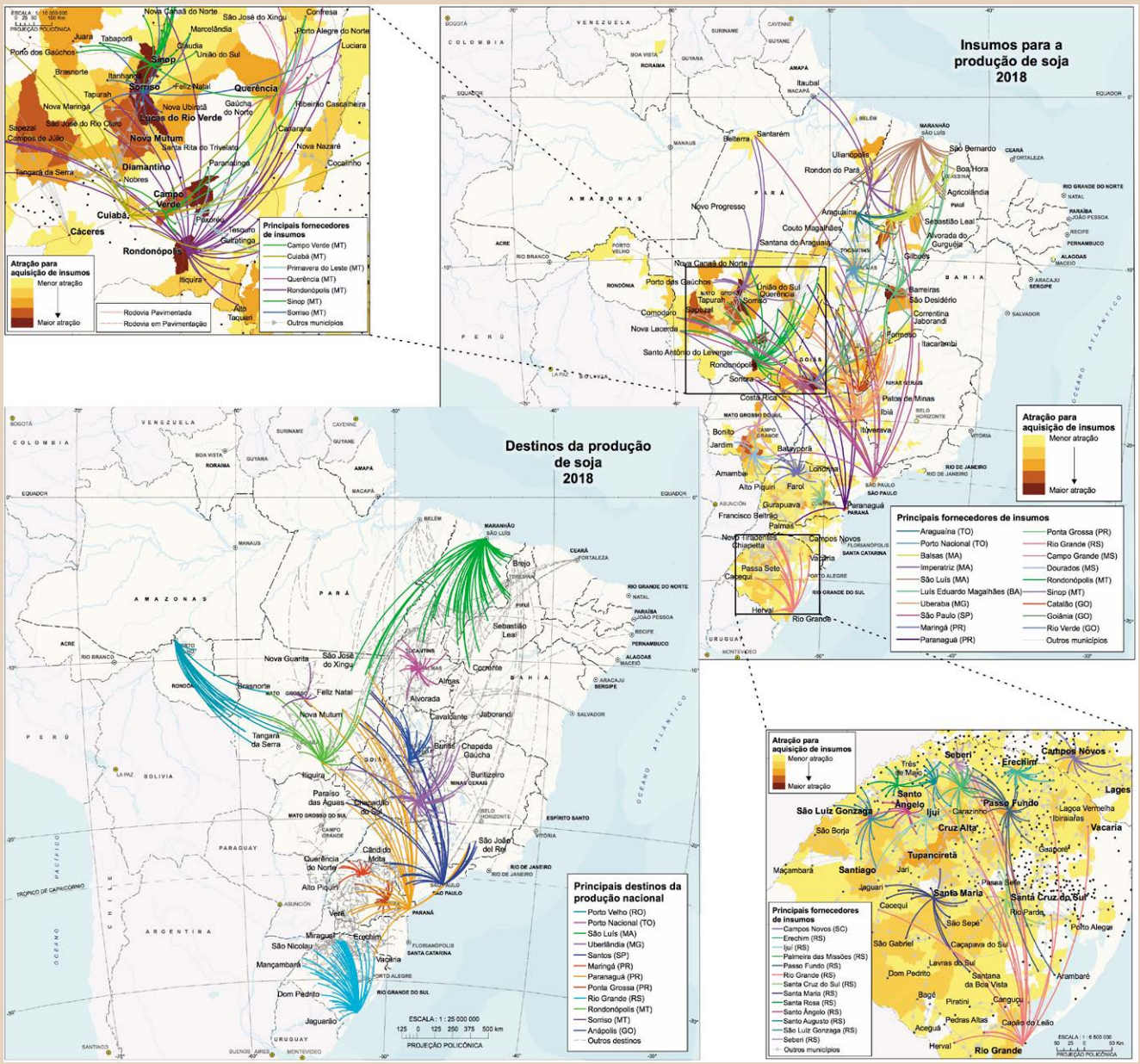
A fim de ilustrar os resultados desse trabalho, a Figura 8 apresenta os fluxos gerados pela produção de soja, de ampla difusão no País e que articula regiões de todo o território nacional, com exceção de grande parte da Amazônia Ocidental.

No que se refere aos deslocamentos produzidos pela soja, tanto para aquisição de insumos como para destinação da produção, chama atenção, além de sua enorme dispersão pelo território nacional, o direcionamento para o Sudeste e Sul e em direção ao Norte do País.

Os fluxos mais longos de destino da produção de soja destacam as cidades portuárias marítimas de Santos e Paranaguá, assim como o porto fluvial de Porto Velho, entre outras. Cabe registrar que, quanto aos fluxos mais longos associados ao destino da produção na região Centro-Oeste, as maiores distâncias são percorridas pelos produtores de Mato Grosso. A média foi de 361 km, principalmente pelas longas distâncias até cidades portuárias, como Paranaguá e Barcarena, e os arranjos populacionais de São Luís e da Baixada Santista, constituindo ligações com distância superior a 1.000 km (IBGE, 2020b).

O deslocamento para aquisição de insumos e escoamento da produção, além das implicações decorrentes das emissões de gases de efeito estufa que acarreta, representa um custo importante para a produção e, portanto, o fator locacional deve ser considerado na compreensão da dinâmica agropecuária.

Figura 8 – Fluxos da produção de soja no Brasil, em 2018.



Fonte: IBGE. Atlas do Espaço Rural Brasileiro, 2020b.

Segurança alimentar

Apesar do expressivo aumento da produção agropecuária, é importante analisar, também, em que medida esse crescimento foi acompanhado pelo aumento dos níveis de segurança alimentar[8] da população brasileira, no que outras questões, como o estímulo à produção de alimentos básicos e o aumento do poder de compra do mercado consumidor interno, desempenham um papel complementar fundamental.

Nesse contexto, é imprescindível destacar o papel da agricultura familiar – entendida como aquela que atende aos requisitos estabelecidos no Decreto n.º 9.064/2017.

De acordo com o último Censo Agropecuário do IBGE, 77% dos estabelecimentos agropecuários foram classificados como de agricultura familiar, correspondendo a 23% da área total dos estabelecimentos brasileiros (aproximadamente 81 Mha, dos quais 48,2% estavam destinados a pastagens e 15,5% às lavouras agrícolas[9]), onde se concentra 67% da mão de obra ocupada no campo – um total de 10,1 milhões de pessoas.

A agricultura familiar possui também uma importância indiscutível no fornecimento de produtos considerados essenciais para a segurança alimentar da população brasileira. Ainda segundo dados do Censo de 2017, parte significativa da produção de caprinos (70,2%), mandioca (69,6%), leite (64,2%), suínos (51,4%), aves (45,5%), café (37,8%) e feijão (23,1%), além da maioria dos produtos hortícolas e algumas espécies frutíferas, como o morango (81,2%), a alface (64,4%) e a banana (48,5%), foi produzida por estabelecimentos de agricultura familiar.

Em um contexto no qual o aumento da demanda internacional por *commodities* estimula a homogeneização produtiva, a agricultura familiar é um setor estratégico para as políticas de segurança alimentar, uma vez que parte importante de sua produção é destinada ao mercado interno, além de constituir um fator de redução do êxodo rural e fonte de receita para famílias com menor renda.

A necessidade da elaboração e fortalecimento de políticas públicas específicas para esse segmento é ainda mais importante quando se observa os dados da Pesquisa Agrícola Municipal, do IBGE, que mostra uma redução da produção de itens fundamentais da cesta de alimentos da população nacional, como a mandioca (cuja produção caiu 30% entre 2010 e 2019), o trigo (decréscimo de 9,2%), o feijão (com queda de 8%), o arroz (diminuição de 7,7%) e a banana (-2,25%).

Essa redução, por vezes acompanhada do aumento do preço dos alimentos, representa um fator adicional de agravamento da condição de insegurança alimentar que ainda atinge parte importante da população brasileira.

Conforme retrata a Figura 9, a porcentagem de domicílios em situação de insegurança alimentar grave – isto é, quando a fome passa a ser uma experiência vivida no lar – aumentou gradativamente, passando de 3,2% da população (ou 7,2 milhões de brasileiros) em 2013 para 9% (o que corresponde a 19,1 milhões de habitantes, sobretudo mulheres negras com baixo nível de escolaridade, chefes de família e moradoras das periferias urbanas das regiões Norte e Nordeste) em 2020.

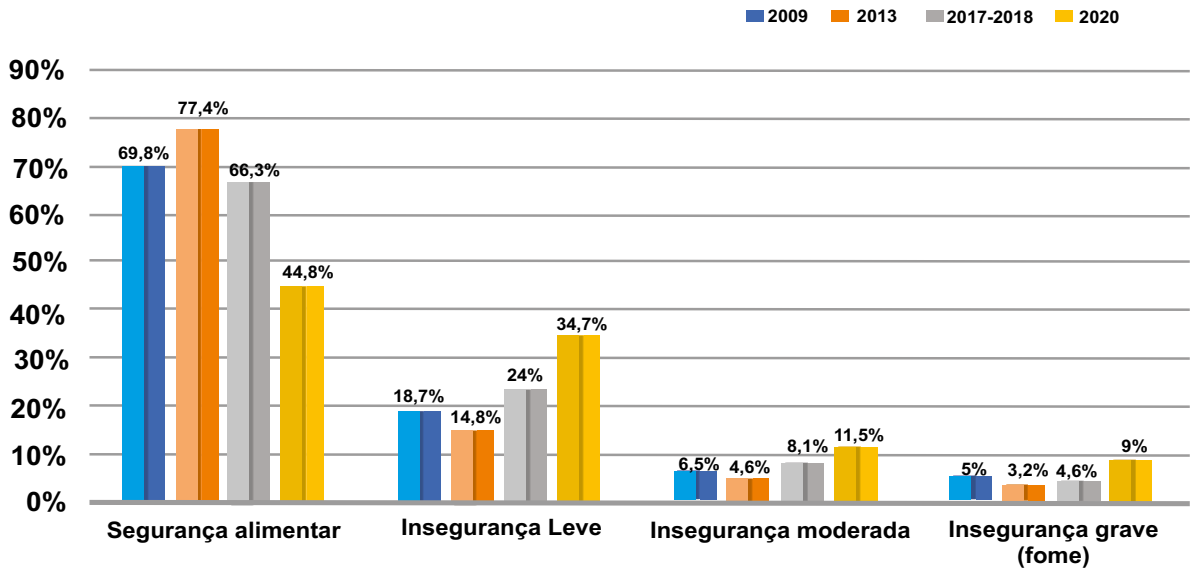
Se, a partir de 2015, a crise econômica – acompanhada do aumento dos índices de desemprego e da redução da renda média dos trabalhadores – contribuiu para reverter os progressos registrados até 2013, a partir do 2020 o advento da pandemia do coronavírus deu novo impulso negativo às condições de acesso da população à alimentação adequada.

---

8 Segundo a Declaração de Roma sobre a Segurança Alimentar Mundial, redigida durante a Cúpula Mundial da Alimentação, organizada pela FAO em 1996, a segurança alimentar pressupõe que as pessoas tenham, a todo momento, acesso a alimentos seguros, nutritivos e suficientes para satisfazer suas necessidades dietéticas e preferências alimentares, a fim de levarem uma vida ativa e saudável.

9 Além disso, 24,8% eram ocupados com matas e florestas, 6% com sistemas agroflorestais e 5,5% com lâminas d'água, tanques, lagos, açudes, área de águas públicas para aquicultura, de construções, benfeitorias ou caminhos, de terras degradadas e de terras inaproveitáveis (IBGE, 2020b).

Figura 9 – Porcentagem de domicílios brasileiros por tipo de situação alimentar, entre 2009 e 2020.



OBS: Apesar das diferentes fontes de informação, todas se valem da Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA), método adotado para mensuração do indicador 2.1.2 dos ODS, garantindo a comparabilidade entre os anos representados.

Fonte: IBGE (PNAD, 2009 e 2013; POF, 2017-2018) e Rede PENSSAN (VigiSAN, 2020).

No entanto, em que pese a permanência de alguns programas sociais, como o Bolsa Família, e a recente criação do auxílio emergencial, observa-se nos últimos anos, também, a desestruturação das linhas centrais sobre as quais vinha sendo organizada a atuação do governo federal no campo da segurança alimentar: valorização do salário mínimo, transferência de renda, compras públicas, programas de apoio (como o Programa Um Milhão de Cisternas e os restaurantes populares), participação popular, articulação territorial e consolidação institucional (IPEA, 2014).

Como exemplos, podem ser citados o enfraquecimento do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), criado em 2003 com o objetivo de realizar a compra pública de produtos da agricultura familiar para doação a entidades sociais, merenda escolar ou formação de estoques, cujos recursos aplicados foram reduzidos de R$ 379,7 milhões em 2010 para R$27,16 milhões em 2020; e a extinção, em 2019, do Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Consea), responsável por apresentar proposições e exercer o controle social na formulação, execução e monitoramento das políticas de segurança alimentar.

Conservação dos solos

A degradação dos solos pode ser definida como o declínio ou a perda das funções edáficas relacionadas, entre outras, à capacidade de produção agrobiológica, ao estoque de carbono orgânico e à regulação hidrossedimentológica. Diversos são os fatores que conduzem à degradação dos solos, como a compactação pelo tráfego de máquinas agrícolas e o pisoteio do gado, a acidificação e a salinização, sendo, contudo, a erosão hídrica o processo mais deletério, sobretudo nas regiões tropicais, onde o regime de precipitação se traduz, normalmente, em altos níveis de erosividade.

A erosão constitui um processo geomorfológico natural (decorrente, por exemplo, da ação das águas da chuva, do vento, do relevo e do próprio tipo de solo), sendo que as atividades antrópicas podem, contudo, acelerar consideravelmente tais processos. Dependendo da intensidade do fenômeno, da suscetibilidade natural e do uso e manejo dos solos, a erosão pode causar, em variados graus, a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, reduzindo

e/ou comprometendo a capacidade produtiva dos mesmos (LAL, 2001; GUERRA; JORGE, 2014; LAL, 2017; GARCIA-RUIZ *et al.*, 2017). Em casos severos, em poucas décadas a erosão hídrica descontrolada pode conduzir à degradação total dos sistemas pedológicos, sendo os intensos voçorocamentos[10] encontrados em diversas localidades do País, exemplos inequívocos desta assertiva.

A supressão da vegetação natural e o uso agrossilvipastoril dos solos, agravados por seu manejo inadequado, pela inobservância das práticas de conservação dos solos e pela utilização de sistemas de produção não-conservacionistas, constituem os principais fatores de pressão sobre os solos, pondo em marcha os processos erosivos.

Estimativas da FAO (2015) apontam que cerca de 33% das áreas produtivas existentes no mundo encontram-se com algum grau de degradação. Não por acaso, o combate à desertificação, a restauração dos solos degradados e o alcance de um mundo neutro em degradação do solo foram inseridos no ODS 15 (vida terrestre).

No Brasil, em que pese a crescente adoção de sistemas mais conservacionistas de produção, o desenvolvimento da agropecuária revela, ao mesmo tempo, a ocorrência de processos de intensificação do uso do solo nas áreas de consolidação da agricultura, frentes pioneiras onde novas áreas, após o desmatamento, são incorporadas às atividades agropecuárias e, ainda, a ocorrência de regiões com solos anteriormente exauridos, hoje abandonados ou ocupados com pastagens degradadas (FERRAZ; SKORUPA, 2017).

Em 2010, do total de 167,7 Mha de pastagens, cerca de 32,1% apresentavam indício severo de degradação e aproximadamente 38,7% possuíam indício leve ou moderado; o restante, 29,1%, era de pastagens sem indício de degradação. As áreas com maiores indícios de degradação foram observadas, em especial, nos biomas Caatinga, Cerrado e Pantanal, onde as condições de estresse (no caso do Cerrado e da Caatinga) e de saturação hídrica (no Pantanal) são extremas, o que traz desafios ao manejo e à produtividade pecuária, contribuindo para o avanço dos processos de degradação (LAPIG/UFG, 2020).

Entre 2010 e 2018, uma área de aproximadamente 31,7 Mha deixou de ser mapeada como pastagem, visto que foi convertida para outros usos. Desse total, cerca de 65,6% apresentaram indício de degradação em 2010 – o que indica que a maior parte das áreas que estão saindo do sistema pecuário são as menos produtivas.

10 Estágio avançado de erosão do solo, quando se observa a formação de grandes sulcos com profundidade superior a 1,5 metro – algumas voçorocas podem chegar até mesmo ao nível do lençol freático do local onde ocorrem – em solos onde a vegetação é escassa e não mais protege o solo, que fica cascalhento e suscetível de carregamento por enxurradas.



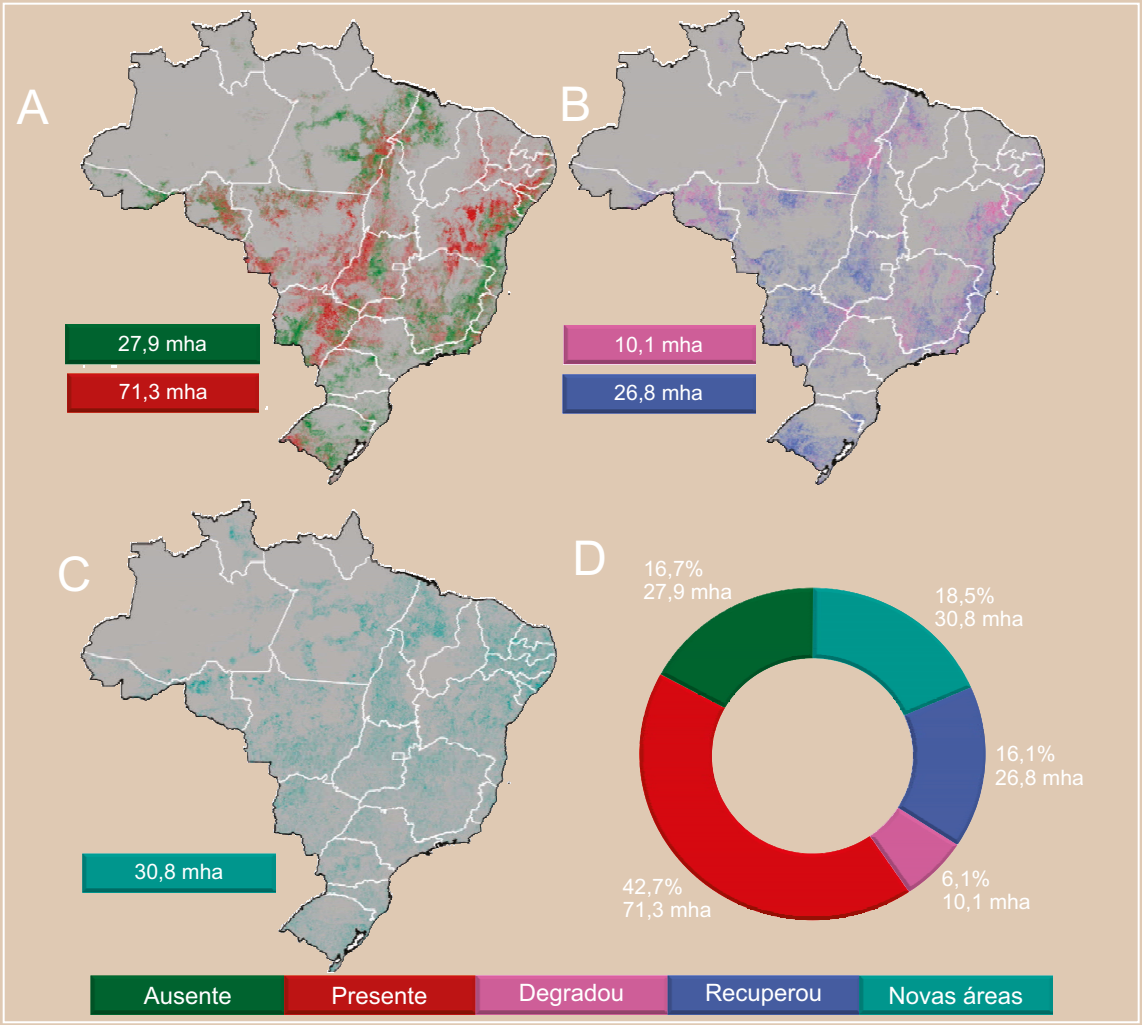
Fonte: Bruno Abe Saber/MMA

Em 2018, as áreas mapeadas como pastagens foram divididas em três categorias: áreas estáveis, que não apresentaram mudança quanto aos indícios de degradação; áreas com mudanças, que apresentaram alteração quanto aos indícios; e novas áreas, não mapeadas como pastagem em 2010, uma vez que estavam direcionadas a outras atividades, e mapeadas em 2018, porém sem identificação de seus indícios de degradação.

As áreas estáveis somaram cerca de 59,4% do total, sendo 27,9 Mha sem indícios de degradação e 71,3 Mha com indícios de degradação. Houve mudanças em 22,2% da área, com perda de qualidade em 10,1 Mha e ganhos em outros 26,8 Mha. A recuperação ocorreu principalmente no bioma Cerrado, onde houve maior investimento do Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) para recuperação de pastagens degradadas, bem como nos biomas Pampa e Pantanal. Cerca de 18,5% do total de pastagens em 2018 são novas áreas, concentradas em sua maior parte na região Norte do País.

Apesar da redução, entre 2010 e 2018, de 9,5 Mha com indícios de degradação severa, chama atenção o fato de que as áreas enquadradas nesta categoria, em 2018, totalizaram 44,3 Mha, ou cerca de 26,5% da área ocupada com pastagens (Figura 10).

Figura 10 – Áreas de pastagens no Brasil, em 2018, classificadas quanto aos indícios de degradação, em relação à 2010.



OBS: (A) Áreas estáveis quanto à presença ou ausência de indícios de degradação: Ausente - indícios ausentes em 2010 e 2018; Presente - indícios presentes em 2010 e 2018; (B) Áreas que passaram por mudanças: Degradou - indícios ausentes em 2010 e presentes em 2018 ; Recuperou - indícios presentes em 2010 e ausentes em 2018; (C) Novas áreas: áreas não mapeadas como pastagem em 2010 e mapeadas em 2018; (D) Percentual e área de pastagem por classe.

Fonte: LAPIG/UFG, 2020.

Ainda assim, os resultados apontam redução das pastagens degradadas e evidenciam certa melhora da atividade pecuária. De fato, observa-se, ainda que timidamente, o aumento da lotação bovina nas últimas décadas, saindo de 0,8 unidade animal por hectare, em 1985, para 0,92 ua/ha, em 2018 (LAPIG/UFG, 2020).

Desertificação: uma combinação de processos naturais e antrópicos

Se, por um lado, a região semiárida do Brasil apresenta condições climáticas naturalmente adversas, com acentuados ciclos de seca, por outro tem passado por constantes alterações devido à intensa exploração dos recursos naturais, na qual a vegetação original da Caatinga tem sido gradativamente suprimida com vistas, principalmente, à obtenção de lenha e à sua conversão ao uso agropecuário, por vezes acompanhado pela adoção de práticas que não consideram as potencialidades e limitações da região.

Além disso, o Semiárido brasileiro, que ocupa uma área de 1,13 milhão de km² (o que corresponde a 13,3% do território nacional[11]), abriga um contingente demográfico de cerca de 27,8 milhões de habitantes, distribuídos em 1.262 municípios, gerando uma densidade populacional elevada para as condições de semiaridez.

Essa combinação vem resultando em processos de desertificação de elevada severidade, principalmente nas áreas mais secas, onde os recursos naturais são mais vulneráveis, sendo a erosão dos solos, que também leva ao assoreamento dos cursos hídricos e dos reservatórios de água, e a pauperização da vegetação os indícios mais marcantes desse fenômeno. Estima-se que as áreas fortemente degradadas em processo de desertificação totalizem 70.279 km², sendo que a Bahia (com 26.751 km²) e o Ceará (com 17.042 km²) são os estados mais afetados (CGEE, 2016).

A cobertura vegetal é, talvez, o mais importante dos fatores de controle do fenômeno da desertificação no espaço semiárido. No entanto, entre 2010 e 2019, o bioma Caatinga registrou um decréscimo de 1,15 Mha das áreas com vegetação florestal e campestre, enquanto as áreas com pastagem em manejo apresentaram um aumento de 1,5 Mha e as áreas agrícolas tiveram um ganho de 936 mil ha – parte da conversão do uso da terra para fins agropecuários foi decorrente da diminuição de aproximadamente 1 Mha dos mosaicos de ocupações em áreas florestais e campestres (MAPBIOMAS, 2021). Como agravante, áreas com limitações ao uso agrícola têm sido cultivadas, resultando em riscos adicionais de degradação.

Essa constatação permite afirmar que a principal causa da erosão nessa região e, consequentemente, da desertificação, é a devastação da vegetação com os objetivos de atendimento das necessidades energéticas, em especial domésticas e do polo gesseiro de Pernambuco, e do fornecimento de madeira para cercas e outros fins. Quando o desmatamento se faz a corte raso, com vistas ao aproveitamento agropecuário, o solo tende a permanecer ainda mais desprotegido por longos períodos, em decorrência da itinerância das explorações e, principalmente, da baixa capacidade de regeneração da vegetação nativa em determinados locais (CUNHA *et al.*, 2008).

Tendo como referência a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Brasil, instituída pela Lei n.º 13.153/2015 com o objetivo principal de prevenir e combater a desertificação e recuperar as áreas em processo de degradação da terra em todo o território nacional, algumas medidas de prevenção aos processos de desertificação, ainda incipientes, vêm sendo executadas, tais como o manejo florestal da Caatinga e o extrativismo sustentável, o preparo do solo e as alternativas forrageiras, a adoção dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e as tecnologias voltadas para captação e armazenamento da água da chuva (ANGELOTTI; FERNANDES JÚNIOR; SÁ, 2011).

11 Conforme nova delimitação aprovada pelo Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), por meio das Resoluções n.º 107/2017 e 115/2017.

O aumento da percepção sobre a crescente perda da capacidade de produção dos solos em função dos processos erosivos tem impulsionado uma resposta do próprio setor produtivo, com a adoção em larga escala, por exemplo, dos sistemas de plantio direto (SPD) e dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. Preconizando o não revolvimento dos solos e a semeadura direta sob os resíduos das culturas das safras anteriores, a difusão dos SPD promoveu verdadeira revolução conceitual na conservação dos solos tropicais. Entretanto, em condições de alta erosividade das chuvas e suscetibilidade dos solos à erosão hídrica, mesmo o plantio direto na palha não estava sendo suficiente para controlar o problema a contento, levando ao aperfeiçoamento dos SPD com a inclusão de outras estratégias conservacionistas, como a rotação plurianual de culturas, a cobertura permanente do solo e o tráfego controlado (DUMANSKI; PEIRETTI, 2013; LANDERS *et al.*, 2013).

Todos estes sistemas de produção de base conservacionista constituem respostas de manejo das culturas e dos solos que atuam no âmbito dos estabelecimentos agropecuários. Contudo, os processos erosivos atuantes em uma bacia hidrográfica podem ser notavelmente poderosos, exigindo uma visão integrada de gestão ambiental e territorial (baseada no planejamento do uso da terra a partir de avaliações de potencialidades e vulnerabilidades) que considere toda a paisagem rural, capaz de mitigar os impactos negativos da degradação dos solos causados pela erosão hídrica (RAMALHO-FILHO; BEEK, 1995). Cabe mencionar os diferentes tipos de zoneamento e o Programa Nacional de Conservação de Recursos Naturais e Desenvolvimento Rural em Microbacias Hidrográficas (Programa Águas do Agro), lançado em 2021 a partir dos aprendizados do Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, de 1987.

O ponto em comum em todas essas inciativas de resposta ao problema da erosão hídrica dos solos no Brasil é que elas carecem de dados e informações ambientais qualificadas e especializadas, sendo o conhecimento da variabilidade taxonômica e espacial dos solos como base da produção agropecuária de importância essencial.

Atualmente, o País dispõe apenas de levantamentos de solo de caráter geral, com mapas de pequena e média escalas (1:5.000.000; 1:1000.000 ou 1:250.000), sendo que menos de 5% do território nacional conta com mapas pedológicos em escalas detalhadas iguais ou maiores que 1:100.000.

Essa lacuna levou à criação do Programa Nacional de Levantamento dos Solos (Prona Solos), instituído pelo Decreto n.º 10.269/2020. O PronaSolos visa, em um período de 30 anos, realizar o levantamento, o inventário e a interpretação dos dados de solos brasileiros, mapeando os solos de todo o Brasil em escalas que vão de 1:25.000 a 1:100.000 – fornecendo assim uma peça fundamental para a edificação de um modelo de desenvolvimento agropecuário realmente sustentável (POLIDORO *et al.*, 2016).



Fonte: Vinicius Mendonça/Ibama

Supressão, fragmentação e modificação dos ecossistemas

A relação entre a atividade agropecuária e o desmatamento tem sido objeto de debates constantes no Brasil. Embora a relação causal não seja única, tradicionalmente se observa um comportamento característico: a extração inicial de madeira fragmenta a cobertura vegetal e abre espaços para a pecuária, que, por sua vez, é gradualmente substituída pela agricultura, forçando o gado a se deslocar para áreas menos valorizadas e fortalecendo o ciclo de desmatamento.

No entanto, essa dinâmica vem se alterando em determinadas porções do território nos últimos anos. Enquanto nas regiões de ocupação mais antiga essa sucessão de atividades é percebida, em outras, como na região do Matopiba, a supressão da vegetação dá lugar diretamente à produção agrícola, dada sua maior lucratividade em comparação com a pecuária. Entre 2010 e 2018, houve redução de 5,5 Mha da superfície coberta com vegetação campestre, muito presente no Cerrado, dos quais 59% (3,2 Mha) foram convertidos em áreas agrícolas – número ainda maior se considerarmos que outros 2,2 Mha foram marcados por ocupação mista de área agrícola, pastagem e/ou silvicultura, associados ou não a remanescentes campestres, nos quais não é possível uma individualização de seus componentes (IBGE, 2020a).

Apesar disso, com um rebanho, segundo a Pesquisa da Pecuária Municipal, do IBGE, de cerca de 213,8 milhões de cabeças de gado em 2018, a pecuária continua sendo a principal responsável pelo desmatamento no País, dada sua natureza predominantemente extensiva e a área ocupada por pastagens – enquanto as pastagens com manejo totalizavam 112,5 Mha em 2018, as áreas agrícolas compreendiam aproximadamente 66,5 Mha (IBGE, 2020a).

Embora dotado de uma cobertura vegetal ainda significativa (63% do território nacional apresentava cobertura vegetal florestal ou campestre em 2018), as taxas de desmatamento registradas no Brasil têm apresentado tendência de alta nos últimos anos.

Na Amazônia, após o desmatamento atingir um pico de 27.772 km^2 em 2004, a criação de iniciativas como o Plano de Combate ao Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) contribuiu para a redução dos índices observados, caindo para mínimo histórico de 4.571 km^2 em 2012. No entanto, neste mesmo ano, a reforma do Código Florestal (flexibilizando as exigências para a regularização ambiental de imóveis rurais com passivos anteriores a 22 de julho de 2008) e a redução significativa das operações de fiscalização contra crimes ambientais ocasionaram retomada do ritmo do desmatamento na região, que atingiu, segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), 10.129 km^2 em 2019 (MMA, 2020).

No Cerrado, a situação é agravada pela existência de um nível mais baixo de proteção. Enquanto 53% da Amazônia é constituída por áreas protegidas, esse índice atinge apenas 13% no Cerrado. Além disso, na Amazônia, as áreas privadas cadastradas no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (Sicar) respondem por cerca de 20% do desmatamento, enquanto no Cerrado essas áreas atingem 84% - resultado, em parte, de que a necessidade de conservar a vegetação nativa a título de reserva legal nos estabelecimentos agropecuários varia de 20% a 35% da área da unidade, contra 80% na Amazônia.

Por conseguinte, a taxa de desmatamento registrada no Cerrado é, em diversos anos, superior à observada na Amazônia. De acordo com o Inpe, após atingir 29.495 km^2 em 2002, a média entre 2012 e 2020, após a aprovação do novo Código Florestal, foi de 8.846 km^2. Como resultado, mais da metade da área original do bioma já foi convertida, principalmente para atividades agropecuárias. Pesquisas apontam que apenas um quinto do que resta de vegetação encontra-se em condições satisfatórias de conservação (STRASSBURG *et al.*, 2017).

A supressão da vegetação no Cerrado concentra-se principalmente na região do Matopiba, a mais recente fronteira agrícola do Brasil e onde se encontram os maiores vestígios de vegetação no bioma: dos dez municípios com as maiores taxas de desmatamento do Cerrado em 2019, oito estão localizados na região.

Os impactos do desmatamento se fazem sentir em diversos níveis – como ilustram as controvérsias recentes em torno da ratificação do acordo comercial entre o Mercosul e a União Europeia (UOL, 2021)[12].

12 Mais informações sobre os efeitos do desmatamento sobre os ecossistemas e os serviços por eles prestados podem ser obtidas nos capítulos "Biodiversidade" e "Florestas".

Emissões de gases de efeito estufa

As emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE) são computadas a partir das informações referentes a cinco setores: energia; processos industriais e uso de produtos; resíduos; agropecuária; e uso da terra, mudança do uso da terra e florestas[13].

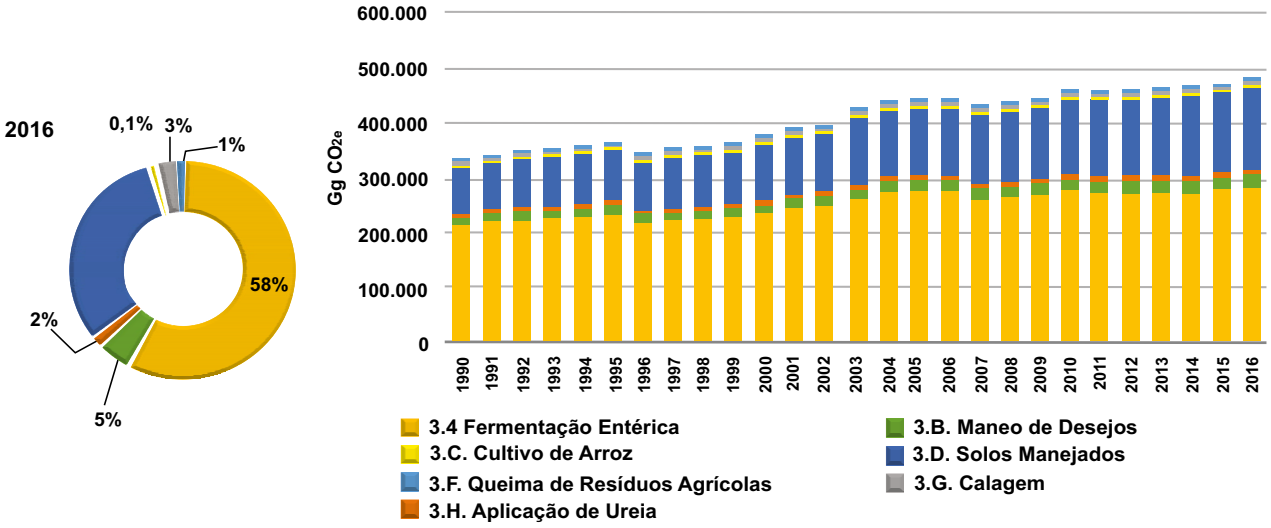
As emissões de GEE do setor agropecuária estão relacionadas, em especial, com a raça, o sexo, o peso, o tipo de confinamento, a digestibilidade e a produtividade animal, no caso da pecuária, além do processo de produção agrícola e da utilização de adubos nitrogenados, no que se refere à agricultura. O setor é dividido em sete subsetores: fermentação entérica, manejo de dejetos, cultivo de arroz, solos manejados, queima de resíduos agrícolas, calagem e aplicação de ureia.

Atualmente, esse setor responde pela maior parte das emissões brasileiras de GEE, representando 33,2% do total em 2016 (o equivalente a 487.005 Gg CO_{2eq})[14], um aumento de 11,2% em relação a 2005 (Figura 11). O subsetor fermentação entérica foi o mais representativo, com uma contribuição de 58% desse total, seguido pelo subsetor solos manejados, com 31% (MCTI, 2020a).

É importante ressaltar, contudo, que as emissões referentes ao subsetor fermentação entérica registraram um aumento de apenas 1,6% entre 2005 e 2016, período em que o rebanho bovino (que em 2016 representou 97,2% da parcela de emissão do subsetor) apresentou um crescimento de 5,3%.

Essa diferença é resultante de um conjunto de políticas voltadas ao setor pecuário, que, somadas a pesquisas científicas, ao desenvolvimento tecnológico e ao empreendedorismo dos produtores rurais, têm resultado no aumento da produtividade nacional. Como exemplo, podem ser citados o aumento da taxa de digestibilidade das forragens consumidas pelo rebanho e o melhoramento genético vegetal, que exercem uma influência direta na intensidade das emissões de cada animal.

Figura 11 – Emissões do setor agropecuária no Brasil, por subsetor, em CO_{2eq}, entre 1990 e 2016.



Fonte: MCTI, 2020a.

13 Mais informações sobre as emissões de cada setor podem ser obtidas no capítulo "Atmosfera".
14 Gg CO_{2eq}: gás de efeito estufa no equivalente em dióxido de carbono (CO_2).



Fonte: Bruno Abe Saber/MMA

No subsetor solos manejados, apesar de se estimar que a adoção da fixação biológica de nitrogênio tenha contribuído com uma redução de 10.000 Gg CO_{2eq} no País entre 2010 e 2016, o aumento da aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos e da mineralização de nitrogênio resultante da perda de matéria orgânica do solo fez com que as emissões do subsetor registrassem um crescimento de 12% nesse mesmo período.

As emissões de metano (CH_4) são as mais representativas para o setor (63% do total) e são oriundas, mormente, do subsetor fermentação entérica. Em seguida, estão as emissões de óxido nitroso (N_2O), com participação de 33% e que tiveram como sua principal fonte de emissão o subsetor solos manejados. O dióxido de carbono (CO_2) participou com apenas 4% das emissões totais do setor, relacionadas principalmente à aplicação de calcário no solo.

Na escala estadual, as unidades da federação que mais contribuíram com as emissões do setor agropecuária, em 2016, foram Mato Grosso (com 12,3% do total, em Gg CO_{2eq}), Minas Gerais (11%), Rio Grande do Sul (10,5%), Goiás (9,3%), Mato Grosso do Sul (8,5%) e Pará (7,3%)[15] (MCTI, 2020b). Não por acaso, essa classificação equivale à ordem dos estados com os maiores rebanhos bovinos do Brasil – com exceção do Rio Grande do Sul, que possuía o oitavo maior quantitativo bovino em 2016, mas concentrava, nesse mesmo ano, 54,3% da área destinada ao cultivo de arroz no País (SIDRA/IBGE, 2021).

Entre os principais emissores, chama atenção o fato de que todos, com exceção do Mato Grosso do Sul, apresentaram um crescimento das emissões pelo setor agropecuária, entre 2005 e 2016, superior à média nacional de 11,2%. No Mato Grosso essa elevação foi de 21,4%, reflexo, em parte, do aumento de 13,7% do rebanho bovino estadual nesse intervalo de tempo. Quando se considera o conjunto dos estados, Roraima apresentou o maior crescimento no período (35,5%, ainda que represente apenas 0,3% do total nacional para o setor), enquanto o Piauí, onde o rebanho bovino teve uma diminuição de 10,2%, registrou queda de 5,1% de suas emissões (MCTI, 2020b; SIDRA/IBGE, 2021).

No entanto, conforme abordado, parte importante da conversão das áreas com cobertura vegetal destina-se à atividade agropecuária, sendo importante considerar também as emissões do setor de uso da terra, mudança no uso da terra e florestas para se compreender melhor a dinâmica das emissões associadas à agropecuária.

Para o setor uso da terra, mudança no uso da terra e florestas, os resultados são representados por emissões ou remoções líquidas, resultantes do balanço entre as emissões brutas (associadas à perda de biomassa pelo desmatamento) e as remoções de CO_2 (por incremento de carbono estocado na vegetação conservada em áreas protegidas e das ações de regeneração e reflorestamento, por exemplo).

15 Para esses cálculos, foram utilizados os dados da quinta edição das "Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil" (MCTI, 2020b), computando, porém, no setor agropecuária as emissões do subsetor calagem (reportado no setor uso da terra, mudança no uso da terra e florestas nesta publicação), conforme metodologia do IPCC já incorporada na "Quarta Comunicação Nacional" (MCTI, 2020a).

Em 2016, as emissões líquidas do setor contribuíram com 27,1% do total das emissões de GEE do Brasil, o que correspondeu a 397.357 Gg CO_{2eq} – uma queda de 74,6% em relação a 2005, ano em que a taxa de desmatamento na Amazônia atingiu 19.014 km², muito superior aos 7.893 km² de 2016. No entanto, quando comparado a 2010, houve um crescimento de 57,4% das emissões, reflexo do recrudescimento dos índices de desmatamento a partir de 2012 (MCTI, 2020a).

As emissões mais representativas do setor vêm do subsetor campo e pastagem, em especial quando se dá a supressão de áreas de vegetação natural para uso pecuário, geralmente acompanhada pela queima de biomassa. Com 640.377 Gg CO_{2eq} emitidos em 2016, houve um aumento de 4,1% das emissões desse subsetor em relação a 2010. As maiores remoções de CO_2 foram oriundas do subsetor floresta, que contribuiu com -347.821 Gg CO_{2eq}, principalmente devido à vegetação natural protegida em unidades de conservação e terras indígenas. O subsetor agricultura, responsável pela emissão de 132.999 Gg CO_{2eq} em 2016, registrou um crescimento de 86,4% em relação a 2010.

As emissões do setor agropecuária e do setor uso da terra, mudança no uso da terra e florestas foram, portanto, da ordem de 487.005 Gg CO_{2eq} e de 397.357 Gg CO_{2eq}, respectivamente, uma participação de 33,2% e 27,1% das emissões líquidas totais de GEE do Brasil, em 2016 – o que demonstra a necessidade de fortalecimento de ações voltadas à mitigação e adaptação às mudanças climáticas na atividade agropecuária e à redução do desmatamento ilegal no País.

Uso de agrotóxicos

No Brasil, o marco legal, a Lei n.º 7.802/1989, e seu regulamento, o Decreto n.º 4.074/2002, conceituam agrotóxicos e afins como: (i) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos; (ii) as substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

País predominantemente tropical, onde a agricultura não conta com longos períodos de inverno para interromper ciclos de pragas e doenças, o Brasil constitui o terceiro maior consumidor de agrotóxicos do mundo, atrás da China e dos EUA (FAOSTAT, 2021).

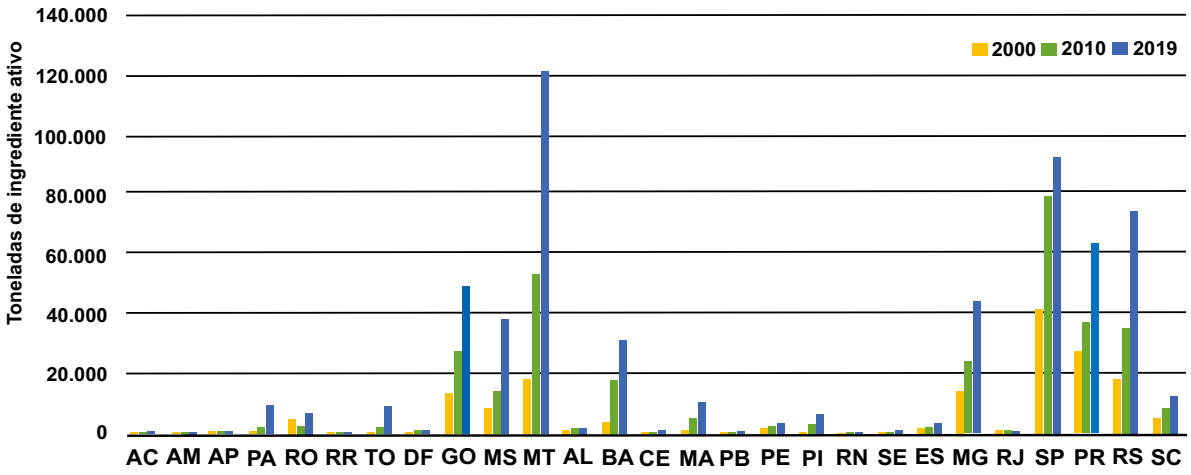
Considerando a série histórica sobre a comercialização de agrotóxicos no Brasil, elaborada a partir de levantamentos realizados pelo Ibama, com base nos dados obtidos em relatórios enviados pelas empresas titulares de registros desses produtos, as vendas de agrotóxicos entre os anos de 2000 e 2019 tiveram um crescimento de 282%, passando de 162 mil para 620 mil toneladas de ingredientes ativos.

Os herbicidas são os agrotóxicos mais consumidos no Brasil, correspondendo a uma média, entre 2009 e 2019, de 58% das vendas totais de agrotóxicos no território nacional. O herbicida recordista foi o glifosato, que correspondeu a 61% das vendas de herbicidas e a 35% das vendas totais de agrotóxicos no País.

A distribuição dos valores referentes à comercialização desses produtos por unidade da federação revela que os estados brasileiros que mais comercializaram agrotóxicos em 2019 foram Mato Grosso, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás, nos quais também se concentra parte significativa da produção agropecuária nacional (Figura 12).

Os dados de vendas de agrotóxicos por unidades da federação sugerem a estimativa de consumo de agrotóxicos nos estados mencionados, porém não se pode afirmar que, efetivamente, foram utilizados. Circunstâncias diversas podem afetar a demanda de uso de agrotóxicos em uma cultura e o produto comprado pode não ser utilizado, perder a validade ou não ser necessário devido ao não aparecimento de uma praga que era esperada (IBAMA, 2010).

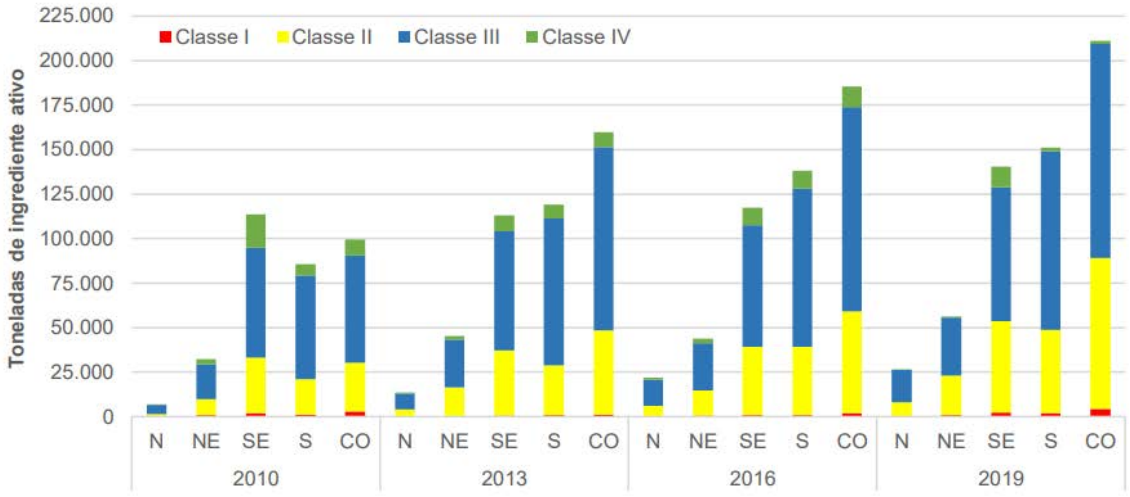
Figura 12 – Distribuição da comercialização de agrotóxicos e afins por unidade da federação do Brasil, entre 2010 e 2019.



Fonte: IBAMA, 2020a.

No que se refere ao potencial de periculosidade ambiental, as vendas de agrotóxicos no Brasil de 2010 a 2019 evidenciam ainda a tendência de crescimento do consumo de agrotóxicos das classes II (muito perigoso ao meio ambiente) e III (perigoso ao meio ambiente) em relação às demais, sendo que os agrotóxicos da classe I (altamente perigoso ao meio ambiente) apresentam uma tendência de estabilidade e pouca participação no total de vendas no País. A classe IV (pouco perigoso ao meio ambiente) representa as vendas dos produtos biológicos, incluindo os produtos destinados à agricultura orgânica (Figura 13).

Figura 13 – Quantidade de agrotóxicos comercializados por classe de periculosidade ambiental, por região brasileira, entre 2010 e 2019



Fonte: IBAMA, 2020a.

Ressalta-se, contudo, que os dados citados anteriormente não se referem aos agrotóxicos que não possuem registro no Brasil e, portanto, são ilegais. Nesse grupo, incluem-se os agrotóxicos fabricados em outros países, mas sem registro no Brasil (e que entram no País por meio do contrabando), os agrotóxicos falsificados (que simulam agrotóxicos registrados, mas cuja formulação é desconhecida e não autorizada) e os agrotóxicos que não foram submetidos

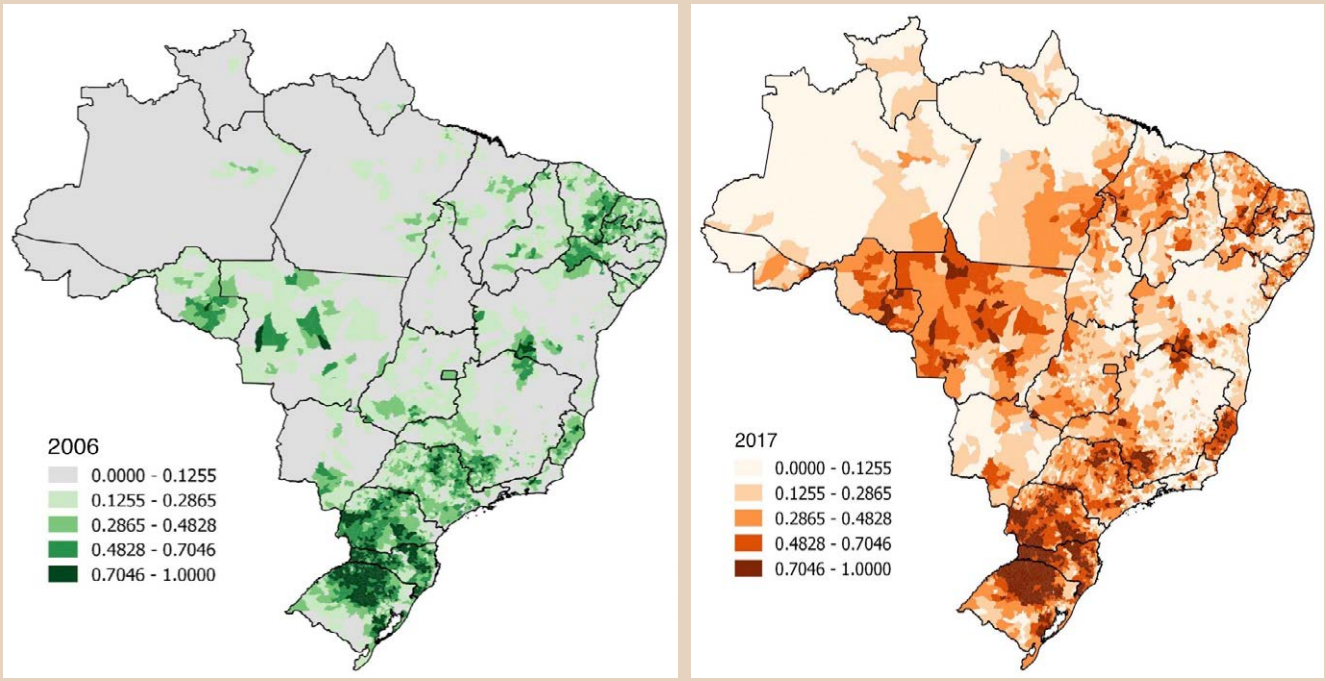
ao processo regular de registro, normalmente produzidos em fábricas clandestinas e com formulação desconhecida. Estima-se que o comércio de agrotóxicos ilegais representa cerca de 24% do mercado de agrortóxicos no Brasil (IDESF, 2019).

De forma complementar, os dados do Censo Agropecuário mostram que, entre 2006 e 2017, houve crescimento de cerca de 20,4% nos estabelecimentos agropecuários que utilizaram agrotóxicos no País. As despesas efetuadas com agrortóxicos somaram cerca de R$ 32 bilhões no último levantamento, incremento de cerca de 26,4% em relação a 2006 (R$ 13,4 bilhões, que corrigidos pelo IPCA chegam a R$ 25,3 bilhões em 2017).

Do ponto de vista espacial, verifica-se uma maior proporção de estabelecimentos que usam agrotóxicos nos municípios onde a agricultura é relevante atividade econômica, com destaque para o cultivo de grãos. É o caso dos municípios do norte do Rio Grande do Sul, do oeste catarinense e, como um todo, do Paraná e do Mato Grosso, onde mais de 70% dos estabelecimentos fazem uso de agrortóxicos. Observa-se, ainda, crescimento do uso de agrotóxicos em municípios que se configuram como a nova fronteira agrícola do País, situados na Amazônia (em especial nos estados do Amazonas, Pará e Rondônia, além do próprio Mato Grosso) e na região do Matopiba (Figura 14).

Quanto ao perfil de uso segundo a estrutura fundiária, cerca de 36% dos estabelecimentos relataram, no Censo Agropecuário de 2017, fazer uso habitual de agrotóxicos, ao passo que essa proporção chegou a 50% entre aqueles com mais de 500 ha. Esse crescimento, de acordo com a área dos estabelecimentos, também acontece quando se considera as despesas anuais com esses produtos, que se encontram, em média, em R$ 668,00 entre os estabelecimentos de 0 a 5 ha e chegam a R$ 1.347.475,00 naqueles com mais de 2.500 ha.

Figura 14 - Percentual de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos segundo os municípios brasileiros, em 2006 e 2017.



Fonte: SOARES, 2019.

Os estabelecimentos agropecuários cujas atividades econômicas principais eram a horticultura e a floricultura foram aqueles que, percentualmente, mais reportaram o uso habitual de agrotóxicos, 57%, seguidos daqueles voltados à produção de sementes e mudas, às lavouras permanentes e às lavouras temporárias, com 54%, 49% e 43%, respectivamente[16].

Reflexo do crescimento da comercialização e do consumo de agrotóxicos, a exposição a essas substâncias e seus impactos negativos sobre a saúde e o meio ambiente tornaram-se um tema relevante e motivo de preocupação crescente na sociedade.

A exposição da população aos agrotóxicos e outras substâncias químicas utilizadas para aumentar a produtividade agrícola pode gerar efeitos e agravos agudos ou crônicos à saúde, a depender da toxicidade, do tempo e da forma de contato entre a pessoa e o agrotóxico, da suscetibilidade do organismo e do prazo decorrido entre a exposição e o atendimento médico (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Entre 2004 e 2020, o Sistema de Informação de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado (Sissolo), do Ministério da Saúde, registrou um total de 1.517 áreas passíveis de provocar uma exposição populacional a agrotóxicos por existir a possibilidade de uso dessas substâncias nessas áreas, classificadas como áreas agrícolas ou de depósitos de agrotóxicos.

No que se refere à ocorrência de agrotóxicos na água destinada ao consumo humano, o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) realizou, em 2014, ações de monitoramento em 741 municípios do Brasil. Do total de análises realizadas neste ano (57.299), 99,9% apresentaram resultados compatíveis com os padrões de potabilidade definidos na Portaria do Ministério da Saúde n.º 2.914/2011. Apesar do elevado percentual de amostras em consonância com os padrões estabelecidos, faz-se necessário considerar, nas ações de vigilância em saúde, os resultados que identificaram agrotóxicos nas amostras de água, ainda que inferiores ao valor máximo permitido na legislação (ANA, 2019).

No período de 2010 a 2020, do total de intoxicações exógenas registradas no Sistema de Agravo de Notificação (Sinan), 12,4% foram atribuídas a intoxicações decorrentes da exposição aos agrotóxicos e, dessas, 36,7% aos agrotóxicos agrícolas – que contam atualmente com pouco mais de 400 ingredientes ativos autorizados no Brasil, dos quais 115 são semioquímicos (como, por exemplo, feromônios), extratos vegetais ou de origem biológica. Em números absolutos, foram registrados 3.914 casos de intoxicação exógena por agrotóxicos agrícolas em 2020 – o que corresponde a uma proporção de 1,85 casos a cada 100 mil habitantes –, um aumento de 31% em relação às 2.988 notificações de 2010.

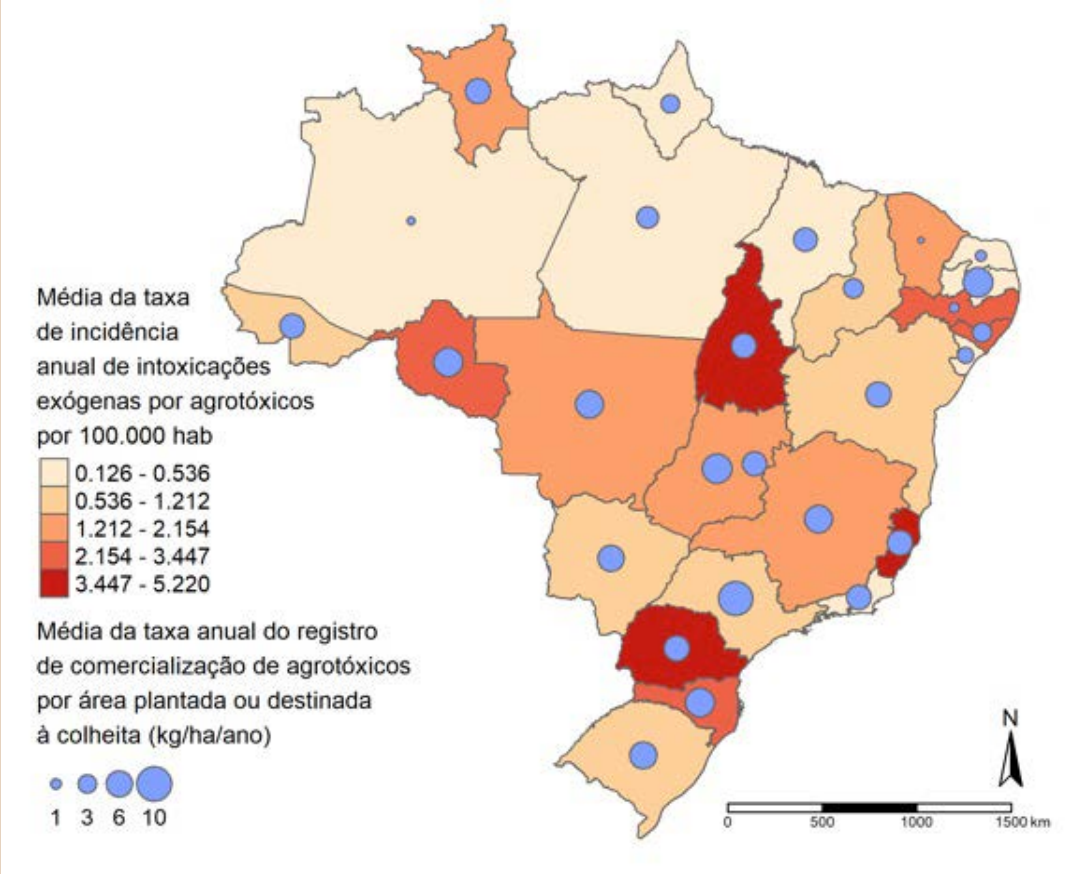
Em geral, quanto maior a comercialização de agrotóxicos por área plantada, maior a possibilidade de se encontrar altas taxas de incidência de intoxicação exógena por agrotóxicos agrícolas (Figura 15). No entanto, cabe ressaltar que esses indicadores possuem limitações acerca dos ingredientes ativos declarados na venda, das circunstâncias de intoxicação e da eficiência das notificações pelas Secretarias Estaduais de Saúde.

Em relação à taxa de mortalidade, os óbitos atribuídos ao CID-10 X48 (intoxicação acidental por exposição a agrotóxicos) – parte integrante do indicador 3.9.3 do ODS 3 (saúde e bem-estar), que monitora a taxa de mortalidade atribuída à intoxicação não intencional, contemplando também outras substâncias, como drogas, medicamentos e solventes orgânicos – representam apenas 13,49% do total de óbitos monitorados por esse indicador, com uma taxa relativamente constante entre 2010 e 2019 de 0,20 mortes a cada 100 mil habitantes. É importante destacar que a maior taxa de mortalidade atribuída à intoxicação por agrotóxicos está relacionada a mortes intencionais (suicídios), que não são objeto desse indicador específico.

Outra preocupação decorrente do aumento do uso de agrotóxicos na agricultura brasileira é a presença dessas substâncias nos alimentos

16 Nos estabelecimentos onde a horticultura é a atividade principal, observa-se um valor médio de despesa com esses produtos muito menor quando comparado com as outras atividades principais, uma vez que as áreas de produção tendem a ser menores quando comparadas àquelas destinadas a outras atividades agropecuárias.

Figura 15 – Distribuição da média da taxa de incidência anual das intoxicações exógenas por agrotóxicos agrícolas e da média da taxa anual do registro de comercialização de agrotóxicos por área plantada ou destinada à colheita nos estados brasileiros, entre os anos de 2010 e 2019.



Fonte: Ministério da Saúde, 2020.

consumidos pela população, o que levou à criação, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em 2001, do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos com o objetivo de monitorar os resíduos de agrotóxicos em alimentos consumidos *in natura*.

Os resultados desse programa ao longo das duas décadas de sua implementação mostram-se preocupantes, com um alto nível de irregularidades verificado nas amostras analisadas, com ressalva ao estado do Pará, onde o Programa passou a efetuar avaliação de risco, além do monitoramento das inconformidades, a partir do triênio 2013-2015 e indicou que os alimentos ofertados não ofereciam risco apreciável à saúde dos consumidores. Mesmo após a publicação da Instrução Normativa Conjunta Mapa/Anvisa/Ibama n.º 01/2014, que disciplinou e simplificou o registro de agrotóxicos para culturas com suporte fitossanitário insuficiente (sobretudo hortaliças e frutíferas), o percentual de irregularidades para o total de amostras analisadas no biênio 2017-2018 foi de 23% - abaixo, porém, dos valores de 36% e 29% registrados em 2011 e 2012, respectivamente (ANVISA, 2019).

A alface, que desde o início do programa apresentou altos índices de irregularidades (frequentemente acima de 40%), mostrou redução significativa no percentual de amostras insatisfatórias (27,6%). Tal resultado também pode ser observado para outras culturas que historicamente apresentaram resultados elevados de irregularidades, como o tomate, que apresentou uma redução do percentual de amostras insatisfatórias de 44,7%, em 2007, para 36%, em 2017-2018 (ANVISA, 2019).

Os impactos dos agrotóxicos sobre os polinizadores

As evidências de que as populações de polinizadores estão em declínio crescem continuamente, constituindo um problema de grande escala para os ecossistemas naturais e os sistemas agropecuários.

Esta diminuição generalizada, em espécies e abundância, é causada por múltiplos fatores, principalmente de caráter antrópico, como o uso intensivo de agrotóxicos em áreas agrícolas (SILVA *et al.*, 2015; CERQUEIRA; FIGUEIREDO, 2017).

Com o intuito de avaliar as perdas de grupos de abelhas no Brasil, foi lançada em 2013 a plataforma Bee Alert, permitindo que apicultores e demais usuários relatassem casos de perdas de abelhas. Os resultados consolidados para o período de 2013 a 2017 mostram que em 81,2% dos 322 casos reportados a principal suspeita da morte das abelhas foi a exposição a agrotóxicos. Além disso, as perdas médias de colônia ao longo dos cinco anos avaliados variaram de 54,9% a 70,5%, números bastante elevados e acima dos valores de perda reportados em outros países (CASTILHOS *et al.*, 2019)

Iniciativa semelhante, coordenada pelo Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (Sindiveg), é o projeto Colmeia Viva. Os resultados de 2014 a 2017 do projeto indicam uma alta mortalidade de abelhas, com uma constatação de 70% a 99% de mortalidade nos apiários em 222 relatos registrados. Desses, em 88 foi possível a coleta de amostras para análise em laboratório, sendo que 55,15% das amostras de abelhas apresentaram resíduos de agrotóxicos, com predominância da classe dos inseticidas neonicotinóides e dos fungicidas pirazóis nas análises.

Em face desses desafios, o poder público tem atuado para mitigar os impactos dos agrotóxicos sobre esses insetos. O Ibama foi pioneiro na América do Sul quando, em 2017, publicou a Instrução Normativa Ibama n.º 2 de 10 de fevereiro, que estabeleceu diretrizes, requisitos e procedimentos para a avaliação dos riscos de ingrediente(s) ativo(s) de agrotóxico(s) para insetos polinizadores, utilizando-se as abelhas como organismos indicadores. Juntamente com esta IN, foi publicado o 'Manual de Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxicos para Abelhas', que foi revisado em 2020 (IBAMA, 2020b). Esses dois instrumentos normativos elevaram o padrão regulatório para o registro de agrotóxicos no País com o intuito de proteger as abelhas nativas e contribuir para a sustentabilidade da produção de alimentos.

Ainda dentro desse contexto, o Ibama tem promovido a reavaliação ambiental de produtos agrotóxicos à base de ingredientes ativos considerados nocivos aos insetos polinizadores. Trata-se de um procedimento de reanálise das condições de registro desses produtos em virtude de indícios da ocorrência de riscos que desaconselhem o uso autorizado. O primeiro ingrediente ativo reavaliado por indícios de efeitos nocivos às abelhas foi o Imidacloprido, que pertence ao grupo dos neonicotinoides – agrotóxicos que derivam da molécula da nicotina[17].

Instrumentos de gestão territorial

Com uma distribuição difusa ao longo do território brasileiro, a agropecuária tem como um de seus principais desafios a conciliação dos processos de expansão e intensificação da atividade com a necessidade de conservação dos ecossistemas dos quais depende para sua própria sustentabilidade – em um contexto no qual outros usos do território, como mineração, áreas urbanas e as redes logísticas também precisam ser considerados.

Para lidar com essa complexa dinâmica, os instrumentos de gestão territorial buscam, a partir de uma visão estratégica do território, orientar, no tempo e no espaço, as tomadas de decisão dos agentes públicos e privados de acordo com as potencialidades e vulnerabilidades identificadas.

17 Informações sobre as conclusões acerca do Imidacloprido e o estado atual das reavaliações em curso dos demais neonicotinoides podem ser obtidas no *site:* http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/reavaliacao-ambiental.

Ainda que o País não disponha de uma Política Nacional de Ordenamento Territorial para orientar esse esforço, os últimos dez anos registraram alguns avanços importantes nesse sentido. Em primeiro lugar, pode-se mencionar a publicação da Lei Complementar n.º 140/2011, que contribuiu para estabelecer uma certa hierarquia e complementariedade entre diferentes instrumentos de gestão territorial, cada qual com seus graus de detalhamento correspondentes. De acordo com esta lei, constitui competência da União a elaboração do zoneamento ecológico-econômico (ZEE) de âmbito nacional e regional, cabendo aos estados elaborar o ZEE de nível estadual, em conformidade com os zoneamentos de caráter nacional e regional, e aos municípios a elaboração do plano diretor, observando os ZEEs existentes.

Assim, para além do MacroZEE da Amazônia Legal, instituído pelo Decreto n.º 7.378/2010, foi finalizado, em 2018, o MacroZEE da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, elevando a parcela do território nacional com diretrizes de uso e ocupação do território elaboradas a partir de iniciativas federais de ZEE, entre 2010 e 2020, de 61,4% para 68,9%.

No âmbito estadual, cabe destacar o impulso dado ao zoneamento pelo novo Código Florestal (Lei n.º 12.651/2012), que definiu um prazo de cinco anos para que todos os estados elaborassem e aprovassem seus respectivos ZEEs. Como resultado, a proporção do território brasileiro com iniciativas estaduais de ZEE concluídas elevou-se, entre 2010 e 2020, de 69,3% para 82,3%, resultado da aprovação, no período, dos ZEEs do Distrito Federal e dos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Tocantins.

Por fim, no que se refere à competência municipal para a gestão territorial, se, em 2009, 41,6% dos municípios brasileiros possuíam plano diretor (2.318 de 5.565 municípios), esse percentual elevou-se para 51,4% em 2018 (2.866 de 5.570 municípios) – ainda que a elaboração do plano diretor não seja obrigatória para todos os municípios brasileiros, conforme prevê o Estatuto das Cidades (Lei n.º 10.257/2001) (IBGE, 2018).

Porém, mais do que a elaboração propriamente dita desses instrumentos, o grande desafio relacionado à gestão territorial consiste no baixo grau de implementação das ações previstas em cada instrumento.

Dentre as causas desse problema, citam-se o uso de metodologias insuficientes para lidar com os problemas afetos à gestão do território; a pouca vontade política dos gestores públicos, em todos os níveis de governo, para aplicar as diretrizes e estratégias estabelecidas (no que a extinção recente da Comissão Coordenadora do ZEE do Território Nacional pelo Decreto n.º 9.759/2019 tende a agravar esse quadro); e o baixo envolvimento de diferentes setores da sociedade, em especial o setor privado, na elaboração e implementação dos instrumentos, associado, principalmente, (i) à reduzida compreensão da finalidade de cada instrumento, (ii) à percepção equivocada de que o instrumento prioriza a preservação ambiental em detrimento das questões produtivas e sociais e (iii) ao descrédito quanto à fiscalização e à penalização no caso de não observância das diretrizes e estratégias definidas (MMA, 2016).

Percebe-se, assim, que o futuro dos instrumentos de gestão territorial está diretamente associado à possibilidade de se encontrar mecanis-mos que possam auxiliar, ao menor custo político, econômico e social, e na maior rapidez possível, a implementação de seus resultados, potencializando seu atrativo como referência a outras políticas de ordenamento do uso da terra, capazes de promover a conciliação entre as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável.

Regularização ambiental dos imóveis e atividades agropecuárias

Uma outra frente de ação em direção à conservação e ao uso racional do território e seus recursos naturais tem como objetivo promover a adequação dos imóveis rurais e das atividades agropecuárias aos regramentos ambientais e sociais existentes, conferindo maior grau de responsabilização aos agentes privados.

No primeiro caso, merecem destaque o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e os Programas de Regularização Ambiental (PRA), previstos na Lei n.º 12.651/2012.

O CAR tem como objetivo criar um registro público eletrônico de todos os imóveis rurais do País[18], integrando as informações ambientais das propriedades e posses em uma base de dados – o Sistema de Cadastro Ambiental Rural (Sicar) – capaz de viabilizar a regularização ambiental e de garantir o controle, o monitoramento e o combate ao desmatamento no Brasil.

A redação original da Lei n.º 12.651/2012 definiu que a inscrição no CAR deveria ser feita no prazo de um ano, contado da implantação do sistema de cadastro (o que se deu com a publicação da Instrução Normativa MMA n.º 2, de 6 de maio de 2014). No entanto, este prazo acabou sendo postergado diversas vezes e, em 2019, extinguiu-se a data limite para inscrição no CAR, tornando-o um cadastro permanente. Ainda assim, para garantir o direito de aderir ao PRA e de manter atividades agropecuárias em áreas rurais classificadas como consolidadas e situadas em áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal, a data limite para inscrição do imóvel rural no CAR foi até 31 de dezembro de 2020, devendo os imóveis inscritos após esta data observar regras mais rígidas definidas no Código Florestal.

Apesar de todos os estados estarem bem avançados na etapa de inscrição dos imóveis rurais no CAR, a etapa de análise e validação dos cadastros, fundamental para a constatação dos passivos ambientais que demandarão regularização, seja através do PRA ou fora dele, ilustra a dimensão do desafio. Mesmo sendo da maior importância, uma vez que o CAR é um instrumento declaratório, esta etapa havia sido concluída para somente cerca de 4% dos cadastros realizados, não tendo sido iniciada, até o final de 2020, em cinco estados: Amapá, Minas Gerais, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Roraima (CPI, 2020).

Do total de cerca de 7 milhões de imóveis cadastrados até o final de 2020, 55,5% solicitaram adesão aos Programas de Regularização Ambiental, que contemplam o conjunto de ações que devem ser desenvolvidas pelos proprietários e possuidores dos imóveis rurais com vistas à regularização ambiental de seus imóveis (SFB, 2021).

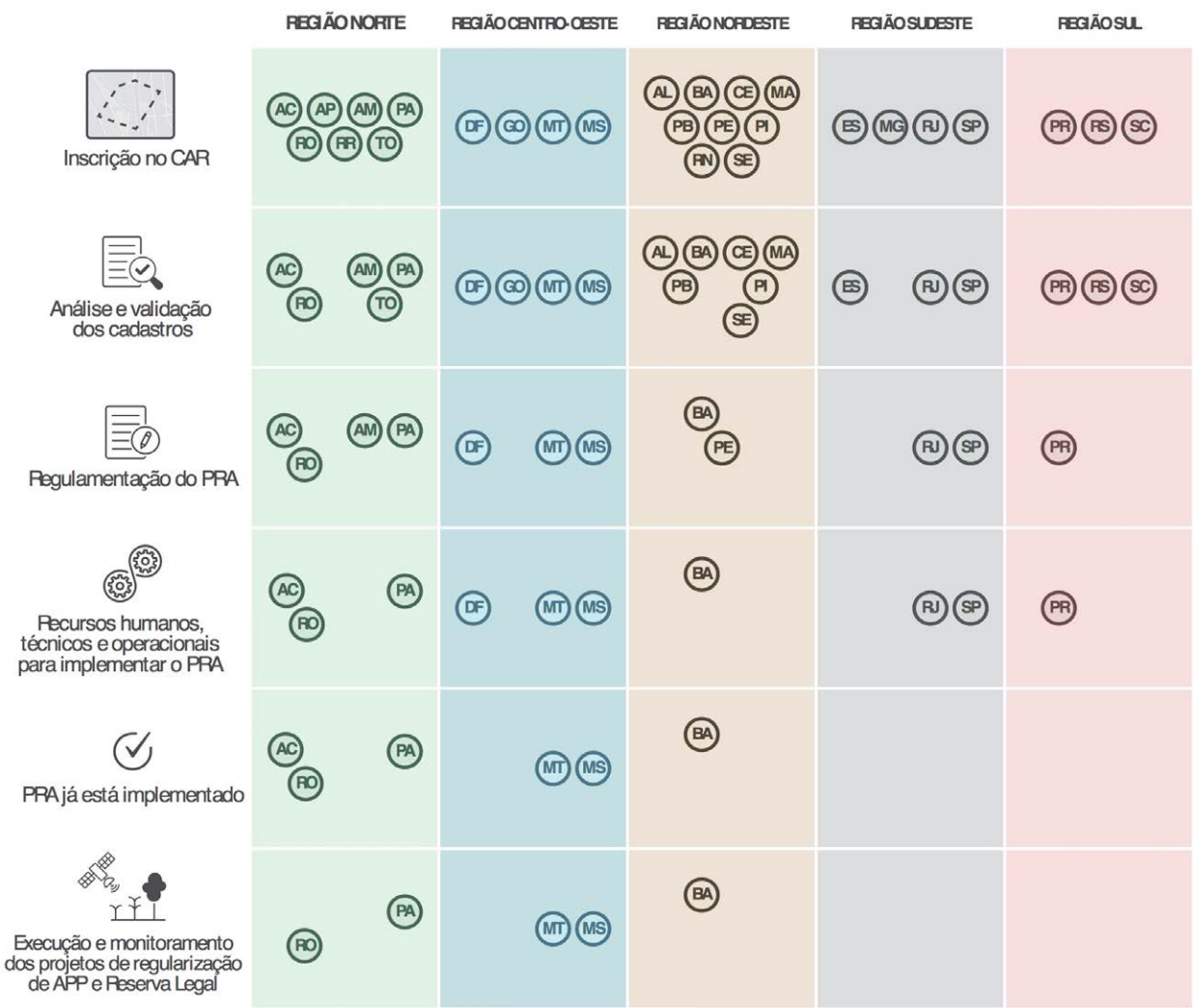
18 Mais informações sobre o CAR podem ser obtidas nos capítulos "Florestas" e "Economia Verde".



Fotnte: Bruno Abe Saber/MMA

Até 2020, doze estados já haviam editado normas instituindo seus PRA e definindo as modalidades, parâmetros e prazos para a regularização ambiental das áreas consolidadas em APP e reserva legal. Contudo, em apenas seis estados (Acre, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará e Rondônia), e de forma ainda incipiente, o PRA está efetivamente implementado, com sistemas operacionais em funcionamento, termos de compromisso assinados e projetos de regularização de APP e reserva legal em execução e monitoramento (Figura 16).

Figura 16 – Status da implementação do CAR e do PRA pelos estados brasileiros em 2020.



Fonte: CPI, 2020.

No que se refere aos esforços para conferir uma maior adequação das atividades agropecuárias aos regramentos ambientais e sociais existentes, cabe mencionar algumas iniciativas relacionadas às atividades agropecuárias que possuem maior representatividade espacial no território brasileiro, como a pecuária bovina e a soja.

A pecuária, reconhecidamente a atividade mais encontrada em áreas recém-desmatadas, é objeto, por exemplo, do Termo de Ajustamento de Conduta ("TAC da Carne"), iniciativa do Ministério Público Federal de 2009. Nesse compromisso, as empresas do setor (principalmente frigoríficos) se comprometem a não adquirir animais criados em

imóveis rurais que estejam em desconformidade com as leis ambientais e sociais. Iniciado no Pará, onde contempla 32 das 45 plantas frigoríficas e/ou exportadoras de animais vivos situadas no estado, o TAC da Carne já foi adotado por outros estados da Amazônia, como Acre, Amazonas, Mato Grosso e Rondônia (AMIGOS DA TERRA, 2020).

Apesar da importância desses acordos na contenção do desmatamento na Amazônia, eles ainda apresentam limitações que comprometem sua eficácia, como o fato de monitorarem somente os fornecedores diretos de gado aos frigoríficos, que assim ficam sujeitos a comprar animais que passaram parte de seu ciclo de cria, recria e engorda em propriedades com irregularidades socioambientais.

Na agricultura, o principal compromisso firmado com o setor privado é a Moratória da Soja. Assinada em 2006 pela Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove) e pela Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (Anec), o acordo veda que as empresas associadas às signatárias adquiram soja oriunda de áreas situadas no bioma Amazônia que tenham sido desmatadas após 22 de julho de 2008, que tenham sido embargadas pelo Ibama ou com registro de trabalho análogo à escravidão.

Atualmente, 102 municípios, que concentram a quase totalidade da produção de soja no bioma amazônico, são monitorados. Quando considerada a área total de soja plantada na safra 2019/2020 no bioma, de 5,4 Mha, a área em desconformidade com a Moratória da Soja representou cerca de 2% desse montante (108,4 mil ha, dos quais cerca de 75% encontram-se no Mato Grosso), o equivalente a 1,5% do desmatamento total registrado no bioma após 2008 (ABIOVE, 2020).

Apesar desses resultados mostrarem a efetividade da iniciativa como instrumento de redução do desmatamento na Amazônia, a Moratória da Soja enfrenta desafios semelhantes aos observados nos compromissos firmados pelo setor pecuário. Fornecedores indiretos – que comercializam a soja por intermédio de cooperativas ou empresas armazenadoras intermediárias – acabam não sendo monitorados pelos mecanismos das traders signatárias do acordo, uma vez que não transacionam diretamente com elas (IMAFLORA, 2017).

Além disso, vale destacar que a Moratória da Soja não se aplica ao bioma Cerrado, onde parte importante das novas áreas incorporadas à produção agrícola é resultado direto da conversão da vegetação nativa, sobretudo na região do Matopiba.

Práticas agrícolas sustentáveis

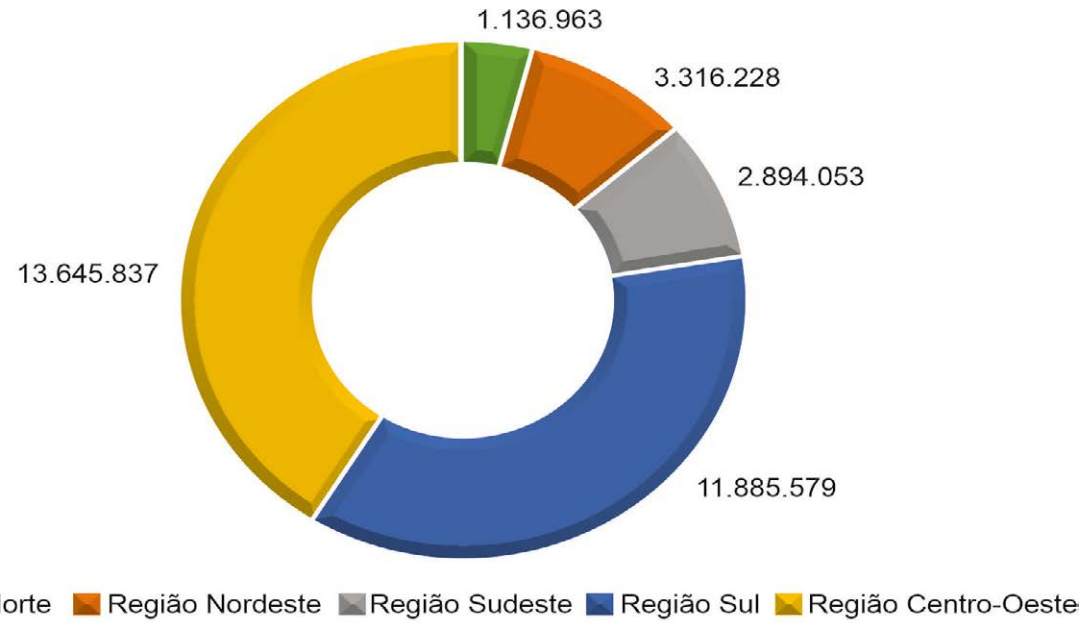
A última década testemunhou também diversas ações de mudança dos sistemas de produção agropecuária, motivadas por questões ambientais e socioeconômicas.

No contexto da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei n.º 12.187/2009) e dos compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito da Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015 (COP 21, que resultou no Acordo de Paris), o cumprimento das metas de redução das emissões de GEE foi fundamentado em dois aspectos: a redução do desmatamento e a implementação de práticas agrícolas mais sustentáveis na agricultura.

Cumprindo com a meta 13.2 dos ODS, o Plano ABC foi o plano setorial para a agricultura, aprovado em 2010, com foco nas tecnologias para redução das emissões e aumento do sequestro de carbono. O plano tem incentivado, por meio da concessão de crédito, a adoção de sistemas conservacionistas, como o plantio direto e os sistemas integrados, a fixação biológica de nitrogênio e a produção de bioenergia a partir de biogás.

O SPD, presente no Brasil desde a década de 1960, abarcava, em 2017, cerca de 33 Mha, dos quais 77,6% localizados nas regiões Centro-Oeste e Sul. A taxa de incremento na adoção do SPD no Brasil foi de 1,6 milhão de Mha por ano na década de 1990, reduzindo-se para 1,2 milhão de ha/ano de 2001 a 2008 e para 0,3 milhão de ha/ano na década atual – uma redução esperada, até porque o plantio direto geralmente está presente, sobretudo, nos sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta (Figura 17).

Figura 17 – Distribuição das áreas (em ha) com SPD entre as regiões brasileiras, em 2017.



Fonte: IBGE. Censo Agropecuário, 2017.

Os sistemas integrados de produção agropecuária são estratégias de produção agrícola, pecuária e florestal numa mesma área, podendo usar cultivos em consórcio, rotação ou sucessão e variando quanto aos componentes adotados: iLP – integração lavoura-pecuária; iLF – integração lavoura-floresta; iPF – integração pecuária-floresta; e iLPF – lavoura-pecuária-floresta. Essas estratégias intensificam o uso da terra, otimizam o uso de recursos e diversificam a renda do produtor, reduzindo riscos associados à atividade agropecuária feita de forma exclusiva para um ou outro componente mencionado.

Estima-se que o Brasil apresentava, no ano de 2020, de 15 a 17 Mha sob sistemas integrados, sendo mais da metade distribuída nos estados do Mato Grosso do Sul (2,1 Mha), Mato Grosso (1,5 Mha), Rio Grande do Sul (1,5 Mha), Minas Gerais (1 Mha) e Goiás e Distrito Federal (0,9 Mha) (REDE ILPF, 2021).

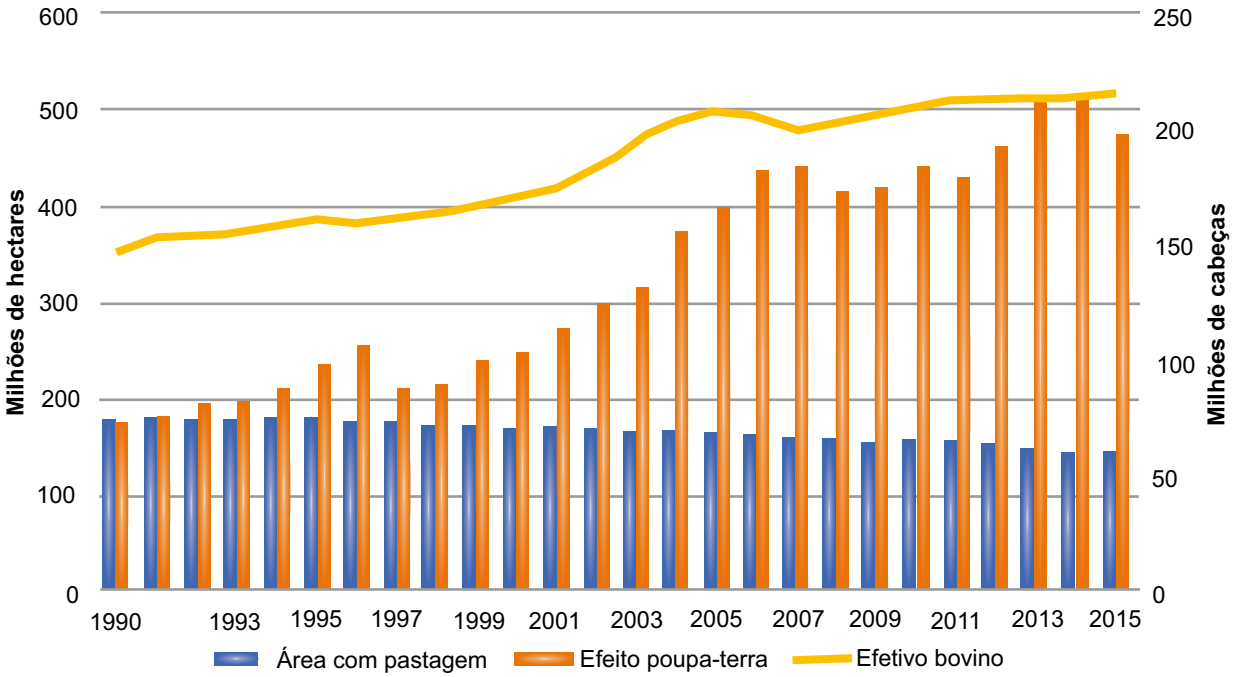
A taxa média de adoção dos sistemas integrados para o período de 2005 a 2020 foi de 1,06 Mha/ano, sendo perceptível a diferença observada após a aprovação do Plano ABC. Antes de 2010, a taxa de adoção foi de 0,73 Mha/ano, e, após esta data, essa taxa cresceu para 1,14 Mha anuais. Além do Plano ABC, outra ação importante foi a formação da Rede iLPF no ano de 2012, com participação de empresas do setor privado e da Embrapa, para acelerar a comunicação, capacitação e adoção de tecnologias para a intensificação sustentável da agricultura por meio dos sistemas integrados.

Outra prática sustentável de grande impacto no Brasil, em função das extensas áreas que ocupa, é a recuperação da capacidade produtiva das pastagens, uma vez que grande proporção destas apresenta algum grau de degradação e baixa capacidade de suporte animal.

Dados do Plano ABC indicam que 10,5 Mha de pastagens foram recuperados entre os anos de 2010 e 2018 (MAPA, 2021). A recuperação da capacidade produtiva dos pastos e a intensificação do manejo animal aumentam a produtividade pecuária e evitam o avanço da atividade sobre outros usos da terra, numa economia ou efeito denominado poupa-terra. De 1950 a 2006, os ganhos de produtividade dos pastos explicaram 79% do crescimento da produção de carne bovina no Brasil e sustentaram um efeito de economia

de terras de 525 Mha (MARTHA; ALVES; CONTINI, 2012). Esse panorama para o período mais recente, de 1990 a 2015, é mostrado na Figura 18. A intensificação do modelo de produção pecuária, com recuperação de parte das pastagens degradadas, resultou num efeito poupa-terra da ordem de 400 Mha em 2015.

Figura 18 – Evolução da área com pastagens, efetivo bovino e efeito poupa-terra devido à intensificação da produção pecuária no Brasil.



OBS: O efetivo bovino é oriundo da Pesquisa da Pecuária Municipal, do IBGE.
Fonte: Adaptado de Vieira Filho, 2018.

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) continua figurando como importante prática para fornecimento de nitrogênio às culturas e para economia de recursos, com impactos importantes no combate às mudanças climáticas. Tecnologias para maior eficiência da FBN foram desenvolvidas desde a década de 1950 a partir da seleção, multiplicação e veiculação de bactérias, gerando produtos específicos (ANPII, 2017).

Praticamente toda a soja cultivada no País não usa nenhum nitrogênio fornecido via adubação mineral, adotando somente a FBN como fonte de nitrogênio para o sistema produtivo. O uso da FBN tem assim um impacto importante na economia do País e na sustentabilidade da produção, uma vez que cerca de 84% do nitrogênio mineral entregue ao produtor é importado (ANDA, 2019) e que a fixação industrial do nitrogênio implica elevado custo energético, no que a FBN na soja representa uma emissão evitada de 69,3 toneladas de CO_2 por ano.

Por sua vez, os insumos biológicos e fertilizantes orgânicos e organominerais têm potencial para liberação mais lenta e gradual dos nutrientes, aumentando sua eficiência de uso, além do potencial para incrementar o carbono orgânico do solo, com todos os benefícios associados ao aumento da matéria orgânica e ao balanço de carbono para fins de rotulagem ambiental de produtos.

Como consequência, há um movimento efetivo de diversos atores dos setores público e privado para a recompensa aos produtores e empresas com bons índices de desempenho ambiental, tal como previsto na Política Nacional

de Biocombustíveis, a RenovaBio (Lei n.º 13.576/2017). Essa política estabelece metas de redução de GEE e cria o mercado de créditos de descarbonização, prevendo a normatização do processo de certificação de biocombustíveis. Iniciativas semelhantes têm sido capitaneadas por entidades privadas, de forma a atender as exigências de mercado, principalmente em função da pressão crescente da população.

A fim de contribuir ainda mais com a meta 2.3 dos ODS – que visa implementar práticas agrícolas resilientes que aumentem a produção e a produtividade e, ao mesmo tempo, ajudem a proteger, recuperar e conservar os serviços ecossistêmicos –, os passos futuros devem buscar a ampliação da visão sobre os impactos dos modelos de produção agropecuária, integrando a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis com outros componentes, como a conservação e recuperação da vegetação nativa, a melhoria da eficiência no uso da água, a otimização de recursos financeiros e humanos, o zoneamento agrícola e os sistemas de decisão com vistas ao bom desempenho agronômico, zootécnico e ambiental.

Medidas de mitigação do consumo de agrotóxicos

Ao mesmo tempo em que permitem níveis mais elevados de produtividade na agricultura, o Brasil necessita de medidas e incentivos que assegurem um uso mais adequado dos agrotóxicos, a fim de minimizar os riscos causados ao meio ambiente e à saúde humana.

O fomento ao manejo racional de agrotóxicos e os estudos da dinâmica desses produtos no ambiente, complementados pela avaliação de risco ambiental (ARA) – a partir da qual se identifica a probabilidade de ocorrência de efeitos nocivos a partir do uso dos agrotóxicos, considerando a potencial exposição de organismos não-alvo aos produtos –, e a adoção de medidas de mitigação e remediação de impactos poderão carrear benefícios diretos aos recursos naturais, em conformidade com as metas de sustentabilidade.

Nesse sentido, é importante mencionar que o Brasil é signatário da Convenção de Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito; da Convenção de Roterdã sobre Procedimento de Consentimento Prévio Informado para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e Agrotóxicos Perigosos; e da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (POP), que visa eliminar, restringir e reduzir a produção, a comercialização e o uso de POP e seus resíduos, muito presentes em certos agrotóxicos.

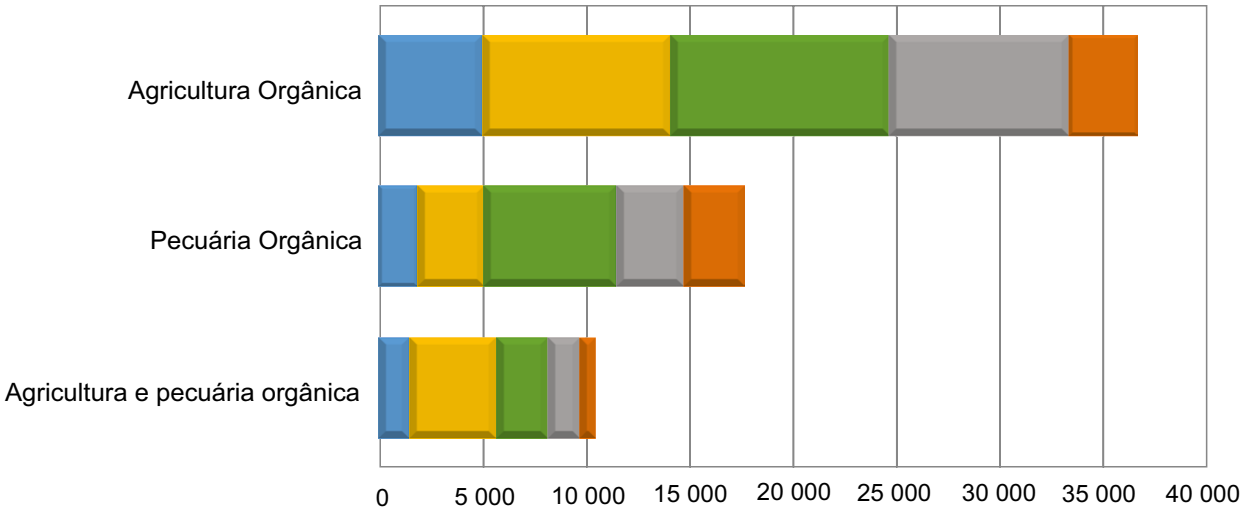
Reflexo desses marcos internacionais, foi instituído, por meio do Decreto n.º 10.375/2020, o 'Programa Nacional de Bioinsumos', voltado ao fomento da utilização de produtos, processos e tecnologias de origem vegetal, animal ou microbiana que interfiram positivamente na atividade agropecuária, como biofertilizantes e defensivos biológicos.

Nesse mesmo sentido, vem crescendo consideravelmente, nos últimos anos, o registro de agrotóxicos e afins de baixo risco, entre os quais podem ser citados os produtos biológicos, microbiológicos, semiquímicos, bioquímicos e os reguladores de crescimento, que pouco ou quase nenhum dano causam ao meio ambiente e à saúde. A maioria dos agrotóxicos de baixo risco tem como destino o uso na agricultura orgânica, destacando-se não apenas pelo baixo impacto ambiental e toxicológico, mas também por beneficiar as culturas de suporte fitossanitário insuficiente (*minor crops*). De acordo com dados do Mapa, havia, em 2020, 411 produtos de baixo impacto registrados no País, com um crescimento significativo nos últimos anos, fruto de inovações tecnológicas como forma de racionalizar o uso dos agrotóxicos.

Mesmo sendo uma alternativa para a redução do uso de agrotóxicos, a agricultura orgânica ainda apresenta uma participação muito pequena no quadro da produção agropecuária nacional. De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, somente 1,3% dos estabelecimentos agropecuários (cerca de 64,7 mil unidades) praticavam agricultura e/ou pecuária orgânica no Brasil, com uma proporção maior registrada nos estabelecimentos de menor área. Quanto à classificação do estabelecimento agropecuário segundo sua atividade econômica principal, destacam-se aqueles que praticam agricultura e/ou pecuária orgânica classificados como horticultura e floricultura (3,8%) e voltados à produção de sementes e mudas (1,5%).

Do ponto de vista espacial, a maior concentração de estabelecimentos que praticam agricultura orgânica encontra-se em municípios próximos aos grandes centros urbanos, principalmente nas regiões Sudeste e Sul (que concentram cerca de 56% dos estabelecimentos com produção orgânica), em razão da maior proporção de produtores envolvidos na produção de hortaliças que abastecem o mercado consumidor local (Figura 19).

Figura 19 – Distribuição espacial dos estabelecimentos agropecuários com produção orgânica no Brasil.



Fonte: IBGE. Atlas do Espaço Rural Brasileiro, 2020b.

Também é de grande relevância a destinação final das embalagens vazias de agrotóxicos, uma vez que estas podem conter resíduos em níveis elevados que levam à contaminação ambiental. Com o objetivo de mitigar esses riscos, foi promulgada Lei n.º 9.974/2000, que alterou a legislação de agrotóxicos vigente à época para estruturar a logística reversa aplicada a estas embalagens, atribuindo a cada integrante da cadeia agrícola a responsabilidade por uma etapa da logística reversa. Com a promulgação desta lei, e sua regulamentação em 2002, foi possível a criação do Sistema Campo Limpo, programa brasileiro de logística reversa, no qual o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV) atua como núcleo de inteligência.

Em 2002, no primeiro ano de sua operação, o inpEV foi responsável pelo recolhimento de pouco mais de 3.700 toneladas de embalagens vazias de agrotóxicos, número que chegou a 49.861 toneladas em 2020. De 2002 a 2020, o inpEV foi responsável pela destinação correta de mais de 600 mil toneladas de embalagens vazias de agrotóxicos, números que colocam o Brasil como referência mundial na destinação de embalagens plásticas de agrotóxicos no mundo.

É importante mencionar, ainda, a Vigilância de Populações Expostas a Agrotóxicos (VSPEA), iniciativa do Ministério da Saúde que tem como objetivo reduzir, controlar ou eliminar a vulnerabilidade aos riscos à saúde de populações expostas ou potencialmente expostas a agrotóxicos.

Desde 2012, uma série de atividades voltadas à divulgação e fortalecimento da VSPEA foi desenvolvida pelo Ministério da Saúde, como a aprovação das Diretrizes Nacionais para a Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos, a elaboração do Instrutivo Operacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos e a disponibilização de recursos para o fortalecimento da VSPEA nos estados e no Distrito Federal. Essas iniciativas promoveram maior adesão à VSPEA nos estados brasileiros, aumentando, consequentemente, a

sensibilidade sobre novos casos de intoxicação exógena por agrotóxicos.

Recentemente, foi publicado, em 2017, o documento "Diretrizes Nacionais para a Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos", além de outras publicações que merecem destaque: a cartilha "O agente comunitário de saúde na prevenção das intoxicações por agrotóxicos", de 2018; a coleção "Agrotóxicos na ótica do SUS: experiências exitosas em vigilância em saúde de populações expostas a agrotóxicos no Brasil", de 2019; e as "Diretrizes brasileiras para o diagnóstico e tratamento de intoxicação por agrotóxicos: intoxicações agudas por agrotóxicos", de 2020, elaborada com o objetivo de propor recomendações que auxiliem os profissionais de saúde da atenção básica e de média e alta complexidade na escolha de intervenções adequadas para o atendimento de pacientes intoxicados por agrotóxicos, considerando as melhores evidências científicas disponíveis e seguindo o fluxo de trabalho definido para a elaboração de Protocolos Clínicos e Diretrizes Terapêuticas (PCDT) preconizado pela Portaria MS/SCTIE n.º 27, de 12 de junho de 2015.

Atualmente, a VSPEA está inserida no Plano Nacional de Saúde 2020-2023 com a meta de implementar essa vigilância em 60% dos municípios prioritários, a fim de aprofundar o olhar da gestão federal para a importância da organização local, onde a exposição ambiental e no trabalho aos agrotóxicos acontece.

Por fim, no que diz respeito aos instrumentos de regulação dos agrotóxicos, as regulamentações e leis ainda pouco conversam com os instrumentos econômicos de regulação ambiental, como acontece com o cigarro, algumas bebidas alcoólicas e outras substâncias consideradas nocivas à saúde e ao ambiente. Os agrotóxicos são considerados produtos essenciais e, por isso, alguns tributos, como o IPI e o ICMS, são reduzidos em no mínimo 60% ou não são cobrados, enquanto outros também são passíveis de desonerações.

Um estudo recente da Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO, 2020) estimou que cerca de R$ 10 bilhões deixaram de ser arrecadados aos cofres públicos em 2017. Os pesquisadores argumentam que como a maior parte do consumo dos agrotóxicos é destinado à produção de *commodities* agrícolas, ou seja, à exportação, o fim de tais incentivos não causaria sérios impactos aos produtos da cesta básica, principal argumento para se aplicar o princípio da seletividade tributária aos agrotóxicos.

SILVICULTURA – FLORESTAS PLANTADAS

A silvicultura, atividade rural voltada ao plantio de espécies florestais com intuito eminentemente comercial, tem crescido continuamente no Brasil ao longo dos últimos anos.

Sua presença no território brasileiro se faz notar, sobretudo, a partir da década de 1960, quando a atividade passou a ser impulsionada no país mediante um forte apoio do Estado. Essas medidas, como incentivos fiscais para financiamentos em reflorestamento, beneficiaram sobretudo as regiões Sudeste e Sul, que, por abrigarem condições edafoclimáticas favoráveis e as principais concentrações populacionais e industriais do país, atraíram também grandes empreendimentos dos setores celulósico-papeleiro e moveleiro, interessados no mercado interno regional e nas melhores condições logísticas para o escoamento da produção para os mercados internacionais (SILVA, 2018).

Com a redução dos incentivos públicos a partir dos anos 1980, passa a ganhar destaque o financiamento da atividade com recursos das próprias empresas de base florestal. Dentre os mecanismos adotados, cabe destacar o fomento florestal, quando companhias dos ramos de papel, celulose, siderurgia e painéis de madeira, por

exemplo, estabelecem parcerias com produtores rurais com o intuito de apoiá-los na produção de madeira para fins industriais. Esta integração, muito utilizada pelas agroindústrias de frangos e suínos, representa, para as empresas, uma provisão regular de madeira em áreas vizinhas aos empreendimentos, diminuindo os custos de transporte e a necessidade de aquisição de novas áreas para o plantio de espécies florestais, e, para os produtores, a garantia de compra da produção pela empresa que lhes ofereceu auxílio durante o processo produtivo, como crédito e insumos para a produção (CARVALHO et al, 2016).

Atualmente, ainda que se perceba o predomínio das empresas de papel e celulose como proprietárias das áreas destinadas à silvicultura (cerca de 35% do total), o segmento que mais cresceu nos últimos anos foi justamente o de estabelecimentos ligados a projetos de fomento florestal, que junto com os produtores independentes e os arrendatários já respondem por aproximadamente 30% de toda a área plantada com árvores para fins industriais no Brasil (IBÁ, 2020).

Além disso, visando estimular novos projetos de silvicultura, o governo federal vem aumentando o volume de crédito e as modalidades de acesso aos recursos, sobretudo por meio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que entre 2010 e 2020 realizou desembolsos de aproximadamente R$ 36,65 bilhões apenas para o setor de papel e celulose (BNDES, 2021).

Esse conjunto de ações é consequência direta do fato de que a demanda por produtos florestais vem crescendo a cada dia, tanto para atender às necessidades das indústrias de papel, celulose, construção civil, moveleira e outras tantas que dependem da matéria-prima florestal para transformação, quanto como fonte energética para uso na indústria, na prestação de serviços e no uso doméstico. Por outro lado, investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos de origem florestal, como a lignina, o etanol de segunda geração, os bioplásticos e as nanofibras, com amplo potencial de aplicação na indústria, tendem a representar um novo fator de crescimento da silvicultura (IBÁ, 2020).



Fotnte: Bruno Abe Saber/MMA

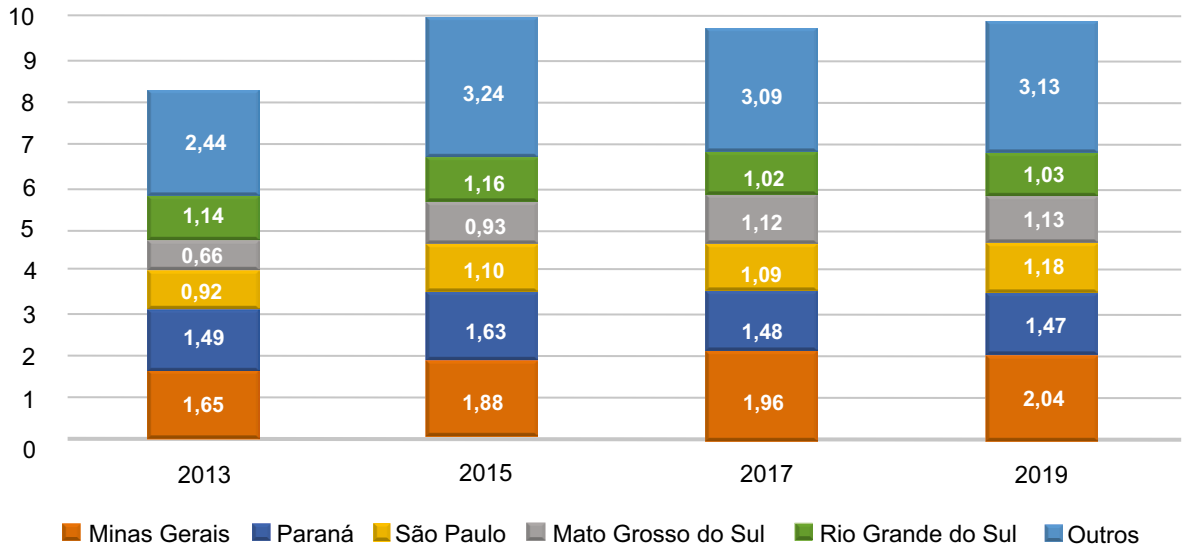
Em 2020, além da intensificação do consumo de papéis para embalagens em decorrência da pandemia, devido à sua utilização crescente em serviços de *delivery* e no comércio eletrônico, observou-se também um aumento no mercado de papéis *tissue* (como os papéis sanitários) frente aos maiores cuidados com a higiene e a saúde.

É preciso mencionar, por fim, que a forte pressão exercida no sentido de coibir a retirada ilegal de produtos das florestas nativas tem ocasionado mudanças nos padrões de consumo da população, o que contribui para o crescimento contínuo da demanda – e da produção – dos produtos oriundos da silvicultura.

A área estimada de florestas plantadas no Brasil, em 2019, foi de aproximadamente 10 milhões de hectares (cerca de 1,2% do território nacional), o que representa um crescimento de 20,3% em relação a 2013 (IBGE, 2019).

É nas regiões Sudeste (35,3%) e Sul (34,7%) que se concentra a maior parte deste total, com destaque para os estados de Minas Gerais, que responde por 19% da área destinada à silvicultura no país, Paraná (15,4%) e São Paulo (10,8%) (Figura 20) (IBGE, 2019).

Figura 20 – Área destinada à silvicultura no Brasil, em Mha, entre 2013 e 2019.



Fonte: IBGE. Atlas do Espaço Rural Brasileiro, 2020b.

A região Sudeste respondeu por 89,2% da produção brasileira de carvão vegetal, utilizado na produção de ferro-gusa e como fonte de energia na indústria metalúrgica. São Paulo e, em menor escala, Minas Gerais são grandes produtores de madeira para fabricação de papel e celulose, observando-se, ainda, nos últimos anos, uma grande expansão das áreas destinadas a essa finalidade no norte do Espírito Santo e no sul da Bahia (IBGE, 2019).

A região Sul, por sua vez, destaca-se por abrigar uma indústria de base florestal bem consolidada, concentrando os principais polos moveleiros do Brasil. Em 2019, a região foi responsável, ainda, pela maior parte da produção nacional de lenha oriunda da silvicultura, com 65,1% do volume produzido no País (IBGE, 2019).

19 De acordo com a PNAD Contínua, do IBGE, em 2019, aproximadamente 14 milhões de domicílios brasileiros (19,3% do total) utilizavam lenha ou carvão na preparação de alimentos, percentual que chega a 50,3% no Maranhão e a 43,5% no Piauí.

A região Centro-Oeste detém a terceira maior área destinada à silvicultura no Brasil, com cerca de 15,9% do total nacional, impulsionada pelo crescimento de 70,4% registrado no Mato Grosso do Sul entre 2013 e 2019 – enquanto, mais ao norte, grande parte da indústria florestal instalada no Mato Grosso ainda está baseada na conversão de florestas nativas (IBGE, 2019).

Na região Nordeste, merece destaque a produção de madeira em tora para a indústria de papel e celulose, sobretudo na Bahia (responsável por 13,5% do total nacional) e, mais recentemente, no Maranhão. Chama atenção, porém, o expressivo consumo de lenha extraída da Caatinga como fonte de energia industrial (Pernambuco é o maior produtor de gesso do Brasil) e doméstica[19] (IBGE, 2019).

A participação das duas principais espécies florestais empregadas na silvicultura brasileira tem permanecido estável ao longo dos últimos anos. As áreas cobertas com eucalipto corresponderam, em 2019, a 76,3% do total, enquanto o pinus está presente em 19,8% da área destinada à atividade. Os demais 3,9% são compostos por outras espécies, como acácia, paricá e teca, sendo encontrados sobretudo na região Norte do País (IBGE, 2019).

Em 2019, as atividades da cadeia produtiva da silvicultura contribuíram com 1,2% do PIB brasileiro – uma receita bruta de R$ 97,4 bilhões –, enquanto o valor da produção primária da silvicultura foi de aproximadamente R$ 15,5 bilhões, um crescimento de 45% em relação a 2010. Minas Gerais, com R$ 4,4 bilhões, e Paraná, com R$ 3,1 bilhões, representam quase a metade do valor da produção da silvicultura brasileira (48,4%) (IBGE, 2019).

A participação dos produtos madeireiros – madeira em tora, carvão vegetal e lenha – no valor da produção da silvicultura permanece preponderante no setor, representando 97,2% do total em 2019 (R$ 15,1 bilhões), sendo 58,1%, 25,2% e 13,9% a participação de cada um dos três produtos, respectivamente. O valor restante – cerca de R$ 423 milhões – é referente à produção de resinas, cascas de acácia-negra e folhas de eucalipto (IBGE, 2019).

Entre os produtos madeireiros da silvicultura, houve, entre 2010 e 2019, um aumento expressivo da quantidade produzida de carvão vegetal (74%), com uma elevação da produção de 3,45 Mt, em 2010, para 6 Mt em 2019 (IBGE, 2019).

Além de apresentar o maior valor da produção da silvicultura, Minas Gerais é também o maior produtor de carvão vegetal do Brasil, respondendo por 86,8% do volume nacional – visto a necessidade de suprir o grande número de siderúrgicas instaladas no estado. Já o Paraná lidera a produção brasileira de lenha e de madeira em tora, com, respectivamente, 24,6% e 22,9% do total nacional (IBGE, 2019).

Reflexo desse dinamismo, o Brasil registrou a exportação de aproximadamente US$ 12,9 bilhões em produtos florestais em 2019, uma elevação de 39,4% em relação ao valor de 2010. Deste total, US$ 9,5 bilhões corresponderam a vendas de papel e celulose, fazendo do País o maior exportador mundial na atualidade – 14,7 milhões de toneladas, o equivalente a 75% da produção nacional. Os dois principais países compradores de produtos florestais brasileiros foram China e Estados Unidos, que somaram cerca de US$ 6,3 bilhões em exportações, uma participação de quase 50% do setor (AGROSTAT/MAPA, 2021).

O impacto da silvicultura sobre o meio ambiente pode ser positivo ou negativo, dependendo principalmente do tipo de conversão feita para o início do cultivo de espécies florestais.

Nesse sentido, as áreas destinadas à silvicultura apresentaram um crescimento, entre 2010 e 2018, de 1,61 milhão de hectares. Deste total, cerca de 45% se deram sobre áreas antes ocupadas por pastagens, muitas vezes em avançado estágio de degradação. Nesse contexto, o plantio de espécies arbóreas pode contribuir para uma melhor estruturação física de solo, uma maior infiltração da água e melhores condições para o desenvolvimento da fauna local. Por outro lado, 44,6% dessa expansão (o equivalente a 719 mil ha) ocorreu em detrimento de áreas até então cobertas com vegetação florestal e, sobretudo, campestre, acarretando a redução da biodiversidade, uma maior compactação e exposição do solo e a perda de nutrientes devido aos processos de lixiviação (IBGE, 2020a).

É inegável que as áreas destinadas à silvicultura não abrigam a mesma biodiversidade que as florestas nativas, até mesmo por adotarem uma reduzida variedade de espécies. Sob outra perspectiva, a silvicultura tende a reduzir a pressão sobre as florestas nativas e, quando conjugada a boas práticas de manejo, auxilia na formação de corredores ecológicos e na recuperação das APP e das áreas de reserva legal, o que possibilita a movimentação de diversas espécies de animais.

No âmbito do Acordo de Paris, que entrou em vigor em 2016, o Brasil assumiu o compromisso de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025 e em 43% até 2030 (tendo como nível de referência o ano de 2005). Para tanto, dentre as ações a serem adotadas para atingir tais metas, a restauração e o reflorestamento de 12 milhões de hectares de florestas até o fim da atual década dialoga diretamente com a silvicultura (MAPA, 2018).

De fato, a atividade contribui de diversas formas para a mitigação das mudanças climáticas, por meio, em especial, das remoções e estoques de carbono nas áreas cultivadas, das emissões evitadas pela indústria de base florestal e do carbono estocado nos produtos. Estima-se que os 10 milhões de hectares de árvores plantadas estocam aproximadamente 2.090.000 Gg CO_2eq, quantitativo superior às emissões totais do Brasil em 2016 (IBÁ, 2020).

Consequência do dinamismo da silvicultura, os últimos anos registraram a adoção e a consolidação de importantes ações para maximizar as oportunidades e lidar com os desafios associados à atividade.

Cabe mencionar, sobretudo, a Política Agrícola para Florestas Plantadas, instituída por meio do Decreto n.º 8.375/2014, tendo como objetivos principais, dentre outros, contribuir para a diminuição da pressão sobre as florestas nativas, aumentar a produção e a produtividade das florestas plantadas e melhorar a renda e a qualidade de vida no meio rural, notadamente em pequenas e médias propriedades rurais.

Sua implementação é incumbência do Mapa, que, para tanto, coordenou a elaboração do Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas (chamado de Plantar Florestas), aprovado pela Portaria Mapa n.º 111/2019 com a meta de aumentar a área destinada à silvicultura em 2 milhões de hectares até 2030 – superior à própria meta 15.2 dos ODS, que fala em 1,4 Mha. Estruturado em nove grandes temas, como fomento ao cultivo de florestas plantadas, infraestrutura e logística e promoção comercial, o plano contém também 72 ações indicativas visando o alcance da meta estabelecida (MAPA, 2018).

Dentre as ações previstas, encontra-se o fortalecimento da extensão rural pública e da assistência técnica privada para uma maior adoção do manejo florestal sustentável nas áreas de silvicultura. O grande objetivo dos planos de manejo florestal sustentável reside em possibilitar a exploração das áreas de plantio de forma concomitante à mitigação dos impactos ambientais adversos, considerando a área destinada à exploração comercial e as áreas de APP e reserva legal associadas aos cultivos, estimadas em 5,9 Mha em 2019 [20] (IBÁ, 2020).

MINERAÇÃO

No Brasil, a mineração se confunde com a própria história do País, tendo contribuído decisivamente para a ocupação e o povoamento do interior do território, a partir das expedições pioneiras (chamadas de entradas e bandeiras) à procura de metais preciosos e da descoberta de ouro e diamantes, sobretudo em Minas Gerais e Goiás, no século XVIII.

Nos últimos vinte anos, o faturamento do setor mineral brasileiro passou, em valores correntes, de R$ 22 bilhões, no ano 2000, para R$ 209 bilhões, em 2020 (IBRAM, 2021), consequência de elementos indutores de origem externa e doméstica.

20 Mais informações sobre a silvicultura podem ser obtidas no capítulo "Florestas".

O crescimento da demanda por matérias-primas minerais, como já mencionado na introdução deste capítulo, está intimamente associado ao crescimento populacional e econômico. Entre 1970 e 2017, a população global dobrou e se tornou predominantemente urbana, o PIB mundial cresceu quatro vezes e a demanda mundial por recursos naturais (como minerais metálicos e não metálicos, produtos agropecuários e combustíveis fósseis) passou de 27 bilhões de toneladas, em 1970, para 92 bilhões de toneladas, em 2017. Nesse mesmo período, a demanda média anual por recursos naturais cresceu de 7 para 12 toneladas per capita, enquanto o comércio global de minerais metálicos, impulsionado, em particular, pela expansão econômica da China, passou de 2,6 bilhões para 9,1 bilhões de toneladas, um crescimento de 2,7% ao ano (IRP, 2019).

Como resultado direto desse aumento da demanda, foram registrados investimentos expressivos na atividade mineral. Convém ressaltar, porém, que embora esses investimentos – captados por grandes mineradoras listadas nas bolsas de valores, por meio de contratos financeiros lastreados em *commodities* – visem à expansão da produção em novos e velhos territórios ricos em minérios, muitas vezes não têm relação direta com a dimensão operacional da atividade mineral, transferindo a dinâmica da especulação financeira para os preços das *commodities* (SANTOS; MELO FILHO, 2021). Essa constatação pode ser percebida na estimativa de investimentos no setor para o período 2020-2024 (US$ 38 bilhões), que representa a metade dos investimentos previstos de 2012 a 2016 (US$ 75 bilhões), não obstante o minério de ferro ter alcançado um preço recorde, de mais de US$ 200 por tonelada, em 2021 (IBRAM, 2021).

No âmbito interno, os marcos regulatórios relacionados à mineração, muitos deles publicados ao longo da última década, também constituem fatores de estímulo à dinâmica mineral (Tabela 2).

Tabela 2 – Principais ordenamentos legais e seus efeitos sobre a mineração.

Ordenamento legal	Efeitos sobre a mineração
Decreto-Lei n.º 227/1967 (Código Mineral) Decretos n.º 62.934/1968 e n.º 9.406/2018	Não obstante a reforma de 2018, muitos pilares de estímulo à mineração foram mantidos, como é o caso, por exemplo, do direito de prioridade à obtenção da autorização de pesquisa ou de registro de licença ao interessado cujo requerimento tenha por objeto área considerada livre.
Lei Complementar n.º 87/1996 (Lei Kandir)	Assegura que as empresas deixem de recolher o ICMS, o PIS e a COFINS das exportações de produtos básicos e semielaborados.
Lei n.º 13.540/2017 (Lei da CFEM)	Altera a base de cálculo da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) – *royalty* pago à União, estados e municípios para compensar a perda do patrimônio mineral, contribuindo também para que gestores municipais não criem resistência à atividade.
Lei n.º 13.575/2017 (Criação da Agência Nacional de Mineração - ANM)	Contribui para a desburocratização de processos e a aceleração de ofertas públicas de áreas em disponibilidade, além de imprimir mais eficiência e celeridade aos processos e requerimentos minerários.
Lei n.º 13.975/2020	Simplifica os requisitos legais para acessar minerais de uso na construção civil, abrindo a possibilidade de exploração de rochas ornamentais e calcárias pelo regime de licenciamento.
Projeto de Lei n.º 191/2020, apresentado pelo Governo Federal	Propõe a liberação da mineração em terras indígenas, o que cria expectativas e acaba antecipando processos de invasão de TI, principalmente por garimpeiros.

Fonte: Elaboração dos autores, com base nas informoções da Agência Câmara de Notícias e na ANM, 2021.

Além disso, o próprio crescimento da agropecuária influencia a dinâmica da atividade mineral. Dados da Pesquisa Agrícola Municipal, do IBGE, demonstram que, entre 2006 e 2017, a produção dos principais grãos no Brasil (algodão herbáceo, arroz, feijão, milho, soja, sorgo e trigo) cresceu 103,7%, enquanto a área destinada a essas culturas aumentou somente 32,1%, reflexo do aumento da produtividade, de 54,2%. Esse desempenho exige grande quantidade de

insumos minerais, os chamados agrominerais, como calcário, fosfato e potássio, além de nitrogênio e dos micro e macronutrientes minerais. Entre 2006 e 2017, de acordo com o Censo Agropecuário do IBGE, cresceu em 82% a parcela dos estabelecimentos que usaram agrominerais, principalmente o calcário. Porém, o Brasil não é autossuficiente em agrominerais – principalmente em potássio, cuja importação corresponde a mais de 95% do total consumido[21], e em fosfato, para o qual a importação equivale a 50% do consumo nacional –, o que constitui um fator de pressão na balança comercial mineral.

A dinâmica recente do setor mineral brasileiro

O Brasil possui uma rica dotação mineral, com províncias minerais espalhadas por todo o território nacional, das quais são extraídas atualmente 93 substâncias de todas as classes, com destaque para a participação do País nas reservas mundiais de nióbio (cerca de 98,8% do total), tântalo (33,7%), manganês (32,3%), ferro (19,8%), terras raras (18,3%) e níquel (16,2%), entre outros (MME, 2020).

Embora o Brasil tenha destaque na produção e exportação de diversas *commodities* minerais, essas substâncias encontram-se distribuídas de forma desigual no País.

Considerando a arrecadação da CFEM como *proxy* do valor da produção, apenas dois estados – Pará e Minas Gerais – responderam, em 2020, por 90% do total nacional (R$ 6,08 bilhões), sendo também os maiores exportadores de minérios do País, em especial de ferro – que, isoladamente, responde por 12% das exportações brasileiras e por cerca de 70% do valor da produção mineral (ANM, 2021). No entanto, os demais estados têm importante papel enquanto fornecedores de insumos minerais, tanto para exportação (como é o caso das rochas ornamentais do Espírito Santo e de Santa Catarina) quanto para o abastecimento doméstico, como os minerais industriais de São Paulo, o carvão mineral da região Sul do Brasil, o potássio da Paraíba, o níquel de Goiás, etc.

Com base no critério do valor adicionado bruto, a participação do setor mineral – que resulta do somatório da indústria extrativa mineral (IEM) e da indústria de transformação mineral (ITM)[22] – no PIB brasileiro, em 2020, foi de aproximadamente 3,18% – uma redução em relação a 2000, quando essa participação foi de 3,98%. Nesse período, observa-se uma alta significativa da participação da IEM, que saltou de 0,37% do PIB, no ano 2000, para 1,3%, em 2020. Em mais um indicativo do processo de reprimarização da economia brasileira, a IEM, que participava com apenas 10% do setor mineral em 2000, viu esse percentual atingir aproximadamente 40% em 2020, ano em que a participação da ITM foi, consequentemente, de cerca de 60% (Figura 21) (IPEA, 2021).

Além da captação de divisas – as exportações do setor mineral totalizaram US$ 36,55 bilhões em 2020, ou 17% das exportações brasileiras –, a mineração é fundamental para o equilíbrio da balança comercial brasileira, atingindo um superávit de US$ 32,45 bilhões em 2020, o equivalente a 64% do saldo comercial brasileiro.

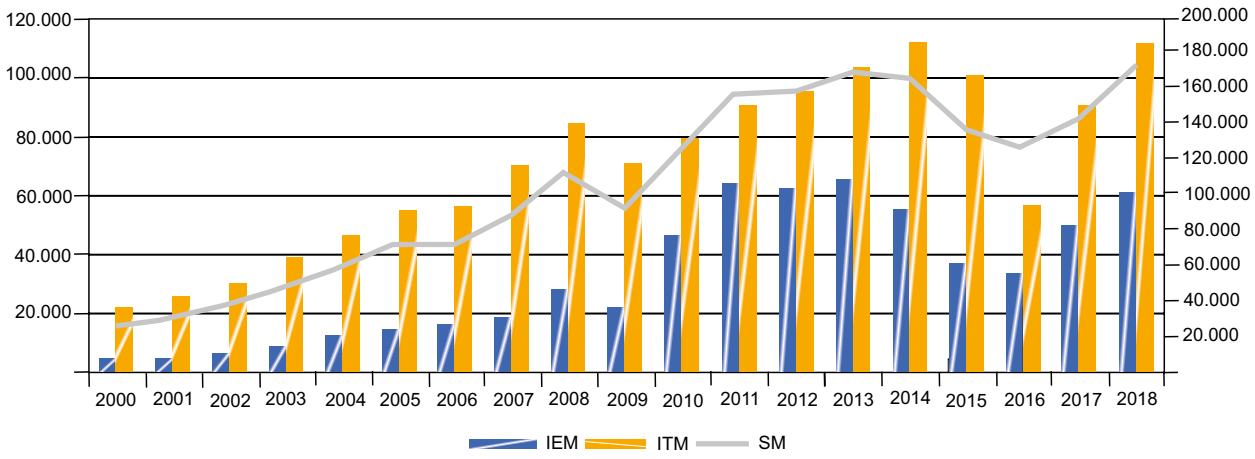
As exportações de minério de ferro e seus concentrados representaram 92,2% do volume (342 Mt) e 70,5% do valor total (US$ 25,78 bilhões), sendo a China o destino de 71,8% dos embarques desse minério. As importações minerais, de US$ 4,1 bilhões, concentraram-se em potássio, com 63,8% do valor, e carvão mineral, com 39,4% (IBRAM, 2021).

---

21 Ao mesmo tempo, estudos recentes da CPRM – Serviço Geológico do Brasil estimam reservas de 3,2 bilhões de toneladas de silvinita (com teor de cloreto de potássio de cerca de 30%) na Bacia do Amazonas, principalmente nos municípios de Autazes, Itacoatiara e Nova Olinda do Norte (CPRM, 2020). No entanto, a sobreposição de parte dos depósitos com áreas protegidas e o grande volume de rejeitos gerados (em especial de cloreto de sódio) têm gerado questionamentos à exploração do minério na região.

22 "É possível definir a IEM como o conjunto das atividades de extração de carvão mineral e de minerais não metálicos, extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e aglomeração, e extração de minerais metálicos não ferrosos, inclusive beneficiamentos, com exceção da atividade de extração de petróleo e gás natural. Em relação à ITM, sua definição engloba cinco setores: fabricação de cimento e outros produtos de minerais não metálicos; fabricação de aços e derivados; produção de tintas, vernizes, esmaltes e lacas; metalurgia de metais não ferrosos; e fabricação de produtos de metal" (Ipea, 2021, p. 34).

Figura 21 – Agregação das contas do setor mineral brasileiro, em R$ milhões correntes, de 2000 a 2018.



Fonte: IPEA, 2021.

Uma atividade territorialmente concentrada, mas com impactos significativos

A presença da mineração, e toda sua cadeia produtiva, provocam alterações significativas no espaço, podendo impactar diretamente os meios físico – como solos, ar e águas – e biótico, como fauna e flora, além das populações do entorno. A atividade metalúrgica, por exemplo, é muito intensiva em energia e emissões de GEE, respondendo por 52,2% das emissões totais do setor processos industriais e uso de produtos em 2016 (MCTI, 2020a), enquanto o setor mineral, como um todo, é grande consumidor de água, cujo comprometimento no fornecimento pode limitar a própria expansão da atividade em algumas regiões.

Diante do crescimento da produção mineral nas últimas décadas, o aumento dos registros de impactos passou a ser observado em todo o território, conforme revelam, por exemplo, o Banco de Dados de Recursos Minerais e Territórios (CETEM/MCTI, 2021) e o Mapa de Conflitos Envolvendo Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil (FIOCRUZ, 2021).

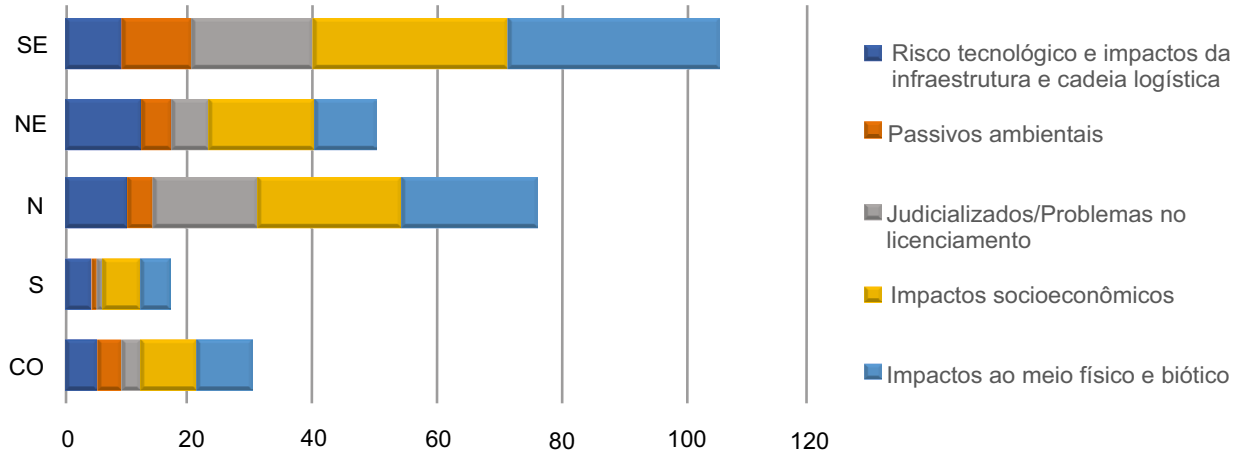
A distribuição regional dos casos, por tipos de impactos, revela que a região Sudeste é a mais impactada (com predomínio de impactos ao meio físico e biótico), seguida pela região Norte, na qual as ocorrências com impactos socioeconômicos prevalecem (Figura 22). As unidades da federação com mais casos registrados são, não por acaso, Minas Gerais, com 22 casos, e Pará, com 14 casos, principais produtores de minério do País (FIOCRUZ, 2021).

Na Amazônia Legal tem ocorrido uma aproximação preocupante, ou mesmo uma sobreposição, entre áreas de mineração, unidades de conservação (UC), terras indígenas (TI) e outras áreas destinadas à preservação (Figura 23).

O atual cenário de crescimento da produção de ouro na Amazônia, aliado às iniciativas que pretendem liberar a mineração em UC e TI, frequentemente vêm acompanhados de um rastro de destruição ambiental e social, com pouca efetividade para o desenvolvimento da região. Não obstante haver relevante lavra legalizada, a busca pelo ouro na Amazônia não deixa de estar enraizada em práticas ilegais (INSTITUTO ESCOLHAS, 2021).

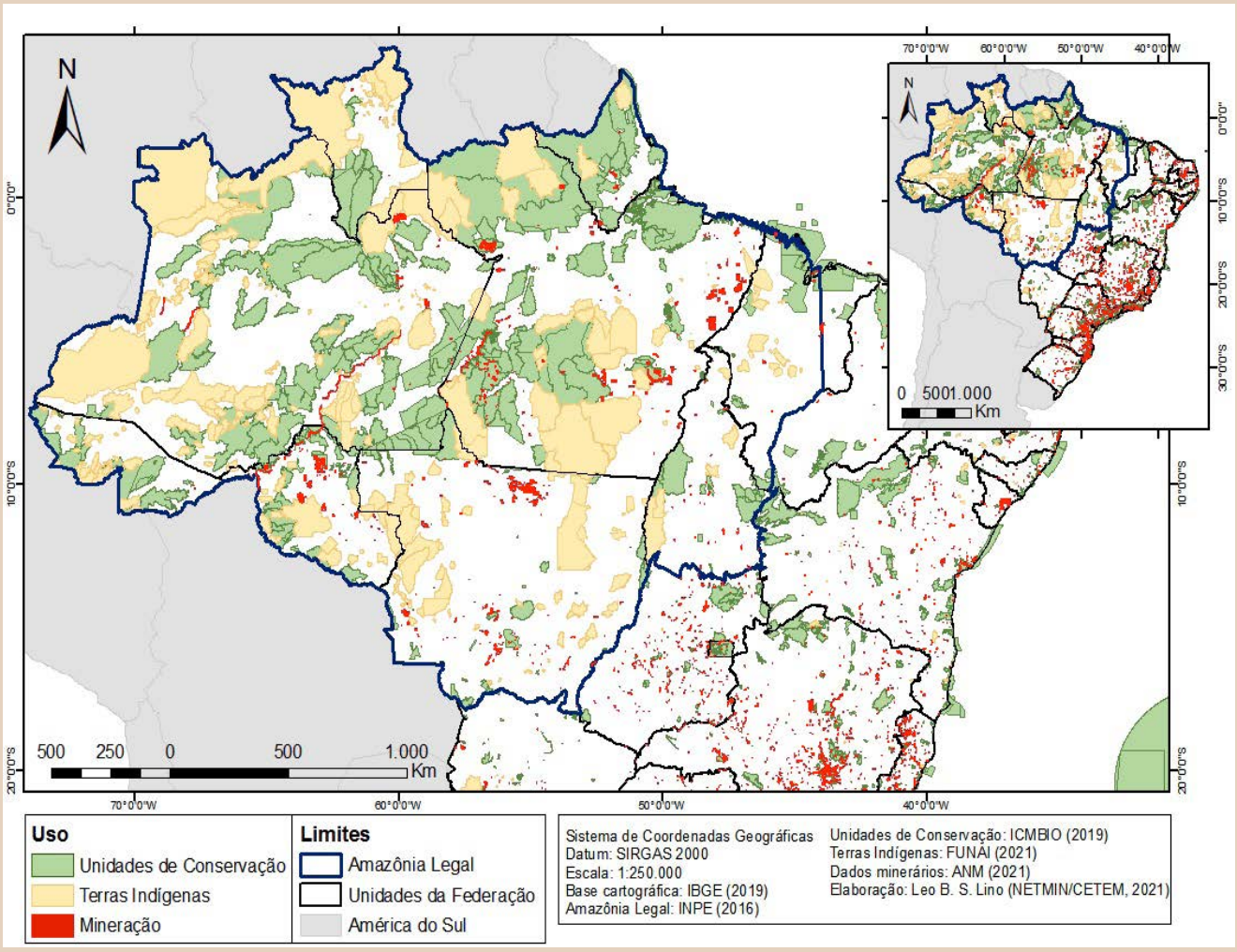
O grande porte de determinados empreendimentos minerais, as elevadas cargas movimentadas e o volume de rejeitos gerados representam um risco para diversas regiões e populações, por vezes afetadas por acidentes decorrentes de mecanismos ineficazes de deposição e monitoramento.

Figura 22 – Distribuição regional das ocorrências de impactos relacionados à mineração no Brasil, segundo categorias de análise, registrados até 2020.



Fonte: CETEM/MCTI. Banco de Dados de Recursos Minerais e Territórios, 2021.

Figura 23 – Distribuição espacial das áreas destinadas a unidades de conservação, terras indígenas e mineração no Brasil, em 2021.



OBS.: Considerou-se como atividade de mineração os seguintes títulos minerários: concessão de lavra, permissão de lavra garimpeira e extração de agregados para construção civil.
Fonte: CETEM/MCTI, 2021.

Garimpo ilegal no Brasil e seus impactos nas terras indígenas

Atualmente, a lavra garimpeira é definida pela Lei n.° 7.805/1989 como um regime de extração de substâncias minerais com aproveitamento imediato do jazimento mineral. Por sua natureza, dimensão, localização e utilização econômica, a lavra pode ocorrer independentemente de trabalhos prévios de pesquisa, segundo critérios da ANM, que concede a permissão de lavra garimpeira, muito embora o fato de que parte significativa da atividade ocorra à margem da lei.

Nos últimos vinte anos, a cotação do ouro aumentou de US$ 400 para US$ 1.861 por onça (28,35 gramas), impulsionado especialmente pela demanda da China e da Índia. A expansão do garimpo ilegal acompanhou esse cenário de ampliação, inflando ainda mais uma indústria que mobiliza entre US$ 12 bilhões e US$ 28 bilhões por ano (INSTITUTO IGARAPÉ, 2021).

Esse contexto tem gerado impactos socioambientais graves, especialmente sobre as populações mais vulnerabilizadas, como indígenas, ribeirinhos e camponeses. Entre 2017 e 2019, estima-se que 1.174 ha de floresta foram perdidos em razão da mineração de ouro na Terra Indígena Yanomami (AM/RR), maior taxa dos últimos dez anos. Nesse mesmo período, na Terra Indígena Munduruku (PA), imagens de satélite apontaram um crescimento de 58% no desmatamento relacionado à mineração.

Além do desmatamento, a contaminação de rios, solos, ar e peixes por mercúrio, utilizado de maneira recorrente na extração do metal, está aumentando a taxa de intoxicação tanto das comunidades que vivem próximas aos garimpos quanto dos moradores das áreas urbanas da Amazônia. Dores de cabeça, falhas de memória, perda de visão, mau funcionamento dos rins, fígado e pulmões e retardo no desenvolvimento são algumas das consequências da longa exposição à substância, registrada em parte expressiva dos peixes mais consumidos na região (WWF, 2020). Apresentado em 2020, o Projeto de Lei n.° 191, em tramitação no Congresso Nacional, propõe a flexibilização das regras para exploração mineral em terras indígenas, criando, com isso, condições para ampliação dos impactos que o garimpo já vem gerando nesses territórios.

Em junho de 2021, das 857 barragens de contenção de rejeitos de mineração cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), 40 estavam classificadas simultaneamente como categoria de risco e dano potencial associado altos (SNISB/ANA, 2021), sendo que os desastres nas barragens de rejeitos em Mariana e Brumadinho, no estado de Minas Gerais, já são considerados os maiores da história da mineração brasileira, resultando em multas bilionárias para os responsáveis.

Por fim, é importante mencionar os riscos da atividade mineral ao patrimônio espeleológico brasileiro.

Estima-se que o Brasil abrigue cerca de 310 mil cavernas, das quais apenas 22 mil encontram-se registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE/ICMBio). Se, por um lado, esses ambientes possuem um grande endemismo de espécies, atuam no suprimento, regulação e purificação da água e contam com um rico patrimônio histórico-cultural, por outro se caracterizam pela presença de diversos minérios em seu interior, como a bauxita e o ferro.

No Brasil, o patrimônio espeleológico encontrava-se protegido pelos Decretos n.° 99.556/1990 e 6.640/2008, nos quais as cavernas são classificadas em máxima, alta, média ou baixa relevância, sendo que apenas as cavernas de máxima relevância estavam totalmente protegidas.

No entanto, alinhado ao objetivo do Plano Nacional de Mineração 2030 de alterar a legislação de proteção das cavernas brasileiras, foi publicado, em 12 de janeiro de 2022, o Decreto n.° 10.935/2022, que revogou o Decreto n.° 99.556/1990. Este novo decreto permite que o órgão ambiental licenciador autorize a ocorrência de impactos negativos irreversíveis em cavernas de máxima relevância por atividades ou empreendimentos considerados "de utilidade pública", o que gerou manifestações contrárias da Sociedade Brasileira de Espeleologia e do Ministério Público Federal, segundo o qual a nova regra não observou princípios constitucionais como o da vedação ao retrocesso ambiental.

As tragédias de Mariana e Brumadinho

Em 05 de novembro de 2015, no município de Mariana (MG), a barragem de Fundão, operada pela Samarco Mineração (mineradora brasileira controlada através do modelo joint venture entre a brasileira Vale e a anglo-australiana BHP Billiton), rompeu, despejando cerca de 44 milhões de metros cúbicos de rejeitos de ferro, causando danos ambientais, sociais e econômicos em escala micro e macroregional. A lama de rejeitos atingiu 36 municípios, destruindo uma área de cerca de 1.400 hectares (incluindo APP), e impactando 663 km de corpos hídricos em direção à foz do Rio Doce, localizada em Regência (ES). Ademais, os efeitos na população local foram observados por meio da perda de 19 vidas, da destruição de comunidades próximas à barragem, da alteração da qualidade e quantidade de água e do agravamento e ampliação dos problemas de saúde. Somam-se, ainda, os efeitos negativos na economia devido ao desastre, uma vez que 95% das atividades econômicas da região são dependentes, direta e indiretamente, da mineração, enquanto alternativas econômicas como a agricultura e a pesca foram prejudicadas devido à contaminação pelos rejeitos.

Cerca de três anos mais tarde, em 25 de janeiro de 2019, no município de Brumadinho (MG), a barragem de rejeitos (B1) da mina Córrego do Feijão, da mineradora Vale, rompeu, causando 270 óbitos e dezenas de desabrigados. A lama de rejeitos impactou comunidades (como indígenas, quilombolas e pescadores artesanais) dependentes do Rio Paraopeba e, além dos impactos ambientais, o desastre envolveu questões socioeconômicas, pois a região possui forte dependência em relação à atividade de extração de minério de ferro, o que resultou na preocupação sobre os efeitos provenientes da paralisação das atividades por parte da mineradora.

Como forma de disciplinar as medidas devidas pelos danos ambientais, sociais e econômicos causados pelo desastre de Mariana, um termo de transação e de ajustamento de conduta foi firmado em 2016 entre União, governos estaduais e municipais atingidos, principais órgãos ambientais estaduais e federais envolvidos e acionistas. O referido termo, organizado na forma de programas socioambientais e socioeconômicos com fins reparatórios e compensatórios, tem uma vigência de 15 anos, prorrogável até a execução integral de todas as obrigações nele previstas. No caso de Brumadinho, o Governo do Estado de Minas Gerais e a Vale assinaram acordo de R$ 37,69 bilhões para a reparação dos danos provocados pela tragédia (MPMG, 2020 e 2021; AGÊNCIA BRASIL, 2021).



Fonte: Antonio Cruz/Agência Brasil

Em busca de maior sustentabilidade

Tendo como referência o Plano Nacional de Mineração 2030, elaborado entre 2007 e 2011, a dinâmica mineral e seus efeitos secundários produzem também a reação de diversos grupos de interesse (stakeholders). Isso tem se manifestado em mudanças na legislação mineral, a exemplo da Lei de Barragens, das exigências de investidores por "mineradoras verdes", dos compromissos da indústria mineral com a sociedade em prol da transparência e do diálogo, mas também do surgimento de grupos organizados da sociedade civil com forte resistência à mineração (Tabela 3).

Nas décadas de 1970 e 1980, movimentos sociais expressivos, como o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) e o Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB), não tinham como foco direto os conflitos criados pela mineração, muito embora, por serem de atuação nacional, passarem a incorporar e organizar populações atingidas por essa atividade. Todavia, conforme a mineração foi se expandindo, em especial no período do chamado *boom* das *commodities*, novos movimentos sociais foram sendo fundados como resposta aos impactos socioambientais gerados pelas atividades extrativas minerais no País e frentes de resistência à instalação de novos empreendimentos minerários.

Entre esses movimentos, cabe mencionar, por exemplo, o Movimento pela Soberania Popular na Mineração (MAM), organizado no Pará a partir de 2012 para o enfrentamento de violações aos direitos humanos e aos conflitos nos territórios impactados pelo Projeto Grande Carajás, da Vale, e o Comitê Nacional em Defesa dos Territórios Frente à Mineração, articulação iniciada em 2013 que reúne organizações, movimentos sociais, igrejas e pesquisadores.

Ademais, com o recrudescimento da atividade minerária ilegal e outros crimes em áreas da União, sobretudo a extração de ouro e cassiterita, e sua crescente associação com o crime organizado, o Ibama criou o Grupo Especial de Fiscalização (GEF), em 2014, visando qualificar sua atuação nesses cenários de forma autônoma e eficaz.

Tabela 3 – Instrumentos legais e respostas dos grupos de interesse.

Instrumento	Resposta dos grupos de interesse e seus efeitos
Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação à Mudança do Clima na Mineração	Publicado em 2013 e também conhecido como Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono (Plano MBC), tem como objetivo principal a redução das emissões de GEE na mineração, mediante iniciativas das próprias empresas de abatimento de emissões relacionadas principalmente à eficiência energética e à redução do consumo de combustíveis com alto teor de carbono não renovável.
Lei n.º 14.066/2020 (Lei de Barragens) (1)	A partir dos aprendizados trazidos por Mariana e Brumadinho, altera a Lei n.º 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Veda, por exemplo, a construção de barragens a montante, sendo que as já construídas devem ser descaracterizadas até fevereiro de 2022. A ANM tem a prerrogativa de aplicar multas, exigir caução, seguro, fiança ou outras garantias financeiras para a reparação dos danos provocados por barragens de rejeitos à vida humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público.
Decreto n.º 10.387/2020	Estímulo à criação de novos mecanismos para emissão de títulos verdes (*green bonds*) com vistas ao financiamento de projetos de infraestrutura que tragam benefícios ambientais ou sociais relevantes. Pode alcançar indiretamente a mineração ao beneficiar os setores de energia e logística.
Carta Compromisso do IBRAM perante a sociedade	Publicada em 2019 como resposta às críticas geradas pelo rompimento das barragens em Mariana e Brumadinho, constitui uma declaração pública de compromisso com transformações no padrão usual da indústria de mineração.
Exigências ESG para empresas mineradoras listadas em bolsas de valores e para concessão de empréstimos (2)	Temas ESG (ambientais, sociais e de governança, na sigla em inglês) têm adquirido relevância crescente para a atuação do setor mineral, decorrência de questões de imagem, acesso ao crédito e exigência de investidores e de consumidores.

Fonte: (1) Agência Câmara de Notícias, 2020, e (2) BASTOS; ABRANTES; COSTA, 2020.

A atuação do GEF tem fulcro nas melhores informações técnicas disponíveis, atuando em alvos de relevância estratégica no intuito de cessar imediatamente o dano ambiental em curso, buscar e registrar informações sobre autoria e materialidade delitivas e neutralizar toda a onerosa logística necessária à realização de lavra nessas regiões.

Desde sua criação, foram realizadas 31 operações de fiscalização de alta complexidade, com maior foco nos grandes garimpos nas terras indígenas e unidades de conservação da região Norte do país. O resultado acumulado obtido foi a interrupção de mais de 200 frentes de extração ilegal, neutralização de centenas de escavadeiras hidráulicas, tratores, motores estacionários, veículos e até aeronaves que dão suporte logístico à atividade ilegal, além de realizar a apreensão de ouro, mercúrio e dezenas de armas de fogo e munições. As informações obtidas in loco, além de subsidiar a responsabilização administrativa, também é repassada ao Ministério Público Federal e à Polícia Federal para aprofundamento das investigações e posterior responsabilização, sobretudo dos entes financiadores, nas esferas criminal e cível.

ÁREAS URBANAS

Se, de acordo com estimativas da ONU, a população mundial passou a ser predominantemente urbana entre os anos de 2007 e 2008 – conferindo ainda maior importância ao ODS 11, que visa tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis –, no Brasil essa condição foi registrada pela primeira vez no Censo Demográfico de 1970, quando a taxa de urbanização identificada foi de 55,9%.

Nas décadas seguintes, a taxa de urbanização brasileira continuou a crescer de forma acelerada, alcançando 84,4% em 2010. Entre os fatores que explicam tal fenômeno, podem ser mencionadas, principalmente, as modificações verificadas na estrutura da economia brasileira, com o avanço da industrialização, a mecanização da agricultura e o consequente êxodo rural, a adoção de um padrão de transporte baseado no modal rodoviário e a concentração de renda e determinados serviços no meio urbano, como saúde e educação.

Apesar da persistência de grande parte desses vetores, o processo de urbanização brasileiro tem apresentado alguns sinais de mudanças significativas nos últimos anos.

Em primeiro lugar, é preciso destacar a interiorização da distribuição espacial das atividades produtivas e da renda, com a consequente difusão da urbanização pelo território. Ainda que persista maior densidade populacional ao longo do litoral, multiplicam-se os arranjos produtivos e as aglomerações urbanas ao longo das estradas em determinadas localidades das regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil, em grande parte centrados na produção de grãos e de produtos alimentícios de origem animal.



Fonte: Vendonça/Ibama

Além disso, tem-se verificado uma queda no ritmo de crescimento das metrópoles nacionais e um aumento significativo do crescimento demográfico das cidades de médio porte, que ganham importância crescente como alternativas de desenvolvimento de atividades econômicas e de moradia. Consequência direta do processo de redistribuição espacial das atividades produtivas, esse fenômeno configura um novo padrão de migração no País, onde os migrantes com menor renda e nível educacional dão lugar àqueles com mais anos de estudo, com predomínio dos fluxos intrarregionais e interurbanos em detrimento dos fluxos inter-regionais (LIMONAD, 2018).

Por fim, tradicionalmente, a expansão da área urbana no País foi acompanhada pelo deslocamento da população mais vulnerável para as áreas mais afastadas, visto que os centros urbanos passaram a testemunhar um intenso processo de verticalização e valorização do solo. Mais recentemente, contudo, novos processos passaram a se associar a esse padrão, com a expansão da malha urbana de forma difusa e a consequente intensificação dos fluxos populacionais diários dentro das principais aglomerações urbanas brasileiras. Reflexo da demanda crescente de se viver em áreas relativamente próximas aos centros urbanos (geralmente em condomínios e loteamentos fechados) e, ao mesmo tempo, propícias a uma maior qualidade de vida, essa dispersão urbana representa novos desafios para o planejamento urbano e regional (OJIMA, 2008).

Como resultado, a expansão urbana no Brasil é marcada, atualmente, tanto por um processo de intensificação quanto de extensificação. Enquanto a intensificação da urbanização atua formando e multiplicando aglomerações urbanas compactas e de alta densidade, que tendem a constituir aglomerações de caráter metropolitano, a extensificação contribui para uma ocupação mais esparsa do território (LIMONAD, 2018).

Nesse sentido, a área urbanizada do País, com predomínio de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, vias e construções, registrou um crescimento de 19,3%, entre 2010 e 2019, passando de 28.969 km^2 para 34.557 km^2 (MAPBIOMAS, 2021).

É importante, contudo, relativizar a questão urbana no Brasil sob determinados aspectos. A diferenciação entre espaços urbanos e rurais no País ainda é decorrente do Decreto-Lei n.º 311/1938, onde se estabeleceu o entendimento de que todas as cidades (sedes dos municípios) e vilas (sedes dos distritos) são urbanas e que a área rural abrange o que lhes é externo, cabendo ao poder público municipal a delimitação em lei do perímetro urbano – o que pode variar conforme a necessidade (e subjetividade) local (IBGE, 2016b).

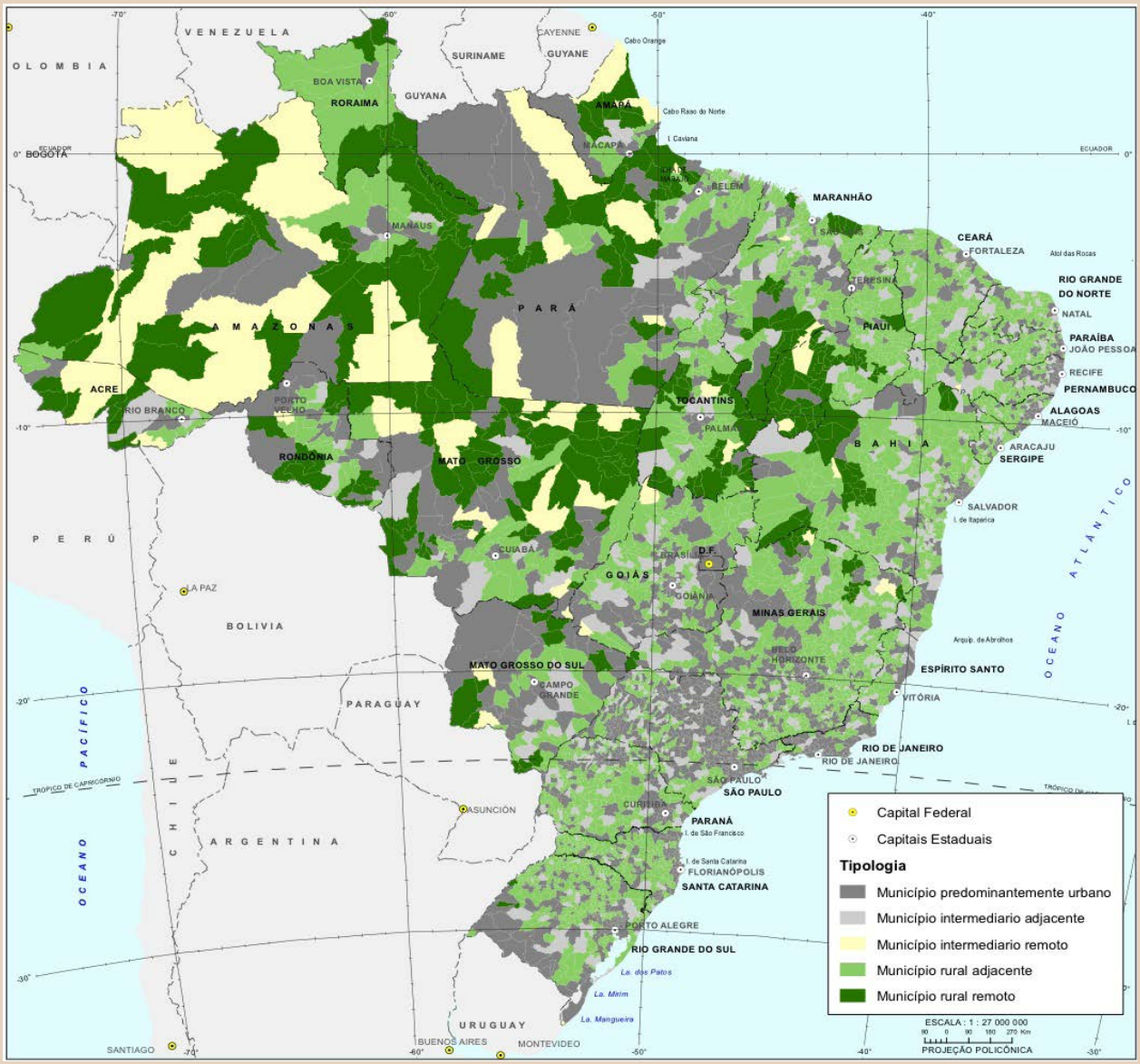
Por isso, e tendo em vista os fenômenos de peri-urbanização e interligação crescente entre os espaços urbanos e rurais, o IBGE tem desenvolvido estudos e classificações que buscam superar definições eminentemente legais e político-administrativas e reconhecer a importância dessa diferenciação para as ações de gestão territorial no Brasil.

Cabe mencionar, entre os esforços empreendidos, a publicação "Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação", lançada em 2017. Nela, buscou-se apresentar uma proposta de classificação, por município, dos espaços rurais e urbanos, identificados a partir de critérios centrados na densidade demográfica e na acessibilidade a centros com alto nível hierárquico em relação à rede urbana.

De acordo com a tipologia desenvolvida pelo estudo, 76% da população brasileira encontra-se em municípios considerados predominantemente urbanos, que correspondem somente a 26% do total de municípios. Em contrapartida, a maior parte dos municípios foram classificados como predominantemente rurais (60,4%). A região Norte concentra a maior proporção de municípios classificados como rurais remotos (26,9% do total), tipologia que também se faz muito presente na região do Matopiba. Já o Sudeste apresenta a maior porcentagem de municípios e de população vivendo em municípios urbanos: 87% (IBGE, 2017) (Figura 24).

Apesar das diferentes interpretações acerca da urbanização brasileira, é inegável que ela tem sido acompanhada pela expansão da precariedade social e pelo agravamento da degradação ambiental em diversos tipos de aglomerados urbanos do País.

Figura 24 – Classificação dos municípios brasileiros segundo a tipologia rural-urbana proposta pelo IBGE, em 2017.



Fonte: IBGE. Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil, 2017.

Os principais impactos, que atingem as populações menos favorecidas são a poluição atmosférica, ocasionada por atividades humanas relacionadas, por exemplo, à queima de combustíveis fósseis; a disposição inadequada dos resíduos sólidos, com a postergação recorrente do prazo para o encerramento de lixões, ainda presentes em muitos municípios brasileiros (inicialmente definido até 2014 e atualmente prorrogado para 2024, no caso dos municípios com menos de 50 mil habitantes); a contaminação da água e do solo, com grande influência da insuficiência das redes de coleta e tratamento de esgoto; a modificação da paisagem natural, com redução das áreas verdes; o déficit habitacional, que induz a ocupação de áreas irregulares e expostas a desastres naturais; e a deficiência dos sistemas de transporte público[23].

23 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no capítulo "Ambiente Urbano".

COBERTURA VEGETAL

As vastas áreas de cobertura vegetal natural ainda presentes no território nacional fazem do Brasil um dos países com maior diversidade biológica no mundo, abrigando cerca de 13% da diversidade biológica do planeta, com altas taxas de endemismo para diferentes grupos taxonômicos (LEWINSOHN, 2005).

A conservação e o uso sustentável dessas áreas são de extrema importância na provisão de serviços ecossistêmicos, que, além de fornecerem amplas possibilidades de retorno econômico direto, são fundamentais para a qualidade de vida e a própria produtividade das atividades rurais. Tendo em perspectiva a classificação realizada pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio, é possível afirmar que as áreas de cobertura vegetal atuam na prestação de diversos serviços de provisão, regulação, suporte e culturais.

O valor da produção do extrativismo vegetal alcançou cerca de R$ 4,5 bilhões em 2019, com a região Norte, onde se concentra a maior parte da cobertura vegetal florestal do País, respondendo por 50,4% do total. Além de produtos madeireiros, como madeira em tora, lenha e carvão vegetal, cabe mencionar a grande variedade de produtos não madeireiros, com destaque para a erva mate, o açaí, a amêndoa de babaçu, a castanha-do-pará, o pequi e o pó de carnaúba (IBGE, 2019).

A manutenção da cobertura vegetal tem também uma influência direta na produção e conservação de água, na regulação do clima, no sequestro de carbono, na formação do solo, no combate à erosão e na ciclagem de nutrientes, além de favorecer o bem-estar humano mediante o contato com a natureza. Pesquisas indicam que os polinizadores, altamente dependentes da conservação da vegetação nativa, são responsáveis por grande parte da produção de alimentos, como café, caju, laranja, maracujá e melão (SBPC, 2011).

Reflexo direto das pressões exercidas pelas demais classes de uso da terra, analisadas anteriormente[24], é possível observar que, entre 2012 e 2018, a cobertura vegetal natural no território brasileiro (considerada a partir da combinação dos dados das classes vegetação florestal e vegetação campestre) passou de 5,46 milhões de km² para 5,35 milhões de km² (o que equivale a 63% do território nacional), uma redução de aproximadamente 110 mil km² no período considerado (IBGE, 2020a).

Desses, 85% corresponderam à supressão da cobertura de vegetação natural nos biomas Amazônia e Cerrado, que totalizaram cerca de 85,1 mil km². Sob a perspectiva estadual, os estados do Pará, Mato Grosso, Rondônia e Tocantins apresentaram os maiores valores de supressão da cobertura vegetal natural entre 2012 e 2018, com 17.849 km², 15.511 km², 9.356 km² e 9.254 km², respectivamente, o que corresponde a mais da metade de toda a supressão de vegetação registrada por todos os estados no período considerado.

Na Figura 25 é possível observar que os municípios com maiores valores de supressão da vegetação encontram-se ao longo das fronteiras agrícolas situadas no norte dos estados do Mato Grosso e Rondônia, no sul e sudeste dos estados do Amazonas e Pará e na região do Matopiba, em especial no oeste da Bahia e no sul do Maranhão e Piauí.

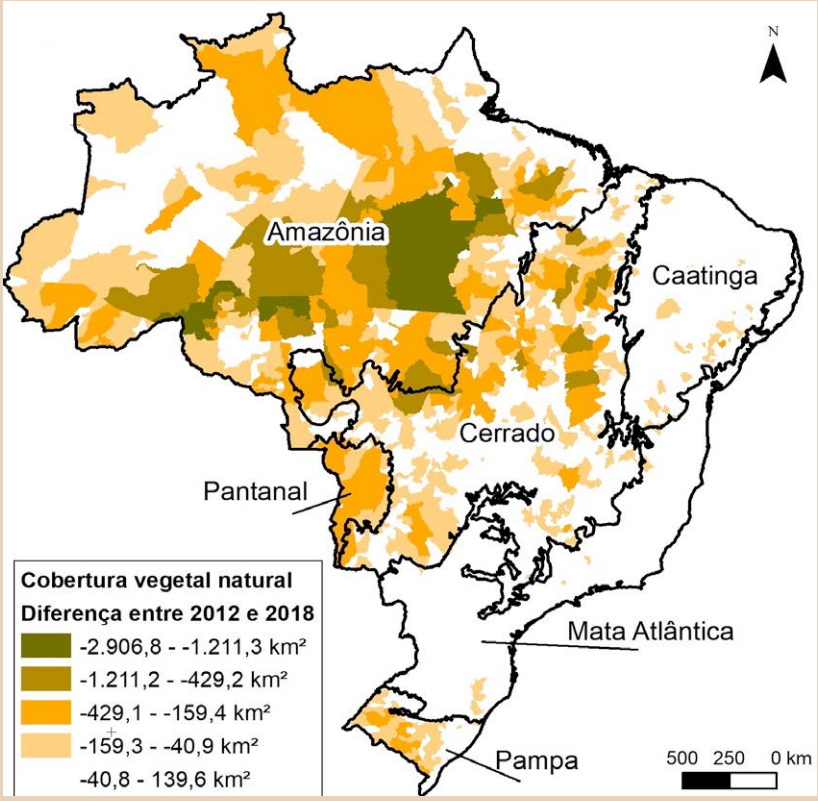
A análise da conversão das áreas de cobertura vegetal natural entre 2012 e 2018 indica que, dos quase 110 mil km² suprimidos, aproximadamente 48% foram destinados à atividade agropecuária, sendo 26.269 km² (ou 24,1% do total) para pastagens com manejo e 26.013 km² (23,8%) para áreas agrícolas. A maior parte, 52.332 km², ou 47,8%, foi convertida em áreas classificadas como mosaico de ocupações (antrópicas) em áreas de vegetação florestal e campestre, sendo 40.543 km² (ou 37,1% do total) em áreas florestais e 11.789 km² (10,7%) em áreas campestres.

Apesar da pressão cada vez maior exercida sobre algumas unidades de conservação da natureza – em 2019, por exemplo, 39% do desmatamento registrado nessas áreas protegidas, na Amazônia, concentrou-se em apenas dez unidades, com destaque para a Floresta Nacional do Jamanxim (PA), a Reserva Extrativista Chico Mendes (AC) e a Reserva Extrativista Jaci-Paraná (RO[25]) –, a importância desses espaços para a contenção

24 A análise das diferentes pressões exercidas sobre a cobertura vegetal e a biodiversidade é complementada nos capítulos "Florestas" e "Biodiversidade".

25 Reflexo desse quadro, foi sancionada pelo Governo de Rondônia, no dia 20 de maio de 2021, a Lei n.º 1.089/2021, que reduziu a área da RESEX Jaci-Paraná em cerca de 90%, de 193 mil para aproximadamente 22,5 mil ha.

Figura 25 – Variação da área de cobertura vegetal natural, entre 2012 e 2018, por município.



Fonte: IBGE. Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil, 2020a.

do desmatamento e para a provisão de serviços ecossistêmicos é fundamental.

A análise dos remanescentes de vegetação presentes nas unidades de conservação permite verificar que, de fato, no conjunto da área ocupada tanto pelas unidades de conservação de proteção integral quanto pelas de uso sustentável – com exceção das áreas de proteção ambiental (APA), visto suas regras mais flexíveis de uso – 96% eram constituídos por áreas com cobertura vegetal em 2018.

Finalmente, quando se observam as relações entre a apropriação fundiária e o uso da terra e da natureza no Brasil, não se pode deixar de mencionar o fato de que o País abriga também inúmeros povos e comunidades tradicionais. Além de indígenas e quilombolas, muitos outros grupos vêm reivindicando ao Estado seu reconhecimento, o que culminou no Decreto n.º 6.040/2007, que instituiu a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. Posteriormente, o Decreto n.º 8.750/2016 cita outros 26 segmentos de povos e comunidades tradicionais do País, entre extrativistas (como quebradeiras de coco babaçu, catadores de mangaba, raizeiros, cipozeiros e andirobeiros, caiçaras, caatingueiros, vazanteiros, pantaneiros e retireiros.

No entanto, apenas os povos indígenas e os remanescentes das comunidades de quilombos têm reconhecida a posse das terras que tradicionalmente ocupam, cabendo ao Estado demarcá-las.

E, ainda que o objetivo principal desses territórios seja garantir a reprodução física e cultural desses povos, de acordo com seus usos, costumes e tradições, essa diversidade sociocultural atua na conservação da cobertura vegetal do País. Em 2018, as terras indígenas (TI) totalizaram 1.147.169 km², com uma cobertura vegetal superior a 93% desse total. Quanto aos territórios quilombolas, 81,8% de sua área, que totalizava 28.545 km² em 2018, era coberta por vegetação.

Isso demonstra que o reconhecimento dos direitos desses povos, previstos na própria Constituição de 1988 e, em muitos casos, seriamente ameaçados, possui uma importância crucial para a conservação dos ecossistemas e a promoção da qualidade de vida em todo o País.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

País de assimetrias, a dinâmica de ocupação e uso da terra no Brasil, nos últimos anos, não foi exceção.

Em um contexto de aumento consistente da demanda doméstica e, principalmente, internacional por alimentos, fibras, minérios e energia, o crescimento da participação das atividades primárias na economia brasileira foi acompanhado por uma expressiva evolução dos índices de produção e produtividade do setor, ao mesmo tempo em que a desigualdade no acesso a insumos produtivos, a necessidade de uma maior agregação de valor à produção e o fortalecimento das políticas de segurança alimentar permanecem como desafios a serem melhor equacionados.

O incremento observado ainda se vale, em parte, da expansão horizontal das fronteiras agrícolas – como demonstra a curva ascendente da supressão da cobertura vegetal, em especial em determinadas partes da Amazônia Legal e na região do MATOPIBA – e desencadeia impactos significativos sobre o meio ambiente e a sociedade, tais como a degradação do solo, a contaminação por agrotóxicos e mercúrio e os recentes rompimentos das barragens de rejeitos de minérios.

No entanto, é importante reconhecer e conferir maior escala aos esforços feitos no sentido de uma maior adequação ambiental e social das atividades rurais e minerais, sendo a adoção crescente de práticas agrícolas sustentáveis o maior exemplo – e mesmo um imperativo, em decorrência dos novos padrões de consumo da sociedade e dos impactos já percebidos das mudanças climáticas sobre o uso da terra e seus recursos.

Nesse sentido, a leitura conjunta das análises realizadas neste capítulo objetiva oferecer uma visão integrada de diversas informações, comprometida com uma perspectiva multidimensional da dinâmica de apropriação do território na contemporaneidade. À ocupação e ao uso da terra, seja para produção pecuária, agrícola, florestal, mineral ou edificação de áreas urbanas, estão associadas formas diferenciadas de emprego de tecnologia, assim como relações socioeconômicas, políticas e ambientais de apropriação e de divisão fundiária, fazendo com que, a partir da análise dos padrões e fluxos de uso, obtenha-se uma visão articulada do próprio território – e da qualidade do meio ambiente – em sua totalidade.

Acima de tudo, essa abordagem estratégica das dinâmicas de ocupação e uso da terra comprova que, para além de ações setoriais voltadas ao enfrentamento dos desafios identificados, também é necessária a retomada de um planejamento estatal estratégico, que permita estabelecer, de maneira durável, as condições necessárias para que o País se torne ainda mais com petitivo e contribua para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

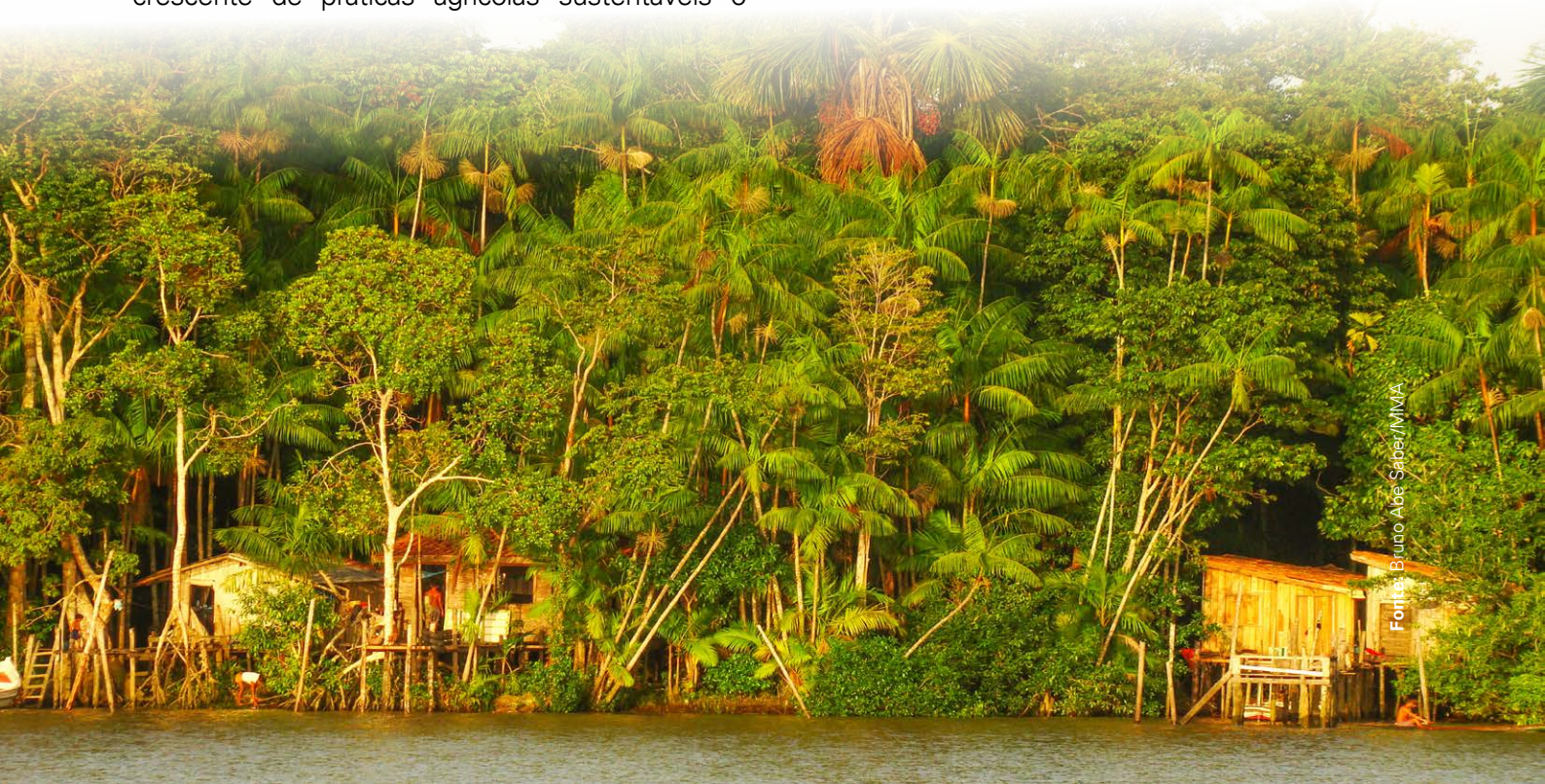


Foto: Bruno Abe Saber/MMA

REFERÊNCIAS

ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Moratória da Soja:** safra 2018/19**.** 2020. Disponível em: https://abiove.org.br/wp-content/uploads/2020/04/Relat%C3%B3rio_Morat%C3%B3ria_Soja_2018-19_pt.pdf. Acesso em: 04 de maio de 2021.

ABRASCO. Associação Brasileira de Saúde Coletiva. **Uma política de incentivo fiscal a agrotóxicos no Brasil é injustificável e insustentável**. Rio de Janeiro: Abrasco, 2020.

AMAPÁ: peixes mais consumidos são também os mais contaminados por mercúrio. **WWF**, 04 de agosto de 2020. Disponível em: https://www.wwf.org.br/?76771/Amapa-peixes-mais-consumidos-sao-tambem-os-mais-contaminados-por-mercurio. Acesso em: 07 de julho de 2021.

AMIGOS DA TERRA. **TAC da Carne no Pará e Compromisso Público da Pecuária**: 10 anos. 2020. Disponível em: https://www.amigosdaterra.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Estudo_10_anos_TAC_e_CPP.pdf. Acesso em: 05 de maio de 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_anual_2019-versao_web-0212-1.pdf. Acesso em: 16 de setembro de 2021.

ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Setor de Fertilizantes**: Anuário Estatístico 2018. São Paulo: ANDA, 2019.

ANGELOTTI, F.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; SÁ, I. B. Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro: Medidas de Mitigação e Adaptação**. Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, p. 1097-1111. 2011. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58274/1/Fran-2011.pdf. Acesso em: 10 de maio de 2021.

ANPII. Associação Brasileira dos Produtores e Importadores de Inoculantes. A fixação biológica do nitrogênio**. Agroanalysis**, v. 37, n. 8, p. 41-43. 2017. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/download/74573/71418. Acesso em: 13 de maio de 2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos - PARA:** relatório das amostras analisadas no período de 2017-2018. Brasília: ANVISA, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3770json-file-1. Acesso em: 17 de maio de 2021.

ARAÚJO, G. P.; BOLFE, E. L. Tendências de consumo de alimentos: implicações e oportunidades para o setor agroalimentar brasileiro. **Informe Agropecuário**. v. 41, n. 311, p. 7-14, 2020. Disponível em: http://www.informeagropecuario.com.br/produtos.php?produto=204. Acesso em: 03 de maio de 2021.

BASTOS, F.; ABRANTES, E.; COSTA, A. **A questão da governança social e ambiental para os investidores**. 2020. Disponível em: https://br.lexlatin.com/opiniao/questao-da-governanca-social-e-ambiental-para-os-investidores. Acesso em: 12 de junho de 2021.

BRUMADINHO 2 anos: MPMG não abre mão das compensações devidas pela Vale. **MPMG. Ministério Público do Estado de Minas Gerais**, 25 de janeiro de 2021.

CARVALHO, K. H. A. et al. Influência de diferentes funções objetivo em modelos de regulação florestal. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 371-380. 2016. Disponível em: https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/3367/2191. Acesso em: 31 de agosto de 2021.

CASTILHOS, D. et al. Bee colony losses in Brazil: a 5-year online survey. **Apidologie,** 50(3), p. 263–272. 2019. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-019-00642-7. Acesso em: maio de 2021.

CEPEA/USP e CNA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo e Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB do agronegócio**. Piracicaba: CEPEA/USP, 2021. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_CNA_relatorio_2020.pdf. Acesso em: 30 de maio de 2021.

CERQUEIRA, A., FIGUEIREDO, R. A. Percepção ambiental de apicultores: desafios do atual cenário apícola no interior de São Paulo. **Acta Brasiliensis**, v. 1, p. 17–21. 2017. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/f923/c76d3f1b7b3c955d35cffc28aba00046fcd1.pdf. Acesso em: maio de 2021.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília: 2016. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/DesertificacaoWeb.pdf. Acesso em: 26 de maio de 2021.

CPI. Climate Policy Initiative. **Onde estamos na implementação do Código Florestal?** Rio de Janeiro: 2020. Disponível em: https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2020/12/Onde-estamos-na-implementacao-do-Codigo-Florestal-radiografia-do-CAR-e-do-PRA-nos-estados-brasileiros.pdf. Acesso em: 24 de maio de 2021.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Avaliação do potencial de potássio no Brasil**: área Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, estados do Amazonas e Pará. Manaus: CPRM, 2020. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21740. Acesso em: 08 de julho de 2021.

CUNHA, T. J. F. et al. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco**: potencialidades e limitações para uso agrícola. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008.

DUMANSKI, J.; PEIRETTI, R. Modern concepts of soil conservation**. International Soil and Water Conservation Research**, v. 1, n. 1, p. 19-23. 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa/Agropensa, 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira. Acesso em: 03 de maio de 2021.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **Status of the world's soil resources.** Roma: FAO, 2015. Disponível em: http://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf. Acesso em: maio de 2021.

FERRAZ, R. P. D.; SKORUPA, L. A. Intensificação sustentável: desafios e oportunidades para a agricultura brasileira**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, n. 2, p. 37-42. 2017. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1080531/1/2017042.pdf. Acesso em: maio de 2021.

GARCÍA-RUIZ, J. M. et al. Ongoing and emerging questions in water erosion studies. **Land Degradation & Development**, v. 28, n. 1, p. 5-21. 2017.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual de 2020**. Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf. Acesso em: 14 de maio de 2021.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil:** uma abordagem ambiental. Brasília: Ibama, 2010. Disponível em: http// www.ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/produtos_agrot oxicos_comercializados_brasil_2009.pdf. Acesso em: 03 de maio de 2021.

_____. **Boletins anuais de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil**. Brasília: Ibama, 2020a. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais. Acesso em: 10 de maio de 2021.

_____. **Manual de Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxicos para Abelhas**. 2. ed. Brasília: Ibama, 2020b. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/2020-12-10-Mamual_ARA_Abelhas_2ed-Ibama.pdf. Acesso em: 03 de maio de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf. Acesso em: abril de 2021.

_____. **Brasil:** uma visão geográfica e ambiental no início do século XXI**.** Rio de Janeiro: IBGE, 2016a. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/analises-do-territorio/15786-brasil-uma-visao-geografica-e-ambiental-no-inicio-do-seculo-xxi.html?=&t=o-que-e. Acesso em: abril de 2021.

_____. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016b. Disponível em: www.ibge.gov.br/apps/arranjos_populacionais/2015. Acesso em: abril de 2021.

_____. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil**: uma primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100643.pdf. Acesso em: 20 de abril de 2021.

_____. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais:** MUNIC 2018**.** Rio de Janeiro: IBGE 2018. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?edicao=25506&t=sobre. Acesso em: 20 de abril de 2021.

_____. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. IBGE: Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2019_v34_notas_tecnicas.pdf. Acesso em: 19 de maio de 2019.

_____. **Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil**: 2016-2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2020a. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101703.pdf. Acesso em: 02 de abril de 2021.

_____. **Atlas do Espaço Rural Brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2020b. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101773.pdf. Acesso em: abril de 2021.

_____. **Regiões de Influência das Cidades**: 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2020c. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101728.pdf. Acesso em: 19 de abril de 2021.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Mineração em números**: 2020. IBRAM, 2021.

IDESF. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social de Fronteiras. **O contrabando de defensivos agrícolas no Brasil**. Foz do Iguaçu, 2019. Disponível em: https://www.idesf.org.br/wp-content/uploads/2019/06/webversion2.pdf. Acesso em: 06 de maio de 2021.

IMAFLORA. Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola. **10 anos da moratória da soja na Amazônia:** história, impactos e a expansão para o Cerrado. Piracicaba: IMAFLORA, 2017.

INSTITUTO ESCOLHAS. **Áreas protegidas ou áreas ameaçadas?** A incessante busca pelo ouro em Terras Indígenas e Unidades de Conservação na Amazônia. São Paulo: Instituto Escolhas, 2021. Disponível em: https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/%C3%81reas-protegidas-ou-%C3%A1reas-amea%C3%A7adas-a-incessante-busca-pelo-ouro-em-Terras-Ind%C3%ADgenas-e-Unidades-de-Conserva%C3%A7%C3%A3o-na-Amaz%C3%B4nia-Sum%C3%A1rio-Executivo.pdf. Acesso em: junho de 2021.

INSTITUTO IGARAPÉ. **O ouro ilegal que mina florestas e vidas na Amazônia:** uma visão geral da mineração irregular e seus impactos nas populações indígenas. Instituto Igarapé, 2021. Disponível em: https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2021/05/AE-53_O-ouro-ilegal.pdf. Acesso em: junho de 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014:** Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf. Acesso em: 13 de maio de 2021.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **A trajetória histórica da segurança alimentar e nutricional na agenda política nacional:** projetos, descontinuidades e consolidação. Ipea: Brasília, 2014. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3019/1/TD_1953.pdf. Acesso em: 11 de maio de 2021.

_____. **Radar:** tecnologia, produção e comércio exterior. n. 65. Brasília: Ipea, 2021. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10588?mode=full. Acesso em: junho de 2021.

IRP. Painel Internacional de Recursos. **Global Resources Outlook 2019**: recursos naturais para o futuro que desejamos. Nairóbi: IRP, 2019. Disponível em: https://www.resourcepanel.org/pt/relat%C3%B3rios/perspectiva-de-recursos-globais. Acesso em: junho de 2021.

LAL, R. Soil degradation by erosion. **Land Degradation & Development**, v. 12, n. 6, p. 519-539. 2001.

_____. Soil erosion by wind and water: problems and prospects. In: LAL, R. (org). **Soil erosion research methods**. 2. ed. Routledge, 2017. p. 1-10.

LANDERS, J. N. et l. Effects of Zero Tillage (No-Till) Conservation Agriculture on soil physical and biological properties and their contributions to sustainability. Viena: **Geophysical Research Abstracts**, v. 15. 2013. Disponível em: https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2013/EGU2013-11756-4.pdf. Acesso em: maio de 2021.

LEWINSOHN, T. M. **Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira** – volumes I e II. Brasília: MMA, 2005.

LAPIG/UFG. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás. **Dinâmica das pastagens brasileiras:** ocupação de áreas e indícios de degradação – 2010 a 2018. Goiânia: LAPIG/UFG, 2020.

LIMONAD, E. Novidades na urbanização brasileira? In: ELIAS, D.; PEQUENO, R. (org.). **Tendências da urbanização brasileira: novas dinâmicas de estruturação urbano-regional.** Rio de Janeiro: Letra Capital, 2018.

LUMBRERAS, J. F. et al. Aptidão agrícola das terras do Matopiba. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1025303/aptidao-agricola-das-terras-do-Matopiba. Acesso em: 05 de maio de 2021.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas**. Brasília: MAPA, 2018.

_____. **Projeções do agronegócio:** Brasil 2019/20 a 2029/30. Brasília: MAPA/ACE, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio_2019_20-a-2029_30.pdf/view. Acesso em: 05 de maio de 2021.

_____. **Adoção e mitigação de Gases de Efeitos Estufa pelas tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC)**. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-em-numeros/arquivos/ResumodaadooemitigaodegasesdeefeitosestufapelastecnologiasdoPlanoABCPerodo2010a2018nov.pdf. Acesso em: 21 de maio de 2021.

MARTHA, G.B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 110, p. 173-177. 2012.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: MCTI, 2020a. Disponível em: https://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2020/12/2020_12_22_4CN_v5_PORT_publicada.pdf. Acesso em: 13 de maio de 2021.

_____. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 5. ed. Brasília: MCTI, 2020b. Disponível em: https://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2020/06/Livro_Digital_5Ed_Estimativas_Anuais.pdf. Acesso em: 27 de maio de 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretrizes brasileiras para o diagnóstico e Tratamento de intoxicação por agrotóxicos.** Brasília: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_brasileiras_diagnostico_tratamento_intoxicacao.pdf. Acesso em: 10 de maio de 2021.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **O zoneamento ecológico-econômico na Amazônia Legal:** trilhando o caminho do futuro. Brasília: MMA, 2016.

_____. **Balanço de execução do PPCDAm e do PPCerrado 2016-2020.** 2020. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/controle-de-desmatamento-e-incendios-florestais/pdf/BalanoPPCDAmePPCerrado_2019_aprovado.pdf. Acesso em: 25 de abril de 2021.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Boletim do Setor Mineral 2020 (outubro)**. Brasília: MME, 2020.

MPMG cobra multa por demora na entrega de casas a atingidos de Mariana. **Agência Brasil,** 03 de março de 2021. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/justica/noticia/2021-03/mpmg-cobra-multa-por-demora-na-entrega-de-casas-atingidos-de-mariana. Acesso em: junho de 2021.

MPMG e demais instituições estaduais e federais pedem imediata condenação da Vale ao ressarcimento do Estado e ao pagamento de danos morais e sociais ocasionados em Brumadinho. **MPMG. Ministério Público do Estado de Minas Gerais**, 26 de agosto de 2020.

OJIMA, R. Novos contornos do crescimento urbano brasileiro? O conceito de urban sprawl e os desafios para o planejamento regional e ambiental**. GEOgrafia**, v. 1, n. 19, p. 46-59. 2008. Disponível em: https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/13552. Acesso em: maio de 2021.

PESQUISA na Europa mostra oposição a acordo com Mercosul, por desmatamento. **UOL,** 11 de fevereiro de 2021. Disponível em: https://economia.uol.com.br/noticias/estadao-conteudo/2021/02/11/pesquisa-na-europa-mostra-oposicao-a-acordo-com-mercosul-por-desmatamento.htm. Acesso em: 06 de julho de 2021.

POLIDORO, J. C. et al. **Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156792/1/Doc-183-Programa-Nacional-de-Solos-do-Brasil.pdf. Acesso em: maio de 2021.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150386/1/sistema-de-avaliacao-agr-terras-3a-edicao1995.pdf. Acesso em: maio de 2021.

REDE iLPF. **Nota técnica:** iLPF em números. 2021. Disponível em: https://www.redeilpf.org.br/index.php/rede-ilpf/ilpf-em-numeros. Acesso em: 13 de maio de 2021.

REDE PENSSAN. Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional. **Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil.** 2020. Disponível em: http://olheparaafome.com.br/VIGISAN_Inseguranca_alimentar.pdf. Acesso em: 10 de maio de 2021.

SANCIONADA lei que muda regras sobre barragens e prevê multas de até R$ 1 bi. **Agência Câmara de Notícias**, 01 de outubro de 2020. Disponível em: https://www.camara.leg.br/noticias/697154-sancionada-lei-que-muda-regras-sobre-barragens-e-preve-multas-de-ate-r-1-bi. Acesso em: 14 de junho de 2021.

SANTOS, D. O.; MELLO FILHO, M. S.B. Agro e finança: convergências no capitalismo brasileiro. **Le Monde Diplomatique**, 02 jun. 2021. Disponível em: https://diplomatique.org.br/agro-e-financa-convergencias-no-capitalismo-brasileiro-dominacao-financeira. Acesso em: 02 de junho de 2021.

SBPC. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. **O Código Florestal e a ciência:** contribuições para o diálogo. São Paulo: SBPC, 2011.

SILVA, I. P. et al. Pesticide exposure of honeybees (Apis mellifera) pollinating melon crops. **Apidologie**, 46, p. 703–715. 2015. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-015-0360-3. Acesso em: maio de 2021.

SILVA, T. L. A. A apropriação capitalista da silvicultura no Brasil e sua lógica de produção do espaço**. Terra Livre**, v. 1, n. 50, p. 159-199. 2018. Disponível em: http://agb.org.br/publicacoes/index.php/terra-livre/article/download/1447/1387. Acesso em: 21 de maio de 2021.

SOARES, W. L. **Agrotóxicos no Brasil:** reflexões a partir dos Censos Agropecuários**.** Campinas: ECOECO, 2019.

STRASSBURG, B. B. N. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot**. Nature Ecology & Evolution**, v. 1, p 1-3. 2017. Disponível em: https://www.iis-rio.org/wp-content/uploads/2019/10/Moment_of_truth_for_the_Cerrado_Hotspot_1.pdf. Acesso em: 4 de maio de 2021.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Efeito poupa-terra e ganhos de produção no setor agropecuário brasileiro**. Texto para discussão. Brasília: Ipea, 2018.

Bases de dados consultadas:

Banco de Dados de Recursos Minerais e Territórios (CETEM/MCTI) - http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/Inicio.aspx

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) - https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/centraldedownloads#

Estatísticas da Mineração no Brasil (ANM) - https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/mineracao-em-numeros

Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro (AGROSTAT/MAPA) - http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm

Food and Agriculture Data (FAOSTAT) - http://www.fao.org/faostat/en/#home

Mapa de Conflitos Envolvendo Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil (FIOCRUZ) - http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/

Painel de Informações e Estatísticas da Inspeção do Trabalho no Brasil (RADAR SIT) - https://sit.trabalho.gov.br/radar/

Primary Commodity Price System (FMI) - https://data.imf.org/?sk=471DDDF8-D8A7-499A-81BA-5B332C01F8B9

Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS) - https://mapbiomas.org/

Serviço Florestal Brasileiro (SFB) - https://www.florestal.gov.br/numeros-do-car

Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA/IBGE) - https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadcm

Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB/ANA) - https://www.snisb.gov.br/

Sistema de Consulta e Extração de Dados do Comércio Exterior Brasileiro (COMEXSTAT/MDIC) - http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home

4 Biodiversidade



Fonte: Vinícius Mendonça/Ibama

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação
Maria Izabel Soares Gomes da Silva - Ibama

Redação
Adriana Panhol Bayma - MMA
Aline Amaral - MMA
Bruno Barbosa - Ibama
Camila Neves Sores Oliveira - MMA
Cesar Heraclides Behling Miranda - Embrapa Agroenengia
Danilo do Prado Perina - ICMBio
Eduardo Amorim - CNCFlora/JBRJ
Eduardo Pinheiro Fernandez - CNCFlora/JBRJ
Fabricio Escarlate Tavares - ICMBio
Fernanda Saleme - CNCFlora/JBRJ
Flávio Duque Estrada Soares Pereira – UnB
Gabriel Brejão - Unesp
Gláucia Crispim Ferreira - CNCFlora/JBRJ
Guilherme Fernando Gomes Destro - Ibama
Hetiene Pereira Marques - MMA
Iona'i Ossami de Moura - MMA
Isaque Medeiros Siqueira - Ibama
José Sávio Melo - ICMBio
Juliana Wotzasek Rulli Villardi - Ministério da Saúde
Lara Gomes Côrtes - ICMBio
Léia Cecilia de Lima Fávaro - Embrapa Agroenengia
Lucas Costa Monteiro Lopes - CNCFlora/JBRJ
Lúcia G. Lohmann - USP
Luciana Crema - ICMBio
Maira Smith - Funai
Manuela da Silva - Fiocruz
Márcia Chame - Fiocruz
Márcia Muchagata - Fiocruz
Marcio Verdi - CNCFlora/JBRJ
Maria Soranna - ICMBio
Matheus Andreozzi - MMA
Michele Sato - MMA
Missifany Silveira - MS
Mônica Marella Corrêa - CNCFlora/JBRJ
Nilamon Leite - ICMBio
Pablo Hendrigo Alves de Melo - CNCFlora/JBRJ
Pedro Gerhard - Embrapa Meio Ambiente
Rafaela Campostrini Forzza - JBRJ
Raquel Monti Sabaini - Ibama
Reuber Brandão - UnB
Roberta Aguiar dos Santos - ICMBio
Rodrigo Clemente - Ministerio da Saúde
Rosa Lía Barbieri - Embrapa Clima Temperado
Simone Palma Favaro - Embrapa Agroenergia
Thais Laque - CNCFlora/JBRJ
Thais Coutinho - MMA
Vera Carvalho - ICMBio

ODS relacionados ao capítulo



INTRODUÇÃO

O termo biodiversidade representa a contração das palavras diversidade e biológica e, de forma estrita, refere-se ao número e variedade de espécies encontradas em uma área. De forma ampla, o termo inclui a variação encontrada dentro das espécies (diversidade genética) e a variação encontrada em escalas espaciais maiores, como os ecossistemas. Neste sentido, o termo biodiversidade transmite a complexidade de organização da vida no planeta, desde a informação contida em uma sequência de ácidos nucleicos até a multitude de informações percebidas na biota como um todo. Em resumo, o termo biodiversidade refere-se a toda a variação vivente, dos genes e caracteres, às espécies e ecossistemas (FAITH, 2021).

A criação do termo biodiversidade foi um marco importante, pois permitiu a articulação de uma causa urgente: a extinção da diversidade biológica (RABY, 2017). Pelo fato desse termo comunicar claramente a importância da variedade biológica, incluindo seu valor intrínseco e os benefícios para a humanidade (FAITH, 2021), passou a ser utilizado em diferentes esferas, se tornando a unidade básica da biologia da conservação (RABY, 2017). Apesar da diversidade de conceitos disponíveis para "biodiversidade" (SARKAR, 2005; MACLAURIN; STERELNY, 2008), todos enfatizam a variedade da vida na terra. Por exemplo, o conceito adotado pela *Convention on Biological Diversity* (CBD, 2000, p. 9) refere-se à:

> "Variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos, e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas".

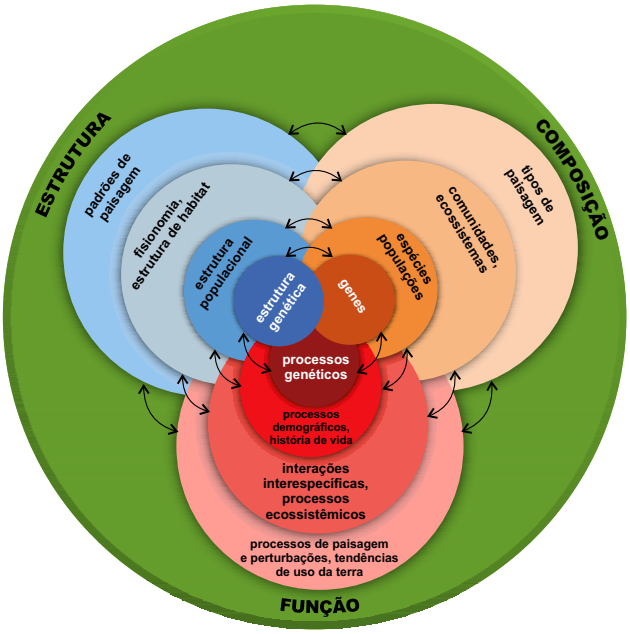
Neste capítulo, foi adotada uma definição ampla da biodiversidade, incorporando não apenas a complexidade do conceito, mas uma percepção de seu mecanismo, na geração de serviços ecossistêmicos (Figura 01). Mais especificamente, foi adotado o conceito proposto por Brandão, Zanatta, Souza (2021, p. 4):

> "Biodiversidade se refere à organização hierárquica da complexidade biológica em genes, espécies, populações, comunidades, ecossistemas e biomas, considerando a composição, função e estrutura de todos os elementos dessa organização e suas interações".

Essa visão holística da biodiversidade tem implicações importantes para políticas públicas, englobando a conservação de regiões biologicamente relevantes e seus processos ecológicos associados, além da pura proteção das espécies. De fato, entender e ressaltar o papel da função e da estrutura dos componentes da biodiversidade em seus diferentes níveis de organização é essencial para que políticas públicas contemplem aspectos funcionais e estruturais em estratégias para a conservação e gestão do meio ambiente, trazendo um entendimento holístico sobre o impacto de ações antrópicas para a biodiversidade. Essa percepção ampla dos componentes da biodiversidade, contemplando sua forma de organização, complexidade, estrutura, composição e função, induzem a uma percepção dinâmica da biodiversidade, que contempla as interações ecológicas e os demais processos ecológicos e evolutivos, responsáveis pela origem e manutenção da diversidade biológica.

O Brasil, reconhecido pela sua megabiodiversidade, possui a maior cobertura de florestas tropicais e a flora mais rica do mundo, além de abrigar uma fauna igualmente importante. Abriga diversos biomas terrestres e aquáticos onde se expressa frequentemente, de forma endêmica, o mais vasto e diversificado conjunto de espécies do planeta. De fato, as plantas terrestres encontradas no território

Figura 1 – Esquema representando a estrutura da organização hierárquica da biodiversidade, apresentando a complexidade de seus elementos, considerando sua composição, estrutura e função.



OBS.: As setas e as cores representam processos responsáveis pela transferência de informação, energia e matéria entre as diferentes camadas de organização.

Fonte: Brandão *et al.*, 2021. Adaptado de NOSS, 1990.

brasileiro correspondem a cerca de 10% das espécies descritas (CHEEK *et al.*, 2020), enquanto a fauna está entre as mais diversas do planeta[1]. A "Avaliação do Estado do Conhecimento da Diversidade Biológica Brasileira", publicada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) (BRASIL, 2006), indica que o País abriga 13,2% da biota mundial. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), o Brasil abriga a maior diversidade biológica entre os 17 países megadiversos que, juntos, detêm mais de 70% da biodiversidade.

A enorme biodiversidade encontrada no Brasil foi estruturada ao longo de milhões de anos, como resultado de processos geológicos, climáticos e evolutivos. A longa e complexa história dessa biodiversidade produziu paisagens complexas em múltiplas escalas geográficas, gerando ambientes diferentes e alterando as conexões geográficas e genéticas entre os organismos. A biota altamente diversa, resultante desses processos, levou a uma ampla gama de interações ecológicas, acelerando ainda mais a diversificação da biota.

Da mesma forma, os biomas e ecossistemas que encontramos no Brasil, atualmente, se formaram ao longo de milhões de anos e seu funcionamento depende da manutenção de sua estrutura e das interações entre milhares de organismos que os compõem. Apesar de nem todas as espécies apresentarem a mesma importância para o funcionamento dos ecossistemas, com espécies mais abundantes sendo responsáveis pela maior parte dos serviços ecossistêmicos (FAUSET *et al.*, 2015), todas as espécies são vitais para seu funcionamento. De fato, muitas espécies raras são responsáveis por funções extremamente vulneráveis dos ecossistemas (MOUILLOT *et al.*, 2013) e sua extinção pode levar ecossistemas ao colapso. Apesar dos avanços nas pesquisas para

1 Mais informações podem ser obtidas no site: https://news.mongabay.com/.

conhecimento da biodiversidade brasileira, ainda há muitas lacunas sobre a estrutura e composição dos ecossistemas e a maneira adequada de manejá-los, visando sua preservação.

Um País megadiverso como o Brasil, com taxas tão altas de biodiversidade e endemismo, também tem grande responsabilidade de preservar sua rica biota e seus ecossistemas. De fato, o patrimônio natural do País inclui dois *hotspots* de biodiversidade (Mata Atlântica e Cerrado), seis Reservas da Biosfera, reconhecidas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), 12 ecorregiões prioritárias, definidas pelo Global 200 (WWF, 2001), 11 sítios Ramsar[2], para a proteção de zonas úmidas, e quase 1.500 unidades de conservação. Como estabelecido pelo *United Nations World Summit on Sustainable Development* (2002), é nosso dever manter a biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos, desenvolver fontes de energia renováveis e melhorar a segurança alimentar e a saúde pública. Este capítulo traz um panorama das forças motrizes, pressões, estados, impactos e respostas sobre a biodiversidade brasileira.

ESPÉCIES E ECOSSISTEMAS

Alterações de comunidades e populações

Tráfico de animais silvestres

O tráfico de animais silvestres é uma das atividades ilegais mais disseminadas e lucrativas do mundo (LAWSON; VINES, 2014). O tráfico inclui caça, captura e comércio da vida selvagem, viva ou morta, para uso medicinal, esportes, como animal doméstico, para consumo humano, ornamental ou religioso (HANSEN *et al.*, 2012; BARBER-MEYER, 2010; PHELPS *et al.*, 2016). Nessa perspectiva, na qual a captura e o uso descontrolado da fauna silvestre têm se mantido por séculos, graves consequências ambientais são desencadeadas, como introdução de espécies exóticas, disseminação de doenças e interrupção dos processos ecossistêmicos e serviços ecológicos como polinização, dispersão das sementes, controle populacional de outros animais, e, em médio e longo prazos, extinção das espécies sobrexplotadas (DAI; ZHANG, 2017; NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Dos diversos fatores que fomentam o tráfico de fauna no Brasil, os aspectos socioeconômicos têm sido utilizados para explicar a captura ilegal e o intenso comércio da vida silvestre no País. Uma análise mais aprofundada da relação pobreza/consumo ilegal da vida silvestre revela que o conhecimento sobre o assunto é limitado, requerendo uma análise mais profunda sobre o que constitui, de fato, o comércio ilegal da vida silvestre e os fatores que motivam a caça ilegal, para que se possa encontrar possíveis soluções para tais problemas, em médio e longo prazos (DUFFY *et al.*, 2016). No Brasil, por exemplo, é sabido que a demanda pela vida silvestre apresenta alto viés cultural (LICARIÃO *et al.*, 2013; SOUTO *et al.*, 2017) e é difundida entre a população local, independentemente de fatores socioeconômicos (ALVES *et al.*, 2016; DESTRO *et al.*, 2019).

Estudos apontam que as aves são o grupo mais cobiçado pelos traficantes de animais silvestres no Brasil (DESTRO *et al.*, 2012). A manutenção de aves em cativeiro, especialmente as canoras, é uma atividade que se manteve por séculos, em diferentes classes sociais no País, tanto em regiões urbanas como rurais (ALVES *et al.*, 2013; KUHNEN

2 Lista de Ramsar ou Lista de Zonas Úmidas de Importância Internacional é um tratado internacional com o objetivo de promover a cooperação na conservação e no uso racional das zonas úmidas.

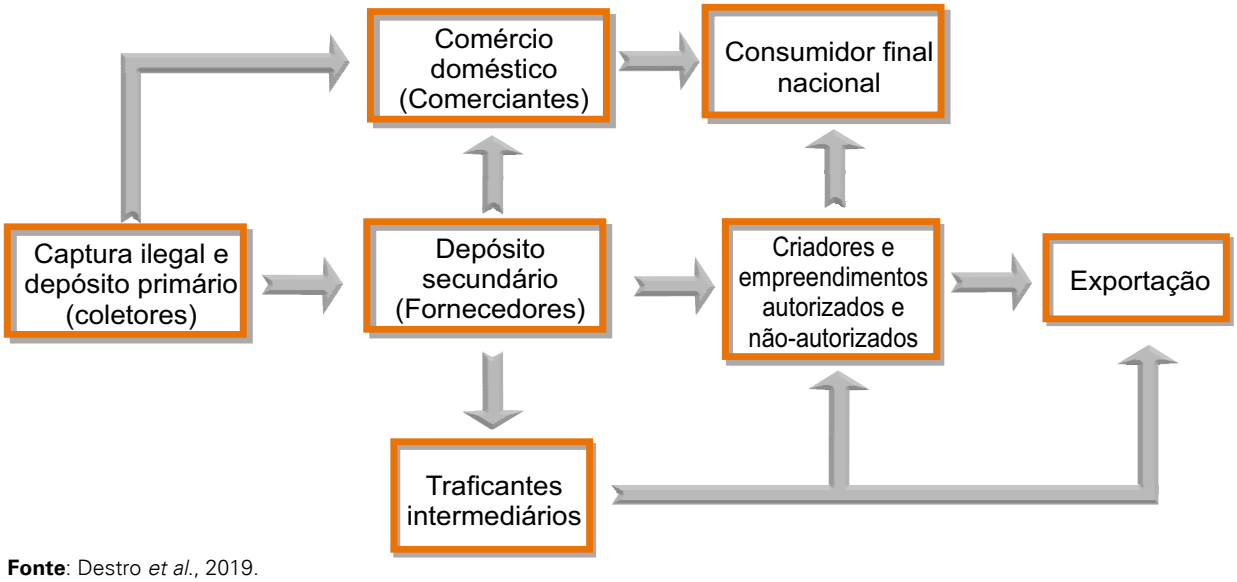


Fonte: Vinícius Mendonça/Ibama

et al., 2012; ALVES *et al.*, 2010). Embora a maioria das espécies de aves traficadas apresentem amplas distribuições geográficas (SICK, 1997) e sejam listadas como "Pouco Preocupantes" (DESTRO *et al.*, 2012), muitas apresentam sérias diminuições populacionais e outras já estão localmente extintas (FREITAS *et al.*, 2015; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012; GAMA; SASSI, 2008), especialmente por causa do tráfico de animais silvestres (MARINI; GARCIA, 2005; ALVES *et al.*, 2013).

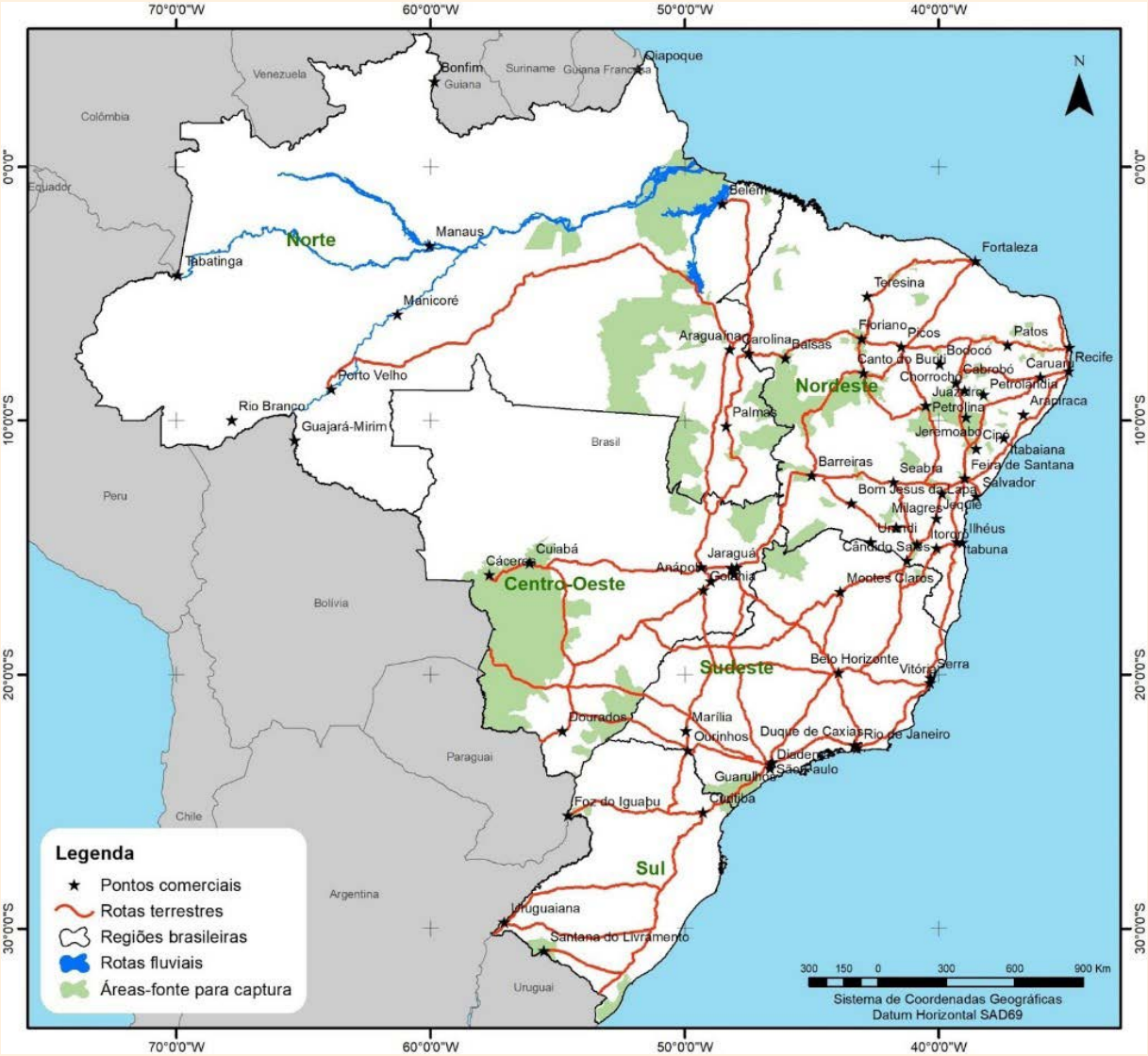
No ambiente rural, onde a cadeia de interações comerciais começa, coletores capturam os animais utilizando várias técnicas, entregando-os a comerciantes locais que os negociam em mercados e feiras públicas. Além disso, muitos animais são enviados a criadores ou empreendimentos autorizados e não autorizados, por traficantes intermediários (DESTRO *et al.*, 2012; KUHNEN *et al.*, 2012) que, inúmeras vezes, os comercializam pela internet (RATCHFORD *et al.*, 2013; SOUTO *et al.*, 2017). As complexas redes e rotas do tráfico de animais silvestres no País, desde a captura dos espécimes na natureza até seu destino, estão resumidas nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 – Rede do tráfico de animais silvestres no Brasil, da captura ao destino.



Fonte: Destro *et al.*, 2019.

Figura 3 – Principais rotas do tráfico de animais silvestres no Brasil.



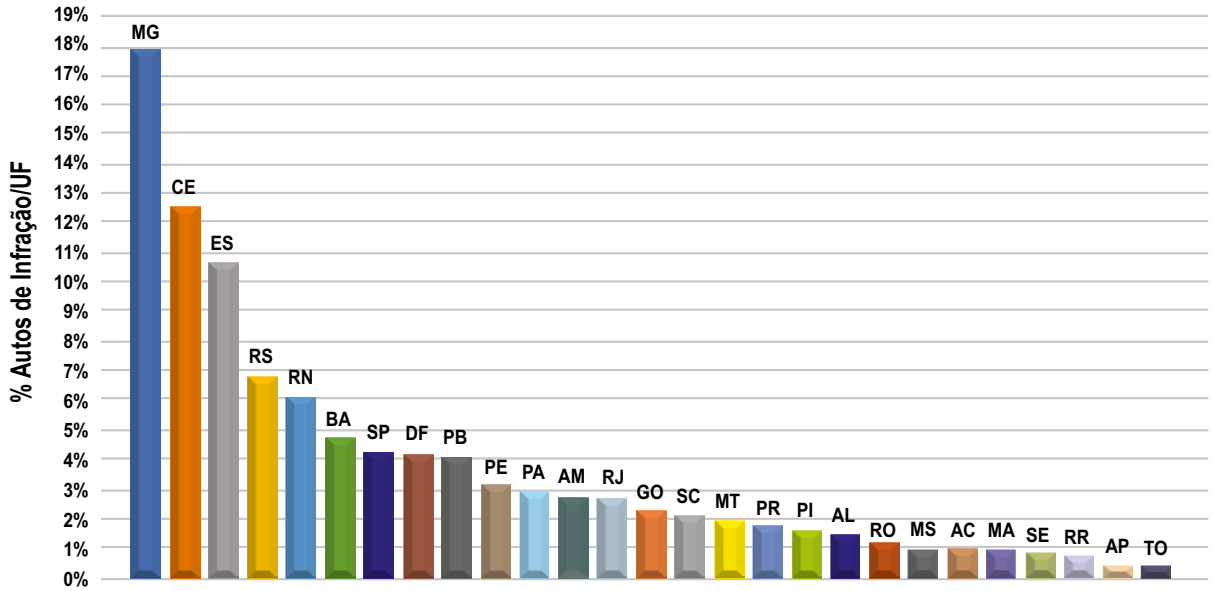
Fonte: Destro *et al.*, 2019.

Embora o comércio ilegal de animais silvestres se caracterize como atividade ilícita difusa (ALVES *et al.*, 2013), é possível inferir que: i) o mercado interno é o principal destino da fauna ilegalmente traficada no Brasil (DESTRO *et al.*, 2012); ii) a maioria dos espécimes ilegalmente comercializados provém das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (FERREIRA; GLOCK, 2004); iii) o maior quantitativo de animais ilegalmente capturados é enviado, por meio de rotas terrestres, às regiões Sul e Sudeste do Brasil, onde estão seus principais centros consumidores (FERREIRA; GLOCK, 2004; DESTRO *et al.*, 2012). Exceção é verificada nos estados amazônicos, onde os rios são a principal rota para o comércio ilegal e as aves apresentam baixa representatividade em relação ao quantitativo de vertebrados silvestres traficados e apreendidos (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Uma análise do percentual de autos de infração contra a fauna, lavrados pelo Ibama no período de 2010 a 2020, demonstra que Minas Gerais, grande centro consumidor, destaca-se como o estado que mais aplicou multas, seguido do Ceará e Espírito Santo (Figura 4). Apesar de ser um dos principais polos consumidores da fauna traficada, o estado de São Paulo figura na sétima posição no quantitativo de autos de infrações lavrados pelo Ibama, em virtude da intensa atuação das forças policiais do estado e do órgão

estadual de meio ambiente, que compartilham a tarefa de fiscalização. Os estados do Rio Grande do Norte e Bahia, que historicamente promovem feiras para comércio de animais, destacam-se como quinto e sexto estados em número de autos de infração lavrados, respectivamente.

Figura 4 – Percentual de autos de infração lavrados pelo Ibama entre 2010 e 2020, por unidade da federação.



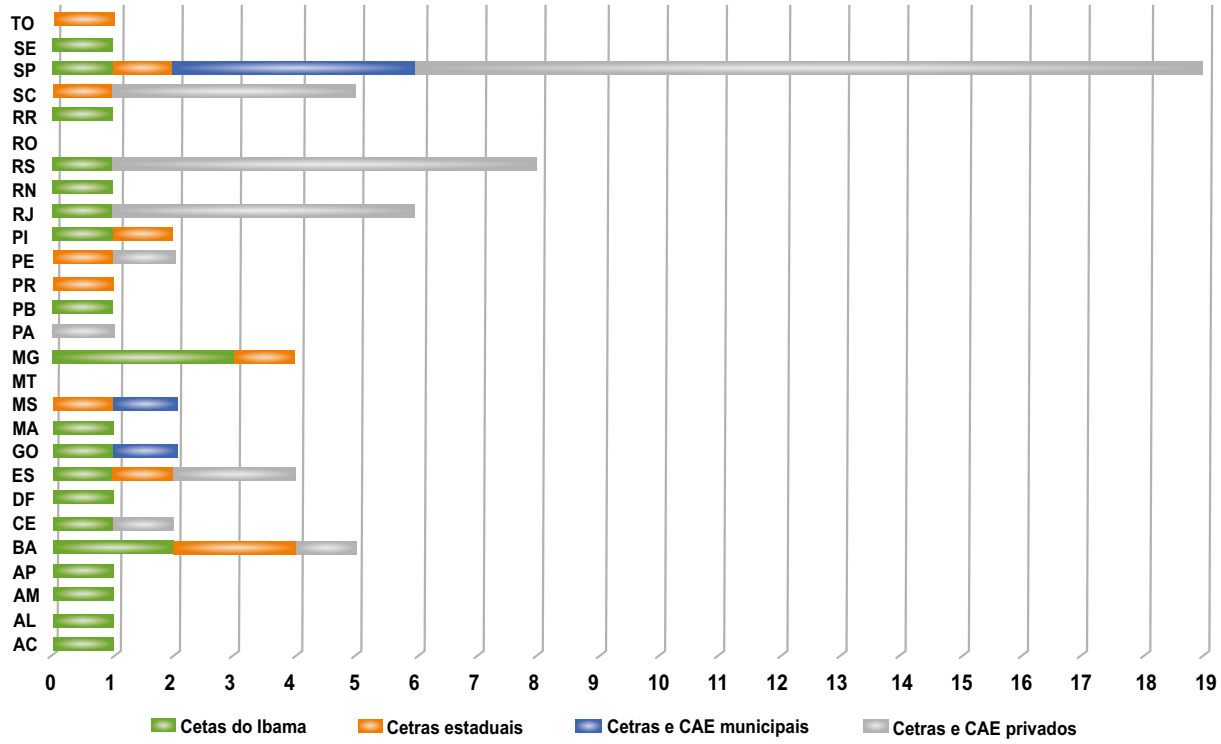
Fonte: Dados abertos do Ibama, 2021.

Apesar do tradicional transporte da fauna traficada por rodovias federais, seu "esquentamento" em criadouros autorizados e a venda de espécimes em feiras-livres, sabe-se que os traficantes têm buscado meios para aprimorar seu *modus operandi*, burlar os sistemas de fiscalização e atingir maior número de compradores. Nessa nova dinâmica, a internet se destaca (RATCHFORD *et al.*, 2013; SOUTO *et al.*, 2017), pois além de ser considerada tecnologia barata, apresenta alta permeabilidade e difícil rastreabilidade, tornando o controle e a fiscalização tarefas árduas e pouco efetivas (SILVA; BERNARD, 2016; ALVES *et al.*, 2013).

A fiscalização de ilícitos relacionados à fauna passou a ser de competência compartilhada entre a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios, a partir da Lei Complementar n.º 140/2011. Com uma gestão difusa, as forças repressoras ganharam novos atores e um novo alcance, refletindo diretamente na forma como o ilícito é combatido. A falta de um sistema de informações único, que abrigue todos os dados sobre o combate do tráfico de fauna produzido pelas diferentes forças policiais e secretarias estaduais de meio ambiente, impede estimativas do número de animais anualmente apreendidos no Brasil, a elaboração de listas com as espécies mais cobiçadas e a identificação das regiões com ilícitos mais frequentes.

Nesse contexto, os Centros de Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres (Cetas) ganham mais importância, pois possuem informações estratégicas sobre a movimentação de fauna ilegal no País, com tendência e características do tráfico de animais silvestres fundamentais para estruturar ações de repressão e combate. Existem no Brasil 6 Centros de Atendimento Emergencial (CAE) e 69 Cetas, sendo que destes, 23 são geridos pelo Ibama (Figura 5). Esses Centros são responsáveis pelo recebimento, identificação, marcação, triagem, avaliação, recuperação, reabilitação e destino de espécimes da fauna silvestre.

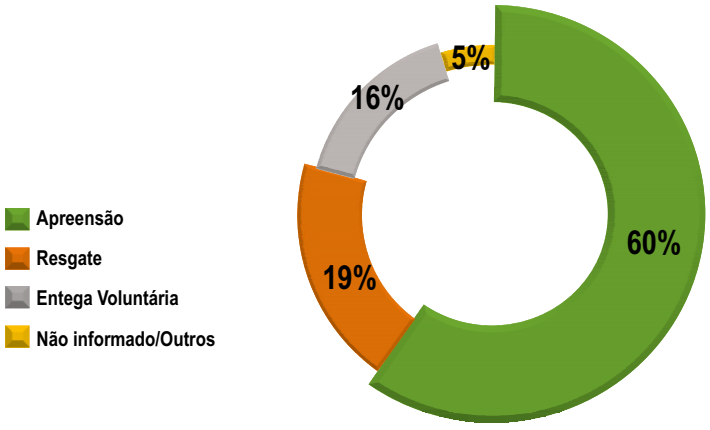
Figura 5 – Cetas, Cetras e CAE no Brasil em 2021.



Fonte: Ibama, 2020.

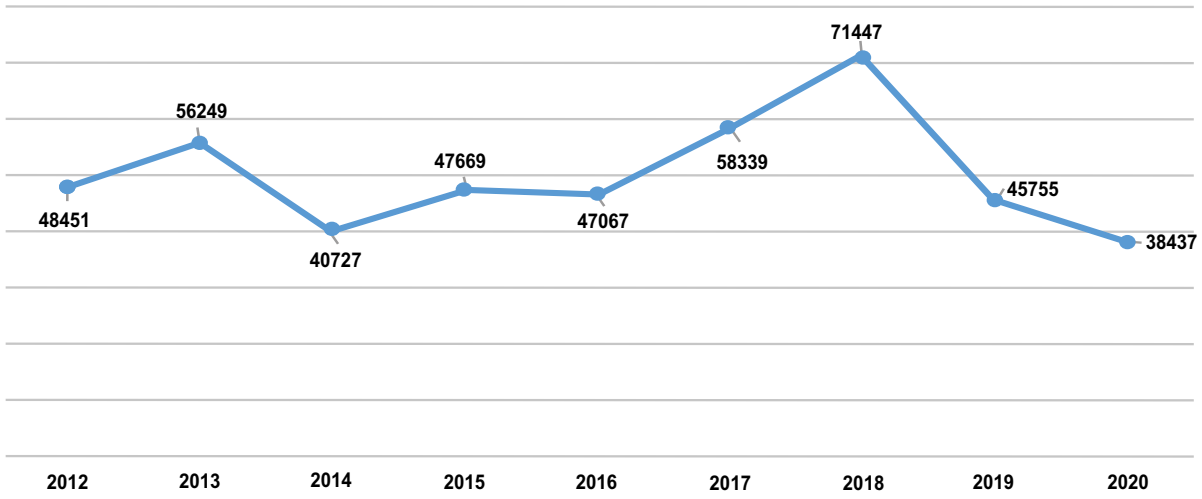
Considerando os dados de recebimento de animais silvestres contabilizados entre 2012 e 2020 (Figuras 6 e 7), nota-se contínuo aumento no quantitativo de animais recebidos pelos Cetas do Ibama, a partir de 2014. Em média, são 50 mil animais/ano, sendo 60% provenientes de apreensões do Ibama, polícia ambiental, federal, rodoviária federal e outros órgãos de fiscalização do Sisnama. Em 2019, essa tendência de alta se inverteu, com queda ainda maior em 2020, em função da pandemia. De fato, o estado de pandemia que assolou todo o mundo também prejudicou o trabalho dos Cetas que, em grande parte, permaneceram parcialmente fechados ao longo de 2020, dificultando, além do recebimento de animais, a compilação dos dados e a elaboração dos relatórios referentes a 2019.

Figura 6 – Tipos de recebimento de animais silvestres nos Cetas do Ibama entre 2012 e 2020.



Fonte: Ibama, 2021.

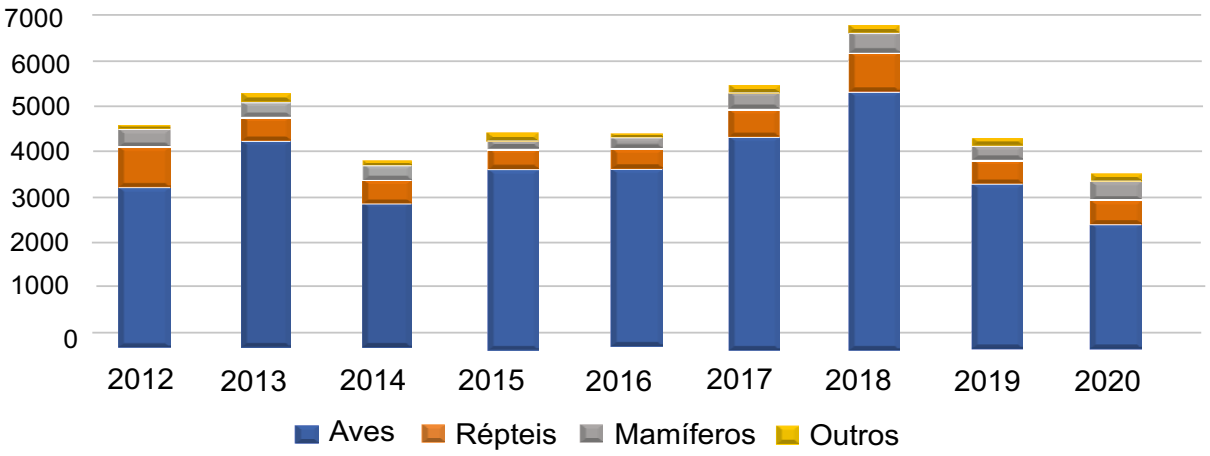
Figura 7 – Total de animais recebidos nos Cetas do Ibama entre 2012 e 2020.



Fonte: Ibama, 2021.

Em relação aos grupos mais recebidos nos Cetas do Ibama, observa-se, pela Figura 8, que o táxon prevalecente é o de aves, seguido pelos répteis e mamíferos, resultados estes que permanecem em estrita consonância com os dados históricos de apreensão de animais silvestres realizados pelo Ibama e forças policiais (DESTRO *et al.*, 2012).

Figura 8 – Principais grupos de animais recebidos nos Cetas do Ibama entre 2012 e 2020.

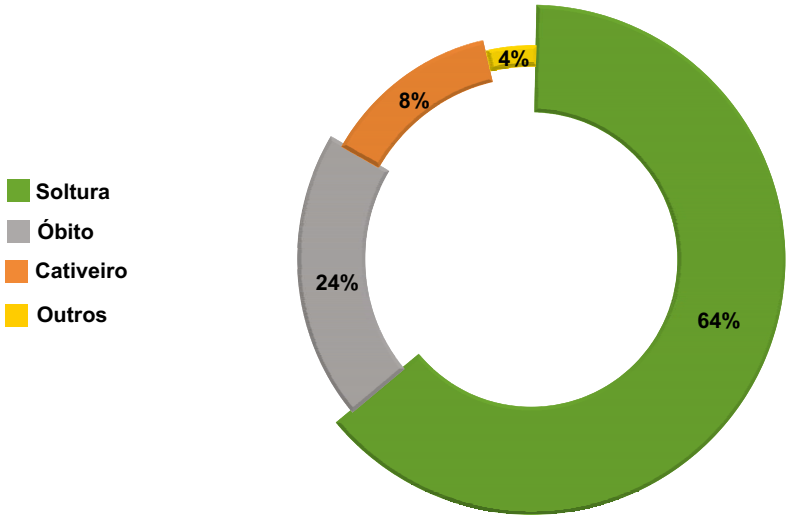


Fonte: Ibama, 2021.

De modo geral, os Cetas nas regiões Sudeste e Sul são os que mais recebem animais no período amostrado, por serem os maiores mercados consumidores da fauna traficada vinda do restante do País (DESTRO *et al.*, 2012). Deve-se ressaltar que grande parte dos animais apreendidos nas áreas de ocorrência natural da espécie, muitas vezes, não é destinada aos Cetas, sendo imediatamente soltos ainda durante os procedimentos fiscalizatórios, devido ao seu estado asselvajado e por apresentarem boas condições de saúde.

Os animais que adentram os Cetas do Ibama passam por um processo de triagem, que envolve avaliação técnica com diferentes períodos de duração, adaptação ou reabilitação, buscando, sempre que possível, o retorno do indivíduo ao seu habitat. Devido ao estado debilitado e de maus-tratos que chegam, muitos não resistem e morrem. Mas grande parte consegue retornar à natureza após o trabalho de reabilitação, atingindo uma taxa média anual de mortalidade de 24% (Figura 9).

Figura 9 – Porcentagem de animais destinados pelos Cetas do Ibama entre 2012 e 2020.



Fonte: Ibama, 2021.

O tráfico de animais silvestres, por seu dinamismo e abrangência, exige dos entes governamentais papel forte e incisivo. Nessa perspectiva, é notória a necessidade de implantar um planejamento estratégico de multiagências, incluindo o terceiro setor, bem como um reforço nas ações de inteligência, construção de bases de dados integradas e ampliação da capilaridade dos Cetas. Essas são medidas complexas e de longo prazo, mas talvez decisivas para que o Governo brasileiro não falhe na missão primordial de proteção e conservação da biodiversidade nacional, ameaçada pelo tráfico.

Espécies exóticas invasoras

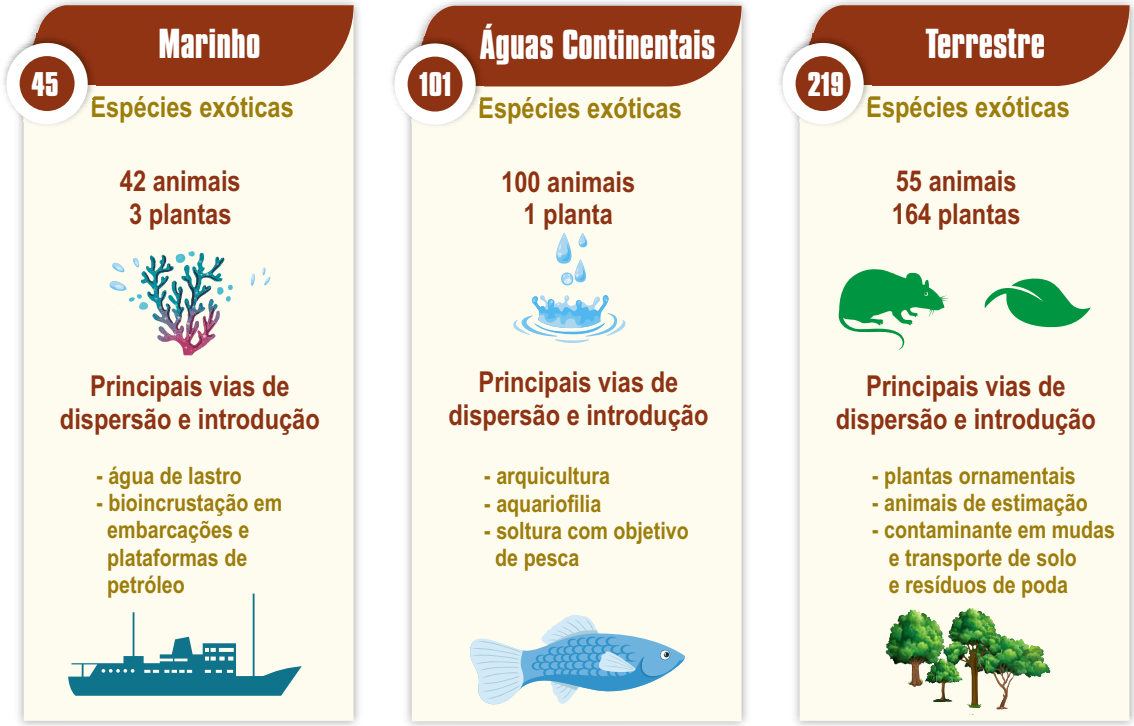
Espécies exóticas invasoras são consideradas uma das principais causas da perda de biodiversidade em escala global, sendo a segunda causa de extinção de animais cujos motivadores puderam ser identificados (BELLARD *et al.*, 2016) e um dos maiores responsáveis pela perda dos serviços ecossistêmicos (PEJCHAR; MOONEY, 2009). De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), espécies exóticas invasoras são organismos que, introduzidos fora da sua área de distribuição natural, ameaçam ecossistemas, habitats ou outras espécies. De modo geral, possuem elevado potencial de dispersão, colonização e dominação dos ambientes invadidos, criando, por consequência, pressões sobre as espécies nativas e, por vezes, sua própria eliminação (MMA, 2006).

Além de gerar enormes custos para a agricultura, setor florestal, aquicultura e outros empreendimentos comerciais, as espécies exóticas invasoras têm ocasionado inúmeros problemas ecológicos como a disseminação de patógenos, perda genética por hibridização e introgressão, competição interespecífica e extinção de espécies, além de inúmeros impactos

em processos ecossistêmicos. Identificar o potencial de invasão de uma espécie, antes mesmo da sua introdução, e analisar as implicações de um possível escape/liberação na natureza, é essencial para a prevenção da invasão de espécies (ROSA *et al*., 2018; KOLAR; LODGE, 2001).

Em análise preliminar coordenada pelo Departamento de Conservação e Manejo de Espécies (DESP) do MMA (2019), foram identificadas 365 espécies exóticas com potencial invasor no Brasil, das quais 54% são espécies da fauna. Na Figura 10 pode-se observar o número de espécies exóticas por ambiente (marinho, águas continentais e terrestre), com destaque para as principais vias de dispersão e introdução de espécies exóticas.

Figura 10 - Espécies exóticas com potencial invasor no Brasil.



Fonte: Adaptado de DESP/MMA, 2019.

No que se refere à fauna, das espécies exóticas invasoras mais conhecidas no Brasil estão o javali (*Sus scrofa*), o coral-sol (*Tubastraea* spp.), o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), o sagui (*Callithrix* spp.) e o caracol-gigante-africano (*Achatina fulica*) (CONABIO, 2018).

Recentemente, maior atenção foi dada ao peixe-leão (*Pterois* spp.), espécie do Indo-Pacífico que foi registrada pela primeira vez no Oceano Atlântico, na década de 1980, e atualmente tem aumentado seus registros em águas brasileiras, já sendo encontrada no litoral Norte, Nordeste e Sudeste. Nessas regiões, já se vislumbra uma possível invasão em curso, cujos impactos sobre a biodiversidade podem ser muito relevantes (LUIZ *et al*., 2021).

Especificamente em relação à biodiversidade aquática, a aquicultura nacional tem sido historicamente alavancada por espécies exóticas, com destaque para: (i) tilápia na piscicultura (*Oreochromis niloticos*); (ii) camarão-marinho na carcinicultura (*Litopenaeus vannamei*); (iii) ostra-do-pacífico na malacocultura (*Crassostrea gigas*); (iv) macroalga (*Kappaphycus alvarezii*) da região tropical do Indo-Pacífico na maricultura.

Diversos fatores explicam o uso de espécies exóticas em detrimento de espécies nativas, nos processos produtivos, destacando seu desempenho zootécnico e aceitação pelo mercado consumidor. Contudo, considerando que o Brasil possui uma das mais extensas redes hídricas do planeta e uma riquíssima biodiversidade aquática, especialmente a ictiofauna, a aquicultura nacional pode despontar como uma nova potência em escala global, se bem conduzida.

Biodiversidade em números

Plantas, algas e fungos

O Brasil apresenta a maior riqueza de espécies de plantas terrestres do planeta (FORZZA *et al.*, 2012). No entanto, até cerca de uma década atrás, a *Flora Brasiliensis* (MARTIUS *et al.*, 1840;1906) permaneceu como o documento mais importante da flora brasileira. Essa obra mostra 19.958 espécies de plantas, algas e fungos do País, além de diversas outras espécies de países vizinhos (VON MARTIUS, 1833; URBAN, 1906). Diversas espécies foram descritas desde então, mas nenhum tratamento compreensivo da flora do Brasil foi preparado até 2010 (Tabela 1), quando foi lançada a primeira versão *on-line* da "Lista de Espécies da Flora do Brasil" e publicado o "Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil" (FORZZA *et al.*, 2010). Nessa obra, estão listadas 40.989 espécies para o País, sendo 3.608 fungos, 3.496 algas, 1.521 briófitas, 1.176 samambaias e licófitas, 26 gimnospermas e 31.162 angiospermas.

Tabela 1 – Número de espécies de plantas, algas e fungos do Brasil.

Grupo	Total de espécies 2010*	Total de espécies endêmicas 2010	Total de espécies 2020**	Total de espécies nativas 2020	Total de espécies endêmicas 2020
Algas	3.496	-	4.993	4.972	-
Fungos	3.608	-	6.320	6.320	-
Briófitas	1.521	275	1.610	1.584	356
Samambaias e Licófitas	1.176	450	1.403	1.380	527
Gimnospermas	26	2	114	23	3
Angiospermas	31.162	17,630	35.549	32.696	18.783
Total	**40,989**	**18,357**	**49,989**	**46,975**	**19,669**

OBS.: * Incluindo naturalizadas; ** incluindo cultivadas e naturalizadas.

Fonte: Forzza, org., *et al.*, 2010, e *Brazil Flora Group*; BFG, 2021.

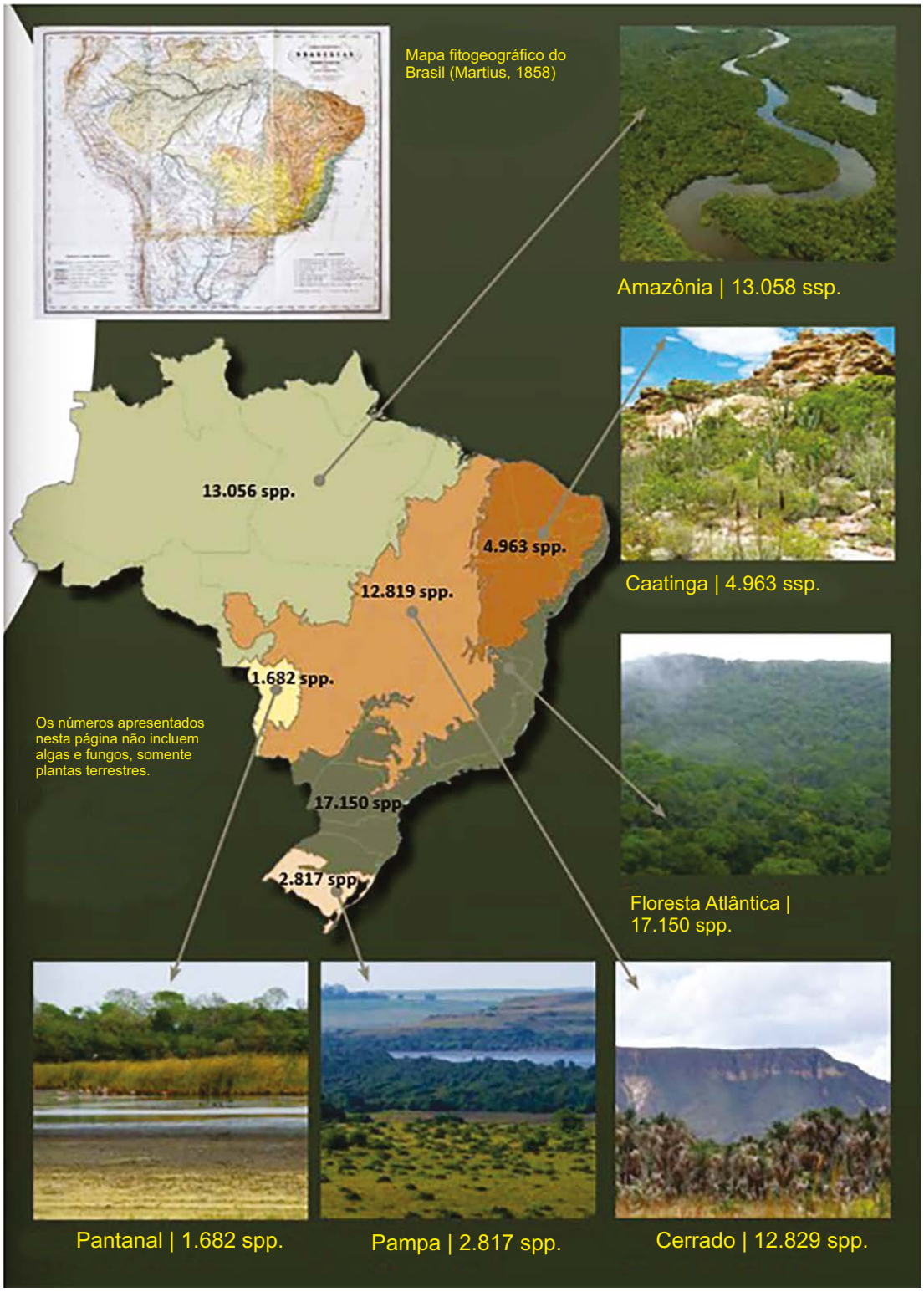
Em 2015, o projeto "Lista de Espécies da Flora do Brasil" foi encerrado e um novo projeto intitulado "Flora do Brasil 2020" foi lançado para atender à Meta 1 da Estratégia Global para a Conservação de Plantas (GSPC), para 2020. Em dezembro de 2020, foram concluídas as monografias de 3.024 gêneros e 375 famílias (classes ou ordens) de plantas, fungos e algas do Brasil. Todas as espécies de briófitas (111 famílias, 1.071 gêneros e 1.584 espécies), samambaias e licófitas (40 famílias, 156 gêneros e 1.380 espécies) e gimnospermas (5 famílias, 7 gêneros e 23 espécies) foram monografadas. Para as angiospermas, 90% das famílias (232) e 92% dos gêneros (2.723) foram tratados. Apesar desses dados representarem um avanço substancial ao conhecimento, o estudo das algas e fungos ainda demanda um número significativo de taxonomistas e a tarefa de monografar esses grupos deve prosseguir pelos próximos anos (BFG, 2021).

Até o momento, foram catalogadas 46.975 espécies de plantas, algas e fungos nativos do Brasil. Destas, 19.669 espécies de plantas terrestres são endêmicas, representando 356 espécies de briófitas, 527 espécies de samambaias e licófitas, três espécies de gimnospermas e 18.783 espécies de angiospermas (BFG, 2021) (Tabela 1). As dez famílias mais ricas em número de espécies de angiospermas no Brasil são: Fabaceae (3.033 spp.), Orchidaceae (2.692 spp.), Asteraceae (2.205 spp.), Poaceae (1.551 spp.), Melastomataceae (1.436 spp.), Rubiaceae (1.415 spp.), Bromeliaceae (1.379 spp.), Myrtaceae (1.193 spp.), Euphorbiaceae (973 spp.) e Malvaceae (840 spp.).

Para as angiospermas e gimnospermas, os estados com maior número de espécies documentadas são Minas Gerais (11.432 spp.) e Bahia (9.310 spp.). Para as briófitas, os estados com maior número de espécies são São Paulo (893 spp.), Rio de Janeiro (857 spp.) e Minas Gerais (785 spp.). Para samambaias e licófitas, Minas Gerais (728 spp.), Rio de Janeiro (647 spp.) e São Paulo (635 spp.) são os estados com maior número de espécies documentadas. Para fungos, São Paulo abriga a maior diversidade conhecida (1.900 spp.), seguido de Pernambuco (1.651 spp.) e Rio Grande do Sul (1.461 spp.). Esses três estados também abrigam o maior número de micólogos. A alta diversidade encontrada nesses estados, provavelmente, não reflete maior riqueza de fato, mas maior esforço amostral.

Quando consideramos a diversidade de plantas terrestres por biomas brasileiros (Figura 11 e Tabela 2), a Mata Atlântica emerge como o bioma com maior diversidade de briófitas (1.316 spp.), samambaias e licófitas (926 spp.) e angiospermas (14.905 spp.), enquanto a Amazônia (16 spp.) abriga a maior diversidade de gimnospermas. O Cerrado é o segundo bioma com maior diversidade de angiospermas (12.025 spp.) e gimnospermas (7 spp.), enquanto a Amazônia é o segundo bioma com maior diversidade de briófitas (568 spp.) e de samambaias mais licófitas (569 spp.). No entanto, está claro que a amostragem é muito desigual nos diversos biomas brasileiros (NARVÁEZ-GOMES *et al.*, 2021), com a Mata Atlântica e o Cerrado representando os biomas mais bem amostrados (ANTONELLI *et al.*, 2020; STOPP *et al.*, 2020). A Amazônia é o bioma com maior déficit de amostragem e representa a região com menor densidade de coleta no País (HOPKINS, 2007; NARVÁEZ-GOMES *et al.*, 2021). De fato, quase metade de sua extensão é subamostrada (COSTA *et al.*, 2020; STROPP *et al.*, 2020; GOMES-DA-SILVA; FORZZA, 2021) e muitas espécies que ocorrem nesse bioma nunca foram coletadas e muito menos estudadas, indicando grande necessidade de maiores esforços de coleta na região.

Figura 11 – Número de espécies catalogadas nos biomas brasileiros.



Fonte: BFG, 2021.

Tabela 2 – Número de espécies de plantas terrestres por bioma.

	Amazônia	Floresta Atlântica	Caatinga	Cerrado	Pampa	Pantanal
Briófitas	568	1.316	125	483	120	176
Samambaias e Licófitas	569	926	55	314	116	62
Gimnospermas	16	3	2	7	3	1
Angiospermas	11.903	14.905	4.781	12.025	2.578	1.470
Total	**13.056**	**17.150**	**4.963**	**12.829**	**2.817**	**1.682**

Fonte: Flora do Brasil, 2020. Disponível em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/. Acesso em: nov. 2021.

Levantamento recente indica que entre 2015 e 2020, cerca de 1.500 espécies de plantas terrestres, 180 de algas e 420 de fungos nativos, do território brasileiro, foram descritos (BFG, 2021). Em 2019, o Brasil foi o País que teve o maior número de espécies novas de plantas descritas (CHEEK *et al.*, 2020) (Tabela 3), indicando que a alta biodiversidade brasileira segue inexplorada.

Tabela 3 – Países que mais descreveram espécies novas de plantas e fungos, no mundo em 2019.

Plantas	Fungos
Brasil (216 spp.)	China (377 spp.)
China (195 spp.)	Tailândia (129 spp.)
Colômbia (121 spp.)	Estados Unidos (105 spp.)
Equador (91 spp.)	Austrália (96 spp.)
Austrália (86 spp.)	Brasil (85 spp.)
Vietnã (82 spp.)	Espanha (75 spp.)
Índia (80 spp.)	Itália (63 spp.)
México (72 spp.)	África do Sul (62 spp.)
Peru (68 spp.)	Índia (61 spp.)
Turquia (59 spp.)	Alemanha (47 spp.)

Fonte: Cheek *et al.*, 2020.

Fauna aquática e terrestre

Estimativa obtida a partir de informações disponíveis para os grupos taxonômicos mais conhecidos e catalogados, sugere que o País abriga cerca de 200.000 espécies de animais. Entre os grupos mais especiosos estão os besouros, com 26.800 espécies, as borboletas, com 26.016 espécies, as aranhas, com 3.203 espécies, os crustáceos, com 1.123 espécies, os moluscos, com 2.713 espécies, e os anelídeos, com 1.100 espécies (BRASIL, 2011). Aplicada a grandes grupos taxonômicos, essa proporção resulta em estimativas totais de espécies para o País, que variam entre 1.383.600 e 2.394.700. Essas estimativas podem ser ainda maiores, já que grandes grupos de organismos como insetos, bactérias, vírus, fungos e nematóides apresentam níveis elevados de incerteza. De fato, a diversidade ainda não conhecida para esses grupos pode superar em dez vezes, ou mais, a que conhecemos atualmente (LEWINSOHN; PRADO, 2005).

Ao todo, estima-se que ocorram mais de 9.000 espécies de vertebrados no Brasil, sendo 701 espécies de mamíferos (ICMBIO, 2018a), sendo conhecidas 51 espécies marinhas: 19 espécies de golfinhos, 24 de baleias, o peixe-boi marinho e sete pinípedes (lobos-marinhos, focas, leão-marinho e elefante-marinho), embora algumas sejam visitantes ocasionais do litoral brasileiro, inspiram preocupação quanto à conservação: baleia-franca (*Eubalaena australis*), baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), franciscana ou toninha (*Pontoporia blainvillei*) e o boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*). Das quatro espécies da ordem Sirenia existentes no mundo, duas ocorrem no Brasil e uma delas é marinha – o peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*), o mamífero aquático mais ameaçado, com populações residuais não contínuas, que habitam de Alagoas ao Amapá, e totalizam no máximo algumas centenas de indivíduos. Para os pinípedes, das sete espécies conhecidas para as águas, apenas três são relativamente comuns: o leão-marinho (*Otaria flavescens*), o lobo-marinho-do-sul (*Arctocephalus australis*) e o lobo-marinho-subantártico (*Arctocephalus tropicalis*). Foi observada a presença de um elefante-marinho-do-sul (*Mirounga leonina*) no Arquipélago de Fernando de Noronha, ponto considerado como o limite norte de ocorrência dos pinípedes (ROSSI-WONGTSCHOWSKI *et al.*, 2006).

Em relação à diversidade de aves, o País possui o registro de 1.919 espécies (Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos, 2021[3]). Segundo Rossi-Wongtschowski *et al.* (2006), foram registradas mais de 100 espécies associadas a sistemas costeiros e marinhos. Dessas espécies, algumas são residentes, outras migrantes, oriundas do Hemisfério Norte e de outras regiões mais ao sul do Brasil. Além da ocorrência e reprodução de espécies ameaçadas de extinção, como o guará (*Eudocimus ruber*), a região Norte constitui corredor de migração e invernada de Charadriiformes neárticos e é área de reprodução colonial de Ciconiiformes. As ilhas costeiras das regiões Sudeste e Sul são sítios de nidificação do trinta-réis (*Sterna* spp.), da pardela-de-asa-larga (*Puffinus lherminieri*), do tesourão (*Fregata magnificens*), do atobá (*Sula leucogaster*) e do gaivotão (*Larus dominicanus*).

O Brasil é o terceiro País mais rico do mundo em termos da fauna de répteis (BERNILS, 2010; VAN DIJK *et al.*, 2011). Das 795 espécies reconhecidas (COSTA; BÉRNILS, 2018), 36 são Testudines (cágados, jabutis e tartarugas, representando 13% da riqueza mundial), 6 Crocodylia (representando 25% da riqueza mundial) e 753 Squamata (divididos em 405 serpentes, 276 lagartos e 72 anfisbenas ou cobras-de-duas-cabeças) (COSTA; BÉRNILS, 2018). Das sete espécies de tartarugas marinhas conhecidas no mundo, cinco vivem nas águas brasileiras: tartaruga-cabeçuda ou tartaruga-amarela (*Caretta caretta*), tartaruga-verde (*Chelonia mydas*); tartaruga-gigante, tartaruga-negra ou tartatuga-de-couro (*Dermochelys coriacea*); tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) e a tartaruga-pequena (*Lepidochelys olivacea*). Essas espécies buscam praias do litoral e ilhas oceânicas para

3 Mais informações podem ser obtidas no *site:* http://www.cbro.org.br/. Acessado em dez 2021.



Fonte: Vinicius Mendonça/Ibama

a desova, abrigo, alimentação e crescimento. Pode-se afirmar a liderança também em riqueza de anfíbios, já que o País abriga 1.188 espécies (SEGALLA *et al.*, 2021), representando 13% das espécies descritas no mundo, a maioria com estágio obrigatório de sua vida em ambientes aquáticos continentais (SILVANO; SEGALLA, 2005).

Com cerca de 3.500 espécies de peixes descritas (ICMBIO, 2021), o País lidera em riqueza de peixes de água doce, possuindo aproximadamente 20% das espécies continentais do mundo (BUCKUP; MENEZES, 2003), a maioria pertencente às ordens Characiformes (dourados, lambaris, piranhas, pacus, tambaquis, traíras) e Siluriformes (bagres e cascudos). Buckup *et al.* (2007) registraram 2.587 espécies de peixes de água doce para o Brasil, no final de 2006. No entanto, mais de 913 novas espécies foram descritas nos últimos 15 anos, correspondendo a cerca de 65 novas espécies reconhecidas, por ano, uma adição de mais de 26% para esse componente da biodiversidade, nesse período. Estima-se que entre 30-40% da fauna de peixes neotropicais continentais ainda não tenham sido descritas (BÖHLKE *et al.*, 1978). Nesse contexto, um número mais realista para as águas nacionais pode ser de 5.000 espécies (REIS *et al.*, 2003). Apenas para a região amazônica são reconhecidas mais de 2.400 espécies de peixes (REIS *et al.*, 2016), o que representa quase 70% dos peixes de água doce conhecidos do Brasil. Em termos de peixes marinhos, são conhecidas mais de 1.400 espécies, cerca de 90 endêmicas, representadas, em sua grande maioria, por peixes ósseos (*Actinopterygii*), perfazendo cerca de 85% das espécies conhecidas, sendo que os peixes cartilaginosos, como tubarões e raias (*Elasmobranchii*), e quimeras (*Holocephali*), correspondem a aproximadamente 15%, tendo ainda alguns representantes (5 spp.) de peixes-bruxa (*Myxini*) (ICMBIO, 2018b). Essas espécies estão distribuídas em uma diversidade de ambientes, ocorrendo em áreas costeiras e estuários, sobre a plataforma continental, talude e águas profundas, dentro da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira.

O Brasil aparece como o País com maior diversidade de anfíbios e primatas, o 2º de mamíferos e o 3º de aves e répteis, apresentando alto grau de endemismo (ICMBIO, 2018a), ou seja, muitas espécies são restritas a território brasileiro. Apesar do grande número de espécies descritas no Brasil, muitas ainda são desconhecidas pela ciência, o que faz com que diversas novas espécies sejam descritas a cada ano, elevando expressivamente a estimativa de espécies novas.

Avaliação do estado de conservação da biodiversidade brasileira

O processo de avaliação do estado de conservação das espécies é a base para a definição da lista de espécies ameaçadas de extinção no Brasil e para uma avaliação do nível e natureza das ameaças. Com essa avaliação, é possível elaborar políticas públicas que visem à redução das ameaças e à conservação das espécies e seus habitats (BRASIL, 2014a). No Brasil, essa avaliação cabe ao MMA, a partir de duas autarquias federais: o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), para as espécies da flora brasileira, e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), para as espécies de vertebrados e alguns grupos de invertebrados selecionados (ICMBIO, 2013; ICMBIO, 2020; BRASIL, 2014b).

A metodologia do processo de avaliação das espécies da fauna segue a orientação do protocolo desenvolvido pela União Internacional para Conservação da Natureza (UICN), aplicado em diversos países (IUCN, 2019). Segundo os critérios propostos pela UICN, a determinação do risco de extinção de uma espécie é definida com base em dados sobre a distribuição geográfica, reprodução, população e características das espécies, em resposta às alterações do meio ambiente, incluindo impactos antrópicos.

No Brasil, o processo de avaliação nacional foi executado conforme diretrizes da Instrução Normativa do ICMBio n.° 34, de 2013, atualizadas pela Instrução Normativa ICMBio n.° 09, de 2020 (ICMBIO, 2020), com especial referência ao Sistema de Avaliação do Estado de Conservação da Biodiversidade do ICMBio (Salve).

O processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira, coordenado pelo ICMBio, teve seu primeiro ciclo iniciado em 2009 e foi finalizado em 2014. Foram avaliadas 12.254 espécies (8.922 vertebrados e 3.332 invertebrados), em 73 oficinas de trabalho, com a participação de mais de 1.270 especialistas da comunidade científica brasileira e estrangeira, provenientes de mais de 250 instituições (ICMBIO, 2018). O segundo ciclo do processo de avaliação foi iniciado em 2015, agregando a avaliação de novos grupos de invertebrados e de vertebrados recém-descritos, ou de espécies com registros inéditos para o Brasil, e a reavaliação de todas as espécies avaliadas no ciclo anterior, com o acréscimo das informações produzidas nos últimos anos (SOUZA *et al.*, 2018). Em 2020, mais de 8 mil espécies já tinham sido avaliadas, com a perspectiva de um total de 14 mil espécies com seu risco de extinção avaliado no final desse novo ciclo.

Espécieis ameaçadas

Espécies da flora ameaçadas

As atuais extinções documentadas vêm sendo causadas principalmente pela ação humana. Embora extinção seja um processo natural, e cerca de 99% das espécies que evoluíram na Terra terem sido extintas (NOVACEK, 2001), o crescimento da população e sua expoente demanda por recursos naturais aceleraram a extinção a taxas de 100 a 1.000 vezes superiores à taxa normal de extinção (*background rate*), observada ao longo da história geológica da Terra (CEBALLOS *et al.*, 2015). Essas taxas de perda de biodiversidade, sem precedentes, levaram cientistas a declarar a sexta era de extinção em massa (BARNOSKY *et al.*, 2011; BUTCHART *et al.*, 2010).

Plantas, como alicerces da maioria dos ecossistemas terrestres, não fogem a essa tendência (BRUMMITT *et al.*, 2015), mas, muitas vezes, recebem menos atenção do que outros grupos biológicos, como grande parte dos vertebrados. Entretanto, em 1992, relatório publicado pelo *World Conservation Monitoring Centre* (WCMC) coligiu estimativas relacionadas ao número de espécies de plantas que se esperava que estivessem extintas até 2015, com números variando de 27.370 (MYERS, 1988) a algo entre 7.820 e 31.280 espécies extintas (REID, 1992; WILSON, 1988). Em contraste, até 2016, a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da UICN, doravante a Lista Vermelha da UICN, indicava somente 139 de quase 21.000 espécies avaliadas como Extintas (EX) ou Extintas na

Natureza (EW), proporção que, atualmente, se mantém ainda muito abaixo do prospectado (a UICN reconhece, em 2021, somente 164 espécies da flora como EX ou EW[4]).

Essa discrepância surpreendente pode ser atribuída tanto a causas ecológicas como práticas. A hipótese de extinção latente, atribuída à defasagem temporal entre extinção ecológica e a completa extirpação, combinada com um potencial longo tempo de relaxamento (DIAMOND, 1972), para grande número de espécies de plantas, reforça a possibilidade de débito de extinção (TILMAN, 1994) entre 20.000 e 30.000 espécies destinadas a se extinguir nos próximos 100 anos (CRONK, 2016). Além de fatores ecológicos, há de se levar em conta a dificuldade que temos em provar a extinção definitiva de espécies da flora, o que pode ser ilustrado pelo grande número de redescobertas realizadas recentemente, na mesma proporção do número estimado de extinções modernas (HUMPHREYS *et al.*, 2019).

Atualmente, as estimativas mais robustas indicam que cerca de 40% da diversidade da flora global, ou seja, 2 em 5 espécies, encontram-se sob risco iminente de extinção (NIC LUGHADHA *et al.*, 2020), e que ao menos 600 espécies de plantas foram extintas desde Lineu (HUMPHREYS *et al.*, 2019). Tal proporção é também explicada quando analisamos os números atuais de espécies ameaçadas listadas pela UICN. Das mais de 50 mil espécies de plantas avaliadas, cerca de 40% estão ameaçadas de extinção (IUCN, 2021).

Destruição de habitat é considerado o principal fator de ameaça e perda da biodiversidade (CHASE *et al.*, 2020). Já na década de 1970, Prance (1977) afirmava que a diversidade nos trópicos se reduz drasticamente diante das circunstâncias prevalentes, e antes de ser feito um inventário básico e, muito menos, estudos biológicos mais aprofundados e modernos. Dessa maneira, perdemos um número significativo da flora nacional, sem realmente conhecê-la em sua totalidade. Isso ainda sem considerar o impacto projetado potencialmente, exercido pelas mudanças climáticas atualmente verificadas, que, possivelmente, irão alterar as áreas de ocorrência de inúmeras espécies da flora no futuro (GOMES *et al.*, 2019; WARREN *et al.*, 2018), o que, para muitas, pode representar a extinção.

A magnitude emergente da crise de extinção no Antropoceno é inspiração para um grande esforço em avaliar e monitorar o risco de extinção de espécies em todo o mundo (MILLER *et al.*, 2007). Listas vermelhas globais, regionais, nacionais e locais de espécies ameaçadas proliferaram nas últimas quatro décadas (BURTON, 2003). No Brasil, a maior parte dos esforços para a conservação de espécies ameaçadas é direcionada para a inclusão de espécies na Lista Oficial de Espécies Ameaçadas da Flora Brasileira (reconhecidas periodicamente pelos atos normativos federais: Portaria Ibama n.° 37-N/1992; Instrução Normativa MMA n.° 6/2008; Portaria MMA n.° 443/2014).

Listas de espécies ameaçadas têm sido amplamente utilizadas para diversas ações, incluindo: (i) informar e influenciar políticas e a legislação de conservação (nacional e internacional); (ii) estimular a pesquisa e o monitoramento; (iii) estabelecer programas para espécies e/ou habitats; (iv) monitorar o estado da biodiversidade e o estado do ambiente; (v) regular o desenvolvimento e a exploração de recursos naturais; (vi) direcionar áreas geográficas para o planejamento da conservação; (vii) aumentar a consciência pública sobre os impactos humanos na biodiversidade; (viii) auxiliar na definição de prioridades para a alocação de recursos de conservação (MILLER *et a*l., 2007).

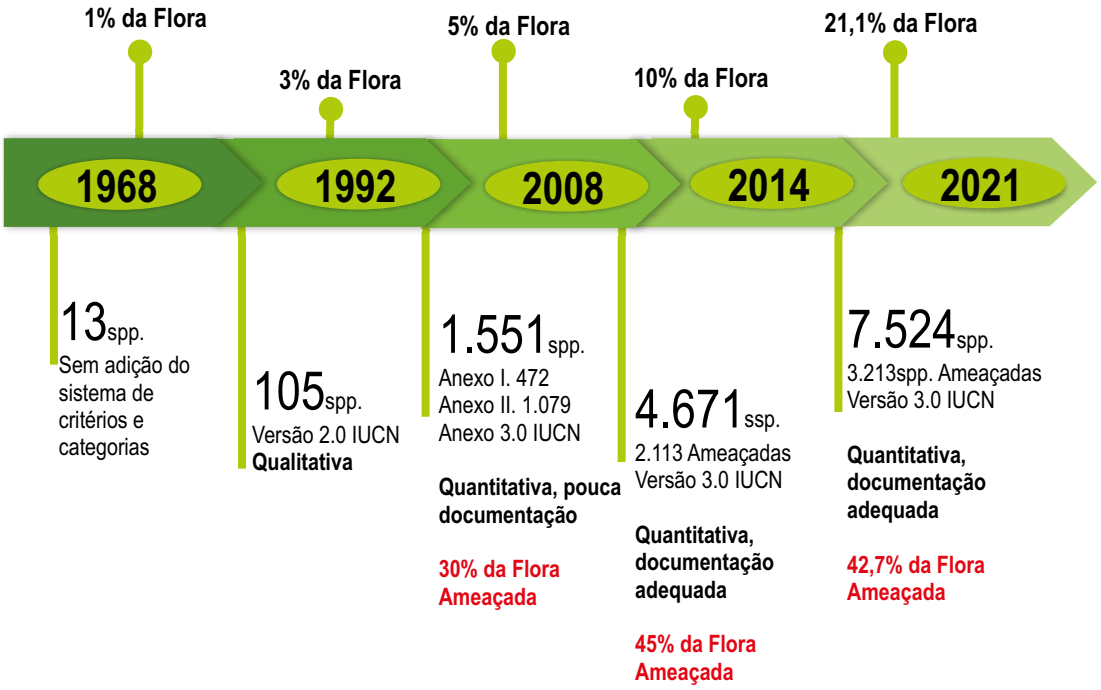
A GSPC, visa implementar e adotar metas a serem seguidas pelos países signatários da CDB, da ONU, direcionando os esforços para a conservação. Das metas propostas, o segundo intento propõe avaliar o estado de conservação de todas as espécies de plantas conhecidas,

4. Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.iucnredlist.org/search/stats?searchType=species.

na medida do possível, para orientar ações de conservação. Assim, a avaliação completa de todas as espécies de plantas conhecidas, com um padrão internacional consistente, é o objetivo de longo prazo, para facilitar a ação de conservação.

O Brasil possui um longo histórico em produção de Listas Vermelhas (Figura 12), publicadas de maneira esparsa e adotando, em muitas ocasiões, diferentes sistemas de classificação. Tais listas vêm sendo publicadas desde 1968. Atualmente, as avaliações de risco de extinção da flora brasileira são realizadas a partir de critérios objetivos, quantificados a partir da melhor informação disponível, cientificamente validada, e diretamente relacionadas à distribuição geográfica, tamanho e dinâmica populacional, extensão e qualidade de habitat e as respectivas respostas desses parâmetros, diante dos vetores de pressão prevalentes (IUCN, 2021). Essas métricas estão estritamente relacionadas à teoria da extinção e correspondem aos melhores parâmetros adotados internacionalmente, para detectar, de forma precisa, o risco de extinção associado à biodiversidade (PURVIS *et al.*, 2000).

Figura 12 – Histórico de publicação de listas vermelhas nacionais.



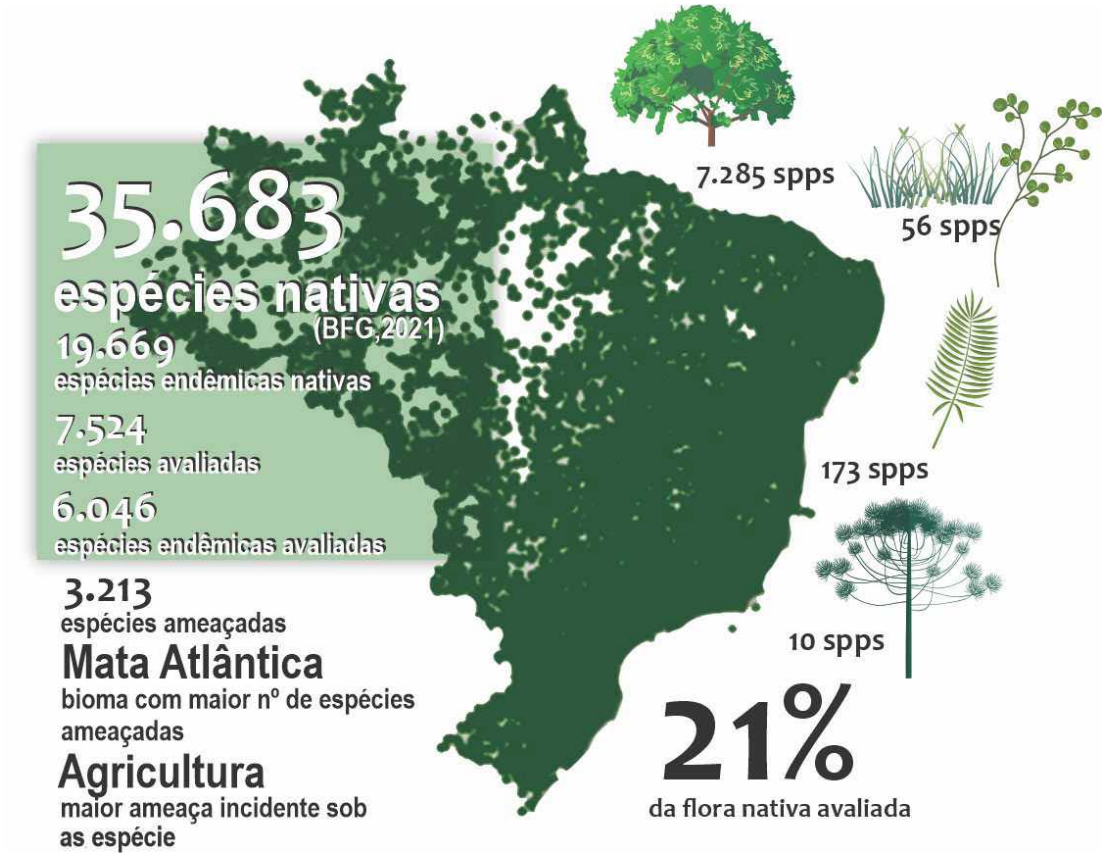
OBS.: O sistema de critérios e categorias utilizado é a proporção de espécies avaliadas em relação à riqueza total assinalada para o Brasil, no momento da publicação, e a proporção de espécies ameaçadas identificadas entre as espécies avaliadas.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Atualmente, o número de avaliações de espécies realizadas pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora) do JBRJ, corresponde a 9.108, incluindo 438 reavaliações e desconsiderando a validade taxonômica atual das espécies submetidas ao processo, ou seja, o total de nomes válidos, na ocasião de sua submissão, a procedimentos de avaliação de risco de extinção (Figura 13). Esse valor corresponde ao total acumulado de espécies que foram avaliadas e reavaliadas em toda a trajetória de atuação do Centro, estabelecido em 2008. Os valores de espécies avaliadas atualmente, válidas taxonomicamente, assim como os números de categorias atribuídas, podem ser visualizados a seguir.

Encontram-se avaliadas 7.524 espécies da flora terrestre brasileira, cujas hipóteses taxonômicas são consideradas válidas pela Flora do Brasil (2020) e correspondem a grupos de plantas conhecidos como briófitas, samambaias, licófitas, gimnospermas e angiospermas (Figura 13 e Tabela 4). O resultado de espécies avaliadas atualmente, segundo os últimos tratamentos apresentados pela Flora do Brasil (2020), equivale a cerca de 21% da flora listada (BFG, 2021).

Figura 13 – Panorama geral da avaliação de risco de extinção da flora do Brasil.



Fonte: JBRJ, 2021 (Figuras adaptadas).

Tabela 4 – Número de espécies, por categoria da IUCN, classificadas por endêmicas ou não endêmicas, conforme a base de dados da Flora do Brasil, 2020.

Categoria	Endêmica	Não endêmica	N/A	Total geral
Dados deficientes (DD)	1.051	184	12	1.247
Criticamente em Perigo – possivelmente extinta (CR*)	3	0	0	3
Criticamente em Perigo (CR)	645	33	4	682
Em perigo (EN)	1693	141	13	1.847
Vulnerável (VU)	598	78	5	681
Quase ameaçada (NT)	388	62	1	451
Menor preocupação (LC)	1.668	927	18	2.613
Total	**6.046**	**1.425**	**53**	**7.524**

OBS.: As espécies que não tiveram sua distribuição confirmada pela base de dados foram classificadas como N/A.

Fonte: Flora do Brasil, 2020.

Mesmo apresentando um número de avaliações de risco que ainda subestima a riqueza de espécies de plantas ocorrentes no Brasil, além de um grande impeditivo taxonômico, diante das constantes recircunscrições nos limites das entidades biológicas consideradas e das constantes descrições de espécies novas, os valores se assemelham com os das listas vermelhas de outras regiões do globo.

Ao todo, mais de 6.000 espécies endêmicas tiveram categoria atribuída e 48% se encontram em categoria de ameaça (CR, EN e VU), incluindo três espécies declaradas como possivelmente extintas (CR). Considerando ainda as espécies endêmicas, cerca de 17% foram consideradas como Dados Insuficientes (DD). Por fim, 34% das espécies endêmicas são encontradas fora da categoria de ameaça, perfazendo 27% na categoria de Menor Preocupação (LC), e 6% na categoria Quase Ameaçada (NT).

Destacam-se, ainda, mais de 1.000 espécies avaliadas como Dados Insuficientes (DD), o que corresponde a 17%. Uma espécie pode ser considerada como DD quando ainda não há consenso sobre seu conceito taxonômico ou, na maioria dos casos, quando os dados disponíveis para avaliação da espécie são insuficientes devido à falta de trabalho de campo recente ou dados de monitoramento. A falta de dados suficientes para avaliar o status de conservação de muitas espécies reforça os grandes déficits do conhecimento da biodiversidade no País. Ainda carecemos de informações sobre o número de espécies que realmente temos (déficit Lineano), a distribuição geográfica de taxa (déficit Wallaceano) e informações sobre a abundância e dinâmica populacional das espécies (déficit Prestoniano) (HORTAL *et al*., 2015; OLIVEIRA *et al*., 2016). Minimizar os efeitos dessas lacunas de conhecimento é de vital importância para a produção de uma lista vermelha mais robusta, aumentando a eficiência na proteção das espécies.

O número de espécies não endêmicas avaliadas é menor quando comparado às espécies endêmicas. Até o momento, 1.425 espécies foram avaliadas, das quais 17% encontram-se em categoria de ameaça (CR, EN e VU) ou, possivelmente, Extinta (CR). Entre as espécies que foram atribuídas a categorias não ameaçadas, 65% encontram-se como Menor Preocupação (LC) e cerca de 4% como Quase Ameaçadas (NT). Ressalta-se que 53 espécies não apresentam distribuição confirmada na Flora do Brasil (2020), mas foram avaliadas e tiveram suas categorias atribuídas, uma vez que foram consideradas presentes no País em 2013.

Nenhuma espécie foi avaliada Extinta (EX) ou Extinta na Natureza (EW), uma vez que constatações de extinções num País megadiverso como o Brasil ainda são desafiadoras, pois apresenta dimensões continentais e ainda necessita de uma quantidade muito maior de investimento em inventários florísticos. Destaca-se que várias redescobertas de espécies de plantas têm sido relatadas nas últimas décadas (HUMPHREYS *et al*., 2019; ROSA *et al*., 2018). Isso não significa que espécies de plantas não estejam sendo extintas, mas ainda não temos evidências suficientes para inferir a extinção das espécies avaliadas.

Ao observar a contagem de espécies avaliadas em relação ao grupo taxonômico (Tabela 5), as angiospermas apresentam maior número, 7.285 espécies, correspondendo a 22% das espécies com flores listadas na base de dados da Flora do Brasil 2020 (BFG, 2021). No caso das gimnospermas, somente 10 espécies das 23 espécies conhecidas foram avaliadas, representando 43% das espécies da flora do Brasil. As samambaias e as licófitas apresentam 173 espécies com categorias atribuídas, correspondendo a 12% do total de espécies para o Brasil. Por fim, as briófitas possuem somente 56 espécies avaliadas, perfazendo 3% das espécies listadas na Flora do Brasil 2020 (BFG, 2021).

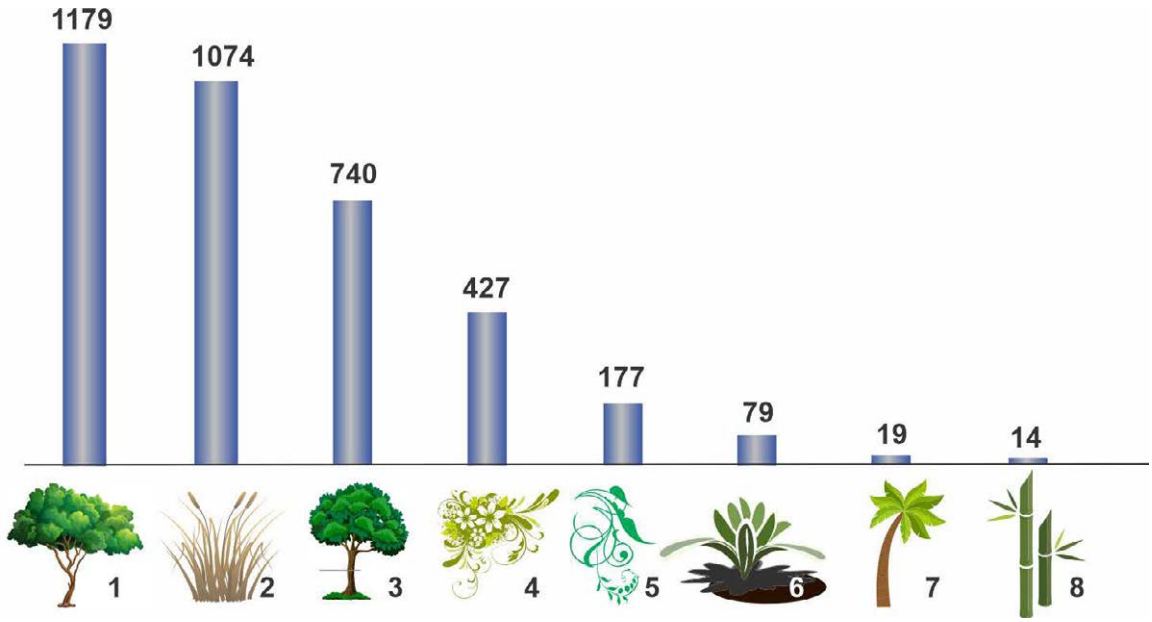
Tabela 5 – Número de espécies avaliadas, por grupo taxonômico.

Grupo	Presentes no BGF 2021	Espécies avaliadas pelo CNCFlora	Proporção avaliada
Angiospermas	32.696	7.285	22.3%
Samambaias e licófitas	1.380	173	12.5%
Briófitas	1.584	56	3.5%
Gimnospermas	23	10	43.5%

Fonte: BGF, 2021.

Do total de avaliações de risco de extinção, por forma de vida (árvores, arbustos, subarbustos, ervas, lianas, suculentas, palmeiras, bambus etc.), é notório o avanço obtido nos últimos anos em relação à disponibilidade de avaliações de risco de extinção de espécies arbóreas (MARTINS *et al.*, 2015). Atualmente, reconhece-se o risco de extinção de 1.179 espécies predominantemente arbóreas, 1.074 de ervas, 740 de arbustos, 427 de subarbustos, 177 de lianas, 79 de suculentas, 19 de palmeiras e 14 espécies de bambus (Figura 14). Vale ressaltar que o avanço obtido nos últimos anos em relação a avaliações de risco de extinção de árvores se deu, em parte, por mais disponibilidade de financiamento, também por representar grupo de elevado interesse econômico.

Figura 14 – Total de avaliação de risco por forma de vida.



OBS.: 1. Árvore; 2. Erva; 3. Arbusto; 4. Subarbusto; 5. Liana; 6. Suculenta; 7. Palmeira; 8. Bambu. Nota-se que uma espécie pode apresentar, eventualmente, mais de uma forma de vida.
Fonte: JBRJ, 2021 (Figuras adaptadas).

Ao considerar o número de espécies, por biomas brasileiros, a Mata Atlântica possui o maior número de espécies avaliadas, com 4.864, das quais 43% estão em alguma categoria de ameaça. Em sequência, o Cerrado, com 2.137 espécies avaliadas, e a Amazônia, com 1.610 espécies avaliadas, representando, respectivamente, 30% e 13% das espécies ameaçadas de extinção, nas diferentes categorias (Tabela 6). Esses resultados indicam que o número de espécies avaliadas está espacialmente associado a biomas terrestres mais diversos (BFG, 2021). No entanto, não se pode desconsiderar que o esforço de avaliação pode estar ligado a biomas com maior esforço amostral, ou grupos tradicionalmente mais estudados, ou grupos de maior importância econômica, como as angiospermas.

Tabela 6 – Número de espécies avaliadas e ameaçadas, por bioma.

Bioma	Presentes no BFG 2021	Espécies avaliadas		Espécies ameaçadas
		Absolutos	Proporção	
Amazônia	13.056	1.610	12%	216
Caatinga	4.963	827	17%	249
Mata Atlântica	17.150	4.864	28%	2.099
Cerrado	12.829	2.137	17%	786
Pantanal	1.682	167	10%	24
Pampa	2.817	408	14%	114

OBS.: De acordo com a BFG (2021), espécies podem ocorrer em mais de um bioma.

Fonte: BFG, 2021.

Os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo e São Paulo apresentam o maior número de espécies ameaçadas (Tabela 7). Esses resultados podem ser justificados pela ocorrência geográfica dos estados, na Mata Atlântica, bioma com o maior número de espécies e espécies ameaçadas de extinção. Entretanto, esforços históricos como o "Livro Vermelho da Flora Endêmica do estado do Rio de Janeiro" (MARTINELLI *et al.*, 2018), contribuem com a primeira posição do estado em números de espécies ameaçadas.

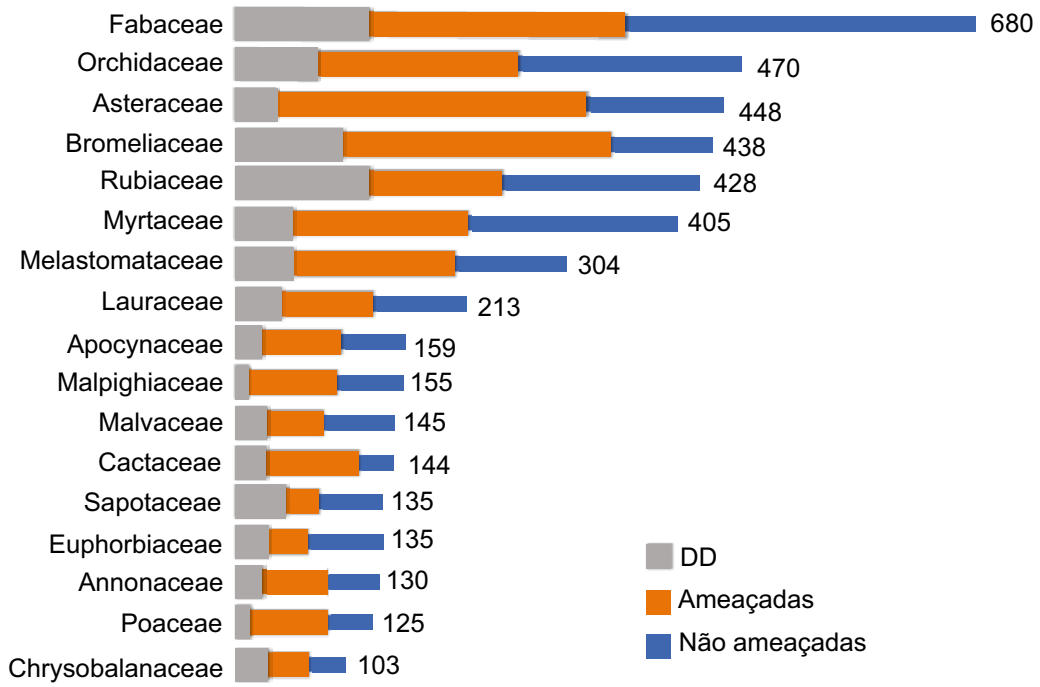
Tabela 7 – Número de espécies ameaçadas em cada estado brasileiro e no Distrito Federal.

Estado	Rio Grande do Norte	Roraima	Amapá	Paraíba	Piauí	Sergipe	Ceará	Maranhão	Alagoas
Espécies ameaçadas	16	21	27	30	31	33	34	35	44
Estado	Acre	Rondônia	Tocantins	Distrito Federal	Mato Grosso do Sul	Pernambuco	Mato Grosso	Pará	Amazonas
Espécies ameaçadas	44	48	49	59	74	90	105	111	159
Estado	Goiás	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná	São Paulo	Espírito Santo	Bahia	Minas Gerais	Rio de Janeiro
Espécies ameaçadas	166	249	265	309	506	581	681	911	989

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Entre as famílias de Angiospermas com mais de 100 espécies ameaçadas (Figura 15), destacam-se Asteraceae (282), Bromeliaceae (247), Fabaceae (233), Orchidaceae (183), Myrtaceae (160), Melastomataceae (160) e Rubiaceae (123). Essas são também as famílias botânicas com maior número de avaliações e maior número de espécies no Brasil.

Figura 15 - Famílias com mais de 100 espécies ameaçadas de extinção.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Em relação aos principais vetores de pressão, que se traduzem em ameaças às espécies da flora, avaliada quanto ao risco de extinção, os eventos mais frequentemente documentados estão associados à: (i) Agricultura e aquicultura, em várias escalas e intensidades, incluindo pecuária; (ii) Desenvolvimento residencial e comercial; (iii) Exploração e extração de madeira; (iv) Produção de energia e mineração; (v) Incêndio e supressão de incêndio, como evidenciado pela mais severa temporada de incêndios do País, documentada nos últimos 47 anos (LAPIG, 2020); (vi) Gestão/uso de barragens e de água; (vii) Corredores de transporte e serviços que atuam como propulsores de vetores de tensões susceptíveis de acompanhar o estabelecimento de tais infraestruturas, ocasionando fragmentação de habitats, entre outros; (viii) Poluição; (ix) Espécies invasivas e outras espécies problemáticas, genes e doenças; (x) Eventos geológicos.

Vale mencionar os esforços conduzidos de forma independente, no território nacional, para a elaboração de listas vermelhas estaduais. A partir de avaliações de risco de extinção regionais, listas vermelhas específicas para as Unidades Federativas têm sido publicadas, somando aos esforços nacionais de ampliação de mecanismos de proteção à flora. Estados como Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, por exemplo, contam com listas vermelhas de flora oficialmente reconhecidas. Eventualmente, tais esforços poderiam ser integrados a procedimentos conduzidos nacionalmente, principalmente no que tange à inclusão de espécies endêmicas dos estados ainda não avaliados nacionalmente, uma vez que se somam à lista nacional, de forma objetiva, e aliam-se ao instrumento normativo nacional após ser revisado e chancelado pela autoridade em listas vermelhas do País.

Após 13 anos, desde a criação do CNCFlora, 22% da flora conhecida do Brasil foi avaliada de maneira integral e uma fração ainda menor reavaliada desde 2013, indicando, claramente, algumas das dificuldades enfrentadas nacionalmente para o efetivo alcance da Meta 2 da GSPC. Contrariando previsões anteriores sobre a proporção de avaliações de risco de extinção de espécies da flora brasileira (MARTINS *et al.*, 2018), ainda estamos abaixo do projetado para 2020.

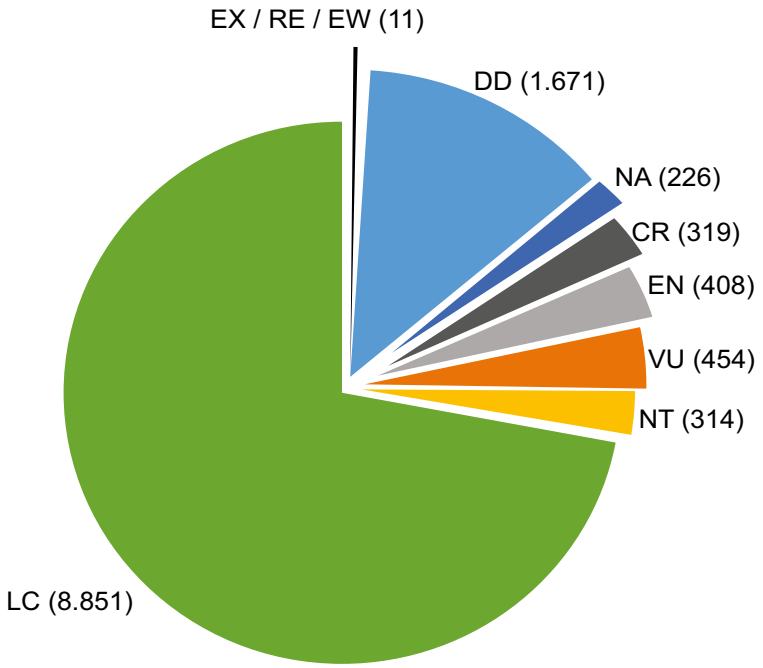
A Lista Vermelha é um poderoso instrumento de apoio à publicação da "Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Brasil", regulando o uso do solo no País. Embora todas as etapas da elaboração da lista sejam importantes, é urgente que estratégias de otimização e automatização das avaliações sejam oficialmente empregadas, baseadas em uma maior integração com taxonomistas. Esses especialistas botânicos podem contribuir com dados importantes como: (i) inclusão de um sistema de informação de avaliação de risco de extinção; (ii) ampliação de oportunidades de capacitação, em avaliação de risco de extinção, para estudantes, profissionais e especialistas botânicos; (iii) adoção de protocolos de pré-processamento e limpeza de dados robustos e cada vez mais acessíveis; (iv) realização da categorização de risco de extinção, a partir da utilização de algoritmos de inteligência artificial de alta performance.

Espécies da fauna ameaçadas

O Brasil teve sua primeira lista de espécies ameaçadas de extinção elaborada em 1968, pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), na qual constam 44 espécies da fauna (vertebrados) e 13 da flora (Portaria IBDF n.º 303, 1968). A Portaria IBDF n.º 3.481/1973 atualizou essa lista, elevando o número de espécies ameaçadas para 86, incluindo uma espécie de borboleta, um invertebrado. A lista seguinte foi publicada na Portaria Ibama n.º 1.552/1989, sendo posteriormente complementada por outras duas Portarias (Ibama n.º 62 /1997 e Ibama n.º 28-N/1998), totalizando 218 espécies. Essa lista foi a primeira a utilizar a metodologia de avaliação desenvolvida pela UICN. Em 2005, foi publicada nova lista, com 627 táxons da fauna ameaçados, na IN MMA n.º 3 /2003 e MMA n.º 4/2005, e no "Livro Vermelho de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção" (MACHADO *et al.*, 2008).

Atualmente, o ICMBio coordena o "Processo de Avaliação do Estado de Conservação da Fauna Brasileira" (Figura 16). Todas as 8.818 espécies de vertebrados que ocorrem no Brasil, descritas até meados de 2014, foram avaliadas. Para alguns primatas e aves, foram avaliadas subespécies, totalizando 8.922 táxons de vertebrados, sendo 732 mamíferos, 1.979 aves, 732 répteis, 973 anfíbios e 4.506 peixes. Entre os invertebrados foram avaliadas

Figura 16 – Número de espécies, em cada categoria de risco de extinção, avaliadas no primeiro ciclo do "Processo de Avaliação do Estado de Conservação das Espécies da Fauna Brasileira", coordenado pelo ICMBio.



Fonte: Souza *et al.*, 2018.

3.332 espécies, sendo 2.423 terrestres, 661 marinhos e 248 de águas continentais (SOUZA *et al.*, 2018).

Dos 12.254 táxons avaliados, 1.182 (9,6%) foram incluídos em alguma categoria de ameaça. Nove desses táxons ameaçados ainda não possuíam nomenclatura e não foram incluídos na lista oficial. Além disso, 226 táxons foram identificados como não elegíveis para a avaliação regional, sendo categorizados como Não Aplicável (NA), por ocorrerem marginalmente ou apresentarem registros ocasionais no Brasil. A maioria dos táxons, 88,4% (10.837), é considerado não ameaçado, sendo 314 qualificados na categoria Quase Ameaçada (NT), 1.671 com Dados Insuficientes (DD) e 8.851 na categoria Menos Preocupante (LC) (SOUZA *et al.*, 2018).

Dez espécies foram consideradas extintas, seja em nível global (Extinta - EX) ou apenas em território brasileiro (Regionalmente Extinta - RE). Algumas dessas espécies desapareceram séculos atrás, enquanto outras foram extintas recentemente. A atual "Lista Nacional de Fauna Ameaçada de Extinção", oficializada pelo MMA pelas Portarias n.º 444 e 445, de 2014, conta com 1.173 espécies da fauna em alguma categoria de ameaça conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Táxons ameaçados constantes nas Portarias MMA n.º 444/2014 e 445/2014.

Grupo Taxonômico	Categoria				
		Ameaçadas			Total ameaçadas
	EW	CR	EN	VU	
Mammalia	-	12	43	55	110
Aves	1	42	71	120	234
Reptilia	-	10	50	20	80
Amphibia	-	18	12	11	41
Myxini	-	-	-	1	1
Elasmobranchii Marinhos	-	27	8	19	54
Elasmobranchii Continentais	-	1	-	-	1
Actinopterygii Marinhos	-	7	6	30	43
Actinopterygii Continentais	-	100	112	98	310
Enteropneusta	-	1	-	-	1
Echinodermata	-	1	1	8	10
Lepidoptera	-	25	26	12	63
Hymenoptera	-	2	9	7	18
Coleoptera	-	7	8	14	29
Ephemeroptera	-	-	2	7	9
Odonata	-	3	5	10	18
Collembola	-	10	2	3	15
Myriapoda	-	5	4	6	15
Crustacea	-	9	13	6	28
Arachnida	-	27	19	7	53
Onichophora	-	2	1	1	4
Braquiopoda	-	-	1	-	1
Mollusca	-	8	9	6	23
Annelida	-	-	2	1	3
Cnidaria	-	-	2	2	4
Porifera	-	1	-	4	5
Total de Espécies	**1**	**318**	**406**	**448**	**1,173**

Fonte: Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Volume I. ICMBio, 2018a.

Quanto à distribuição dessas espécies no território brasileiro (Tabela 9), a Amazônia é o bioma com maior riqueza de espécies da fauna, seguido da Mata Atlântica e do Cerrado. A Mata Atlântica é o bioma que apresenta maior número de espécies ameaçadas tanto em números absolutos quanto em proporção à riqueza dos biomas. Do total de espécies ameaçadas do Brasil, 50,5% se encontram na Mata Atlântica, sendo que 38,5% são endêmicos desse bioma (ICMBIO, 2018).

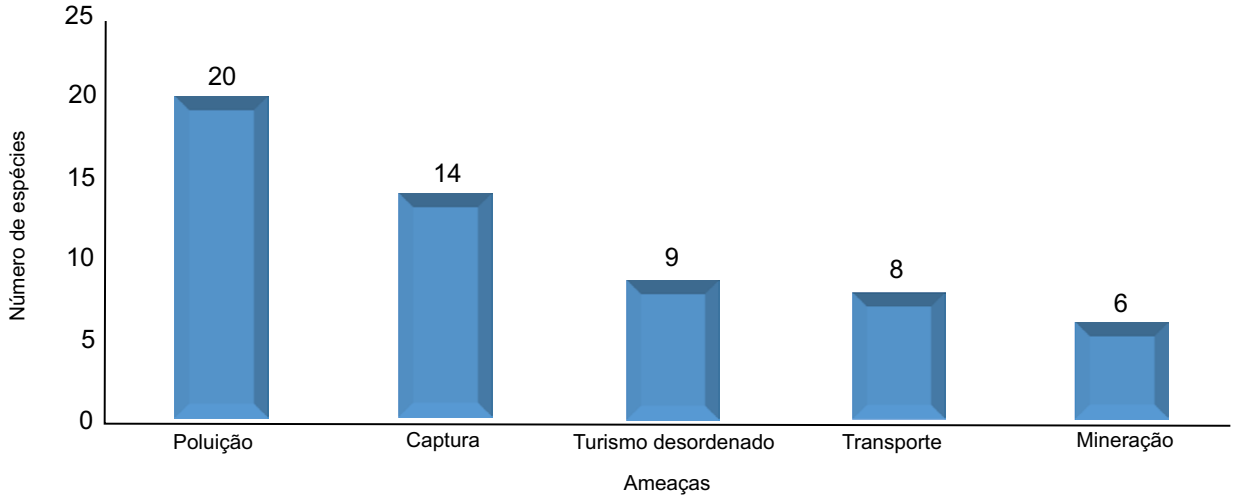
Tabela 9 – Número de espécies ameaçadas por bioma.

Biomas	n.° de espécies ameaçadas avaliadas	n.° de espécies não ameaçadas avaliadas	Percentual de espécies ameaçadas por bioma
Amazônia	180	5.070	3,55%
Caatinga	125	1.182	10,57%
Cerrado	288	3.167	9,09%
Mata Atlântica	593	4.944	14,66%
Pampa	78	956	8,15%
Pantanal	36	1.236	2,91%
Marinho	160	2.018	7,92%

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Dos 1.173 táxons ameaçados de extinção, 1.013 (86,4%) são continentais, sendo que 662 ocorrem em ambientes terrestres, 351 em água doce e 160 ocorrem no ambiente marinho (13,6%) (ICMBIO, 2018a). Para os peixes marinhos, a principal ameaça identificada foi a pesca, seja quando a espécie é alvo da pescaria, capturada incidentalmente ou como espécie acessória (comercializada ou descartada). Das outras pressões observadas para as espécies marinhas, estão as relacionadas à degradação do habitat (Figura 17). Dentre elas estão a poluição, em todas as suas formas, tráfego marítimo, instalação e operação de empreendimentos marinhos como portos, indústria de petróleo e gás, mineração e outros. A ocupação desordenada das áreas litorâneas também foi considerada ameaça significativa à biodiversidade marinha.

Figura 17 - Principais vetores de pressão sobre as espécies marinhas ameaçadas de extinção.



Fonte: ICMBio, 2018a

Das espécies ameaçadas de extinção, 800 possuem ocorrência registrada em unidades de conservação, incluindo os registros de espécies que ocorrem apenas ocasionalmente nas UC, como as espécies migratórias de aves e cetáceos, como mostra a Tabela 10 (ICMBIO, 2021).

Tabela 10 - Quantidade de espécies ameaçadas, de cada grupo taxonômico, com registro de ocorrências em UC.

Grupos taxonônicos	Anfíbios	Aves	Invertebrados Marinho	Ivertebrados Continentais	Mamíferos	Peixes Continentais	Peixes Marinhos	Répteis	Total
Quantidade de táxons ameaçados	30	202	25	174	97	118	91	63	800

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Com a publicação das listas de espécies ameaçadas da fauna brasileira, em 2014, cuja parte técnica foi conduzida pelo ICMBio, um total de 3.148 espécies de peixes e 248 de invertebrados de água doce tiveram seu estado de conservação avaliado (Tabela 11). Esse trabalho resultou em 312 espécies de peixes e 37 espécies de invertebrados aquáticos continentais ameaçados de extinção no País. A maior parte desses invertebrados continentais ameaçados possuem distribuição restrita ou habitat muito específico, com destaque para os encontrados apenas em cavernas, incluindo crustáceos, moluscos e uma esponja (BRASIL, 2014b; ICMBIO, 2018).

Tabela 11 – Grupos de peixes e invertebrados aquáticos continentais avaliados e respectivos números de espécies ameaçadas.

Grupo	Avaliadas	Ameaçadas	Ameaçadas/avaliadas (%)
Peixes			
Actinopterygii	3.130	311	9,9
Elasmobranchii	17	1	5,9
Sarcopterygii	1	-	-
Subtotal	3.148	312	9,9
Invertebrados	-	-	-
Crustacea *	145	26	17,9
Mollusca **	52	9	17,3
Porifera ***	51	2	3,9
Subtotal	248	37	14,9
Total	3.396	349	10,3

OBS.: *Caranguejos, camarões e microcrustáceos; **bivalves; ***esponjas.

Fonte: ICMBio, 2018.

Plano de ação para a conservação e regulação do uso de espécies

Flora nativa

Em 2009, a Diretoria de Pesquisa Científica (Dipeq), por meio do CNCFlora/JBRJ, recebeu a incumbência de coordenar os Planos de Ação Nacionais (PAN) para a conservação da flora brasileira ameaçada de extinção (Portaria MMA n.º 401/2009). Assim, em 2013, o CNCFlora/JBRJ publicou o primeiro "Livro Vermelho da Flora do Brasil" (MARTINELLI; MORAES, 2013), cujas 2.113 espécies ameaçadas de extinção foram, posteriormente, incorporadas na Portaria MMA n.º 443/2014. A partir do reconhecimento oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, o CNCFlora/JBRJ passou a elaborar os PAN (DRIVER *et al.*, 2009; IUCN/SSC, 2008; NMFS, 2004; ENVIRONMENT CANADA, 2003) e estabelecer procedimentos metodológicos próprios para atender às especificidades da flora.

O PAN Faveiro-de-Wilson (MARTINS *et al.*, 2014) foi o primeiro sob a responsabilidade do CNCFlora/JBRJ. É um PAN para a espécie *Dimorphandra wilsonii* Rizzini (Fabaceae), cujas razões para a adoção dessa abordagem estão pautadas no iminente risco de extinção e na existência de um grupo de atores envolvidos há mais de 10 anos no programa de manejo e conservação dessa árvore. A partir desse PAN, o CNCFlora/JBRJ passou a conduzir os processos de elaboração, implementação e monitoramento dos PAN, sob uma abordagem territorial (POUGY *et al.*, 2015a, 2015b, 2018). A adoção dessa nova abordagem foi necessária diante do desafio de contemplar todas as espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, em PAN, e considerando particularidades decorrentes de um País que apresenta território extenso, com número de espécies elevado e crescentes (consequentemente, muitas ameaçadas de extinção) lacunas de conhecimento científico sobre a biodiversidade, além da escassez de recursos humanos e financeiros para a implementação das ações de conservação (POUGY *et al.*, 2015a, 2015b, 2018).

As vantagens na elaboração de PAN territoriais em relação à abordagem por espécie ou por grupos taxonômicos estão relacionadas à otimização de esforços e recursos. No caso dos PAN, as ações são planejadas para combater ou mitigar o efeito negativo dos vetores de pressão incidentes sobre as espécies que ocorrem naquele território. Essa abordagem também permite considerar as peculiaridades regionais no que se refere a aspectos socioeconômicos e vetores de pressão, bem como possibilita o envolvimento de atores locais na sua elaboração e implementação (POUGY *et al.*, 2018, 2015a, 2015b), além de tornar possível o planejamento de ações de conservação mais factuais, exequíveis e coerentes com a realidade local, tornando o PAN um instrumento relevante e estratégico para a conservação das espécies ameaçadas de extinção. Assim, o CNCFlora/JBRJ tem contribuído com as estratégias nacionais de conservação de espécies ameaçadas de extinção, adotadas pelo MMA.

Entre os PAN para a conservação da flora brasileira ameaçada de extinção, em vigência, o CNCFlora/JBRJ coordena o PAN Faveiro-de-Wilson (Portaria JBRJ n.º 101, de 2 de setembro de 2015), PAN Serra do Espinhaço Meridional (Portaria JBRJ n.º 92, de 30 de maio de 2018) e o PAN Grão Mogol-Francisco Sá (Portaria JBRJ n.º 90, de 30 de maio de 2018), todos no Cerrado. No âmbito da Mata Atlântica, o CNCFlora/JBRJ conduziu o processo de elaboração do PAN Flora Endêmica do Rio de Janeiro, coordenado pela Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro (Resolução Seas n.º 21, de 19 de junho de 2019), e ainda participa do PAN Lagoas do Sul (Portaria ICMBio n.º 751, de 27 de agosto de 2018), coordenado pelo ICMBio, com ações voltadas à conservação da fauna e flora que ocorrem na Mata Atlântica e Pampa. Em conjunto, os cinco PAN contemplam 522 espécies (947 espécies, considerando a Resolução Conema n.º 80/2018, que reconhece as espécies endêmicas ameaçadas de extinção da flora do estado do Rio de Janeiro) das 2.113 espécies da flora ameaçada de extinção, incluindo 507 angiospermas, uma gimnosperma, 13 samambaias e licófitas e uma briófita.



Fonte: Marcelo Paes

No sentido de minimizar os impactos negativos sobre as espécies ameaçadas, em especial as "Criticamente em Perigo" de extinção e que não possuem instrumentos de conservação, o MMA instituiu, por meio da Portaria MMA n.º 43/2014, o Programa Nacional de Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção (Pró-espécies), definindo os PAN como um dos seus instrumentos. As orientações para a implementação desse Programa estão na "Estratégia Nacional para a Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção", instituída pela Portaria MMA n.º 444/2018. Sua implementação é viabilizada pelo Projeto Estratégia Nacional para a Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção (Pró-espécies: todos contra a extinção), sob a coordenação do Departamento de Espécies (Desp/SBio/MMA) e desenvolvido em parceria com JBRJ, ICMBio, Ibama e 13 Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (Oemas).

Fauna nativa

O Brasil, enquanto signatário da CDB, assumiu o compromisso de incorporar nas políticas públicas ações concretas e permanentes para reverter o quadro de perda e degradação da megabiodiversidade brasileira. É nesse cenário que se inserem os "Planos de Ação para Conservação de Espécies Ameaçadas"[5], cujo propósito é identificar e priorizar ações para melhorar a situação das espécies em risco de extinção.

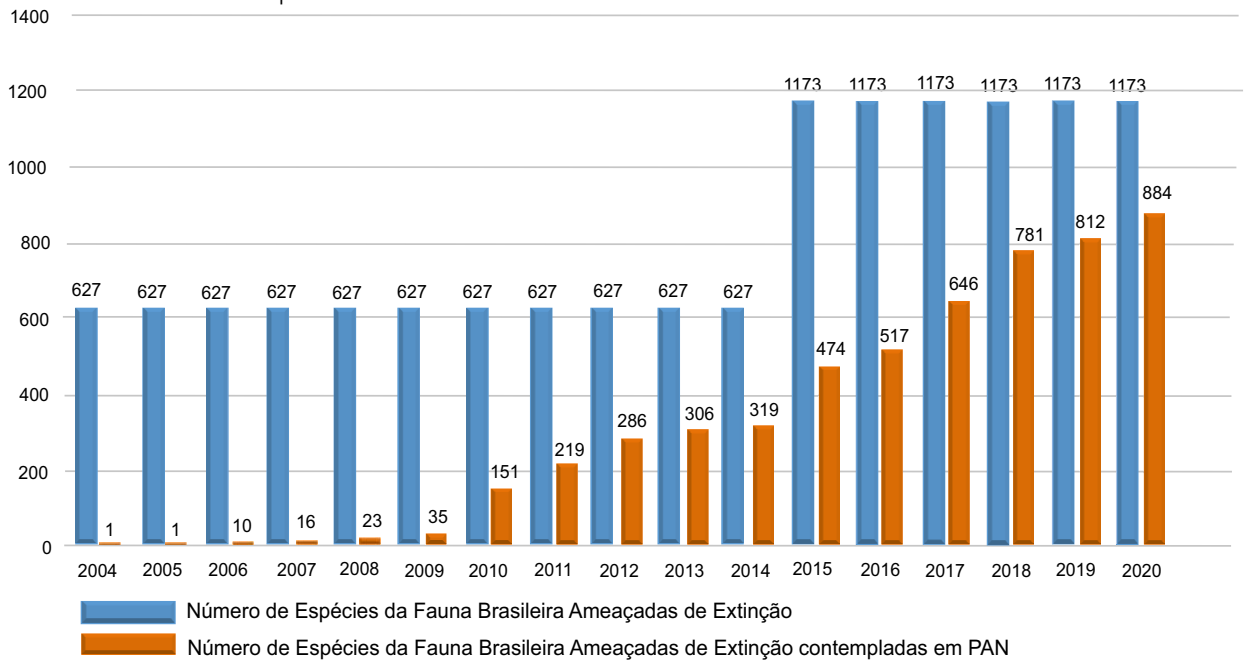
Inicialmente, o modelo de planejamento para a conservação de espécies ameaçadas, adotado pelo Brasil, foi o proposto em 1986, pela UICN (FULLER *et al.*, 2003; IUCN/SSC, 2008). Até 2009, havia dez planos elaborados para espécies da fauna, seguindo esse modelo consolidado pela UICN (IBAMA, 2004; HUGHES *et al.*, 2006; IBAMA, 2006; PAULA *et* al., 2007; ICMBIO, 2008a, 2008b, 2008c; ROCHA-CAMPOS; CÂMARA, 2011; BATAUS; REIS, 2011).

Entretanto, na medida em que os planos foram sendo implementados, ficou claro que, embora a estratégia de elaboração de planos de ação fosse funcional, sua condução, baseada no modelo da IUCN, não permitiria contemplar em curto ou médio prazo a totalidade de espécies de animais e vegetais ameaçadas, constantes das listas oficiais vigentes (MMA, 2003; 2004; 2008), tornando as metas pactuadas junto à CDB intangíveis para o Brasil. Adicionalmente, por falta de meios para acompanhar a execução dos planos, de forma adequada, não foi possível avaliar de forma mais acurada se o planejamento estava contribuindo para reduzir as ameaças que afetam as espécies.

5 Mais informações podem ser obtidas no *site*: www.icmbio.gov.br/pan.

A partir de 2010, o ICMBio remodelou a ferramenta e incorporou novas premissas e uma visão de projeto ao modelo de planejamento. Entre os avanços, está a adoção de um sistema participativo e estruturado no estabelecimento de consensos, que gerou apropriação por parte daqueles envolvidos na construção do plano, permitindo agregar novos parceiros, ao longo da sua implementação, formando uma extensa rede de colaboradores para executar e acompanhar as ações de conservação. Além disso, a ampliação da representatividade dos diversos setores na construção e no desenvolvimento do plano proporcionou maior agregação de valores, conhecimentos e experiências. Por fim, essa ferramenta incorporou uma rotina de acompanhamento anual para aferição do alcance dos resultados e promoção de ajustes. Os ganhos foram expressivos. Ao longo da última década, foi observado aumento no número de espécies contempladas nos PAN (Figura 18) e na capacidade de execução das ações, geração de produtos e, sobretudo, envolvimento da sociedade no processo de conservação.

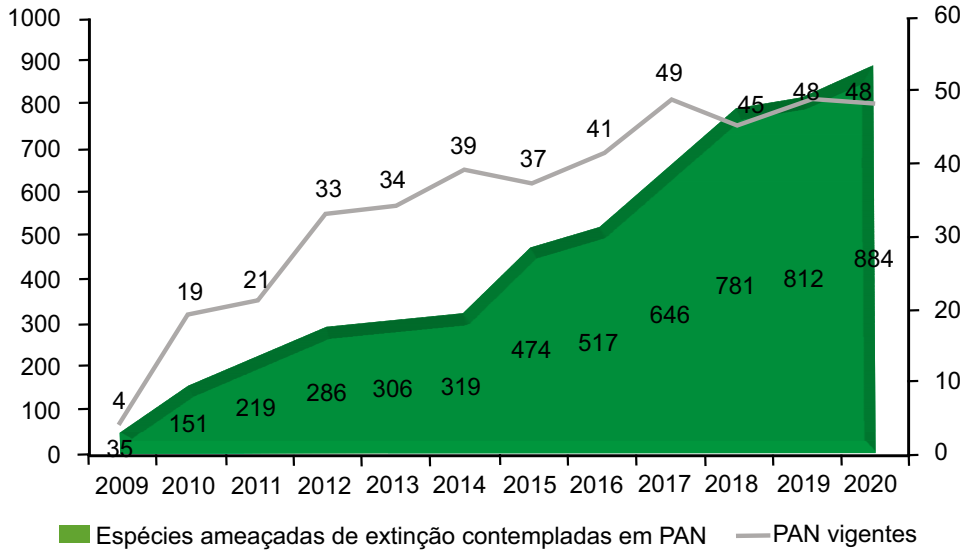
Figura 18 – Série temporal do número de espécies da fauna ameaçadas de extinção, contempladas em PAN.



Fonte: ICMBio, 2021.

Além do aprimoramento metodológico, também foi importante estabelecer um arcabouço normativo vinculado aos compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, entre os quais se destaca a aprovação do "Plano Estratégico de Biodiversidade", vinculado às metas da CDB, que possui, entre suas metas, reduzir a extinção de espécies e melhorar seu estado de conservação (Meta 12). O Brasil estabeleceu o "Pró-espécies" (Portaria MMA n.º 43/2014) para o auxílio no cumprimento dessas metas. O Pró-espécies define o ICMBio como a instituição responsável pelos planos para a fauna, e o JBRJ como responsável pelos planos para a flora. Para isso, o ICMBio conta em seu organograma com os Centros Nacionais de Pesquisa e Conservação (CNPC), que entre outras atribuições, são os protagonistas do processo de planejamento, elaboração e acompanhamento dos PAN. Atualmente, o ICMBio coordena 48 PAN, contemplando 884 das 1.173 espécies da fauna ameaçadas de extinção, conforme Figura 19.

Figura 19 – Número de espécies da fauna ameaçadas de extinção, em relação ao número de PAN na última década.

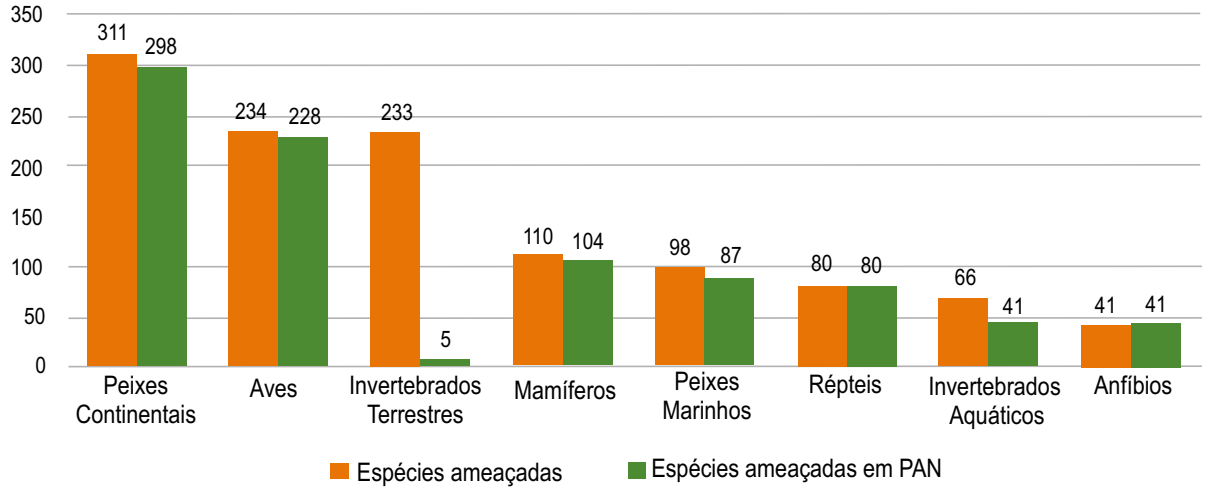


Fonte: ICMBio, 2021.

Do total de 233 invertebrados terrestres ameaçados, apenas cinco estão abrangidos em PAN. Entretanto, a elaboração de dois novos PAN: PAN Insetos Polinizadores e PAN Cavernas do Brasil, contribuirá para equacionar parte dessa limitação. O desenvolvimento de estratégias para grupos de invertebrados é um dos maiores desafios para que 100% das espécies ameaçadas da fauna estejam contempladas em PAN (Figura 20).

A manutenção da rede de colaboradores e o aprimoramento constante da ferramenta são atividades prioritárias, especialmente quando considerada a melhoria na capacidade de execução das ações de conservação previstas nos PAN e, consequentemente, o impacto destas ações sobre as espécies e sua efetividade em reduzir o risco de extinção.

Figura 20 – Número de espécies da fauna ameaçadas de extinção, contempladas em PAN por grupo taxonômico.



Fonte: ICMBio, 2021.


Fonte: Vinicius Mendonça/Ibama

Espécies exóticas e invasoras

A infraestrutura legal e a política de prevenção, controle e erradicação de espécies exóticas invasoras ainda estão sendo concebidas ou aprimoradas na maioria dos países, já que são inúmeros os elementos a serem considerados por parte da sociedade civil, setor privado, setor governamental e terceiro setor. A criação de uma estratégia para espécies exóticas invasoras deve ser, de fato, tratada em nível nacional e regional, englobando elementos que envolvam prevenção, controle, capacitação técnica, criação de marcos legais e políticas públicas, educação, pesquisa, financiamento e gestão integrada entre diversos setores da sociedade e ministérios (ZALBA; ZILLER, 2007).

Em 2010, durante a 10ª Conferência das Partes da CDB, realizada em Nagoya/Japão, foi aprovado o "Plano Estratégico de Biodiversidade" para o período de 2011 a 2020, e como signatário do acordo, o Brasil se comprometeu a implementá-lo. As 20 metas aprovadas ficaram conhecidas como Metas de Aichi, e a Meta 9, em específico, tem como objetivo identificar e priorizar as espécies exóticas invasoras e seus vetores, para controle e erradicação. Essa temática também está presente nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), mais especificamente no ODS-15, que tem como finalidade a preservação dos ecossistemas terrestres, das florestas e da biodiversidade, e dedica uma de suas metas para que os países atuem na prevenção de novas introduções, redução dos impactos ambientais causados pelas espécies exóticas invasoras, e controle e erradicação das espécies prioritárias (UNGA, 2015).

Em 2017, foi instituída a Câmara Técnica sobre Espécies Exóticas Invasoras, no âmbito da Comissão Nacional da Biodiversidade (Conabio), com as finalidades de:

I – integrar os setores público e privado na proposição de estratégias para a prevenção, controle, monitoramento e erradicação de espécies exóticas invasoras, bem como a mitigação de seus impactos;

II – analisar e acompanhar a revisão da Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras e propor instrumentos para sua implementação;

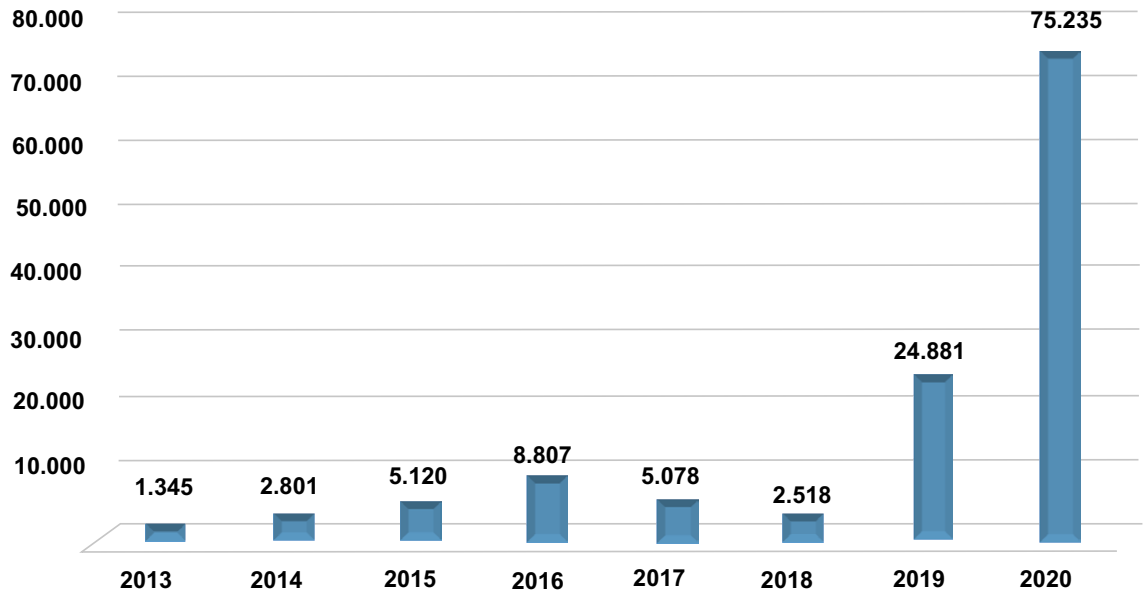
III – recomendar à Conabio, ações para a prevenção, controle, monitoramento e erradicação de espécies exóticas invasoras, em consonância com os acordos internacionais já firmados (CONABIO, 2017).

A Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras, publicada em 2018, tem como objetivo orientar a implementação de medidas, para evitar a introdução e a dispersão das espécies exóticas invasoras, bem como reduzir, significativamente, o impacto sobre a biodiversidade brasileira e serviços ecossistêmicos, controlando-as ou erradicando-as

(CONABIO, 2018). Dentre seus instrumentos, está a implementação da Estratégia Nacional, os PAN de Prevenção, Erradicação, Controle e Monitoramento de Espécies Exóticas Invasoras, além da criação dos sistemas de detecção precoce/resposta rápida, análises de risco e construção de uma base de dados integrada. Ainda em 2018, o Plano de Implementação da Estratégia Nacional, para o período 2018-2024, foi aprovado pela Portaria SBio/MMA n.º 3, de 16 de agosto de 2018, abrangendo os articuladores, colaboradores e prazos para a execução de cada uma das ações prioritárias. Ao final desse período, ocorre a avaliação e se inicia a elaboração de um novo plano para o próximo ciclo.

Um marco importante nessa agenda foi a autorização para o controle populacional do javali (*Sus scrofa*) em todo o território nacional (Instrução Normativa Ibama n.º 03/2013). Como resultado desse novo instrumento normativo, já foram abatidos no País, entre janeiro de 2013 e dezembro de 2020, 125.785 animais (Figura 21), sendo a grande maioria nas regiões Sul e Sudeste (IBAMA, 2018). Em 2019, com a implementação do Sistema de Manejo de Fauna (Simaf) e a migração de todo o processo autorizativo para uma plataforma virtual, o controle da espécie foi aprimorado, refletindo diretamente no número de animais abatidos.

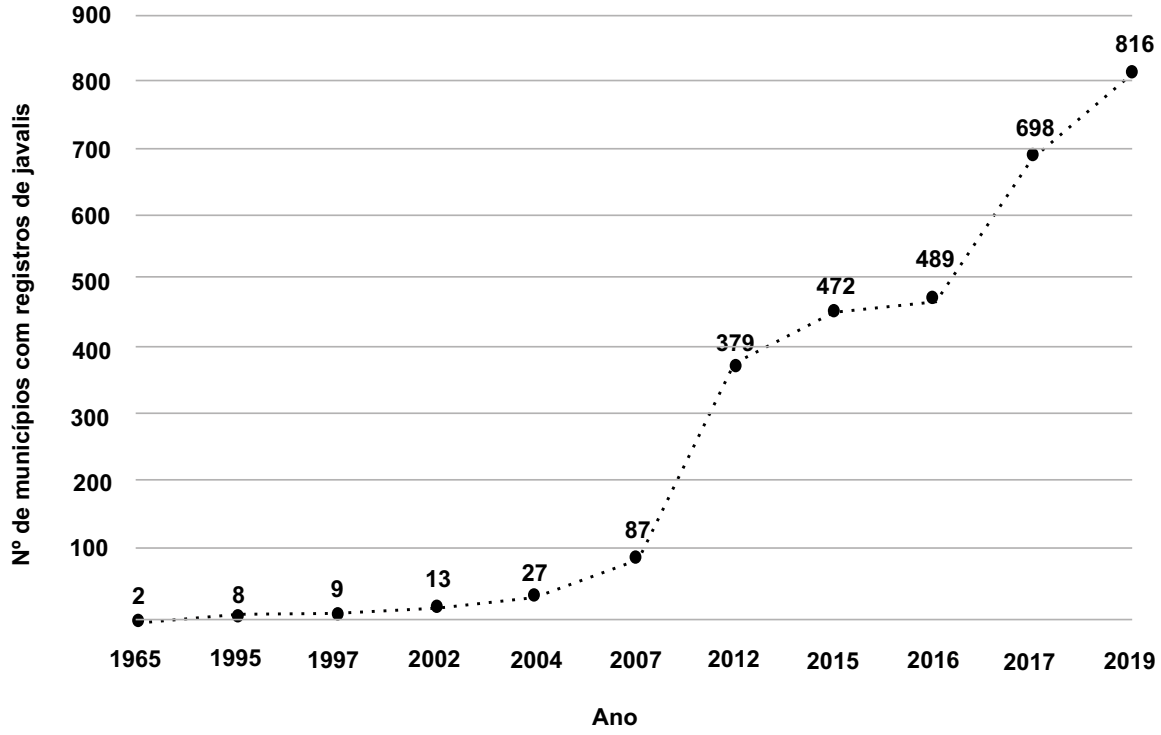
Figura 21 – Total de javalis abatidos por ano no Brasil entre 2013 e 2020.



Fonte: IBAMA, 2018; IBAMA, 2021.

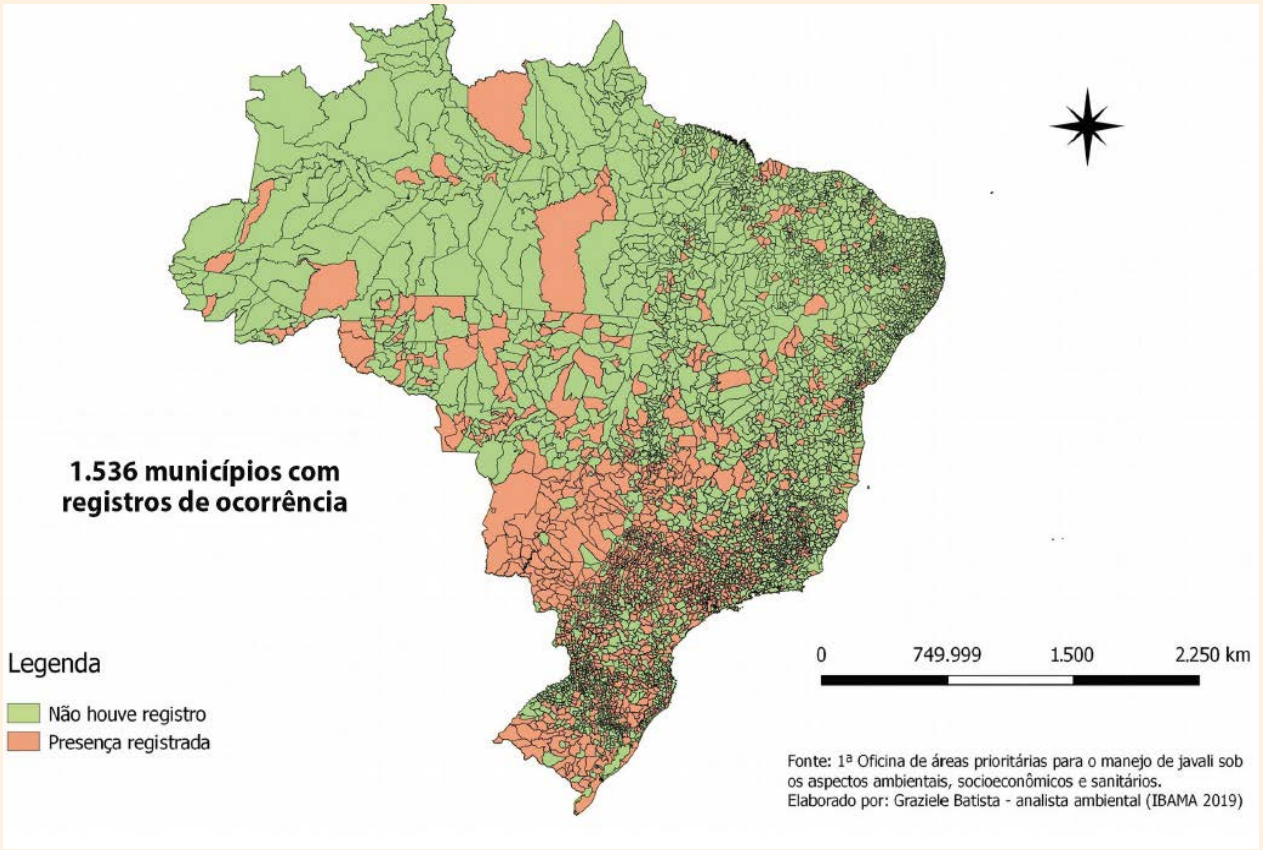
Mesmo com o crescente número de abates, o javali continua em plena expansão no Brasil, sendo registrado, em 2019, em 1.536 municípios pertencentes aos estados do Acre (4), Amazonas (7), Bahia (52), Ceará (8), Distrito Federal, Espírito Santo (7), Goiás (86), Maranhão (21), Minas Gerais (198), Mato Grosso do Sul (71), Mato Grosso (51), Pará (7), Paraíba (5), Pernambuco (6), Piauí (15), Paraná (207), Rio de Janeiro (15), Rondônia (15), Rio Grande do Sul (178), Santa Catarina (123), São Paulo (439) e Tocantins (20) (BATISTA, 2019). As Figuras 22 e 23 explicitam essa problemática, evidenciando a necessidade de uma maior integração entre os diversos órgãos de Governo e demais atores envolvidos para o controle efetivo da espécie.

Figura 22 – Número de municípios brasileiros com presença confirmada de populações selvagens do javali (*Sus scrofa*) entre 1965 e 2019.



Fonte: Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali no Brasil, Ibama, 2019.

Figura 23 - Mapa de registro de ocorrência de javalis nos municípios brasileiros.



Fonte: Batista, 2019.

O Plano Plurianual (PPA) do Governo Federal de 2016-2019 estabeleceu a necessidade de controle e mitigação dos impactos de, ao menos, três espécies exóticas invasoras (javali – *Sus scrofa*, coral-sol – *Tubastraea* spp. e mexilhão-dourado – *Limoneperna fortunei*). Em 2016, foi publicado o primeiro desses planos, o do javali, para conter sua expansão territorial e demográfica no Brasil e reduzir seus impactos, especialmente em áreas prioritárias de interesse ambiental, social e econômico. Para isso, foram estabelecidas diversas ações que devem ser concluídas em janeiro de 2022, sob a coordenação conjunta do Ibama e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (IBAMA, 2019).

O Plano Coral-Sol (*Tubastraea* spp.) foi publicado em 2018 e tem como objetivo prevenir a introdução do coral-sol em áreas sem ocorrência, erradicar novos focos, controlar e conter a invasão nas áreas prioritárias para a ação. Para isso, foram definidos nove objetivos específicos relativos à comunicação, sensibilização, arcabouço legal, prevenção, erradicação, controle, monitoramento, pesquisa e capacitação (IBAMA, 2020a).

Ainda em 2018, foi publicado o Plano Mexilhão-Dourado (*Limnoperna fortunei*), com o objetivo de prevenir a dispersão da espécie em áreas não invadidas, bem como conter e controlar as populações nas áreas invadidas. Nesse documento constam, ainda, objetivos específicos relacionados às temáticas: i) educação e sensibilização; ii) capacitação; iii) pesquisa científica; iv) comunicação; v) prevenção e monitoramento; vi) controle e monitoramento; e vii) arcabouço legal (IBAMA, 2020b). Tanto o Plano Coral-Sol quanto o Plano Mexilhão-Dourado só foram implementados em 2019 e suas ações estabelecidas devem ser concluídas ao longo de cinco anos, sob coordenação do Ibama.

Perda de habitat, fragmentação e deterioração dos ecossistemas

O aumento populacional humano tem promovido cada vez mais expressivas mudanças no uso da terra, como maneira de ocupação, implantação de infraestrutura, extração de produtos, produção de alimentos e de energia. Modelos insustentáveis de produção, que levam à fragmentação de ecossistemas, diminuição da funcionalidade de habitats e perda de espécies também interferem com os serviços ecossistêmicos oferecidos pela natureza. Esse impacto pode ser exemplificado em diferentes escalas e em diferentes biomas brasileiros, e são mais evidenciados à medida que novos estudos vão sendo desenvolvidos.

Por exemplo, a floresta amazônica brasileira oferece serviços de provisão dos mais variados, como alimentos e matérias-primas para indústrias como a madeireira, de cosméticos e farmacêuticos. Oferece também serviços de regulação, que controlam ciclos de nutrientes, água e estabilidade climática (CASTRO; ANDRADE, 2016; RENÓ; NOVO; ESCADA, 2016; NOBRE *et al.*, 2016)[6].

Um estudo sobre o custo econômico do desmatamento da floresta amazônica, considerando a perda de serviços ecossistêmicos, estima uma perda de R$223 bilhões, a preços de 2013, correspondendo ao período entre 1988 e 2014. Os serviços ecossistêmicos que apresentaram o maior valor monetário de perda, em todos os anos, foram a ciclagem de nutrientes, o controle de erosão e a regulação climática. Os serviços com os menores valores foram os culturais, regulação de distúrbios e regulação de água (CASTRO; ANDRADE, 2016).

6 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no capítulo "Florestas".

Estudos das planícies de inundação amazônicas apontam para redução de 70% de habitat de floresta entre 1975 e 2008, principalmente devido à produção de juta e bubalinos (RENÓ; NOVO; ESCADA, 2016). A fragmentação da paisagem resultante teve efeitos na biodiversidade de árvores, aves e mamíferos. A crescente fragmentação também pode afetar a biodiversidade de insetos e, por consequência, os serviços produzidos por eles, como a polinização, o controle biológico e a ciclagem de nutrientes.

Diminuições na riqueza de insetos parasitóides podem levar à emergência de pragas agrícolas (RENÓ; NOVO; ESCADA, 2016). Nobre e colaboradores (2016) também ressaltam os efeitos da perda de biodiversidade para a produção de soluções biomiméticas para a indústria.

No caso da Caatinga, a população faz uso de provisões como lenha e outros produtos florestais, além de empregar vegetação nativa como componente da dieta de cabras (RIBEIRO *et al.*, 2015). Contudo, o distúrbio crônico sofrido pelo bioma, principalmente devido à densidade humana e de gado, tem levado a um empobrecimento da biodiversidade (RIBEIRO *et al.*, 2015). Além disso, mudanças climáticas têm o potencial de alterar o regime de precipitação da região, acarretando a eliminação de espécies, especialmente as raras, que contribuem para a resiliência do ambiente (RITO *et al.*, 2017).

O Cerrado, bioma brasileiro com a maior taxa de desmatamento, também é responsável por diversos serviços ecossistêmicos, entre eles: produção de água; armazenamento e sequestro de carbono; produção de alimentos; e retenção de sedimentos e de nutrientes. A água doce e a mitigação do aquecimento global são alguns dos benefícios do Cerrado, que vão além de seu território (RESENDE *et al.*, 2019).

Contudo, a perspectiva de expansão da produção agrícola no Cerrado, nas próximas décadas, deve reduzir a oferta de serviços ecossistêmicos, bem como alterar sua distribuição espacial (RESENDE *et al.*, 2019)[7].

Entre os ambientes costeiros, os manguezais são importantes ofertantes de serviços ecossistêmicos, mas que também já sofreram grandes perdas, incluindo extração insustentável de madeira, tal como na Caatinga, e por intervenções de indústrias como a do camarão. Esses ecossistemas oferecem alimento, manutenção de pesca, proteção costeira, purificação de água, controle de erosão, sequestro de carbono, combustível, compostos medicinais e recreação (MALIK; FENSHOLT; MERTZ, 2015; QUEIROZ *et al.*, 2016).

Ademais, outros autores ressaltam a importância dos serviços ecossistêmicos culturais, quais sejam, o relacionamento entre as comunidades locais e os manguezais, que incluem a manutenção de conhecimentos ecológicos tradicionais e a satisfação física e mental (QUEIROZ *et al.*, 2016).

Praias, por sua vez, são conhecidas no Brasil por sua provisão de frutos do mar e turismo. Além disso, elas têm papel de armazenamento e transporte de sedimentos, proteção costeira, filtragem de água e ciclagem de nutrientes (AMARAL *et al.*, 2016). Contudo, praias são altamente susceptíveis aos impactos de interferência humana, como construções, poluição química e orgânica, e o próprio turismo. Atividades portuárias e industriais também podem ser responsáveis por prejudicar a biodiversidade e reduzir a função de serviços ecossistêmicos. As mudanças climáticas também podem afetar esse ambiente no futuro. Por exemplo, mudanças no nível do mar podem erodir o litoral, enquanto as intensificações das chuvas também causam impactos como aumento no despejo de sedimentos no mar, impactando a biodiversidade existente (AMARAL *et al.*, 2016).

7 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no capítulo "Florestas".

O pantanal brasileiro é provedor de grande variedade de serviços ecossistêmicos, especialmente os relacionados à provisão e regulação hídrica. Entretanto, esses serviços podem, em breve, estar ameaçados pela intensificação da agricultura, poluição e desmatamento, bem como construção de hidrelétricas (SCHULZ *et al.*, 2015). O desmatamento no planalto do Pantanal provoca transporte de sedimentos para as planícies, interferindo na capacidade de retenção e reciclagem de nutrientes (BERGIER, 2013). A poluição pode chegar a um ponto em que não será possível filtrá-la naturalmente apenas pelo serviço ecossistêmico. Ademais, mudanças climáticas podem tornar inundações e secas mais extremas, reduzindo ainda mais a capacidade de fornecimento de serviços ecossistêmicos, como produção de peixes e fertilização natural de pastos (BERGIER, 2013).

Áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira

Entre os anos de 1997 e 2000, o MMA fez uma avaliação, por meio de diversas consultas a especialistas e representantes de diversos setores da sociedade, sobre os fatores da dinâmica socioeconômica e as tendências de ocupação humana no território, a fim de que fossem identificadas áreas prioritárias nos biomas brasileiros e na zona costeira e marinha, nos quais esforços de conservação e de promoção à utilização sustentável da biodiversidade pudessem ser centrados.

Como resultado da avaliação, foram lançados os primeiros mapas das "Áreas e Ações Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira", reconhecidos pela Portaria n.º 126, de 27 de maio de 2004. Desde então, de acordo com o previsto na referida portaria, o MMA passou a ter um instrumento de planejamento que pudesse nortear não só o setor governamental, mas servir de referência ao setor privado e ao setor civil organizado, sobre onde e quais ações deveriam ser realizadas para o planejamento e a implementação de medidas adequadas voltadas à: i) conservação *in situ* da biodiversidade; ii) utilização sustentável de componentes da biodiversidade; iii) repartição de benefícios derivados do acesso a recursos genéticos e ao conhecimento tradicional associado; iv) pesquisa e inventários sobre a biodiversidade; v) recuperação de áreas degradadas e de espécies sobreexploradas ou ameaçadas de extinção; e vi) valorização econômica da biodiversidade. A cada uma das áreas identificadas como prioritárias, está vinculado um rol de ações previstas para serem implementadas nesses locais, cujos temas vão desde a criação/ampliação de Unidades de Conservação (UC), licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, fiscalização, fomento ao uso sustentável, regularização ambiental, até identificação de realização de pesquisas, de educação ambiental e monitoramento, entre outras. Desde a primeira edição, de 2004, já foram realizadas atualizações do instrumento, sendo a primeira pela Portaria n.º 9, de 23 de janeiro de 2007, e a segunda, mais recente, pela Portaria MMA n.º 463, de 18 de dezembro de 2018.

A partir da primeira atualização, as Áreas Prioritárias para a Biodiversidade são definidas utilizando a metodologia do Planejamento Sistemático da Conservação (PSC) (MARGULES; PRESSEY, 2000), que é baseada em um programa de geoprocessamento e de modelagem matemática (método objetivo e eficiente), em um processo participativo com diversos setores da sociedade. De acordo com a metodologia do PSC, um conjunto de informações espacializadas sobre ocorrência dos alvos de conservação (espécies ameaçadas de extinção, raras ou endêmicas, ecossistemas terrestres e aquáticos e os serviços ecossistêmicos relevantes para a conservação da biodiversidade existente nestas), informações especializadas de atividades antrópicas (barramentos, estradas, áreas sem cobertura vegetal remanescente, mineração etc.), bem como informações sobre atividades que favorecem a conservação e o uso sustentável da biodiversidade (projetos ambientais, manejo florestal, ecoturismo, entre outros) são processadas de forma a explicitar o melhor conjunto de áreas que consiga abrigar as metas de conservação dos alvos, que são definidos *a priori,* pelos especialistas, com o menor custo possível.



Fonte: Luiz Alfredo Baptista Ibarra

Com apoio técnico de instituições especializadas, selecionadas por meio de editais públicos, o MMA realizou os processos de identificação das Áreas Prioritárias para Conservação dos biomas e da Zona Costeira e Marinha, que contou com a participação de especialistas e representantes de setores de Governo, do setor produtivo, da Academia, de povos e comunidades tradicionais e de ONG presentes às oficinas de trabalho, divididas conforme os seguintes temas: i) oficina de definição de alvos e metas de conservação; ii) oficina de custos; iii) oficina de oportunidades; e, iv) oficina final. A Tabela 12 informa as áreas prioritárias em cada um dos biomas e na Zona Costeira e Marinha. Foi realizado o recorte dos polígonos originais resultantes dos processos de atualização das áreas prioritárias[8], pela delimitação dos biomas, conforme IBGE (2004). A área ocupada pela Zona Costeira e Marinha desconsidera, portanto, a área costeira existente nos biomas em suas porções terrestres. Assim, a área apresentada neste Capítulo difere da constante do Capítulo Área Costeira e Marinha. Tal recorte foi necessário para evitar a dupla contagem de área, quando dois biomas definiram polígonos de área prioritárias que ultrapassaram os limites dos biomas (pois a unidade de planejamento eram as bacias hidrográficas).

Tabela 12 – Área ocupada pelas Áreas Prioritárias nos biomas e na Zona Costeira e Marinha.

Bioma*	2ª atualização (2016-2018) (área em mil ha)	Percentual ocupado no bioma ou na ZCM
Amazônia	112.508	27%
Caatinga	29.753	35%
Cerrado	73.605	36%
Pantanal	7.514	50%
Mata Atlântica	24.078	22%
Pampa	6.031	34%
Zona Costeira e Marinha**	320.125	64%

*Área do bioma, considerando o mapa de biomas do IBGE (2004).

**Área da zona costeira e marinha, considerada a soma da área coberta pela ZEE, mais a área do limite exterior da plataforma continental e do mar territorial, tendo sido retiradas as áreas de sobreposição com a parte dos biomas terrestres.

Fonte: IBGE, 2004.

8 Mais informações podem ser obtidas no site: http://areasprioritarias.mma.gov.br.

RECURSOS GENÉTICOS

Biopirataria

Com o avanço das ferramentas biotecnológicas, e o crescente interesse econômico sobre os ativos da biodiversidade, os recursos genéticos, que antes eram considerados patrimônio da humanidade, passaram a ser apropriados (por meio de instrumentos econômicos de propriedade intelectual, como patentes e outros) por instituições de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, levando à exploração econômica de produtos e processos, sem qualquer contrapartida aos países originários desses recursos, gerando, assim, crises diplomáticas ao redor do mundo. A biopirataria, enquanto apropriação indevida dos recursos genéticos e dos conhecimentos tradicionais associados, amplia as desigualdades entre os países provedores de biodiversidade e os detentores de tecnologia e recursos, capazes de transformar esses ativos em produtos de interesse.

O avanço das ferramentas biotecnológicas tornou possível a exploração, em larga escala, dos ativos da biodiversidade e do conhecimento tradicional associado (CTA). Atualmente, aplicando ferramentas de sequenciamento de alto desempenho do DNA, bem como de *screening* de ativos biológicos – *High Througput Screening* (HTS) –, é possível sequenciar, em algumas horas, o genoma de diferentes espécies, bem como triar compostos naturais candidatos a princípios ativos, para o desenvolvimento de fármacos, cosméticos, entre outros produtos de interesse. Com o crescente depósito dessas informações genéticas em bases de dados digitais, tornou-se dispensável, em alguns casos, a necessidade de se obter amostras físicas para bioprospecção de produtos ou processos, a partir da biodiversidade.

Aplicando, ainda, ferramentas de biologia sintética, bem como novas tecnologias de engenharia genética, é possível utilizar as informações disponíveis para a modificação genética de organismos vivos ou, até mesmo, desenvolver novos organismos úteis, voltados para a produção de vacinas e biocombustíveis.

O Brasil, além de detentor da maior biodiversidade do mundo, se distingue também pela grande diversidade sociocultural, caracterizada pela existência de mais de 305 povos indígenas, inúmeros segmentos de povos e comunidades tradicionais (como quilombolas, caiçaras, seringueiros), além de populações compostas por ribeirinhos e agricultores familiares.

Os povos indígenas, comunidades e agricultores tradicionais brasileiros, historicamente, se vinculam aos territórios que, tradicionalmente, ocupam e acumulam conhecimentos e práticas relacionados ao uso e manejo de espécies da biodiversidade nativa, que compõem o patrimônio genético nacional. Esses povos conhecem as propriedades das plantas medicinais e das plantas alimentícias que são usadas para sua sobrevivência. Desenvolvem e selecionam sementes e variedades crioulas para a produção de seus alimentos e de outros produtos da agricultura familiar. Esses conhecimentos são estratégicos e, além de sua importância cultural e identitária, em relação a esses povos, podem significar economia de tempo e de recursos financeiros em pesquisas biotecnológicas e desenvolvimento de produtos comerciais de alto valor agregado como fármacos, cosméticos, entre outros.

Afora os seus recursos genéticos e os conhecimentos tradicionais associados, o Brasil reúne, também, complexo industrial relativamente diversificado, possuindo, em alguns casos, setores bem avançados em bioeconomia e biotecnologia. Detém algumas empresas e, principalmente, instituições públicas de referência mundial como centros científicos, universidades públicas, a Fundação

Oswaldo Cruz (Fiocruz), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e o Butantã. O Brasil é, portanto, provedor e usuário de recursos genéticos e CTA, e essa condição peculiar permite o avanço na elaboração de um sistema nacional de acesso, repartição de benefícios e fiscalização, cujo modelo de gestão busca o equilíbrio entre o uso sustentável da biodiversidade e o respeito aos direitos dos detentores de CTA, conforme preconizado pela CDB.

Dos fundamentos da CDB, está a noção de que os recursos genéticos devam ser explorados também para benefício do próprio meio ambiente. Por meio do artigo 8º, a CDB reconhece também a importância do conhecimento dos povos indígenas e das comunidades tradicionais, sobre os recursos genéticos para a conservação e utilização sustentável da biodiversidade, e estimula os países-membros a adotarem medidas nacionais de respeito, preservação e salvaguarda desses conhecimentos. A engenharia política aprovada no âmbito da CDB prevê respeito à soberania dos países sobre os recursos genéticos de seus próprios territórios, o uso sustentável das espécies de interesse e a repartição de benefícios econômicos e tecnológicos entre as empresas usuárias, das informações genéticas e dos conhecimentos tradicionais associados e seus respectivos países de origem. A repartição de benefícios visa contribuir com o desenvolvimento ambientalmente sustentável, principalmente nas regiões cujos biomas são ameaçados por uso direto ou pela aplicação de métodos não sustentáveis.

Apesar da relevância da repartição de benefícios para o desenvolvimento ambiental sustentável, não há na CDB quaisquer dispositivos punitivos contra empresas e estados que patrocinem a biopirataria. Ao contrário do que ocorre em outros tratados, como o Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (Trips), que impõe severas sanções aos que não respeitam direitos de propriedade intelectual. Entretanto, embora firmado basicamente pelos mesmos países que a CDB e no mesmo contexto histórico, nada no regramento Trips impede a obtenção de patente junto a outros países, mesmo que a inovação biotecnológica tenha sido realizada com o acesso ilegal aos recursos genéticos de determinado país. Como subprodutos desse impasse, permanecem as fragilidades socioeconômicas, que potencializam as ameaças aos biomas e à perda de biodiversidade.

Legislação nacional de proteção do patrimônio genético nacional e do conhecimento tradicional associado

A Constituição Federal, em seu art. 225, §1º, inciso II, incumbe o Poder Público à preservação da diversidade e à integridade do patrimônio genético do País, bem como à fiscalização das entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético.

Por meio da Medida Provisória n.º 2.186-16, de 23 de agosto de 2001, o Brasil tornou-se pioneiro na implementação de uma legislação doméstica de acesso a seus recursos genéticos, de proteção e ao CTA e repartição de benefícios, permitindo o acesso à tecnologia e à transferência de tecnologia, de outros países, para a conservação e utilização sustentável da biodiversidade.

Mesmo com dispositivos de difícil execução, uma vez que os usuários tinham a obrigação de obter autorização prévia por parte da autoridade nacional – o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGen) –, a MP n.º 2.186-16/2001 passou a regrar o sistema nacional de acesso e repartição de benefícios, dando comando às estruturas de Estado, para sua gestão.

Após 15 anos de experiência com a MP n.º 2.186-16/2001, e com certa disputa de interesses entre os setores sociais envolvidos, entrou em vigor em 17 de novembro de 2015, a Lei n.º 13.123, denominada Lei da Biodiversidade, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético (PG), proteção e acesso ao CTA e sobre a repartição de benefícios

para conservação e uso sustentável da biodiversidade, regulamentada pelo Decreto n.º 8.772/2016. A Lei n.º 13.123/2015 reconhece os povos indígenas, comunidades e agricultores tradicionais como "guardiões" ou detentores de um rico acervo de CTA ao patrimônio genético, acervo considerado na legislação como patrimônio cultural do País.

Nos objetivos dessa legislação, encontram-se a promoção da conservação da biodiversidade, por meio do uso do patrimônio genético nacional, a valorização e proteção do CTA, garantindo o direito à repartição de benefícios, em percentuais da receita líquida anual da exploração econômica de cada produto acabado e de material reprodutivo oriundo do acesso, bem como assegurando direitos previstos na CDB, aos detentores de conhecimentos tradicionais associados.

A Tabela 13 resume as regras vigentes, previstas na Lei n.º 13.123/2015 e Decreto n.º 8.772/2016, para repartição de benefícios (RB).

Tabela 13 - Regras vigentes para a repartição de benefícios no Brasil.

Objeto do acesso	Modalidade da repartição de benefícios	Regra para repartição de benefícios
Acesso ao PG	RB monetária	1% da receita líquida anual para o FNRB*
	RB não monetária	ARB com União (entre 0,75% e 1% da receita líquida anual)
Acesso à CTA de origem não identificável	RB monetária	1% da receita líquida anual para o FNRB
Acesso à CTA de origem identificável	Monetária ou não monetária com o provedor + parcela monetária para o FNRB	ARB com provedor + 0,5% da receita líquida anual para o FNRB

*FNRB: Fundo Nacional para a Repartição de Benefícios. **ARB: Acordo de Repartição de Benefícios.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

O encaminhamento do PG ao exterior, com finalidade de acesso, ou seja, para pesquisa ou desenvolvimento tecnológico, foi simplificado, de modo que a remessa desse PG passou a ser realizada por meio de um cadastro de remessa, acrescido de um Termo de Transferência de Material, que vincula a instituição estrangeira ao cumprimento da legislação nacional, em especial quanto à obrigação de repartição de benefícios.

Ainda dentro da Lei n.º 13.123/2015 (art. 4º a 11), foi recriado, no âmbito do MMA, o CGen, órgão colegiado de caráter deliberativo, normativo, consultivo e recursal, responsável por coordenar a elaboração e a implementação de políticas para a gestão do acesso ao PG e ao CTA, e da repartição de benefícios, que passou a contar com a participação da sociedade civil em sua estrutura, entre eles representantes dos setores usuários (Academia e empresas) e detentores de CTA.

Efeitos da política pública de proteção do patrimônio genético nacional, e do conhecimento tradicional associado, na conservação dos recursos genéticos

Comunidades e cooperativas provedoras de PG utilizaram recursos da repartição de benefícios para melhorar suas estruturas produtivas locais, com aquisição de equipamentos e capacitação de mão de obra, repercutindo no aumento da eficiência e produtividade no fornecimento de matéria-prima de qualidade, para fabricação de produtos contendo patrimônio genético nacional, beneficiando, também, os usuários dessas matérias-primas. O incremento produtivo catalisado pelos recursos advindos dos Contratos de Utilização do Patrimônio Genético e Repartição de Benefícios (CURB), propiciou aos beneficiários estabilidade de renda, permanência de postos de trabalho e previsibilidade de

planejamento a essas comunidades. Um grau distinto de desenvolvimento social, se comparado com suas condições anteriores à repartição de benefícios ou com as demais comunidades do entorno.

O desenvolvimento de ações de capacitação, possibilitado pelos recursos advindos com a repartição de benefícios, elevou o grau de consciência da comunidade envolvida, para a proteção e uso sustentável da biodiversidade, de modo que os recursos florestais passaram a ser utilizados de maneira sustentável nessas comunidades, mantendo seu potencial produtivo de forma contínua.

Desde o início da vigência da Lei n.º 13.123/2015, até o momento, foram recebidos pelo Fundo Nacional de Repartição de Benefícios R$ 1.132.272,64. (um milhão, cento e trinta e dois mil, duzentos e setenta e dois reais e sessenta e quatro centavos). Entretanto, por falta de regulamentação, esses recursos ainda não puderam ser empregados em projetos para a conservação ou uso sustentável da biodiversidade, entre outros temas previstos na lei. Se compararmos os dispositivos da nova lei com os previstos na medida provisória, a criação do FNRB com um aporte regular de recursos e a possibilidade de participação de representantes dos detentores de CTA, bem como do setor acadêmico no Comitê Gestor, responsável por sua governança e pela definição de estratégias de aplicação dos recursos, nos termos previstos na legislação, já são, em si, medidas voltadas para melhorar as perspectivas de justiça e equidade na repartição de benefícios e assegurar maior efetividade na aplicação desses benefícios, em termos de conservação da biodiversidade.

Proteção, gestão e uso sustentável dos recursos genéticos

Os recursos genéticos são fundamentais para a segurança alimentar e nutricional, e fornecem elementos essenciais para a qualidade de vida das pessoas. São a matéria-prima para garantir alimentação, agricultura, pecuária, silvicultura e agroindústria. Conservar, caracterizar e usar essa diversidade genética garante opções para responder a vários desafios relacionados com alimentação, agricultura e tecnologia.

Ao longo das duas últimas décadas, o Ibama passou a sistematizar suas ações para identificar e reprimir aqueles que acessam o patrimônio genético nacional e o CTA, de forma ilegal, com impactos econômicos e ambientais, obtendo sucesso no desmonte de vários esquemas ilícitos.

A partir de 2005, munido de norma para punição (Decreto n.º 5.459/2005), o Ibama investigou e puniu estrangeiros saindo do País com amostras da biodiversidade brasileira e com intenção de acesso ao patrimônio genético nacional. Executou as Operações Novos Rumos I e II, entre 2010 e 2011, contra dezenas de empresas nacionais e estrangeiras, por acesso ilegal e desenvolvimento de produtos em desacordo com a legislação e sem a devida repartição de benefícios. O Brasil passou, então, ao protagonismo internacional na luta contra a biopirataria.

A forte atuação da fiscalização do Ibama contribuiu para o aperfeiçoamento da MP n.º 2.186-16/2001, culminando na publicação da Lei n.º 13.123, de 20 de maio de 2015, e seu Decreto regulamentador n.º 8.772/2016.

Desde então, o Ibama tem executado ações de fiscalização com monitoramento de produtos biotecnológicos e patentes, baseados em PG ou CTA nacionais, como também agido em recintos alfandegados (portos, aeroportos, Correios e demais empresas de remessa expressa), com o objetivo de verificar a legalidade da saída de patrimônio genético nacional para pesquisa e desenvolvimento tecnológico ao exterior. O Ibama tem monitorado a efetiva repartição de benefícios pelas instituições nacionais, acompanhando, inclusive, a repartição de benefícios junto às comunidades beneficiárias, bem como verificado o cumprimento das demais obrigações advindas com a Lei n.º 13.123/2015, pelas instituições que acessam o patrimônio genético nacional e o CTA.

Com a publicação do Decreto Federal n.º 8.772/2016, mais uma ferramenta foi implementada para auxiliar, criado para auxiliar o CGEN na gestão do PG e no CTA: o Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen)[9]. O SisGen foi implementado e disponibilizado para acesso a partir de 6 de novembro de 2017. É mantido e operacionalizado pela Secretaria Executiva do CGEN e apresenta interface que possibilita ao usuário:

- Cadastrar acesso ao PG ou ao CTA;
- Cadastrar envio de amostra que contenha PG, para prestação de serviços no exterior;
- Cadastrar remessa de amostra de PG;
- Notificar produto acabado ou material reprodutivo;
- Solicitar autorização de acesso ao PG ou ao CTA, e remessa ao exterior, com anuência do Conselho de Defesa Nacional e do Comando da Marinha, conforme casos definidos no Decreto n.º 8.772/2016;
- Solicitar credenciamento de instituições mantenedoras das coleções *ex situ,* que contenham amostras de PG;
- Obter comprovantes de cadastro de acesso, cadastro de remessa e de notificações;
- Obter certidões do procedimento administrativo de verificação; e
- Solicitar atestados de regularidade de acesso.

A Tabela 14 resume o quantitativo de registros no SisGen, desde sua implementação até o dia 30/6/2021.

Tabela 14 – Quantitativo de registros no SisGen em 2021.

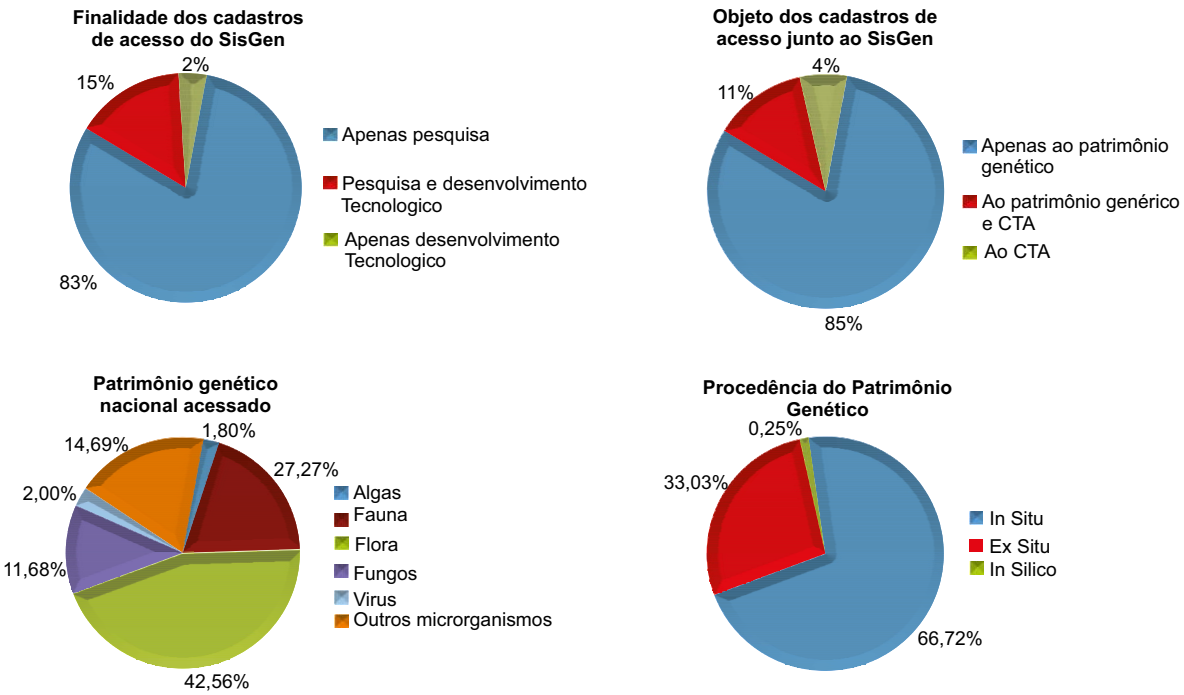
Tipo de cadastro	Quantitativo
Acessos	60.155
Remessas	1.645
Notificações de produto acabado	5.529

Fonte: MMA, 2021.

Conforme ilustrado nos gráficos da Figura 24, a maioria dos acessos envolve apenas o patrimônio genético nacional e tem como finalidade principal a pesquisa básica. PG oriundo da flora compreende a origem da maioria dos acessos realizados nesse período, seguido de acessos ao PG de origem animal e fúngico.

9 O SisGen, implementado pela Portaria Secex/CGEN n.º 1, de 3 de outubro de 2017, pode ser acessado pelo *site:* https://sisgen.gov.br.

Figura 24 – Dados dos cadastros de acesso registrados no SisGen entre 2017 e junho de 2021.



Fonte: SisGen. MMA, 2021.

Em relação às remessas de PG ao exterior (Figura 25), os Estados Unidos têm figurado como o principal destino dessas amostras (60,7%), seguido de Reino Unido (6,3%), Alemanha (6%), Suiça (5,2%), França (3,4%), entre outros destinos (18,4%).

Figura 25 – Destinos das remessas cadastradas no SisGen entre 2017 e agosto de 2021.



Fonte: SisGen. MMA, 2021.

Ratificação do Protocolo de Nagoia pelo Brasil

Ampliando o arcabouço regulatório e de proteção do PG e do CTA, em escala global, o Brasil aprovou, pelo Decreto Legislativo n.º 136/2020, o texto do Protocolo de Nagoia, ratificado em 4 de março de 2021. O Protocolo de Nagoia sobre acesso a recursos genéticos e repartição justa e equitativa dos benefícios derivados de sua utilização é um acordo pertencente à CDB e foi concluído na 10ª Conferência das Partes da Convenção (COP-10), em 2010, em Nagoia/Japão.

O objetivo desse Protocolo é promover e assegurar a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos e do CTA, mediante o acesso adequado a esses recursos e conhecimentos, e à transferência de tecnologias pertinentes, levando em conta todos os direitos sobre tais recursos e tecnologias, mediante financiamento adequado, contribuindo, desse modo, para a conservação da diversidade biológica e para a utilização sustentável de seus componentes. Esse Protocolo determina que os países (também chamados de Partes) adotem medidas legislativas, administrativas ou políticas, para assegurar que os benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos e dos conhecimentos tradicionais associados, bem como as aplicações e comercialização subsequente, sejam repartidos de maneira justa e equitativa com a Parte provedora, mediante o cumprimento da legislação ou requisitos reguladores nacionais de acesso e repartição de benefícios da Parte provedora.

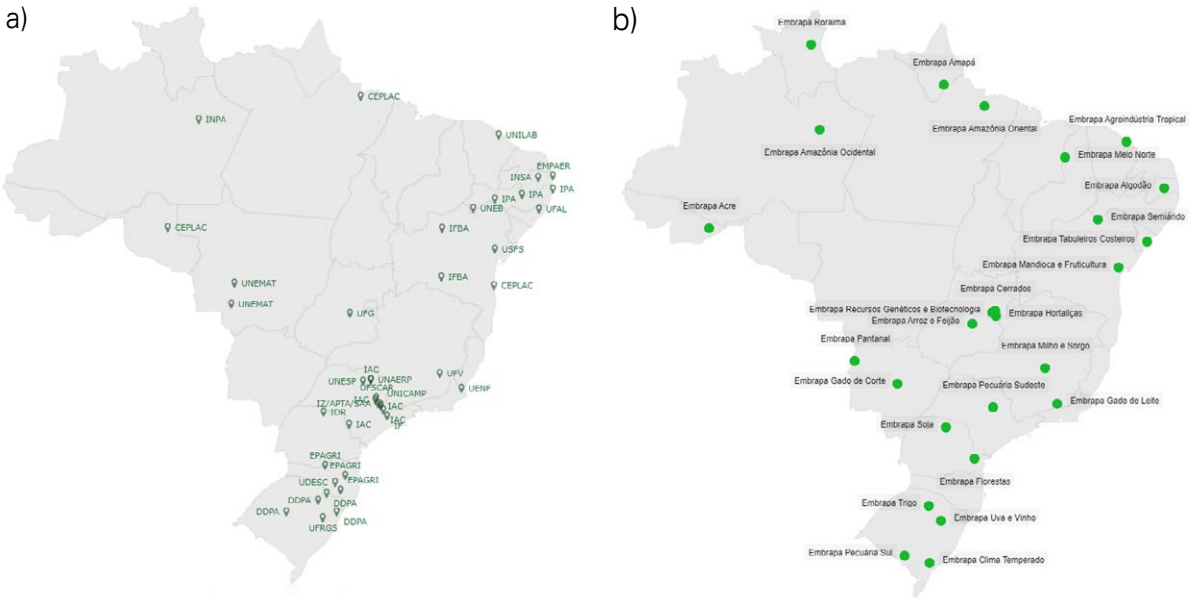
O Protocolo estabelece 37 obrigações que devem ser cumpridas pelos países-membros. Em resumo, quatro dessas obrigações já são cumpridas integralmente pela legislação brasileira, enquanto 11 não são cumpridas e as demais 22 são cumpridas parcialmente, pela legislação atual, mas necessitam de complementação na regulamentação do Protocolo de Nagoia. Portanto, é necessária regulamentação que atenda às obrigações ainda não cumpridas e às que são cumpridas parcialmente, tais como medidas legais, quando um brasileiro utilizar recursos genéticos e CTA originados de outros países, ou medidas legais quando um brasileiro utilizar esses recursos e CTA compartilhados com outras Partes. Nesse contexto, deve-se levar em conta a natureza transfronteiriça de cerca de metade da biodiversidade brasileira, em especial a riqueza do bioma amazônico, e a dificuldade de tratar da natureza jurídica de parte das espécies, em virtude dessa condição.

Conservação dos recursos genéticos vegetais e microbianos

A conservação de recursos genéticos vegetais em bancos ativos de germoplasma é realizada por 32 instituições no Brasil (Figura 26), sendo elas as organizações estaduais de pesquisa (Oepas), as Universidades e a Embrapa. Esses bancos de germoplasma incluem espécies nativas e exóticas, variedades comerciais e variedades crioulas/tradicionais, espécies domesticadas e silvestres, e parentes silvestres de plantas cultivadas.

Há muitas espécies nativas que são exploradas local ou regionalmente, como o butiá (*Butia* spp.) e a araucária (*Araucaria angustifolia),* na Região Sul, o baru (*Dipteryx alata*) e o pequi (*Caryocar brasilensis*), na Região Centro-Oeste, o camu-camu (*Myrciaria dubia*) e a pupunha (*Bactris gasipae*), na Região Norte, o cajá (*Spondias mombin*) e a mangaba (*Hancornia speciosa*), na Região Nordeste, o araticum/marolo (*Annona crassiflora*) e a pitanga (*Eugenia uniflora*) na Região Sudeste. Para a maioria das espécies nativas exploradas local ou regionalmente, os bancos de germoplasma, quando existem, conservam restrita variabilidade genética em comparação com as populações naturais. Nesse caso, ressalta-se a importância de iniciativas de conservação *in situ/on farm* de algumas espécies nativas no País.

Figura 26 – Localização dos bancos ativos de germoplasma, para a conservação de recursos genéticos vegetais, mantidos por instituições brasileiras.



OBS.: a) Universidades e organizações estaduais de pesquisa agropecuária que mantêm bancos ativos de germoplasma de plantas; b) Unidades da Embrapa que mantêm bancos ativos de germoplasma de plantas.
Fonte: Abreu *et al.*, 2021.

Na última década, foram realizadas coletas para enriquecer os bancos de germoplasma com espécies nativas (ABREU *et al.*, 2021). Para uso alimentício, destacaram-se as palmeiras açaí (*Euterpe precatoria* e *E. oleracea*), bacaba (*Oenocarpus* spp.), inajá (*Attalea maripa*), macaúba (*Acrocomia aculeata*) e tucumã (*Astrocaryum* spp.); as gramíneas (*Paspalum* spp.) e leguminosas forrageiras (*Stylosanthes* spp.); as fruteiras como abacaxi (*Ananas* spp.), anonas (*Annona* spp. e *Duguetia* spp.), araçá (*Psidium spp.*), bacuri (*Platonia insignis*), cajá (*Spondias mombin*), camu-camu (*Myrciaria dubia*), goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), jurubebas (*Solanum* spp.), mangaba (*Hancornia speciosa*), maracujá (*Passiflora* spp.) e umbu-cajá (*Spondias bahiensis*), e também a mandioca e seus parentes silvestres (*Manihot* spp.). Para uso medicinal e ornamental, as coletas com maior destaque incluíram espécies de Costus e de Heliconia, cactáceas (Arrojadoa, Brasilopuntia, Hylocereus e Pereskia), amaralidáceas, bromeliáceas, quebra-pedras (*Phylanthus* spp.) e unha-de-gato (*Uncaria* spp.).

O maior número de bancos ativos de germoplasma no País é mantido pela Embrapa, em seu Sistema de Curadorias de Germoplasma. São 164 bancos ativos de germoplasma vegetal, distribuídos em 26 diferentes unidades da Embrapa, localizadas em todos os biomas brasileiros, que abrigam um total de 2.882 espécies, de 699 gêneros, com 165.377 acessos (ALELO, 2021). Destes, 98 bancos ativos de germoplasma contêm espécies nativas com uso na alimentação, forrageiro, florestal, medicinal, ornamental e tecnológico, além de parentes silvestres de plantas cultivadas. Todos os bancos de germoplasma da Embrapa estão com seus dados disponíveis para consulta pública no Alelo[10], um conjunto de *softwares* desenvolvido para documentar, informatizar, manejar e fazer a gestão de dados e informações relacionados a recursos genéticos. O Alelo tem uma interface para compartilhamento de dados com o Genesys, um sistema de informação global.

10 Mais informações podem ser obtidas no *site:* http://alelo.cenargen.embrapa.br/.

A conservação em longo prazo de cópias de segurança dos bancos ativos de germoplasma da Embrapa é realizada pelo Banco Genético, na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. As sementes de 1.089 espécies, de 329 gêneros, representadas por 115.235 acessos, são mantidas a uma temperatura de 18 °C negativos. Uma segunda cópia de segurança para conservação, em longo prazo, desse material está depositada no Banco Mundial de Sementes de Svalbard (*Svalbard Global Seed Vault*), localizado no arquipélago norueguês de Svalbard, no Círculo Polar Ártico, em câmaras de conservação escavadas em rocha. Naquele local, as sementes de 4.757 acessos enviadas pela Embrapa são mantidas a 18 °C negativos. Até o momento, apenas acessos de espécies exóticas foram enviados para depósito em Svalbard: as coleções nucleares dos bancos de germoplasma de arroz, milho e feijão; e uma amostragem representativa de variedades crioulas/tradicionais de arroz, milho, cebola, pimentas e cucurbitáceas coletadas em todos os biomas brasileiros, ao longo das últimas cinco décadas. O próximo depósito a ser feito pela Embrapa em Svalbard prevê o envio de acessos de espécies nativas do Brasil.

A Embrapa também é responsável pela manutenção de 10 coleções de microrganismos com importância para uso na agricultura e bioindústria. Essas coleções foram recentemente reorganizadas e estão distribuídas em diferentes regiões do País. A ideia é que todas as unidades da Embrapa usem essas coleções para depositar novos isolados ou mesmo para conseguir isolados para pesquisa. As informações sobre as coleções de microrganismos da Embrapa também podem ser consultadas na plataforma Alelo, mais especificamente na plataforma AleloMicro[11].

GOVERNANÇA

Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade (Epanb)

A Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade (Epanb), ou *National Biodiversity Strategy and Action Plan* (NBSAP), em inglês, é o principal instrumento para a implementação da CDB, em nível nacional, conforme o art. 6º do texto da CDB. Os países signatários da Convenção têm o compromisso de preparar uma estratégia nacional de biodiversidade (ou equivalente) e desenvolver instrumentos para garantir que essa estratégia seja integrada ao planejamento e atividades de todos os setores cujas atividades possam impactar positiva ou negativamente a biodiversidade.

Até 2016, o Brasil não possuía um documento único integrando o que representasse uma estratégia nacional para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade. Essa estratégia era representada pelo conjunto dos diversos instrumentos legais que foram criados ao longo dos anos para proteção e uso do meio ambiente e da biodiversidade, muitos deles pioneiros e representando modelos para o cenário internacional, mas sem uma diretriz unificadora (BRASIL, 2020). O 4º Relatório Nacional para a CDB (MMA, 2011) identificou, de forma não exaustiva, 550 instrumentos legais relacionados às metas da CDB de conservação e uso sustentável da biodiversidade: 53 leis federais, 2 decretos-leis, 1 medida provisória,

11 Mais informações podem ser obtidas no *site:* http://alelomicro.cenargen.embrapa.br/InterMicro/index.xjs.

194 decretos federais e 190 resoluções da Conabio, além de 75 leis e 35 decretos em nível estadual. Os principais instrumentos criados para implementar a Estratégia Nacional de Biodiversidade constam na Figura 27.

Figura 27 – Principais instrumentos criados para implementar a Estratégia Nacional de Biodiversidade.



Fonte: 6º Relatório Nacional para a CDB. Brasil, 2020.

Com a aprovação do Plano Estratégico de Biodiversidade 2011-2020 da CDB, o Brasil iniciou, em 2011, um processo de internalização das Metas de Aichi, denominado Diálogos sobre a biodiversidade: construindo a estratégia brasileira para 2020, uma série de discussões compartimentadas pelos diferentes setores da sociedade (empresarial, sociedade civil ambiental, Academia, Governos federal e estadual, e povos indígenas e comunidades tradicionais) até se chegar à definição das Metas Nacionais de Biodiversidade para 2020, que foram publicadas na Resolução Conabio n.º 06/2013. Até que se alcançasse o resultado da Epanb atual (MMA, 2017), amplo processo de discussão e consultas com todos os setores da sociedade foram realizados em busca de consenso, para a definição das metas e indicadores que permitissem o acompanhamento do seu cumprimento. A atualização da Estratégia Nacional foi realizada em vários passos, como mostra a Figura 28.

Figura 28 – Processo de atualização da Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade.



Fonte: 6º Relatório Nacional para a CDB. Brasil, 2020.

Em 2017, foi publicada a Epanb brasileira atualizada, materializando o esforço de articulação e discussão para construir um instrumento de orientação estratégica coordenada, para as ações direcionadas à biodiversidade, ou que a afetem, planejadas e executadas pelos diversos setores brasileiros. O documento está estruturado em três partes: 1) Contexto e Antecedentes, que traz um panorama sobre a biodiversidade do Brasil, o arcabouço legal e o histórico de elaboração da Epanb; 2) Componentes Estratégicos, que apresenta as metas nacionais, seus indicadores, alguns aspectos sobre mobilização de recursos e comunicação; e 3) Plano de Ação, que traz as ações de todas as instituições aderentes à Epanb, distribuídas entre as 20 metas nacionais de biodiversidade para 2020. Para essa versão do plano de ação da Epanb, 231 instituições foram convidadas a aderir ao processo, enviando suas contribuições. Desse universo, 52 contribuíram para um total de 721 ações do plano.

Conforme apurado no 6º Relatório Nacional para a CDB (BRASIL 2020), 12% das ações do Plano de Ação da Epanb foram concluídas, 54% estavam em execução, 15% estavam em fase de planejamento ou fase inicial de implementação e apenas 7% ainda não haviam sido iniciadas. Ações sem informação somaram 11% do total. A maioria das ações avaliadas apresentaram eficiência, sendo 51% eficientes e 25% parcialmente eficientes. Apenas 3% foram avaliadas como ineficientes. A maioria das ações foi avaliada por meio de relatório e outras publicações (38%) ou monitoramento e avaliação de projetos (31%). Ações implementando atividades relacionadas à igualdade de gênero somaram 11% do total. Esses dados refletem que a Epanb brasileira estava em implementação ativa e deveria alcançar a maioria das ações propostas até 2020.

Pelo caráter dinâmico e multissetorial da Epanb, ela deve ser monitorada e atualizada periodicamente. Assim, é necessário fazer um monitoramento final, com avaliação das ações executadas até dezembro de 2020, período-limite das Metas Nacionais de Biodiversidade 2011-2020, assim como das Metas de Aichi.

Um dos principais desafios dessa agenda é promover e sustentar, ao longo do tempo, o processo de articulação de setores e seus segmentos, de modo a permitir que o processo de consolidação da estratégia reflita toda a diversidade de perspectivas existentes, e que a conservação e o uso sustentável da biodiversidade estejam, de fato, internalizados nas ações de todos os setores da sociedade (MMA, 2018). Assim, espera-se que esse processo transversal tenha continuidade com a aprovação do novo plano estratégico da CDB pós-2020, que deverá ocorrer na reunião presencial da COP 15, programada para abril de 2022, e que o País possa rever suas metas e plano de ação.

De acordo com o 6º Relatório Nacional para a CDB (BRASIL, 2020), o caráter participativo do processo é crucial para que a Estratégia seja de fato nacional e multissetorial, mas também demanda tempo maior para o desenvolvimento dos trabalhos, o que ressalta a importância de iniciar os processos de atualização e revisão com antecedência suficiente para atender aos prazos estabelecidos. É importante destacar o enorme papel do Painel Brasileiro de Biodiversidade (PainelBio) nesse processo, para assegurar o amplo espectro de contribuições técnicas nas múltiplas áreas do conhecimento abrangidas pela Epanb. Por fim, o relatório ressalta a necessidade do estabelecimento de uma equipe técnica permanente, e em número suficiente no MMA, para garantir a continuidade e a qualidade do processo, e do envolvimento de atores como os Ministérios do Planejamento e da Fazenda, hoje abarcados pelo Ministério da Economia e a Casa Civil, para alcançar a real permeabilidade do tema em todos os setores governamentais.

Avaliação das metas nacionais da biodiversidade

A CDB é um tratado internacional vinculado à ONU, que visa promover a conservação da diversidade biológica, a utilização sustentável de seus componentes e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos. O Brasil é uma das 196 Partes da CDB e se compromete a trabalhar em prol de sua implementação, cujos princípios constam em seu texto-base, com 42 artigos e 2 anexos[12]. A maior instância decisória da CDB é a COP, que se reúne a cada 2 anos. Em 2010, na COP 10, ocorrida em Nagoia/Japão, foi estabelecido um Plano Estratégico para a Biodiversidade 2011-2020 e suas Metas de Aichi: 20 metas, distribuídas em 5 objetivos estratégicos. A partir desse documento, o Brasil elaborou suas 20 Metas Nacionais de Biodiversidade, estabelecidas na Resolução Conabio n.º 06/2013, e atualizou sua Epanb (MMA, 2017).

No 6º Relatório Nacional para a CDB (BRASIL 2020), o Brasil analisou o alcance de suas metas nacionais para 2020[13], assim como a contribuição para o alcance das metas globais (Metas de Aichi). Os Relatórios Nacionais também subsidiaram a elaboração do 5º *Global Biodiversity Outlook* – GBO-5[14], uma avaliação global da situação da biodiversidade mundial.

BIODIVERSIDADE E SAÚDE

Usos da biodiversidade: dos saberes tradicionais à biotecnologia

O Brasil registra aproximadamente 45.000 espécies de plantas, algo como 20 a 22% das plantas conhecidas no planeta. O uso de plantas medicinais e de componentes da fauna para uso medicinal é ancestral e amplo no Brasil. Apesar da notável riqueza de plantas e do uso de diversas espécies como medicamento, são raros os fitofármacos listados entre os principais produtos farmacêuticos no Brasil (DUTRA *et al.*, 2016). O uso formal de princípios ativos extraídos da fauna terrestre e marinha (ARIZZA, 2013) é ainda menor, apesar do impacto significativo dos benefícios exemplarmente ilustrados pelo "Captopril", medicamento elaborado a partir do veneno das jararacas brasileiras, largamente usado no mundo para controlar pressão alta. Nesse cenário, há necessidade de recursos e continuidade de ações para o desenvolvimento e o manejo sustentável de espécies que são ou podem derivar em insumos à saúde e à indústria, especialmente os provenientes de microrganismos como fungos, bactérias, vírus e protistas (HOWES *et al.*, 2020). Para estimular esse desenvolvimento, diversas políticas para a produção de fitofármacos vêm sendo desenvolvidas no Brasil, como a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF), a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC), no SUS, e a criação da categoria Produtos Tradicionais Fitoterápicos (RDC n.º 26/2014 – Anvisa). O objetivo é aumentar a competitividade do setor, que também se articula por meio de associações, como a Associação Brasileira das Indústrias de Química Fina, Biotecnologia e suas Especialidades (Abifina), a RedesFito, entre outras.

12 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.gov.br/mma/pt-br/textoconvenoportugus.pdf.
13 Mais informações sobre o status do atingimento das metas nacionais de biodiversidade e seus principais resultados podem ser obtidas no 6º Relatório Nacional para a CDB (BRASIL, 2020).
14 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.cbd.int/gbo5.

O uso intensivo de plantas para fins medicinais e a demanda para a produção de novos medicamentos ameaçam de extinção cerca de 13% (n=723) das espécies analisadas (n= 5.411) e catalogadas como de uso comercial (n=25.791). A colheita excessiva de plantas, sementes e flores, e a extração para a venda de cascas, raízes e bulbos, levam à morte 86% das plantas afetadas e são os principais fatores de ameaça, que se refletem na redução da comercialização de espécies de 1998 e 2013 (ANTONELLI *et al.*, 2020; HOWES *et al.*, 2020). Analisando o exemplo da *Achyroclien satureioides* – macela-do-campo ou camomila-nacional –, com propriedades antiinflamatória, calmante, bactericida, antidiarreica, colinolítica, mio-rrelaxante, antiespasmódica, digestiva, estomáquica, emenagoga e antiviral, pode-se avaliar o contexto de risco em que essas plantas estão. As flores são colhidas especialmente na Sexta-Feira Santa, tradição comum nos estados da Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná, onde ocorre em maior quantidade. Não há preocupação com o plantio e, de acordo com a Flora do Brasil 2020, a espécie ainda não foi validada quanto à ameaça.

Entre os determinantes sociais da saúde, estão a pobreza, o gênero, o sexo, a idade e a contraposição entre áreas rurais e urbanas. Pessoas e grupos em situação de vulnerabilidade, como as mulheres e os pobres, que tendem a depender mais dos serviços prestados pela biodiversidade e pelos ecossistemas, sofrem desproporcionalmente com a perda de biodiversidade e possuem acesso mais restrito a mecanismos de proteção social, como, por exemplo, serviços de saúde.

Uma perspectiva de justiça social é necessária para o enfrentamento das várias dimensões da equidade, no que tange às dinâmicas entre biodiversidade e saúde. São necessárias avaliações dos níveis de vulnerabilidade e de adaptação, que deveriam ser criadas, sob medida, para o contexto dessas populações.

No setor saúde, por meio de instituições de pesquisa, ensino e inovação, sempre houve o interesse em comunidades tradicionais e povos indígenas, não só no que diz respeito às doenças que afetam essas populações, que precisam de programas e ações diferenciadas, mas também no entendimento da forma de vida e uso dos recursos naturais, para a cura de suas doenças e a sobrevivência. Pela natureza investigativa, houve avanço sobre o conhecimento das doenças tropicais, produzindo, ao longo de sua história, conhecimento acerca da biodiversidade nos estudos descritivos de espécies parasitas, vetores e seus hospedeiros, ciclos de transmissão e interações biológicas e ecológicas envolvidos, busca de vacinas, medicamentos e kits-diagnósticos, guarda das coleções biológicas ou ações educativas e de divulgação, produzindo conhecimento sobre espécies de plantas e animais, bem como na participação nos fóruns de discussão e decisão, para a implementação do acesso a recursos genéticos e repartição justa e equitativa dos benefícios advindos de sua utilização.

Mesmo que todos esses esforços tenham sido feitos, não foram e não são suficientes para proteger essas populações e saberes das ameaças sobre seus territórios. Em junho de 2021, o Seminário Produção e Consumo de Fitoterápicos, promovido pela Fiocruz e discutido entre especialistas, agências internacionais e representantes da sociedade civil e Governo, ressaltou a importância das cadeias de valor, promovidas pelas plantas medicinais, alimentícias, aromáticas e condimentares, que somam benefícios sociais e econômicos à saúde. Essas cadeias, de profundo valor aos povos indígenas e comunidades tradicionais, devem ser incentivadas e entendidas como o celeiro do conhecimento tradicional de seus usos e da guarda e manutenção da variabilidade genética dessas espécies para o futuro. A iniciativa ArticulaFito, que mapeia as iniciativas da base produtiva dessa cadeia de valores no Brasil, reforça o uso sustentável da biodiversidade brasileira, a agricultura familiar e a entrega de produtos fitoterápicos ao Sistema Único de Saúde (SUS), gerando renda e fortalecendo valores sociais, culturais e ambientais. Das cadeias mapeadas, estão a amêndoa da castanha-do-brasil, do óleo extravirgem, da farinha de coco babaçu e da manteiga de tucumã, com experiências relevantes do povo indígena Gavião Akrãtikatêjêda e do Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu (MIQCB) e da comunidade quilombola de Salvaterra, na Ilha de Marajó.

A resposta também se dá por meio da biotecnologia, que tem procurado novas formas de cura, com base em novos componentes químicos ou princípios ativos de produtos da biodiversidade, no potencial farmacêutico de inúmeras espécies de microrganismos, plantas e animais, além da busca da medicina preventiva em novos produtos da diversidade biológica.

Biodiversidade e segurança alimentar

Nos últimos anos, o modelo de desenvolvimento brasileiro foi marcado pela inserção do País, na ordem econômica internacional, como produtor de *commodities* agrícolas, pecuários, minerais e de petróleo. Os processos produtivos são responsáveis por enormes impactos na biodiversidade, além dos impactos socioambientais. O arranjo da produção brasileira de *commodities*, que prioriza as exportações, vem gerando impactos negativos ao ambiente e à saúde humana. Na produção de cana-de-açúcar e de soja, a utilização de extensas parcelas do solo gera deslocamento de populações rurais, redução de terra para a produção de alimentos, uso intenso de agrotóxicos, que contaminam o solo, e, em consequência, contaminam a água (IPEA, 2011), além da fragmentação e isolamento de áreas naturais, pela deficiência de planejamento territorial, que poderia assegurar a conectividade dessas áreas, especialmente as de reservas legais.

Apesar de o Brasil conter em seu território a maior riqueza de espécies da flora no mundo, utiliza uma parcela muito pequena da sua biodiversidade, que se reflete em baixa diversificação dos alimentos consumidos pela população, que privilegia um restrito número de espécies cultivadas e amplia a fragilidade existente no sistema alimentar.

A biodiversidade e a agricultura estão intimamente relacionadas. Quase um terço da área terrestre do mundo é usado para a produção de alimentos e a biodiversidade é a fonte dos componentes para a produção de grãos, pecuária e piscicultura, que são assegurados pela diversidade genética. No entanto, estima-se que por volta de 800 milhões de pessoas ainda vivem em situação de insegurança alimentar, apesar da produtividade da agricultura ter aumentado substancialmente nos últimos 50 anos. Além disso, a desnutrição é o fator que mais contribui, individualmente, para a carga global de doenças, afetando cidadãos de todos os países do mundo.



Fonte: Vinícius Mendonça/Ibama

O modelo de produção agropecuária dominante tem sua organização baseada em atividades econômicas concentradas em um pequeno grupo de cadeias produtivas de alimentos e requerem níveis extremamente elevados de tecnologia e alta produtividade em suas diferentes etapas. Esses sistemas agroalimentares ameaçam a biodiversidade.

A alimentação da população brasileira depende tanto da biodiversidade nativa como de espécies exóticas, ao menos 469 espécies de plantas de 84 famílias são cultivadas em sistemas agroflorestais[15]. A agricultura moderna, em que pese ter possibilitado o aumento da produção de alimentos, contribuindo para a segurança alimentar[16], foi responsável por danos consideráveis à diversidade biológica, pelo uso excessivo de produtos químicos e consumo de água, pela poluição e pela introdução de espécies exóticas invasoras. A perda da diversidade de ecossistemas agrícolas e da diversidade genética nos sistemas de produção, a partir da uniformização de variedades mais produtivas e a implantação de monoculturas de variedade uniformes de grãos, exigindo cada vez mais uso de produtos químicos, especialmente agrotóxicos, vem aumentando a vulnerabilidade e reduzindo a sustentabilidade de muitos sistemas de produção, além de produzir efeitos negativos sobre a saúde humana.

Além das consequências negativas com o uso de agrotóxicos na produção de alimentos, levando a altos níveis de poluição ambiental, afetando a saúde humana, traz também impactos significativos para a segurança alimentar e nutricional, com o declínio global das espécies polinizadoras, essenciais para a produção de alimentos do mundo[17].

Os impactos gerados pelas atividades dos sistemas agroalimentares dominantes, sobre os recursos naturais, contribuem com 29% das emissões de gás de efeito estufa, 80% do desmatamento das florestas, 70% da água doce utilizada e 80% da perda da biodiversidade em todo o planeta.

O enfraquecimento dos sistemas agrícolas tradicionais pode ocasionar diminuição da agrobiodiversidade, como apontam as tendências atuais. A degradação dos sistemas naturais desencadeia inúmeras ameaças à provisão de serviços ecossistêmicos, essenciais para a manutenção da qualidade de vida e da saúde humana, que inclui o suprimento de alimentos, a regulação da quantidade e da qualidade da água, o controle da qualidade do ar, a regulação de ameaças e eventos extremos, e de organismos prejudiciais às populações humanas. No Brasil, a conversão da cobertura vegetal nativa em outros tipos de uso do solo tem relação com o risco crescente de doenças infecciosas, como malária e leishmaniose (SEIXAS *et al.*, 2019).

Outro aspecto a considerar, passa pelo enfrentamento dos desafios associados às mudanças climáticas, no qual a biodiversidade tem papel essencial nas ações de adaptação e mitigação necessárias, aumentando a resiliência dos sistemas de produção de alimentos e diminuindo a vulnerabilidade sobre a insegurança alimentar e nutricional das populações.

Além disso, à medida que se utiliza menos espécies da biodiversidade na agricultura, com a predominância das *commodities*, há mais simplificação das dietas e coloca-se em risco o consumo adequado de alimentos e nutrientes necessários para promover o crescimento, desenvolvimento e a manutenção da saúde. Apenas 25% dos brasileiros consomem a quantidade de frutas e verduras recomendada pela Organização Mundial da Saúde (400g por dia), que são os alimentos que fornecem nutrientes importantes para a saúde, como vitaminas, minerais e fibras.

15 Mais informações sobre o Plano ABC podem ser obtidas no capítulo "Terra".
16 Conceitua-se segurança alimentar como definido na 2° Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (2004): "realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, econômica e socialmente sustentáveis".
17 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.iucnredlist.org/search/stats?searchType=species.

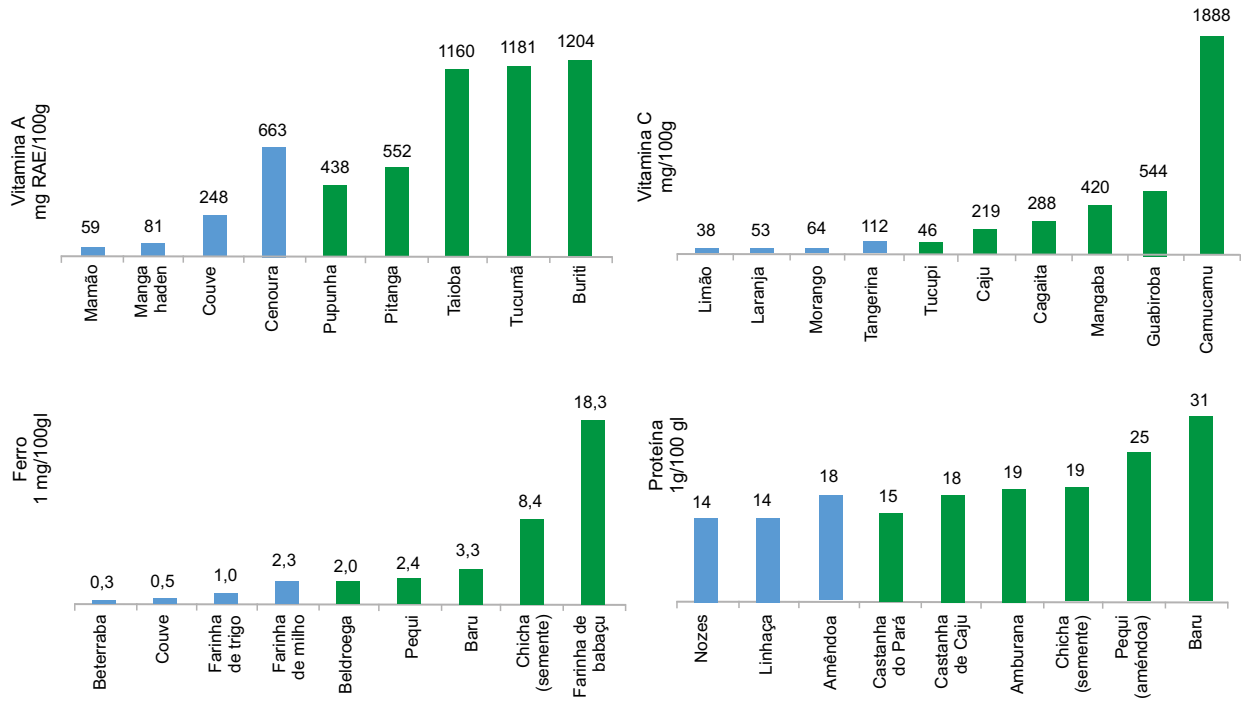
Em seu programa de trabalho para a biodiversidade agrícola, a CDB aponta quatro elementos para enfrentar esses desafios:

- avaliar a situação e as tendências da diversidade biológica agrícola mundial, as causas subjacentes da mudança e o conhecimento das práticas de manejo;
- identificar técnicas, práticas e políticas de adaptação;
- capacitação, conscientização e promoção de ações responsáveis; e
- incorporação de planos e estratégias nacionais para a conservação e uso sustentável da biodiversidade agrícola nos setores relevantes da agricultura.

O Projeto GEF[18] Biodiversidade para Alimentação e Nutrição (conhecido como Projeto BFN, da sigla em inglês) nasceu da iniciativa transversal de mesmo nome, ligada ao programa de trabalho da CDB, citado acima. Foi coordenado, no Brasil, pelo MMA, entre os anos de 2012 a 2018, e teve como premissa que o maior consumo de diferentes espécies nativas da biodiversidade brasileira pode melhorar a nutrição e a saúde das pessoas por meio de uma dieta mais diversificada e nutritiva, com base em espécies tradicionais e localmente adaptadas. Partiu do entendimento de que a valorização da biodiversidade auxilia na redução de sua perda e consequente conservação.

Dados levantados pelo BFN demonstram que alimentos da biodiversidade nativa podem ser tão ou mais nutritivos que outros alimentos que fazem parte da dieta dos brasileiros, como exemplificado na Figura 29.

Figura 29 – Quantidades de nutrientes em alimentos de espécies nativas (verde) e em outros alimentos (azul).



Fonte: MMA, 2020.

18 GEF: sigla em inglês para Fundo para o Meio Ambiente Mundial.

Os produtos resultantes do Projeto BFN ajudam a demonstrar a forte ligação existente entre a biodiversidade, a alimentação e a nutrição, promovendo a valorização da importância alimentícia e nutricional das espécies nativas do Brasil[19].

Para a *Food Systems Summit* (2021), da ONU, os elementos-chave para a Estrutura Global de Biodiversidade para a Transformação do Sistema Alimentar seguem os princípios de:

- garantir benefícios, incluindo nutrição, segurança alimentar e meios de subsistência, por meio do manejo sustentável de espécies silvestres da fauna e da flora;
- apoiar a produtividade, sustentabilidade e resiliência da biodiversidade, em ecossistemas agrícolas e outros ecossistemas manejados, por meio da conservação e uso sustentável desses ecossistemas e redução das lacunas de produtividade;
- reduzir os impactos negativos sobre a biodiversidade, garantindo que as práticas de produção e as cadeias de abastecimento sejam sustentáveis;
- eliminar padrões de consumo insustentáveis, garantindo que as pessoas, em todos os lugares, façam escolhas responsáveis proporcionais à visão de biodiversidade para 2050[20].

De acordo com a FAO, os governos terão de tomar medidas concretas para garantir que as suas responsabilidades neste campo sejam cumpridas, particularmente à luz da importância da Biodiversidade para Alimentos e Agricultura (BFA, em inglês), para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, para 2030.

O Brasil tem participado de uma série de instrumentos políticos internacionais que influenciam direta ou indiretamente a Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BSE), com compromissos globais firmados, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a CDB, a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima (UN - FCCC) e a Convenção de Combate à Desertificação (UNCCD). Muitos desses são ancorados em políticas nacionais, portanto, é fundamental que instrumentos de política ambiental no País sejam conectados com as políticas de desenvolvimento, de forma a permitir que a conservação ou a restauração da biodiversidade possa gerar oportunidades de renda, trabalho e economia, em grande escala (SCARANO *et al.*, 2019).

A Fiocruz definiu macrodiretrizes estratégicas, que norteiam sua agenda, com destaque para a abordagem integrada de saúde, ambiente e sustentabilidade, em que a biodiversidade e saúde sejam um dos eixos estruturantes de seus programas e ações institucionais. Além disso, o apoio à elaboração de políticas e programas de saúde que incluem as atividades tradicionais de povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais, na área de segurança alimentar e saúde, no contexto amplo de bem-estar, está em consonância com a Política Nacional de Saúde Integral das Populações do Campo e da Floresta (CHAME, 2018).

Emergência de zoonoses e biodiversidade

Um importante aspecto a ser considerado em relação às atividades, comportamento humano e seus efeitos sobre a biodiversidade relaciona-se ao aumento do risco e do impacto da transmissão de doenças infecciosas, muitas de origem animal, aos humanos, e no fluxo inverso, dos humanos aos animais. As chamadas zoonoses são doenças ou infecções transmitidas a partir do contato entre humanos e animais silvestres e domésticos, e a

19 i) Banco de Dados de Composição Nutricional da Biodiversidade Brasileira dentro do Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira – SiBBr (https://ferramentas.sibbr.gov.br/ficha/bin/view/FN); ii) Livro de receitas Biodiversidade do Brasil: Sabores e Aromas (https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-e-flora/manejo-e-uso-sustentavel); iii) Curso on-line Integração da Biodiversidade para Alimentação e Nutrição (http://www.b4fn.org/e-learning/); e iv) livros Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial e Plantas para o Futuro, disponíveis no *site* do MMA (https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-e-flora/manejo-e-uso-sustentavel).

20 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no capítulo "Água".

definição clássica de zoonose também considera a via inversa, em que humanos contaminam os animais. A transmissão de zoonoses obedece às diversas estratégias utilizadas pelos agentes etiológicos que evoluem e se adaptam na medida da plasticidade genética, condições ambientais, populacionais e comportamentais das espécies envolvidas nos seus ciclos de vida (JOHNSON *et al.*, 2015). De forma geral, pode ocorrer quando há contato com tecidos e secreções do animal hospedeiro ou parte deles (carne de caça, por exemplo); contato físico direto, ocorrendo ou não lesões como arranhaduras ou mordeduras; ou indiretamente, mediante a ação de vetores como mosquitos, pulgas ou carrapatos, ou quando o hospedeiro entra em contato com o ambiente onde estão disponíveis formas de resistência, embrionárias ou larvares infectantes. Os impactos das zoonoses sobre a saúde humana podem ser dimensionados a partir do fato de que cerca de 60% de todos os patógenos causadores de doenças em humanos são de origem animal e são, portanto, zoonóticas. Desse total, 75% referem-se a agentes etiológicos originalmente presentes em animais silvestres. Além disso, a maioria das doenças emergentes ou reemergentes – entendidas como as doenças novas ou que têm franco aumento em sua incidência, variedade geográfica ou espécies hospedeiras, com respectivo aumento de seu impacto sobre a saúde humana – têm origem zoonótica.

Levantamento realizado por Taylor e colaboradores, em 2001, aponta a presença de 1.415 agentes etiológicos compartilhados entre humanos e animais. Em 2015, Wardeh e colaboradores revisaram esse número para 2.107 espécies. Ainda que seja relevante considerar que a capacidade de diagnóstico nos últimos 50 anos permite identificar espécies circulantes anteriormente desconhecidas, é evidente que o aumento e a velocidade da emergência das zoonoses são impulsionados por ações e comportamento humano recente. Há, atualmente, consenso entre os pesquisadores de saúde pública que atividades antropogênicas, a exemplo dos contínuos avanços sobre áreas silvestre, a partir de modelos de uso e ocupação do solo predatórios, padrões de urbanização e práticas de produção de alimentos inconciliáveis com a biodiversidade local, levam a um maior contato entre os humanos e os animais, propiciando o surgimento e disseminação de novas doenças, originadas a partir dessas interações.

Práticas como o aumento do desmatamento[21] intensificam a oportunidade de contato entre seres humanos e novas espécies de parasitas, dinâmica que é reforçada pela diminuição dos hospedeiros naturais desses parasitas na fauna local, ou aumento do contato direto com seres humanos, o que propicia a busca desses parasitas por novos hospedeiros (Figura 30).

O caso do vírus da Ebola, cujo surgimento em 1976, no Nzara/Sudão e em Yambuku/República Democrática do Congo, foi associado à caça, desmatamento e exploração de madeira e ao comércio ilegal de espécies nativas de animais. Também é o caso das recentes doenças respiratórias surgidas nos últimos anos, a exemplo da Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS), da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS) e da Síndrome Respiratória Aguda Grave, pelo novo Coronavírus (SARS-Cov-2). Além das doenças emergentes, a perda de biodiversidade de ecossistemas leva ao surgimento das chamadas doenças reemergentes, que já haviam sido em alguma medida controladas, mas que voltaram a representar ameaça à saúde humana, a exemplo da dengue e malária.

Em termos de impactos sobre a saúde mundial, essa dinâmica se traduz em cerca de 10% de todas as mortes ocorridas no mundo, atribuídas a doenças contagiosas, uma vez que as zoonoses representam em torno de 60% das doenças contagiosas conhecidas e 75% das doenças contagiosas emergentes.

Além da destinação de áreas específicas para conservação, são fortalecidas ações de fiscalização e controle de atividades degradadoras e ilegais, que têm potencial impacto deletério sobre a biodiversidade e trazem reflexo à saúde humana, tais como: desmatamento, queimadas, destruição de habitats, caça e pesca predatórias, aprisionamento e comercialização de animais silvestres, coleta de plantas silvestres, biopirataria, entre outros.

21 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no capítulo "Florestas".

Figura 30 – Fatores de "favorabilidade" à emergência de zoonoses.



Fonte: Fiocruz, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A enorme biodiversidade encontrada no Brasil apresenta grande potencial econômico, sendo importante fonte de recursos para a alimentação, construção, combustíveis, medicina e cosméticos, entre outros (SHARROCK *et al.*, 2014). Além disso, a alta diversidade de espécies encontrada no País também representa fonte importante de serviços ecossistêmicos, críticos para a vida na Terra. De fato, a biodiversidade apresenta papel crítico para o sustento, bem-estar e saúde, provendo diversos produtos e serviços para a humanidade, tais como regulação do clima, água pura e controle de erosões, entre muitos outros. Um bom conhecimento da biodiversidade do nosso País é a chave para o estabelecimento de políticas públicas e estratégias para a conservação, que permitem a preservação das espécies e dos processos ecológicos e evolutivos necessários para a origem e manutenção da biodiversidade.

A preservação da biodiversidade se torna cada vez mais urgente. De fato, a proteção da biodiversidade representa um seguro importante contra as ameaças globais, representando a base para a sobrevivência da nossa própria civilização. O maior desafio está em conciliar o desenvolvimento do País, incluindo os avanços da agricultura e da pecuária sobre as áreas naturais dos diversos biomas, com a proteção e conservação da biodiversidade.

As mudanças no uso da terra, a perda de habitats, superexploração, poluição, espécies invasoras e mudanças climáticas são fatores que contribuem diretamente para a perda de biodiversidade. A contínua perda de biodiversidade, incluindo a perda ou a degradação de ecossistemas, está reduzindo a capacidade da biodiversidade e dos ecossistemas, de oferecer serviços de apoio à vida, o que, em muitos casos, leva a consequências negativas sobre a saúde e o bem-estar humano.

A valorização da biodiversidade regional pode contribuir para fortalecer e ativar a economia das diferentes regiões do País, além de favorecer o desenvolvimento com agregação de valor e geração de emprego, especialmente com a promoção do turismo, da gastronomia e da bioeconomia. Também é necessário repensar os currículos acadêmicos, com ênfase para os cursos de Biologia, Ciências Agrárias e afins, além de engajar esforços na pesquisa para a descoberta de novas espécies, seus possíveis usos, promovendo a bioprospecção e o desenvolvimento tecnológico de novos produtos, a partir do acesso aos recursos genéticos nativos do Brasil.

A relação da biodiversidade com a saúde das comunidades biológicas habitantes da Terra se dá em diversos níveis e escalas temporais e espaciais. Assim como a saúde das populações humanas, a da biodiversidade também é cada vez mais fortemente impactada por fatores ambientais e socioeconômicos derivados das atividades antrópicas. Nos seus diversos arranjos climáticos e ecossistêmicos, a biodiversidade provém os serviços ambientais, dos quais a sobrevivência de todos e a economia humana são absolutamente dependentes. No nível de comunidades e populações biológicas, no qual estamos inseridos como espécie generalista, de população imensa e densa, de alta capacidade de dispersão, ocupação de territórios e biomassa, nos tornamos vulneráveis aos próprios impactos, que favorecem a emergência e endemismos de doenças, desigualdades, fome, violência, perda estratégica de recursos para o futuro e aumento de custos para a produção insustentável. Como espécie, parte da biodiversidade (BENTON *et al.*, 2021), coevoluimos com diversos microrganismos que compõem cada um de nós e nos garantem saúde individual e mental.

Pandemias, como a causada pelo novo coronavírus, nos mostra que respostas mais efetivas em relação à emergência de zoonoses oriundas das pressões antrópicas sobre a biodiversidade de determinados ecossistemas passam, necessariamente, pela conservação de áreas específicas, que abrigam diferentes ecossistemas, bem como a regulação e limitação de atividades humanas nessas áreas.



Fonte: Vinicius Mendonça/Ibama

REFERÊNCIAS

ABREU, A.G.; PÁDUA, J.G.; BARBIERI, R.L. (Org.). **Recursos Genéticos Vegetais para a Alimentação e a Agricultura no Brasil - Relatório Nacional - 2012 a 2019**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2021. 107 p.

ALELO. **Números da Curadoria de Recursos Genéticos**. Disponível em: http://alelo.cenargen.embrapa.br/numeros/Executar?acao=Portal.template. Acesso em: 19 ago. 2021.

ALVES, M.M.; LOPES, S.F.; ALVES, R.R.N. (2016) Wild vertebrates kept as pets in the semiarid region of Brazil. **Tropical Conservation Science** 9:354-368.

ALVES, R.R.N.; LIMA, J.R.F.; ARAUJO, H.F. (2013) The live bird trade in Brazil and its conservation implications: an overview. **Bird Conservation International** 23:53-65.

ALVES, R.R.N.; NOGUEIRA E.; ARAÚJO H.; BROOKS, S. (2010) Bird-keeping in the Caatinga, NE Brazil. **Human Ecology** 38:147-156.

AMARAL, A. C. Z. Brazilian sandy beaches: characteristics, ecosystem services, impacts, knowledge and priorities. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, p. 5-16, 2016.

ANTONELLI, A., FRY, C., SMITH, R.J., SIMMONDS, M.S.J., (2020). **State of the World's Plants and Fungi 2020**. Royal Botanic Gardens, Kew. DOI: https://doi.org/10.34885/172_

ARIZZA, V. (2013). Marine biodiversity as source of new drugs. **Italian Journal of Zoology**. 80. 317-318. 10.1080/11250003.2013.830370.

BARBER-MEYER, S.M. (2010) Dealing with the clandestine nature of wildlife trade market surveys. **Conservation Biology** 24:918-923.

BARNOSKY, A.D., MATZKE, N., TOMIYA, S., WOGAN, G.O., SWARTZ, B., QUENTAL, T.B., MARSHALL, C., MCGUIRE, J.L., LINDSEY, E.L., MAGUIRE, K.C., MERSEY, B., FERRER, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? **Nature 471**, 51-57.

BATAUS, Y. S. L.; REIS, M. L. (orgs.). 2011. Plano de Ação Nacional para a Conservação da Herpetofauna Insular Ameaçada de Extinção. **Série Espécies Ameaçadas**, 21: 124p. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-herpetofauna/pan-herpetofauna-web.pdf. Acessado em: 24/01/2017.

BATISTA, G. O. (org.). **Relatório sobre áreas prioritárias para o manejo de javalis: aspectos ambientais, socioeconômicos e sanitários**. Brasília: Ibama; 2019.

BELLARD, C., CASSEY, P., BLACKBURN, T.M., 2016. Alien species as a driver of recent extinctions. **Biol. Lett**. 12 (2), 20150623.

BENTON, M.L., ABRAHAM, A., LABELLA, A.L**.** The influence of evolutionary history on human health and disease. **Nat Rev Genet 22, 269-283 (2021**). https://doi.org/10.1038/s41576-020-00305-9

BERGIER, I. Effects of highland land-use over lowlands of the Brazilian Pantanal. **Science of the Total Environment**, v. 463, p. 1060-1066, 2013.

BFG (Brazil Flora Group) 2021. **Flora do Brasil 2020**. 1-28 pp. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. http://doi.org/10.47871/jbrj2021001.

BÖHLKE, J.E., WEITZMAN, S.H., MENEZES, N.A. 1978. Estado atual da sistemática dos peixes de água doce da América do Sul. **Acta Amazônica**, 8(4):657-677.

BRANDÃO, R.A.; ZANATTA, M. R. V.; SOUZA, E. N. F. 2021. Biodiversity as a complex clockwork. **Heringeriana 15**: 1-16. https://doi.org/10.17648/heringeriana.v15i1.917957. Acesso em nov. 2021.

BRASIL. **Brasil: 6º Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB).** Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade. Brasília, DF: MMA, 2020. 1088p. Versão em inglês disponível em: https://chm.cbd.int/pdf/documents/nationalReport6/249832/1. Acesso em 24 jun. 2021.

BRASIL (2014a). **Portaria nº 43**, de 31 de janeiro de 2014. Diário Oficial da União. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 05 fev. 2014. Seção 1, p. 53-54.

BRASIL (2014b). **Portaria nº 445**, de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 18 dez. 2014. Seção 1, p. 126-130.

BRUMMITT, N. A., BACHMAN, S. P., GRIFFITHS LEE, J., LUTZ, M., MOAT, J. F., FARJON, A., NIC LUGHADHA, E. M. (2015). Green Plants in the Red: **A Baseline Global Assessment for the IUCN Sampled Red List Index for Plants**. PloSOne, 10 (8), 1-22.

BUCKUP, P.A., MENEZES, N.A., GHAZZI, M.S. 2007. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil.** Rio de Janeiro. Museu Nacional.

BURTON, J. A. 2003. The context of red data books, with a complete bibliography of the IUCN publications. Pages 291-300. In: H. H. DE IONGH, O. S. B´ANKI, W. BERGMANS. M. J. van derWerff ten Bosch, editors. **The harmonization of red lists for threatened species in Europe.**

BUTCHART, S. H. M., WALPOLE, M., COLLEN, B., VAN STRIEN, A., SCHARLEMANN, J. P. W., ALMOND, R. E. A., WATSON, R. (2010). Global biodiversity: indicators of recent declines. **Science**, 328 (5982), 1164-8.

CBD. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD). **Agricultural biodiversity**. Disponível em: https://www.cbd.int/agro.

CEBALLOS, G., EHRLICH P.R., BARNOSKY A.D., GARCÍA A., PRINGLE R.M.; PALMER T.M. (2015). Accelerated modern human–induced species losses: Entering the sixth mass extinction. **Sciences Advances** 1 (5). DOI: 10.1126/sciadv.1400253

CHAME, M.; BRANDÃO, M.L.(Coord.) Biodiversidade e saúde: complexidades, construções e desafios. Série Fiocruz; Documentos institucionais; **Coleção saúde, ambiente e sustentabilidade,** v.3. Fiocruz, 2018.

CHASE, J.M., BLOWES, S.A., KNIGHT, T.M. Ecosystem decay exacerbates biodiversity loss with habitat loss. **Nature 584**, 238-243 (2020). https://doi.org/10.1038/s41586-020-2531-2

CHEEK, M., *et al*. 2020. **New scientific discoveries: Plants and fungi.** PPP 2: 371-388.

CONABIO, Resolução n. 07, de 29 de maio de 2018. Anexo. Publicado em: 13/06/2018 | Edição: 112, Seção: 1, Página: 69 Órgão: **Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade.**

CONABIO. **Deliberação Conabio nº 62**, de 26 de abril de 2017.

DAI, C.; ZHANG, C. (2017) The local bird trade and its conservation impacts in the city of Guiyang, southwest China. **Regional Environmental Change**. Http://dx.doi.org/10.1007/s10113-017-1141-5. Acesso em 24 de novembro de 2016.

DE CASTRO, Alisson Silva; ANDRADE, Daniel Caixeta. O custo econômico do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira (1988-2014). **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2016.

DESTRO, G.F.G; PIMENTEL, T.L.; SABAINI, R.M.; BORGES, R.C.; BARRETO, R. (2012) Efforts to Combat Wild Animals Trafficking in Brazil. In: LAMEED, G.A. (Ed.) **Biodiversity Enrichment in a Diverse World** (421-436). Cap. 16. Croacia: InTech.

DESTRO, G.F.G.; DE MARCO, P.; TERRIBILE, L.C. (2019) Comparing environmental and socioeconomic drivers of illegal capture of wild birds in Brazil. **Environmental Conservation**, 47:46-51. doi:10.1017/S0376892919000316

DIAMOND, J. M. (1972). Biogeographic kinetics: Estimation of relaxation times for avifaunas of Southwest Pacific islands. **Proceeding of the National Academy of Sciences** 69:3199-3203.

DIAS, B.; DA SILVA M; MARINELLO, L. R. 2021. Comentários e recomendações para regulamentar o Protocolo de Nagoia no Brasil. REVISTA DA ABPI, v. 171, p. 28-49.

DRIVER, M.; RAIMONDO, D.; MAZE, K.; PFAB, M. F.; HELME, N. A. 2009. Applications of the Red List for conservation practitioners. In: RAIMONDO, D.; VON STADEN, L.; FODEN, W.; VICTOR, J. E.; HELME, N. A; TURNER, R. C.; KAMUNDI, D.A.; MANYAMA, P.A. (eds). **Red List of South Africa Plants**, Strelitzia, 25. Pretoria: South Africa National Biodiversity Institute-SANBI.

DUFFY, R. (2016) The illegal wildlife trade in global perspective. In: ELLIOTT, L.; SCHAEDLA, W.H. (Eds). Handbook of Transnational Environmental Crime. Cap. 6. Cheltenham, Glos northampton, Massachusetts: **Edward Elgar Publishing**.

DUTRA R.C., M. M. CAMPOS, A.R.S. SANTOS, J. B. CALIXTO. Medicinal plants in Brazil: Pharmacological studies, drug discovery, challenges and perspectives. **Pharmacological Research,** 112:4-29. 2016. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2016.01.021.

ENVIRONMENT CANADA, 2003. Species at Risk Act, A Guide. **National Library of Canada**: 26 p.

FAITH, D. (2021) **Biodiversity, The Stanford Encyclopedia of Philosophy**, Edward N. Zalta (ed.), Spring Edition.

FAUSET, S., M.O. JOHNSON, (...) O.L. PHILLIPS (2015) Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling. **Nature Communications** 6: 6857.

FERNANDES-FERREIRA, H.; MENDONÇA, S.V.; ALBANO, C.; FERREIRA, F.S.; ALVES, R.R.N. (2012) Hunting, use and conservation of birds in northeast Brazil. **Biodiversity and Conservation** 21:221-244.

FERREIRA, C.M.; GLOCK, L. (2004) Diagnóstico preliminar sobre a avifauna traficada no Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências** 12:21-30.

FORZZA, R C. *et al.* (2012) New Brazilian Floristic List Highlights Conservation Challenges. **BioScience**, V.62. n.1: 39-45. DOI: 10.1525/bio.2012.62.1.8.

FORZZA, RC., org., *et al.* Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. 871 p. Vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0.

FREITAS, A.C.P. de; OVIEDO-PASTRANA, M.E.; VILELA, D.A. da R.; PEREIRA, P.L.L.; LOUREIRO, L. de O.C.; HADDAD, J.P.A.; MARTINS, N.R. da S.; SOARES, D.F. de M. (2015) Diagnóstico de animais ilegais recebidos no centro de triagem de animais silvestres de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, no ano de 2011. **Ciência Rural** 45:163-170.

FULLER, R. A.; Mcgowan, P. J.K.; CARROLL, J. P.; DEKKER, R. W.R.J.; GARSON, P. J. (2003). What does IUCN species action planning contribute to the conservation process. **Biological Conservation**, 112: 343-349.

GAMA, T.F.; SASSI, R. (2008) Aspectos do comercio ilegal de passaros silvestres na cidade de Joao Pessoa, Paraiba, Brasil. **Gaia Scientia** 2:1-20.

GOMES, V. H. F., VIEIRA, I. C. G., SALOMÃO, R. P.; TER STEEGE, H. (2019). Amazonian tree species threatened by deforestation and cli-mate change. **Nature Climate Change**, 9(7), 547-553. https://doi.org/10.1038/s4155 8-019-0500-2

HANSEN, A.; Li, A.; JOLY, D.; MAKARU, S.; BROWNSTEIN, J. (2012) Digital Surveillance: a novel approach to monitoring the illegal wildlife trade. **PloS ONE** 7(12): e51156.

HOPKINS, M.J. Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon basin. **J. Biogeogr.** 34: 1400-1411.

HORTAL J., BELLO F., DINIZ-FILHO J.A.F., LEWINSOHN T.M., LOBO J.M.; LADLE R.J. (2015). Seven shortfalls that beset largescale knowledge of biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** 46: 523-549. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400

HOWES et al. (2020). Molecules from nature: Reconciling biodiversity conservation and global healthcare imperatives for sustainable use of medicinal plants and fungi. **Plants, People, Planet** 2(5). DOI: https://doi.org/10.1002/ppp3.10138

HOWES M. R., C. L. QUAVE, J. COLLEMARE et al. Molecules from nature: Reconciling biodiversity conservation and global healthcare imperatives for sustainable use of medicinal plants and fungi. **Plants People Planet**, Volume 2, (5): 463-481, 2020 . https://doi.org/10.1002/ppp3.10138

HUGHES, B.; DUGGER, B.; CUNHA, H. J.; LAMAS, I.; GOERCK J.; LINS, L.; SILVEIRA, L. F.; ANDRADE, R.; BRUNO S. F.; RIGUEIRA, S.; BARROS, Y. M. 2006. Plano de Ação para a Conservação do Pato-mergulhão *Mergus octosetaceus*. **Série Espécies Ameaçadas, 3**: 86p. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/panmergulhao.pdf. Acessado em 24/01/2017.

HUMPHREYS A.M., GOVAERTS R., FICINSKI S.Z., NIC LUGHADHA E., VORONTSOVA M.S. (2019) Global dataset shows geography and life form predict modern plant extinction and rediscovery. **Nature Ecology & Evolution 3**,1043-1047. doi:10.1038/s41559-019-0906-2

IBAMA. 2004. Plano de Ação para a Conservação do mutum-do-sudeste, *Crax blumenbachii*. **Série Espécies Ameaçadas nº1**: 66p. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-mutum-sudeste/crax_blumenbachi.pdf. Acessado em: 24/01/2017.

IBAMA. 2006. Plano de manejo da arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*). **Série Espécies Ameaçadas, 4**: 78p. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-arara-de-lear/arara-azul-de-lear.pdf. Acessado em:24/01/2017.

IBAMA. Dados abertos. Disponível em: http://dadosabertos.ibama.gov.br/dataset/fiscalizacao-infracao. Acesso em 20/07/2021.

IBAMA. 2020a. **Plano nacional de prevenção, controle e monitoramento do coral-sol (Tubastraea spp.)** no Brasil/Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas. – Brasília, DF: IBAMA, 2020.

IBAMA. 2020b. **Plano nacional de prevenção, controle e monitoramento do mexilhão-dourado (*Limoneperna fortunei*)** no Brasil / Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas. – Brasília, DF: IBAMA, 2020.

IBAMA. **Relatório Técnico de Gestão do Manejo de Javalis no Brasil 2013 a 2016/Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas**. – Brasília, DF: IBAMA, 2018.

IBAMA. Relatórios não publicados. Diretoria de Uso da Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, 2021.

IBAMA. **Sumário Executivo do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (*Sus scrofa*)/**Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas. – Brasília, DF: IBAMA, 2019.

ICMBIO, 2013. **Instrução Normativa nº 34**, de 17 de outubro de 2013. Disciplina as diretrizes e procedimentos para a Avaliação do Estado de Conservação das Espécies da Fauna Brasileira, a utilização do sistema ESPÉCIES e a publicação dos resultados, e cria a Série Fauna Brasileira. Diário Oficial da União. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília, DF, 18 out. 2013. Seção 1, p. 93-94.

ICMBIO, 2020. **Instrução Normativa nº 09**, de 11 de agosto de 2020. Disciplina as diretrizes e procedimentos para a Avaliação do Risco de Extinção das Espécies da Fauna Brasileira, a utilização do Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE, a política de dados e a publicação dos resultados. Diário Oficial da União. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília, DF, 19 ago. 2020. Seção 1, p. 53.

ICMBIO, 2021. **Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE**. Dados não publicados. Disponível em https://salve.icmbio.gov.br/salve/. Acesso em: 08 de jul. de 2021

ICMBIO. 2008a. Plano de Ação Nacional para Conservação das Aves de Rapina. **Série Espécies Ameaçadas, 5:** 136 p. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/panaverapina.pdf. Acessado em 24/01/2017.

ICMBIO. 2008b. Plano de ação nacional para a conservação dos Galliformes ameaçados de extinção (acaruãs, jacus, jacutingas, mutuns e urus). **Série Espécies Ameaçadas, 6**: 88p. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-galiformes/pan-galiformes.pdf. Acessado em: 24/01/2017.

ICMBIO. 2008c. Plano de ação nacional para a conservação do mutum-de-alagoas (mitu mitu = *Pauxi mitu*). **Série Espécies Ameaçadas, 7**: 48p. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/panmutumalagoas.pdf. Acessado em: 24/01/2017.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília: ICMBio. 4162 p.

ICMBIO, 2018a. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**: Volume I, 1ª. Edição, Brasília, DF:.492 p.

ICMBIO, 2018b. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**: Volume VI - Peixes. 1a. Edição, Brasília, DF: 1232 p.

IHME (2014). GBD 2010, GBD Compare. Disponível em inglês em: http://viz.healthmetricsandevaluation.org/gbdcompare

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN), 2021. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2021-1. Disponível em: https://www.iucnredlist.org. Acesso em: nov. 2021.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria**. Version 14. IUCN, 2019.113 p.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN)/SSC. 2008. **Strategic Planning for Species Conservation: A Handbook**. The Species Conservation Planning Task Force. Species Survival Commission, IUCN, Gland, Switzerland. 123 p.

IPEA, 2011. O Comércio Internacional e a Sustentabilidade Socioambiental no Brasil. **Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro** n.79.

KOLAR, C.S.; LODGE, D.M. (2001) Progress in invasion biology: predicting invaders. **Trends in Ecology & Evolution 16**:199-204.

KUHNEN, V.V.; REMOR, J.O.; LIMA, R.E.M. (2012) Breeding and trade of wildlife in Santa Catarina state, Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 72:59-64.

LAPIG - Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, 2020. **Atlas Digital das Pastagens Brasileiras,** dados de 2018. URL: https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/produtos/atlas-digital-das-pastagens-brasileiras (acesso em 20 de junho de 2021).

LAWSON, K.; VINES, A. (2014) Global impacts of the illegal wildlife trade: the costs of crime, insecurity and institutional erosion. Londres: **Chatham House**.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. How Many Species Are There in Brazil? **Conserv Biol**. v. 19, n. 3, p. 619-624, 2005.

LICARIÃO, M.R.; BEZERRA, D.M.M.; ALVES, R.R.N. (2013) Wild birds as pets in Campina Grande, Paraíba State, Brazil: an ethnozoological approach. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences** 85:201-213.

LUIZ, O.J.; SANTOS, W.C.R.; MARCENIUK, A.; ROCHA, L.A.; FLOETER, S.R.; BUCK, C.E.; KLAUTAU, A.G.C.M.; FERREIRA, C.E.L. 2021. Multiple lionfish (*Pterois* spp.) new occurrences along the Brazilian coast confirm the invasion pathway into the Southwestern Atlantic. **Biological Invasions**, 2021; DOI: 10.1007/s10530-021-02575-8

MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G.M.; PAGLIA, A.P. 2008. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** Ministério do Meio Ambiente e Fundação Biodiversitas. 1420 p.

MACLAURIN, J.; K. STERELNY. 2008 What is Biodiversity? Chicago: **University of Chicago Press.**

MALIK, Abdul; FENSHOLT, Rasmus; MERTZ, Ole. Mangrove exploitation effects on biodiversity and ecosystem services. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 14, p. 3543-3557, 2015.

MARINI, M.A.; GARCIA, F.I. (2005) Bird Conservation in Brazil. **Conservation Biology** 19:665-671.

MARTINELLI G., MARTINS E., MORAES M., LOYOLA R., AMARO R. (2018) **Livro vermelho da flora endêmica do estado do Rio de Janeiro**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro. 456p.

MARTINELLI, G., MORAES, M.A. (Eds.), 2013. **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1100 p.

MARTINS, E., MARTINELLI, G., LOYOLA, R. Brazilian efforts towards achieving a comprehensive extinction risk assessment for its known flora. **Rodriguésia**. Vol: 69, p. 1529-1537, 2018. doi: 10.1590/2175-7860201869403

MARTINS, E.M., FERNANDES, F.M., MAURENZA, D., POUGY, N., LOYOLA, R., MARTINELLI, G. (Orgs.), 2014. Plano de Ação Nacional para a Conservação do Faveiro-de-Wilson (Dimorphandra wilsonii Rizzini). Andrea Jakobsson Estúdio: **Jardim Botânico do Rio de Janeiro,** Rio de Janeiro. 52 p.

MILLER, Rebecca M. National threatened species listing based on IUCN criteria and regional guidelines: current status and future perspectives. **Conservation biology 21.3** (2007): 684-696. NBR 6023

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade – EPANB.** Brasília: MMA, 2017. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80049/EPANB/EPANB_PORT.pdf. Acesso em: 24 jun. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2003. **Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçados de Extinção**. Instrução Normativa nº 3, de 26 de maio de 2003. Diário Oficial da União nº 101, Seção 1, 28/05/2003, p. 88-97.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2004. **Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçados de Extinção**. Instrução Normativa nº 5, de 21 de maio de 2004. Diário Oficial da União, 102, Seção 1, 28/05/2004, p. 136-142.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2008. **Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Anexos I e II**. Instrução Normativa Nº 6 de 23 de setembro de 2008. Diário Oficial da União, 185, Seção 1. 24/09/2008, p. 75-83.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Processo Brasileiro de Construção da Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade (EPANB) - Caminhos e Lições Aprendidas.** Brasília: MMA, 2018. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80049/EPANB/EPANB%20Caminhos%20e%20licoes%20aprendidas.pdf. Acesso em: 24 jun. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Quarto Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica: Brasil. (**Série Biodiversidade, 38**) Brasília: MMA, 2011. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/142-serie-biodiversidade.html?download=929:serie-biodiversidade-biodiversidade-38. Acesso em: 24 jun. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Espécies Exóticas Invasoras: Situação Brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006. 23 p.

MOUILLOT, D., BELLWOOD D.R., BARALOTO C. (2013) Rare species support vulnerable functions in high-diversity ecosystems. **PLoS Biol**. 11: e1001569.

MYERS, N. (1988). **Threatened biotas: 'hotspots' in tropical forests**. Environmentalist, 8 (3): 1-20.

NARVÁEZ-GÓMEZ, J.P., T. GUEDES; L.G. LOHMANN (2021) Recovering the drivers of sampling bias in Bignonieae (Bignoniaceae) and identifying priority areas for new survey efforts. **Biodiversity and Conservation** https://doi.org/10.1007/s10531-021-02195-7

NASCIMENTO, C.A.R.; CZABAN, R.E.; ALVES, R.R.N. (2015) Trends in illegal trade of wild birds in Amazonas state, Brazil. **Tropical Conservation Science** 8:1098-1113.

NIC LUGHADHA, E., BACHMAN, S. P., LEÃO, T., FOREST, F., HALLEY, J. M., MOAT, J., ... WALKER, B. E. (2020). Extinction risk and threats to plants. **Plants, People, Planet, 2**(5), 389-408.

NMFS (National Marine Fisheries Service). 2004. Interim Endangered and Threatened Species Recovery Planning Guidance. Version 1. Disponível em: http://www.nmfs.noaa.gov/pr/pdfs/recovery. Acesso em 15 jun 2013.

NOBRE, Carlos A. et al. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 39, p. 10759-10768, 2016.

NOVACEK, M. (2001). The Biodiversity Crisis: Losing What Counts. **The New Press**.

OLIVEIRA U., PAGLIA A.P., BRESCOVIT A.D., et al. (2016). The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. **Diversity and Distributions 22(12)**: 1232-1244. https://doi.org/10.1111/ddi.12489

PAULA, R. C. P.; MEDICI, P.; MORATO, R. G. (orgs.). 2007. **Plano de Ação para Conservação do Lobo-guará: Análise de Viabilidade Populacional e de Habitat (PHVA).** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília, DF. 158p.

PEJCHAR, L., MOONEY, H.A., 2009. Invasive species, ecosystem services and human wellbeing. **Trends Ecol. Evol**. 24 (9), 497-504. https://doi.org/10.1016/j.

PHELPS, J.; BIGGS, D.; WEBB, E.L. (2016) Tools and terms for understanding illegal wildlife trade. **Frontiers in Ecology and the Environment** 14:479-489.

POUGY, N., MARTINS, E., VERDI, M., FERNANDEZ, E., LOYOLA, R., SILVEIRA-FILHO, T.B., MARTINELLI, G. (Orgs.), 2018. **Plano de Ação Nacional para Conservação da Flora Endêmica Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro**. Secretaria de Estado do Ambiente-SEA: Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro, 80 p.

POUGY, N., VERDI, M., MARTINS, E., LOYOLA, R., MARTINELLI, G. (Orgs.), 2015a. Plano de Ação Nacional para a conservação da flora ameaçada de extinção da Serra do Espinhaço Meridional. CNCFlora: **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**: Laboratório de Biogeografia da Conservação: Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro, 100 p.

POUGY, N., VERDI, M., MARTINS, E., MAURENZA, D., LOYOLA, R., MARTINELLI, G. (Orgs.), 2015b. Plano de Ação Nacional para a conservação da flora ameaçada de extinção da região de Grão Mogol-Francisco Sá. CNCFlora: **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**: Laboratório de Biogeografia da Conservação: Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro, 76 p.

PRANCE G.T. Floristic Inventory of the Tropics: Where Do We Stand? **Annals of the Missouri Botanical Garden**. 1977; 64(4): 659-684.

PURVIS, A., AGAPOW, P. M., GITTLEMAN, J. L.; MACE, G. M. (2000). Nonrandom extinction and the loss of evolutionary history. **Science 288**(5464), 328-330. https://doi.org/10.1126/science.288.5464.328

QUEIROZ, L. A. L.; ARAUJO T. S.; ANDRADE, M. H. C. Macauba pulp oil bleaching using commercial adsorbent and activated carbon from endocarp of the own fruit. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry,** v. 2, p. 57-69, 2016.

RABY, M. (2017) American Tropics: The Caribbean roots of biodiversity science. **The University of North Carolina Press**, Chapel Hill.

RATCHFORD, M.; ALLGOOD, B.; TODD, P. (2013) Criminal Nature: the global security implications of the ilegal wildlife trade. Washington: IFAW. Http://www.ifaw.org/united-states/resource-centre/criminal-nature-globalsecurity-implications-illegal-wildlife-tra-0. Acesso em 14 de junho de 2017.

REIS, R.E, KULLANDER, S.O, FERRARIS, C.J.Jr. (Eds.). 2003. **Check List of the Freshwater Fish of South and Central America.** Porto Alegre. Edipucrs.

REIS, R.E., ALBERT, J.S., DI DARIO, F., MINCARONE, M.M., PETRY, P., ROCHA, L.A. 2016. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, 89(1):12-47. https://doi.org/10.1111/jfb.13016

RENÓ, Vivian; NOVO, Evlyn; ESCADA, Maria. Forest fragmentation in the lower Amazon floodplain: Implications for biodiversity and ecosystem service provision to riverine populations. **Remote sensing**, v. 8, n. 11, p. 886, 2016.

RESENDE, Fernando M. et al. Consequences of delaying actions for safeguarding ecosystem services in the Brazilian Cerrado. **Biological Conservation**, v. 234, p. 90-99, 2019.

RIBEIRO, Elâine MS et al. Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 3, p. 611-620, 2015.

RITO, Kátia F. et al. Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 3, p. 828-838, 2017.

ROCHA-CAMPOS, C. C.; CÂMARA, I. G. (orgs.). 2011. Plano de ação nacional para conservação dos mamíferos aquáticos: grandes cetáceos e pinípedes. **Série Espécies Ameaçadas, 14**: 156p. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-gdes_cetaceos_sirenios/livro_grandescetaceos_icmbio-web.pdf. Acessado em: 24/01/2017.

ROSA, C.A. da; ZENNI, R.; ZILLER, S.R.; CURI, N. de A.; PASSAMANI, M. (2018) Assessing the risk of invasion of species in the pet trade in Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation** 16:38-42.

SARKAR, S. (2005) Biodiversity and Environmental Philosophy: An Introduction, (Cambridge Studies in Philosophy and Biology), Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511498558

SCARANO F.R.; QUEIROZ H.L.; FARINACI J.S.; ALMEIDA T.H.M.P.; CASTRO P.F.D.; DALCIN E.; DRU - CKER D.P.; GONÇALVES L.R.; LANDEIRO M.P.; MONTEIRO FILHO C.J.; PADGURSCHI M.C.G.; VOGT N.; LOYOLA R.D.; MELO F.; CERVONE C.O.F.O.; STRASSBURG B. Capítulo 5: Opções de governança e tomada de decisão através de escalas e setores. In: JOLY C.A.; SCARANO F.R.; SEIXAS C.S.; METZGER J.P.; OMETTO J.P.; BUS - TAMANTE M.M.C.; PADGURSCHI M.C.G.; PIRES A.P.F.; CASTRO P.F.D.; GADDA T.; TOLEDO P. (eds.) (2019). **1° Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos.** Editora Cubo, São Carlos, p.351.

SCHULZ, Christopher et al. Prospects for payments for ecosystem services in the Brazilian Pantanal: A scenario analysis. **The Journal of Environment & Development**, v. 24, n. 1, p. 26-53, 2015.

SEIXAS C.S.; GONÇALVES L.R.; LIMA A.G.M.; ADAMS C.; OVERBECK G.E.; AZEVEDO S.M.F.O; DA CUNHA M.C.; CONFALONIERI U.E.C.; ELOY L.; EMPERAIRE L.; IMPERATRIZ-FONSECA V.L.; QUEIROZ H.L.; KERR R.; LONDE L.R.; MENEZES J.A.; CERVONE C.O.F.O.; PRADO R.B.; VIEIRA S.A.; SARAIVA A. Capítulo 2: Contribuições da natureza para a qualidade de vida. In: JOLY C.A.; SCARANO F.R.; SEIXAS C.S.; METZGER J.P.; OMETTO J.P.; BUSTAMANTE M.M.C.; PADGURSCHI M.C.G.; PIRES A.P.F.; CASTRO P.F.D.; GADDA T.; TOLEDO P. (eds.) (2019). **1° Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos.** Editora Cubo, São Carlos, p.351.

SHARROCK S., OLDFIELD, S; WILSON, O. (2014). **Plant Conservation Report 2014**: A Revise of progress in implementation of the Global Strategy for Plant Conservation 2011-2020.

SICK, H. (1997) **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.

SILVA, E.M.; BERNARD, E. (2016) **Inefficiency in the fight against wildlife crime in Brazil**. Oryx 50:468-473.

SOUTO, W.M.S.; TORRES, M.A.R.; SOUSA, B.F.C.F.; LIMA, K.G.G.C.; VIEIRA, L.T.S.; PEREIRA, G.A.; Guzzi, A.; SILVA, M.V.; PRALON, B.G.N. (2017) Singing for cages: The use and trade of passeriformes as wild pets in an economic center of the Amazon - NE Brazil route. **Tropical Conservation Science** 10:1-19.

SOUZA, E. C. F. de; BRANT, A.; RANGEL, C. A.; BARBOSA, L. E.; CARVALHO, C. E. G. de; JORGE, R, S, P.; SUBIRÁ, R. J.. Avaliação do Risco de Extinção da Fauna Brasileira: Ponto de Partida para a Conservação da Biodiversidade. Diversidade e Gestão 2(2): 62-75. 2018. Volume Especial: **Conservação in situ e ex situ da Biodiversidade Brasileira.**

TILMAN, D., MAY, R.M., LEHMAN, C.; NOWAK, M.A. (1994). Habitat destruction and the extinction debt. **Nature 371** (65).

UNGA. Resolution 70/1, **Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development:** Doc A/RES/70/1 (25 September 2015), disponível em: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf.

WARREN, R., PRICE, J., GRAHAM, E., FORSTENHAEUSLER, N.; VanDerWal, J. (2018). The projected effect on insects, vertebrates, and plants of limiting global warming to 1.5 °C rather than 2 °C. **Science, 360**(6390), 791-795. https://doi.org/10.1126/scien ce.aar3646

WILSON, E. O. (1988). The current state of World`s biodiversity. Biodiversity. **National Academy,** Washington DC.

ZALBA, S. M.; ZILLER, S. R. Propostas de ação para prevenção e controle de espécies exóticas invasoras. **Natureza & Conservação 5**, p. 8-15, 2007.



5 Florestas

Fonte: André Kasczeszen/Embrapa

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação
Rodrigo Antônio de Souza - Ibama
Humberto Navarro Mesquita Junior - SFB

Redação
Adriano Santhiago de Oliveira - MMA
Ana Laura Cerqueira Trindade - SFB
Carolina Carvalho Clemente - SFB
David Fernando Cho - Ibama
Fabiano Morelli - Inpe
Gabriel Constantino Zacharias - Ibama
George Porto Ferreira - Ibama
João Paulo Morita - ICMBio
Luciana Luz Caitano - Ibama
Márcia Muchagata - Fiocruz
Mariana Senra de Oliveira - Ibama
Patrícia Povoa de Mattos - Embrapa Florestas
Pedro Cruz Ferraz - Ibama
Raquel Álvares Leão - SFB
Yeda Maria Malheiros de Oliveira - Embrapa Florestas

Colaboração
Jair Schmitt - Ibama

Revisão
Edson Eijy Sano - Embrapa Cerrados
Rafael de Paiva Salomão - UFRA

ODS relacionados ao capítulo



INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é relatar o estado das florestas brasileiras, com foco nos últimos oito anos (2012-2020), identificando as pressões e impactos relacionados e as iniciativas que têm sido desenvolvidas visando à conservação, à recuperação e ao uso das florestas brasileiras. A fotografia atual desses sistemas não constitui tentativa de esgotar o tema, ao contrário, propõe-se a ser uma oportunidade para um aprofundamento.

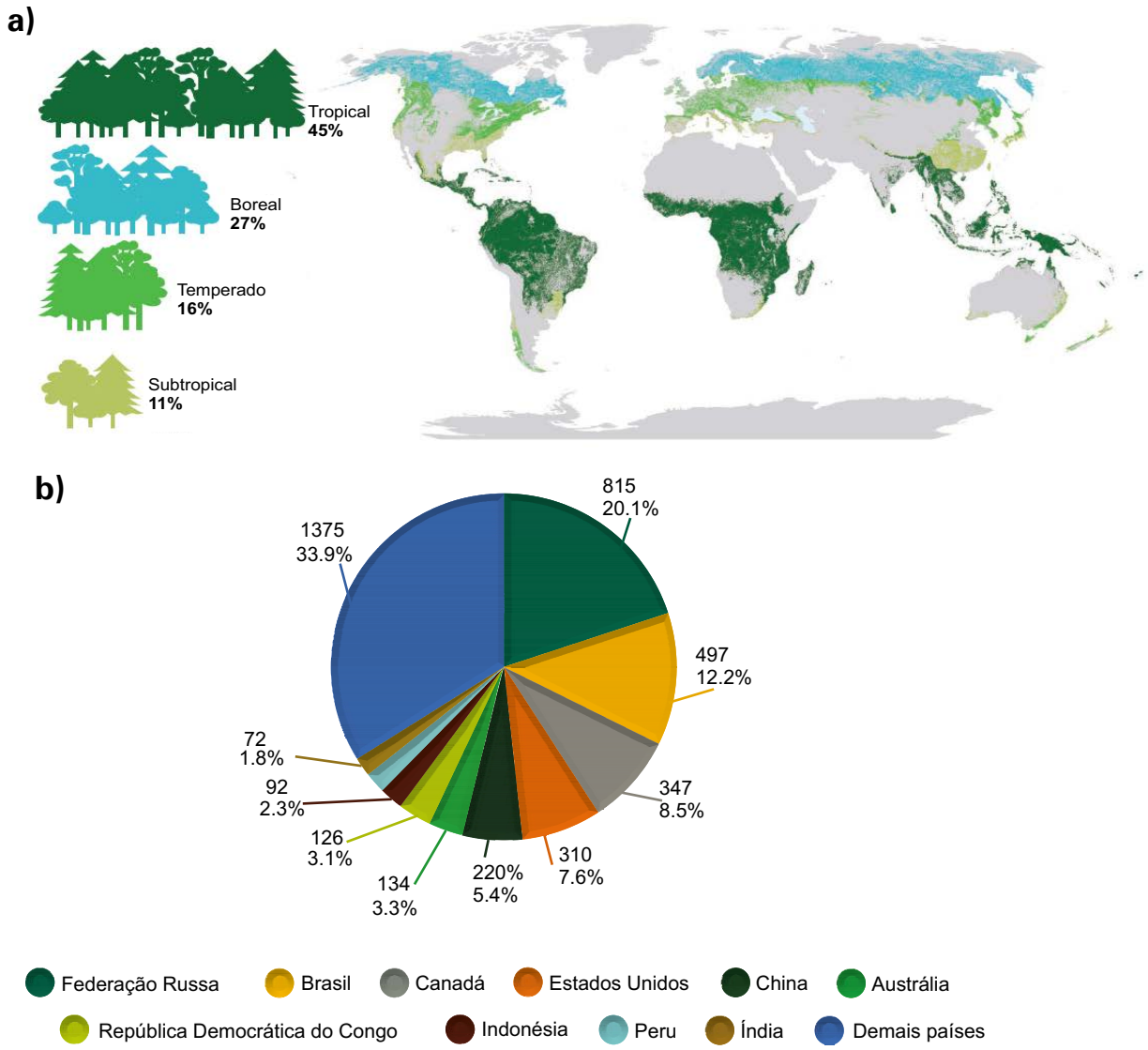
Para a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) (2020), os 'Recursos Florestais' devem ser tratados em três níveis de abordagem: a) florestas; b) outras terras florestais: formações envolvendo a presença tanto de arbustos como de árvores, sendo estas mais espaçadas entre si que nas florestas; c) outras terras: áreas nas quais há presença de árvores, mas em porcentagem baixa.

Floresta é definida pela FAO (2020) como sendo a vegetação natural ou plantada com: área maior ou igual a 0,5 hectares (ha); árvores com altura igual ou maior que 5 metros (atual ou potencialmente); e cobertura de copas igual ou maior que 10% (atual ou potencialmente). Importante ressaltar que a classificação de uma área como 'floresta' considera tanto a presença de árvores como a ausência de outro uso da terra predominante. A terminologia adotada pela FAO e por todos os países signatários da ONU em seus relatórios sobre florestas classifica as florestas em: a) Florestas naturalmente regeneradas, na sequência apenas denominadas de 'naturais'; e b) Florestas plantadas, que se subdividem em: plantios (ou plantações) florestais e outras florestas plantadas. Os plantios florestais são compostos por uma ou duas espécies, possuem talhões equiâneos, espaçamento regular e são plantados para fins de produção, podendo ser intensamente manejados. As 'outras florestas plantadas' incluem aquelas estabelecidas por sementes e que, quando maduras se assemelham visualmente às florestas naturalmente regeneradas, sendo conduzidas para diversos fins, inclusive de revegetação permanente, como restauração de ecossistemas e proteção do solo e água (FAO,2020).

As florestas cobrem aproximadamente 1/3 da área terrestre, globalmente (FAO, 2020), ou seja 4,06 bilhões de hectares, considerando-se todos os tipos de florestas. O planeta possui aproximadamente 3,75 bilhões de hectares de florestas naturais, ocupando 31% da superfície terrestre global, com metade dessa área sendo considerada intacta e mais de um terço dela representada por florestas primárias. Cinco países correspondem a 54% de toda área florestada naturalmente do mundo, Rússia, Brasil, Canadá, EUA e China (Figura 1). As florestas tropicais são 45% desse total de florestas, com 1,8 bilhões de hectares, e constituem os mais antigos, complexos e diversos ecossistemas terrestres (FAO, 2020; MYERS, 1988).

As florestas naturais representam 93% da área ocupada com florestas no planeta; já as florestas plantadas, representam 294 milhões de hectares (7% daquele total), sendo 131 milhões de hectares (3%) de plantações florestais e 163 milhões de hectares representando outras florestas plantadas. O continente que abriga a maior área com florestas plantadas, somando as duas categorias é a Ásia, sendo África e América do Sul os continentes com menor proporção de seu território (aproximadamente 2% de seus territórios) coberto por tal tipo de vegetação (FAO, 2020). Entretanto, se o foco for os plantios florestais comerciais, a América do Sul possui o maior percentual (cerca de 99% do total da categoria), quando comparado com plantios mistos, visando várias finalidades, inclusive restauração e recomposição. Evidentemente que tais dados ainda serão

Figura 1 – Distribuição da cobertura florestal natural no mundo.



OBS.: Proporção e distribuição da cobertura florestal natural no mundo a) por zona climática e b) por países.

Fonte: FAO, 2020 Traduzido).

aprimorados nos próximos anos, porque a contabilização dos esforços nacionais no levantamento das 'outras florestas plantadas' ainda deverá ser aprimorada. Na Europa predominam as outras florestas plantadas, onde os plantios mistos contabilizam 94% do total das florestas plantadas.

A FAO avalia os recursos florestais no planeta desde 1948, por meio da 'Avaliação Global dos Recursos Florestais' (*Global Forest Resources Assessment*). São 236 países encaminhando informações tabelares, usando terminologia e definições acordadas entre representantes desses países, para ser possível a análise conjunta, comparação e a organização de estatísticas[1]. O Serviço Florestal Brasileiro (SFB) é a instituição responsável pela produção das informações florestais nacionais.

O Brasil possui instrumentos normativos que delimitam o conceito para florestas públicas (Brasil, 2006; 2007), buscando compatibilidade com a definição da FAO. Na Lei de Gestão

1 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.fao.org/3/CA8753EN/CA8753EN.pdf.

de Florestas Públicas (Lei n.º 11.284/2006) é estabelecido que florestas podem ser naturais ou plantadas e para estabelecer o que é floresta natural, o SFB seleciona a partir do 'Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira' (IBGE, 1991) as tipologias vegetacionais que compõe a Cobertura Florestal Brasileira. Esse sistema é mundial, ou seja, é associável com sistemas globais de classificação da vegetação. O Brasil participa ativamente das definições globais de floresta no âmbito da FAO para que sejam alcançados os objetivos do relatório *Forest Resources Assessment* (FRA).

O Brasil possui a segunda posição em área florestal do planeta e a maior área de floresta tropical do mundo, com 500 milhões de hectares (59% do seu território).Por um termo de cooperação entre o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 2003, foi instituído o 'Mapa dos Biomas Brasileiros', a saber: bioma Amazônia, bioma Mata Atlântica, bioma Caatinga, bioma Cerrado, bioma Pantanal e bioma Pampa, onde ocorrem os mais diversos tipos de vegetação, florestal ou de outro porte. Considerando-se a definição de florestas sendo adotada para o presente texto, há ocorrência de florestas em todos os biomas brasileiros, em diferentes estados de conservação (Figura 2). Essa ampla ocorrência ao longo do território torna as florestas sistemas chaves para a manutenção da biodiversidade, serviços ecossistêmicos e desenvolvimento sustentável para o Brasil e, considerando o tamanho das florestas brasileiras, essa importância ganha contornos globais.

Figura 2 – Distribuição da cobertura florestal no Brasil.



Fonte: SFB, 2020c.

O SFB é o órgão competente para apresentar as informações sobre as florestas brasileiras por meio do Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF). Para quantificar as florestas naturais brasileiras o Brasil utiliza o mapa da vegetação Brasileira (IBGE, 2012). Neste mapa são selecionados os seguintes tipos de vegetação: Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Sempre-Verde, Campinarana Florestada, Campinarana Arborizada, Savana Florestada (Cerradão) Savana Arborizada (Campo-Cerrado), Savana-Estépica Florestada, Savana-Estépica Arborizada, Estepe Arborizada, Manguezal, Palmeiral, Restinga Arbórea, e sobreposições entre duas ou mais fitofisionomias em que pelo menos uma formação seja florestal (SFB, 2020c). Originalmente o Brasil possuía aproximadamente 80% de sua área coberta com florestas. Ao mapa da vegetação é associada a informação de perdas com dados do Prodes do Inpe[2] e ganhos a partir dos dados de vegetação secundária da Embrapa[3] e Inpe. Para quantificar as florestas plantadas o Brasil utiliza os dados de área plantada da 'Produção de Extração Vegetal e Silvicultura' (IBGE, 2019). Além de apresentar os valores nacionais é possível acompanhar a situação em cada bioma ou tipo de vegetação bem como por limite político administrativo. O Brasil possuiu muitos tipos de vegetação florestal em diferentes biomas com condições edafoclimáticas distintas (SFB, 2020a).

Este capítulo apresentará o estado da floresta ao longo do período de 2012 a 2020 e suas relações com a qualidade do ambiente para a humanidade. Neste contexto é fundamental que seja considerada a percepção humana da qualidade ambiental e seus benefícios para a humanidade. Para compreendermos o estado da Floresta é necessária a noção de benefícios pois muitas ações humanas são conflitantes e atuam em sentidos inversos.

Ao considerarmos a ocupação do planeta e aumento populacional, decorre necessidade de mudar a superfície terrestre motivada pelo desejo de enriquecer, aumentar a produtividade e consequentemente garantir cada vez mais qualidade de vida à humanidade. Assim observamos ao longo do tempo o crescimento das áreas urbanizadas, da infraestrutura de transporte e distribuição de energia, aumentos das áreas para acesso aos recursos minerais e áreas de produção agropecuária. Esta dinâmica foi motivada pelo desejo de constantemente melhorar a qualidade de vida humana, o que é perceptível se considerarmos as condições de vida dos seres humanos no início da revolução industrial e atualmente (HARARI, 2016).

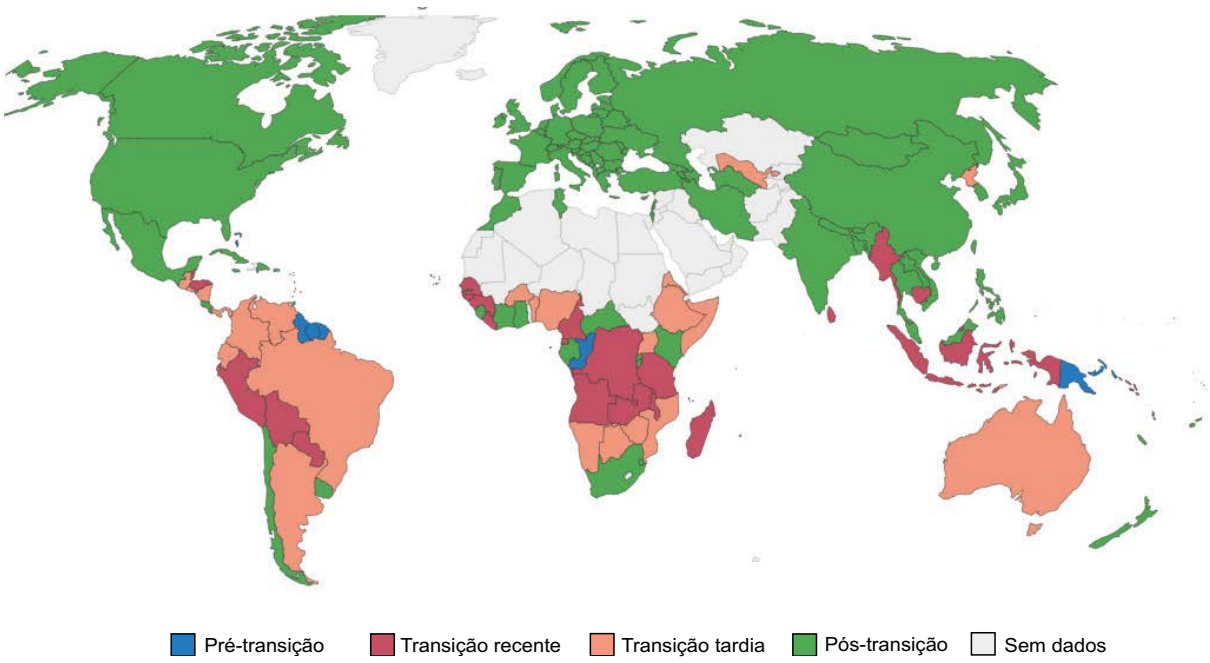
Paradoxalmente, a humanidade passou cada vez mais ao longo dos últimos anos a reconhecer perda na qualidade de vida ocasionada pelo aumento da ocupação humana do planeta.

As mudanças na conversão de área florestal em outro tipo de uso e ou o inverso não tem sido igual em todas as regiões do planeta (Figura 3). Se considerarmos o período de 1990 a 2020, nas regiões da Europa e Ásia ocorreu aumento na área de floresta, na Oceania e América do Norte estabilidade, enquanto na América do Sul e África diminuição (FAO, 2020).

2 Prodes (Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite) é um projeto do Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) que monitora o desmatamento por corte raso na Amazônia Legal e produz desde 1988 as taxas anuais de desmatamento na região.

3 A Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) é uma empresa pública de pesquisa vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Figura 3 – Países agrupados em 4 grupos de fases de transição florestal relacionada com a sequência de desenvolvimento em 2013.



OBS.: Pré-transição - Alta cobertura florestal e baixas taxas de desmatamento; Transição Recente - Perdas florestais com aumento das taxas de desmatamento; Transição Tardia - uma pequena fração das florestas remanescentes com desmatamento, mas com queda nas taxas; Pós-transição - cobertura florestal aumentando em decorrência de reflorestamentos.
Fonte: Pendrill *et al.*, 2019.

Nas últimas décadas a percepção humana tem conduzido a ações humanas no sentido de proteger os recursos florestais, inicialmente com a noção de sustentabilidade de garantia de acesso e uso dos recursos por gerações, posteriormente associado com a percepção de extinguir os recursos florestais, e mais recentemente com a noção de serviços de qualidade ambiental. É necessário salientar que percepção sobre o recurso também mudou ao longo do tempo. Com o aumento do conhecimento humano ocorreu a valorização dos ativos florestais como recursos bioquímicos orgânicos, genéticos, biológicos e ecológicos (resiliência a danos ambientais e associações entre organismos biológicos). Esta percepção humana resultou em vetores com forças opostas para manter ou aumentar os recursos florestais.

As florestas naturais, têm, em todo mundo, as atividades de agricultura, pecuária e silvicultura como uma das maiores forças motrizes de modificação de sua área de cobertura (LEWIS, *et al.,* 2015; PENDRILL *et al.,* 2019; JAYATHILAKE *et al.,* 2020). No Brasil não é diferente com atividades agropecuárias sendo forças motrizes determinantes de crescimento e diminuição de área florestal em todos os biomas e em diferentes proporções. Essas forças motrizes podem atuar de forma antagônica nas florestas, ao mesmo tempo em que a intensificação e a melhoria tecnológica das práticas agrícolas diminuem a pressão por supressão de áreas florestais (ANGELSEN & KAIMOWITZ, 2001; SOUZA *et al.,* 2013). Por outro lado, os retornos econômicos relacionados ao aumento de produtividade pela intensificação e melhoramento tecnológicos, podem aquecer a procura por novas terras a serem convertidas em agricultura, ou pecuária (UNITED NATIONS CLIMATE SUMMIT, 2015).

Embora a conversão de floresta para outros usos venha acontecendo de uma forma mais lenta em todo mundo, isso ocorre de forma desigual a longo do Globo (PENDRILL, 2019; FAO, 2020). Enquanto em alguns países a atividade agrícola está se reduzindo e abrindo espaço para a regeneração e restauração de sistema florestais, outros estão aumentando suas áreas de produção (PENDRILL, 2019).

No Brasil, entre 2000 e 2018, no bioma Amazônia, 31% das florestas nativas deram lugar a pastagens com manejo, de acordo o IBGE (2020). O mesmo estudo aponta que, no mesmo período, houve um aumento de 388% da área agrícola, atingindo 66.350 km², em 2018.

Segundo IBGE (2020), a característica mais marcante das transformações de uso da terra do bioma Cerrado é a expansão da agricultura, com o acréscimo de 102.603 km² entre 2000 e 2018. O texto reforça que, em 2018, 44,61% das áreas agrícolas e 42,73% das áreas de silvicultura do Brasil encontravam-se no bioma Cerrado, tendo a agricultura avançado sobre a vegetação campestre e florestal. A agropecuária, representada pelas pastagens, é a segunda classe de uso da terra mais representativa nesse bioma. Isso se confirma na sequência, segundo o Prodes Cerrado, que aponta 6.657 km² de desmatamento no período de agosto de 2017 a julho de 2018. Segundo a mesma fonte, esse valor é 33,8% menor que a taxa registrada em 2010, ano em foi lançado o 'Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado' (PPCerrado), atualmente coordenado pelo MMA. Para os anos de 2019 e 2020 foram reportados 8.324 e 9.191 km², respectivamente. Entretanto, é importante salientar que nem toda a vegetação do bioma Cerrado, caracteriza-se como área de floresta e parte dessa conversão ocorreu em áreas de não floresta no bioma.

Embora a produção agrícola venha sendo uma das causas de pressão sobre ambientes florestados brasileiros, a maior parte de sua produção é livre de desmatamento. Apenas 2% das propriedades dos dois maiores biomas brasileiros, Amazônia e Cerrado, são responsáveis por 62% do desmatamento ilegal (RAJÃO *et al.*, 2020).



Inventário Florestal Nacional – Cerrado/ estado de Goiás

Fonte: SFB

Reforçando as definições da FAO, as florestas plantadas se subdividem em: plantios (ou plantações) florestais e outras florestas plantadas. Os plantios florestais são compostos por uma ou duas espécies, possuem talhões equiâneos, espaçamento regular e são plantados para fins de produção, podendo ser intensamente manejados, sendo majoritário no Brasil. São comuns as menções sobre a pressão que tais plantações poderiam causar sobre o território, na lógica de mudanças no uso e cobertura (*land use, land cover*) do que as sofridas por elas. Entretanto, tais plantações representam em torno de 1% do território nacional, em contraponto aos plantios agrícolas, que ocupam uma área em torno de 8% do território nacional. Mesmo com esse cenário, os plantios florestais têm sofrido, ao longo do tempo, rejeição de parte da sociedade, seja por desconhecimento de seu papel na economia e no contexto ambiental brasileiro, seja por desconhecimento de seus benefícios ou impactos sobre o ambiente (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2018). Como a maioria das plantações florestais brasileiras são compostas por espécies exóticas (gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, principalmente) sofrem também a pressão por cuidados no contexto de invasibilidade biológica, podendo estar listadas como espécies invasoras. O processo de certificação florestal, no Brasil, tem sido intensificado nesse sentido, atendendo às demandas internas e externas. Dentre outras pressões sobre as atividades de silvicultura estão os questionamentos relacionados ao melhoramento genético e uso de transgenia, também monitorados por processos de certificação. Convém também ressaltar a pressão das mudanças do clima sobre as florestas, em geral, sobre algumas espécies e sobre as florestas plantadas. IBÁ (2021) reporta a mudança do clima como fator provável para a queda de produtividade por ano no plantio de eucalipto (de 38,6 m^3/ha em 2019 para 36,8 m^3/ha em 2020). A mesma tendência foi observada para a produção de pinus, que passou de 31,9 m^3/ha[4], no ano anterior, para 30,4 m^3/ha em 2020. Novos materiais estão sendo estudados para o enfrentamento de tais mudanças e áreas já degradadas, com eventual abandono da atividade pecuária, podem vir a ser ocupadas.

A demanda por produtos minerais constituí uma força motriz para a modificação da área e qualidade dos recursos florestais. Existem órgãos oficiais responsáveis pela atividade de mineração, como o Departamento de Desenvolvimento Sustentável na Mineração (DDSM), que tem como finalidade formular e articular propostas de políticas, planos e programas para o desenvolvimento sustentável da mineração, com os objetivos de internalizar as variáveis socioambientais nas atividades de mineração, ordenar as atividades minerais em unidades de conservação ambiental e em outras áreas protegidas, além de estimular e induzir linhas de fomento para a capacitação, formação e desenvolvimento tecnológico sustentável, em toda a cadeia produtiva mineral.

Cerca de 7% do total do desmatamento global é relacionado a mineração[5]. A atividade produz impactos nas florestas, seja pela retirada total da vegetação, degradação, contaminação de rios e é um vetor importante de mobilização de pessoas (BRADLEY, 2020).

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de minerais do mundo, sendo que 12% de nossas exportações, em 2020, foram minério de ferro, no valor de 34,78 bilhões de dólares (0,5% do PIB[6] brasileiro em 2020) (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2021). A Amazônia Brasileira possui uma das maiores regiões minerais do mundo, ricas em minério de ferro, cobre, níquel, bauxita, manganês, nióbio e ouro. O aumento do preço do ouro no mercado internacional também produz uma forte pressão sobre as florestas brasileiras em decorrência do crescimento de garimpos. Entre 2017 e 2020,

4 M³/ha: metros cúbicos por hectare.
5 Outras informações sobre a mineração brasileira podem ser consultadas no capítulo Terra deste relatório.
6 PIB: Produto Interno Bruto.

houve um aumento de 90% de área de floresta convertida em garimpo (SIQUEIRA-GAY, 2021). De acordo os dados de alerta de desmatamento do Inpe (2021a), cerca de 21.000 ha de floresta foram perdidos entre 2019 e 2020 para garimpos (INPE, 2021a), causando um prejuízo socioambiental de 9,8 bilhões de reais (MPF, 2021).

Dentro de terras indígenas, locais historicamente mais preservados (SOARES-FILHO *et al.*, 2010) e sob controle do governo federal, com monitoramento e fiscalização, o número de desmatamentos ao redor de garimpos foi 142% maior, entre os anos de 2019 e 2020, do que entre os anos de 2016 e 2018 (FELLOWS *et al.*, 2021). Em 2020 foram 40.000 ha de desmatamento para garimpo em terras indígenas, prática ilegal dentro dessas áreas, com destaque para as terras indígenas dos Kayapós e Mundurukus, as duas no estado do Pará (INPE, 2021a).

Os garimpos ilegais são extremamente nocivos para o meio ambiente, que além da destruição da vegetação natural, apresenta potencial de contaminação dos rios com acumulação de mercúrio nos peixes e outros organismos aquáticos, com consequente contaminação de comunidades que utilizam esses animais como base proteica de sua alimentação, como os povos indígenas e ribeirinhos (DALBERG ADVISORS e WWF, 2018). Dificultando a concorrência nacional e internacional da mineração legalizada, que segue as políticas públicas executadas pelo DDSM. Além disso, a dificuldade de materialização da ilegalidade dessas atividades dificulta a responsabilização administrativa, cível e penal pela perda de habitat e da biodiversidade e consequentemente a correta reparação/regeneração da área após o esgotamento do recurso mineral.

Outra força motriz que produz pressões e impactos sobre as florestas é a demanda por novas áreas urbanas. Hoje, 85% dos brasileiros vivem em cidades, destacando-se a concentração da população no bioma Mata Atlântica, onde se encontram 72% da população (IBGE, 2016). Apesar de restar cerca de 12,4% da vegetação natural do bioma, o crescimento dessas cidades impacta a vegetação natural remanescente, diminui a produção de águas de nascentes e dificulta o abastecimento de centros urbanos (SOS MATA ATLÂNTICA, 2021a; INPE, 2021a; TORRES *et al.*, 2011). Um exemplo da importância das florestas para o abastecimento de água urbano, foi a recuperação de 4.000 ha de Mata Atlântica nas bacias de mananciais que atendem a cidade de São Paulo, diminuindo os custos operacionais em até 106 milhões de dólares, em 30 anos e aumentando o lucro em 28% da empresa de abastecimento de água da mesma (OZMENT *et al.*, 2017).

Embora o processo de urbanização tenha acontecido de forma intensa nos últimos 60 anos no interior do país e a substituição de vegetação natural por áreas urbanizadas possa ocorrer com a supressão de florestas, esse fator não é considerado causa direta da perda de cobertura florestal na Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pantanal e Pampa. Na Amazônia, por exemplo, a urbanização é considerada uma consequência de grandes áreas de supressão de floresta e exploração de recursos naturais. As cidades surgem e crescem devido a necessidade de se manter um ponto de apoio, interposto comercial de insumos, produtos e moradias para trabalhadores de empreendimentos que convertem a floresta em uma atividade econômica, formando grandes desertos sem floresta e inabitados (RICHARDS e VANWEY, 2016; TRITSCH e TOURNEAU, 2016). As cidades produzem pressões e impactos nas florestas não apenas por substituição dessas por áreas urbanizadas, mas também por serem vetores de novas frentes de desmatamento, fontes de demanda de recursos naturais advindos das florestas, fontes de poluição, dentre outros.

Quanto à matriz energética do Brasil, destaca-se a predominância da produção por hidrelétricas, que representa cerca de 65% da energia produzida no país (EPE, 2020). As hidrelétricas são uma forma de produção de energia sem a utilização de combustíveis fósseis, contudo, elas não deixam de apresentar impactos ao meio ambiente. Além da perda de diversidade aquática, da emissão de gases de efeito estufa pela matéria orgânica depositada



Fonte: Felipe Werneck/Ibama

no fundo dos lagos e do assoreamento dos rios, as hidrelétricas produzem desmatamento em suas proximidades (FEARNSIDE e PUEYO, 2012; FINER e JENKINS, 2012; NOBRE *et al.*, 2016a).

Obras de infraestrutura, como estradas, ferrovias, hidrovias, portos, entrepostos comerciais e outros, possibilitam a expansão da substituição de florestas por pastos, plantações, minas, áreas urbanas, usinas para a produção de energia e outros tipos de assentamentos humanos (IBISCH *et al.*, 2016; SCHIELEIN *et al.*, 2021). A conversão de florestas em torno dessas infraestruturas, principalmente as estradas, tende a extrapolar os limites dessas se estendendo por alguns quilômetros e estimulando ainda mais a expansão dessas infraestruturas, com mais impactos associados (BARBER *et al.*, 2014; IBISCH *et al.*, 2016). Na Amazônia, quase 95% do desmatamento ocorre a até 5,5 km do eixo principal das rodovias e 1 km de rios navegáveis (BARBER *et al.*, 2014). Até mesmo, antes das obras, projetos de melhorias de estradas promovem o desmatamento, pela ação de grileiros que aproveitam a expectativa do projeto para manifestar posse, desmatando áreas públicas invadidas e lucrando com a especulação imobiliária até a construção da estrada (FEARNSIDE, 2017). Entretanto, não é em todas as situações que as estradas podem trazer mais desmatamento. Nas áreas onde o desmatamento já está consolidado, as estradas e obras de infraestrutura tendem a contribuir para que os proprietários utilizem práticas agrícolas mais intensivas nas suas propriedades, dando acesso a insumos e mercados necessários para a viabilidade econômica dessa intensificação, diminuindo a procura por novas terras e consequentemente provocando desmatamento (PFAFF *et al.*, 2007).

O Brasil tem um histórico conflito sobre propriedade de suas terras, que somado a violência no campo, determina problemas ambientais, como a perda de vegetação natural de ambientes florestados (SPAROVEK *et al.*, 2019). Os conflitos por terra promovem uma dubiedade em relação a quem pertence determinada área, trazendo dificuldades à responsabilização por crimes ambientais.

A grilagem de terras é uma das práticas ilícitas que potencializa os conflitos agrários e ambientais. Essa prática é caracterizada pela apropriação indevida de propriedades privadas e/

ou públicas por terceiros, utilizando documentos fraudulentos para reivindicar a propriedade da área (TORRES, DOBLAS e ALARCON, 2017). Muitas vezes essa apropriação é efetuada com o uso da violência contra indivíduos e/ou comunidades que habitavam a área, mas não tinham maneiras objetivas de comprovar sua posse, propriedade ou formas de se defender de ações violentas dos grileiros.

No bioma amazônico essa apropriação é seguida de uma rápida tentativa de supressão total ou parcial da floresta da área, de forma a evidenciar a posse e consequentemente a solicitação, aos órgãos competentes, da propriedade daquela área, além de ganho com a valorização da terra já desmatada (FEARNSIDE e ALENCASTRO GRAÇA, 2006; FELLOWS *et al.*, 2021; MARGULIS, 2003; TORRES, DOBLAS e ALARCON, 2017).

FLORESTAS NO BRASIL

Florestas nos biomas Brasileiros

Considerando a importância dos ecossistemas florestais e as abrangências das forças que determinam pressões e impactos sobre essas florestas é fundamental o entendimento do tamanho e distribuição dessas florestas pelo território. Segundo estimativas do SFB para 2019 (SFB, 2020c), levando em conta as tipologias de vegetação lenhosa que se enquadram na definição de floresta da FAO adotada pelo órgão, a área de floresta do Brasil corresponde a 487.991.966 ha, sendo 478.008.871 ha de floresta natural e 9.983.095 ha de florestas plantadas (Tabela 1). Entre 2013 e 2020, a área de florestas naturais diminuiu cerca de 4% em todo o território brasileiro e as florestas plantadas tiveram um acréscimo de cerca de 19% (IBGE, 2021; SFB, 2021).

Tabela 1 – Áreas estimadas de florestas no Brasil em 2019.

Tipo de floresta	Área total (ha)	% das Florestas	% da área do Brasil
Florestas Naturais	478.008.871	97,95	56,14
Florestas Plantadas*	9.983.095	2,05	1,17
Total	**487.991.966**	**100**	**57,31**

Fonte: *PEVS. IBGE, 2019. SFB, 2020c.

A área de floresta natural no território brasileiro se distribui pelos biomas da seguinte forma (Tabela 2):

A cobertura original das florestas brasileiras representava 88% do território. Na atualidade tal cobertura representa 56,1% (SFB, 2020c). As florestas naturais brasileiras, embora estejam presentes em todos os biomas concentram-se atualmente em 3 deles: Amazônia, Caatinga e Cerrado, que abrigam 95% dos remanescentes florestais. O bioma Amazônia, com aproximadamente 80% de vegetação natural, corresponde a 69,78% de todas as florestas brasileiras (Tabela 2).

Tabela 2 – Área estimada de florestas naturais nos biomas brasileiros em 2019.

Bioma	Área do bioma (ha)	Área de floresta natural (ha)	% Floresta/ bioma
Amazônia	419.694.300	333.554.793	**79,5%**
Caatinga	84.445.300	32.105.558	**38%**
Cerrado	203.644.800	89.887.335	**44,1%**
Mata Atlântica	111.018.200	14.398.642	**13%**
Pampa	17.649.600	2.292.256	**13%**
Pantanal	15.035.500	5.770.287	**38,4%**
Total	**851.487.700**	**478.008.871**	**56,1%**

Fonte: SFB, 2020c.

As florestas naturais brasileiras e seu estoque de carbono

O estoque das florestas expressa a quantificação das variáveis volume de madeira, peso da biomassa e peso de carbono encontradas nas áreas com cobertura florestal. O volume de madeira, geralmente obtido a partir do diâmetro e da altura das árvores, é uma variável importante para a estimativa da biomassa, do estoque comercial das florestas e serviços ecossistemas como sequestro de CO_2 (gás carbônico) É também uma variável utilizada no manejo florestal.

A biomassa florestal é um parâmetro imprescindível para compreender a produção primária de um ecossistema e avaliar o potencial de uma floresta para a produção de energia. Considerando-se que aproximadamente 50% da madeira seca é constituída de carbono (C), a biomassa florestal é um elemento também importante para o entendimento dos processos envolvidos nas mudança global do clima. O estoque de C é utilizado na estimativa da quantidade de CO_2 que é liberada para a atmosfera durante o processo de queima da biomassa.

A estimativa de biomassa das florestas brasileiras é feita a partir de estudos que determinam o volume de madeira por unidade de área e sua relação com a densidade de biomassa e por tipologia florestal em cada um dos biomas brasileiros. Com a implementação do Inventário Florestal Nacional (IFN), as estimativas sobre a biomassa das florestas são mais consistentes e confiáveis e são feitas a partir de dados primários e equações alométricas adequadas (Tabela 3).

Tabela 3 – Volume de madeira total, quantidade de biomassa e carbono estimados por biomas em florestas naturais, em 2018

Bioma	Volume de madeira total		Biomassa total		Carbono total	
	Milhões de m³	%	Milhões de m³	%	Milhões de m³	%
Amazônia	109.404	92.8	96.046	92.8	47.354	92.8
Caatinga	1.097	0.9	956	0.9	473	0.9
Cerrado	5.023	4.3	4.256	4.1	2.076	4.1
Mata Atlântica	1.529	1.3	1.552	1.5	760	1.5
Pampa	241	0.2	167	0.2	82	0.2
Pantanal	563	0.5	551	0.5	269	0.5
Total	**117.856**	**100**	**103.537**	**100**	**51.014**	**100**

Fonte: SFB, 2020c.

Florestas plantadas

As discussões sobre o momento de introdução de sementes e mudas visando plantios florestais no Brasil, giram em torno de datas que vão do final do século 19 (FOELKEL, 2005) ao início do século 20 (SFB, 2020c). Sobre o personagem mais importante da história, entretanto não há dúvidas. A atividade tomou corpo por iniciativa de Edmundo Navarro de Andrade, que introduziu mudas de espécies do gênero *Eucalyptus* visando obter madeira para a produção de dormentes para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, que também necessitava de lenha para alimentação das máquinas, além de postes e moirões. O pioneiro, denominado 'pai da eucaliptocultura' no Brasil, escreveu livros sobre o tema, explicando que os eucaliptos primeiramente foram introduzidos no Chile, por volta de 1823. Navarro de Andrade testou 123 espécies em viveiros (HORA, 2015). Segundo Foelkel (2005), estima-se que no início da década de 40 havia cerca de 24 milhões de árvores plantadas pela Cia. Paulista, no estado de São Paulo, números que foram ampliados para 46,5 milhões no início da década de 60. Outros estados como Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Rio de Janeiro seguiram o exemplo, sendo *E.saligna* e *E.viminalis*, algumas das primeiras espécies com sucesso em sua introdução. E assim foram lançadas as bases da silvicultura brasileira. Além dos eucaliptos, a Cia. Paulista também mantinha plantios com espécies do gênero Pinus, para a fabricação de dormentes e postes (HORA, 2015). Das espécies testadas, a de maior destaque para a região foi o *Pinus elliottii*.

A industrialização aconteceu por meio de incentivos governamentais e iniciativas de empresas, como Suzano e Indústrias Matarazzo. Segundo Hora (2015), o BNDES[7] esteve presente no apoio a projetos desde a origem do setor de base florestal e, nos anos 60 foi aprovada a normatização que deu início aos incentivos fiscais ao reflorestamento. Com o chamado 'choque do petróleo', no início dos anos 70, o setor de papel e celulose foi designado como um dos principais grupos de insumos de base. Mesmo que em 1976 a Lei n.º 5.106/66 tinha sido revogada, reduzindo drasticamente os investimentos governamentais na área florestal, houve expressivo crescimento nas décadas de 70 e 80. Os grandes embates político-econômicos das décadas 80 e 90 foram responsáveis por mudanças na industrialização brasileira, com alterações significativas no Programa de Florestamento e Reflorestamento (Fiset), encerrado em 1988, ainda sob controle do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), o qual foi incorporado ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) em 1989. Importante marco daquele momento foi a criação do Programa Nacional de Pesquisa Florestal (PNPF), da Embrapa, que se tornou responsável pela coordenação, execução e apoio da pesquisa florestal brasileira, contando com a cooperação de empresas, universidades e outras instituições estaduais de pesquisa. As décadas seguintes foram de consolidação do setor de base florestal, com menos desenvolvimento nos anos 90, mas conquistando importante posição como líder da produtividade mundial.

Atualmente, de acordo com o FRA (FAO, 2020), as florestas plantadas representam apenas 7% das florestas mundiais, mas somente 3% ou 131 milhões de hectares são de florestas de produção (IBGE, 2020). Desde 1990, a área com florestas plantadas foi ampliada em 123 milhões de hectares (FAO, 2020). Várias estimativas indicam que as florestas plantadas provêm entre 30 e 60% da demanda global de madeira em tora para fins industriais.

7 O BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) é um dos maiores bancos de desenvolvimento do mundo e um dos principais instrumentos do Governo Brasileiro para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira.

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2021) há predominância dos gêneros *Eucaliptus* (aproximadamente 78%) e *Pinus* (em torno de 20%). As outras espécies, entre elas seringueira, acácia, teca e paricá, variam entre 382 mil hectares (IBÁ, 2021) e 408 mil hectares (SFB, 2019). A produtividade média em plantios de eucaliptos em 2019 foi de 35,3 m³/ha/ano, e de pinus 31,3 m³/ha/ano (IBÁ, 2020).

O Brasil detém aproximadamente 7% das florestas de produção mundiais, ou 10 milhões de hectares aproximadamente. números que incorporam florestas comerciais de grandes empresas e povoamentos em pequenas propriedades, de acordo com o IBGE (2019). As florestas plantadas cobrem em torno de 1,2% do território nacional, tendo sido verificado um acréscimo em área de 3,5%, nos últimos 10 anos. Essa pequena área relativa é capaz de suprir quase 90% do total da oferta de madeira em tora industrial, 81,5% do carvão vegetal e 62,3% da lenha produzida internamente (SFB 2020c). Em termos de linha do tempo, tal crescimento foi mais pujante até 2015 (IBGE, 2020), com novo e leve acréscimo em área mais recentemente, em função de contingências de mercado.

O setor florestal é representado por empresas de base florestal, congregadas em associações estaduais e representadas pela Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ). Tal complexo conta com 5,9 milhões de hectares (IBÁ , 2021) destinados às Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL) e Reservas Particulares de Preservação Natural (RPPN), distribuídos em mais de 1.000 municípios brasileiros (IBÁ, 2020). Em 2020 a área total certificada atingiu 6,8 milhões de hectares, mais de 60% de aumento em relação a 2019, incluindo as áreas de plantio, de conservação de florestas naturais e áreas destinadas a outros usos dentro de cada propriedade rural (IBÁ,2021).

Em 2020, destacaram-se na balança comercial os produtos de madeira e celulose, papel e produtos de papel, painéis de madeira, pisos laminados, carvão vegetal para aço verde, onde mais gera emprego e renda, com ação ambientalmente responsável. Isso equivale a uma receita bruta de 97,4 bilhões de reais em 2019, com crescimento de 12,6% em relação a 2018 (valores atualizados) e 1,2% do PIB em 2019 (IBÁ, 2020).

O Brasil apresenta vantagens comparativas em relação a outros países tendo a maior produtividade mundial de madeira de coníferas (pinus, com 31,3 m³/ha) e folhosas (eucalipto, com 35,3 m³/ha) em plantios florestais comerciais (MOREIRA e OLIVEIRA, 2017) Tais valores foram levemente superiores até 2020, mas a produtividade tende a estagnar ou até diminuir, em parte devido à mudança do clima (IBÁ, 2020). A colheita de madeira da maior parte dos plantios florestais comerciais ocorre em torno dos sete anos para o Eucalyptus, ou a partir dos 13 anos para Pinus.

Populações e florestas no Brasil

Segundo a FAO (2020), o Brasil é o país que tem a maior área de florestas públicas sob gestão comunitária no mundo, 157 milhões de hectares (Tabela 4), correspondendo a 46% das florestas públicas federais cadastradas (SFB, 2019). Diversos marcos legais, inclusive constitucionais, têm garantido ao longo do tempo o direito ao uso e gestão de territórios por povos originários e comunidades tradicionais. Entre essas modalidades estão o reconhecimento e demarcação de TI, a criação de UC de uso sustentável, como as reservas extrativistas (Resex) e reservas de desenvolvimento sustentável (RDS), por meio de concessão de uso em projetos de assentamentos diferenciados, como os projetos de assentamentos florestais (PAF), de desenvolvimento sustentável (PDS) e assentamentos agroextrativistas (PAE). A constituição garante também a titulação coletiva de territórios quilombolas.

Essas florestas comunitárias são de grande relevância ambiental, social e econômica, já que geram produtos e renda para mais de 2 milhões de habitantes (SFB, 2019). Para essas populações, as florestas são fonte de alimento, energia, matéria prima para produção de casas e utensílios e representam uma farmácia viva. Não menos importante é sua grande significância cultural. Por exemplo, para os Yanomami, 'urihi', a terra-floresta é uma entidade viva, inserida numa complexa dinâmica cosmológica de intercâmbios entre humanos e não-humanos (KOPENAWA e ALBERT, 2015).

Tabela 4 – Diferentes modalidades de áreas públicas sob gestão comunitária e respectivas áreas em hectares (ha) dessas modalidades.

Modalidades	Área (ha)
Terras Indígenas	117.099.985
Projetos de Assentamento Especiais*	15.365.667
Reservas Extrativistas	13.908.288
Reservas de Desenvolvimento Sustentável	11.002.866
Total	**157.376.806**

OBS.: * Projetos de Assentamento Florestal e Projetos de Assentamento Agroextrativistas.
Fonte: SFB, 2020c.

É também reconhecido que em muitas regiões, as florestas ocupadas por comunidades tradicionais são relativamente mais conservadas que outras áreas, em razão de práticas ancestrais de uso e da defesa que fazem de seus territórios.

O Inventário Florestal Nacional identifica por meio de 'Levantamento Socioambiental' a utilização dos recursos florestais pelas pessoas que vivem próximas as florestas bem como sua percepção sobre os bens e serviços da floresta. Estes dados têm revelado a importância dos recursos florestais, por exemplo no Cerrado 37% dos mais de 10 mil entrevistados disseram que os produtos florestais contribuem na renda familiar sendo que para 17% contribuem em mais de 50% da renda familiar (SFB, 2020d). A produção de alimentos a partir de frutos e sementes tem aumentado nos últimos anos no Brasil, segundo o 'Relatório da Conjuntura da Bioeconomia Florestal' (Brasil, 2019). Estes dados demostram que os usos dos ativos florestais têm aumentado e proporcionado a valorização da floresta em pé.

As florestas brasileiras em transformação

Desmatamento e Degradação Florestal

Segundo o Inpe (2013), o desmatamento é a operação que objetiva a supressão total da vegetação nativa de determinada área para o uso alternativo do solo. Nesse processo, a cobertura florestal é totalmente removida e substituída por outras coberturas e usos (agrícola, pastagem, urbano, hidroelétricas etc).

A supressão da vegetação natural, em especial das florestas (ecossistemas com maior biodiversidade terrestre), é a maior causa de perda de biodiversidade do planeta na atualidade, trazendo problemas, com a diminuição de serviços ecossistêmicos e emissões de gases de efeito estufa, muito além da área desmatada (BARLOW *et al.*, 2016).

A degradação florestal pode ser gerada por atividades humanas, eventos climáticos severos, fogo, pragas e doenças e outros distúrbios ambientais, podendo levar à redução da provisão de bens e serviços florestais, biodiversidade, produtividade e sanidade. A degradação florestal também pode afetar negativamente outros usos da terra, como perda de qualidade da água e emissão de gases de efeito estufa (FAO, 2020). O desmatamento, a degradação florestal e as queimadas na Amazônia e no Cerrado são responsáveis por grande parte das emissões de carbono no País.

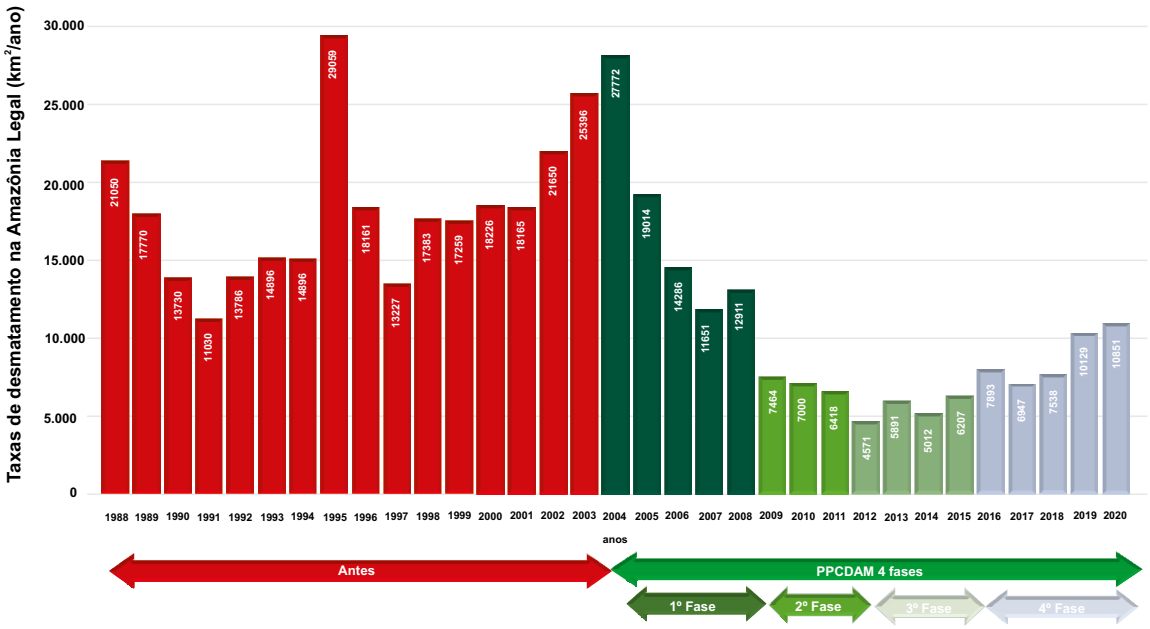
A perda da vegetação natural pode iniciar-se com a supressão de árvores de valor comercial, viabilizando recursos financeiros aos desmatadores para continuar o processo de supressão total da floresta na área, conhecida como corte raso. Embora haja o entendimento de que a degradação seria um estágio inicial de perda florestal que chegaria ao corte raso, apenas cerca de 9% das áreas degradadas são convertidas em solo nu até 3 anos após a detecção da degradação. Mesmo existindo uma baixa taxa de conversão entre degradação e corte raso, em uma mesma área, essa degradação pode preceder o desmatamento ou o corte raso, em áreas adjacentes à degradação, sendo um indicativo de possível mudança da cobertura florestal naquela região (GANDOUR *et al.*, 2021).

Vale considerar o conceito de 'desmatamento legal' e 'desmatamento ilegal', temas de difícil constatação em campo, considerando as bases de dados disponíveis, até recentemente. Tal realidade poderá ser conhecida, no futuro, talvez não tão distante, pelo cruzamento das camadas do Cadastro Ambiental Rural (CAR) – figura programática da legislação ambiental brasileira com as camadas de vegetação e com o aperfeiçoamento da detecção da vegetação de porte florestal. Por enquanto, a não ser em estudos pontuais, as informações se reportam ao desmatamento como um todo, sem considerar que o Brasil possui legislação específica, a Lei n.º 12.651/2012 – conhecida como 'Novo Código Florestal'. Instrumento que estabelece normas gerais sobre a 'Proteção da Vegetação Nativa', incluindo: as APP, as áreas de RL e de Uso Restrito (UR); a exploração florestal; o suprimento de matéria-prima florestal; o controle da origem dos produtos florestais; o controle e prevenção dos incêndios florestais; e a previsão de instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

Desmatamento nos biomas

Cerca de 20% da área do bioma amazônico foi perdida pelo desmatamento até 2020. Durante a década de 90 do século XX e o início do século XXI houve picos de desmatamento de mais de 2 milhões de hectares desmatados por ano. Entre 2004 e 2012 as taxas de desmatamento na região caíram em cerca de 83,5% devido às ações do Plano de Ação de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM). Entretanto, a partir de 2013, após o período de menor média de desmatamento (547.300 ha entre 2011 e 2014) e após a mudanças no Código Florestal, essas taxas estão subindo gradualmente, atingindo entre 2017-2018: 724.200 ha e entre 2019-2020: 1.085.100 ha (Figura 4).

Figura 4 – Desmatamento detectado no bioma amazônico pelo sistema Prodes/Inpe em km² por ano.

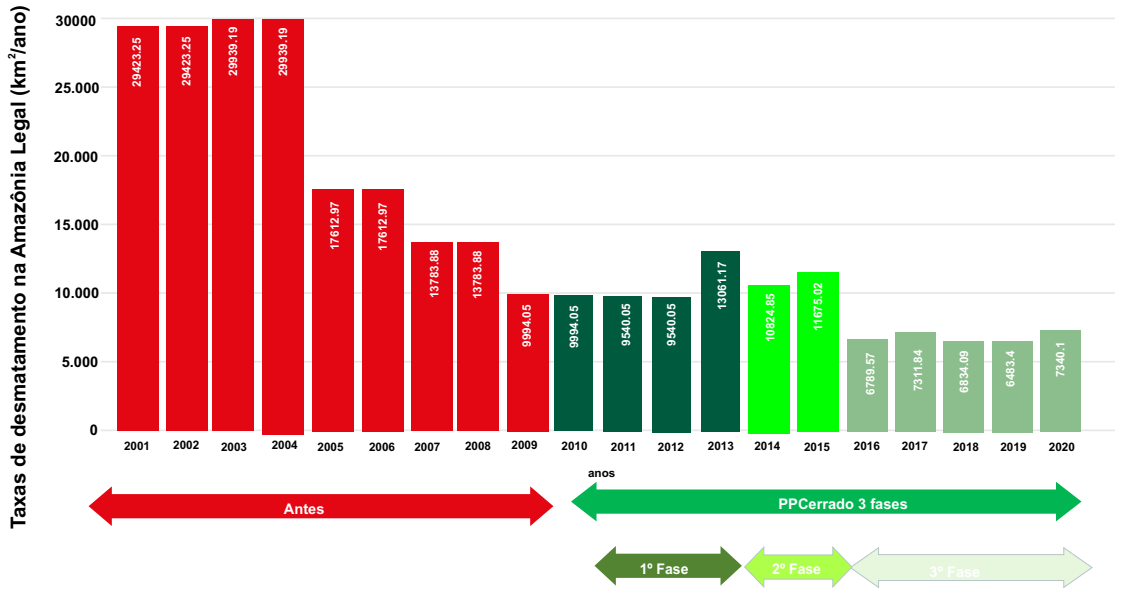


Fonte: Inpe, 2021f.

O Cerrado, até os dias atuais, perdeu cerca de 50% de sua cobertura vegetal e grande parte converteu-se em área de pastagem e monoculturas (FREITAS *et al.*, 2013; STRASSBURG *et al.*, 2017). Hoje, as áreas críticas de desmatamento concentram-se entre os estados do Tocantins, Maranhão e Piauí, que fazem parte da região do Matopiba[8]. Entre 2013 e 2020, as taxas de desmatamento diminuíram, mantendo-se, nos últimos 5 anos, em torno de 50% dos valores de antes de 2013 (cerca de 1.300.000 ha) (Figura 5).

8 Matopiba é um acrônimo formado com as iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Mais informações, sobre a dinâmica de ocupação do Matopiba, podem ser obtidas no capítulo "Terra".

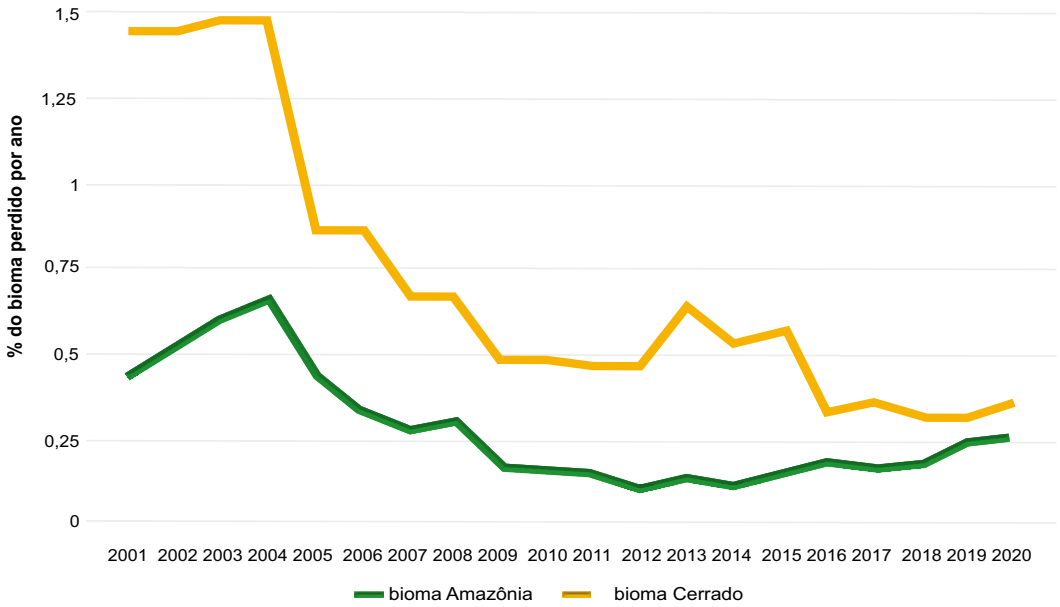
Figura 5 – Desmatamento detectado no bioma Cerrado pelo sistema Prodes/Inpe em km² por ano.



Fonte: Inpe, 2021f.

Apesar dessa diminuição de perda, as taxas são até 2,5 vezes maiores que a taxa de desmatamento anual na Amazônia brasileira, com o agravante de ter apenas 7,5% de áreas protegidas, contrastando com a Amazônia que tem 46% (STRASSBURG *et al.*, 2017). Além disso, a porcentagem de perda do bioma Cerrado em cada ano, desde o início do século, tem sido maior que a porcentagem de perda aual do bioma Amazônia. Em alguns casos, a porcentagem de perda de Cerrado chegou a ser o triplo, em relação a Amazônia (Figura 6).

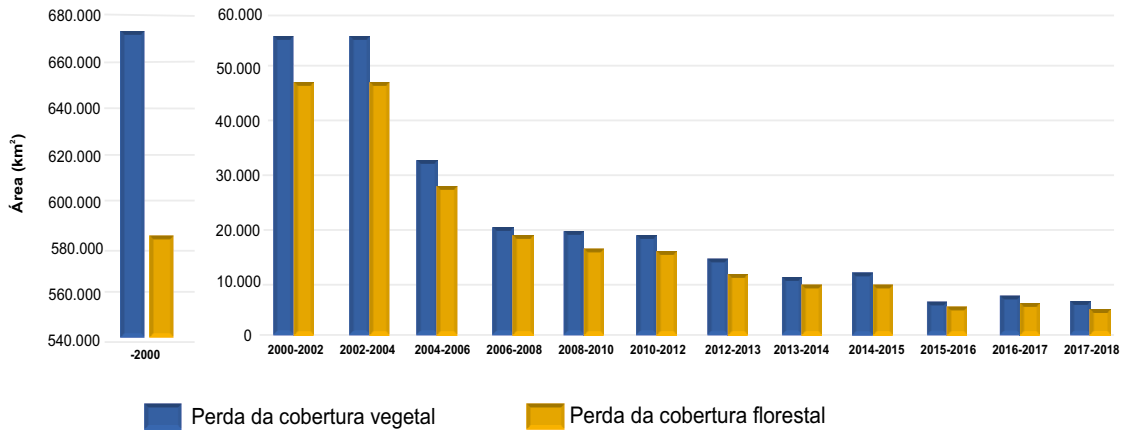
Figura 6 – Porcentagem de desmatamento detectado nos biomas Amazônia e Cerrado pelo sistema Prodes/Inpe em relação à área total do bioma ao longo dos anos.



Fonte: Inpe, 2021f.

Nem todos os desmatamentos no Cerrado ocorrem em áreas de florestas considerando que neste bioma ocorrem outros tipos de vegetação não florestal em quantidade significante. Informações sobre essas diferenças podem ser observadas no SNIF/SFB, que cruza as informações produzidas pelo Inpe com o mapa de florestas para identificar o dano em área florestal (Figura 7).

Figura 7 – Perda de cobertura vegetal e cobertura florestal do bioma Cerrado, por período.

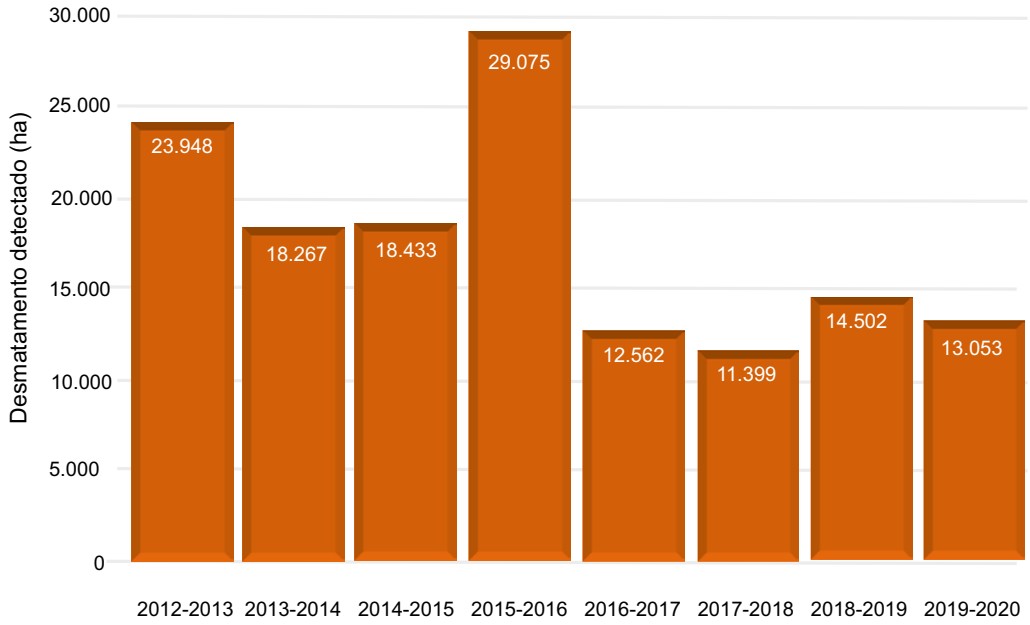


Fonte: SFB 2020c. Adaptado de Inpe, 2019.

A Mata Atlântica é o bioma no qual mais de 70% da população brasileira vive e utiliza de seus serviços ecossistêmicos, com destaque para o abastecimento de água. Entretanto, é o bioma brasileiro que mantém o menor percentual de cobertura vegetal natural, com cerca de 12% da sua cobertura vegetal original em matas primárias e secundárias (SOS MATA ATLÂNTICA, 2021a; INPE, 2021a). Entre 2019 e 2020 foram desmatados cerca de 13.053 ha, uma queda de 9,3% em relação ao período anterior 2018-2019 (SOS MATA ATLÂNTICA, 2021a; INPE, 2021f) (Figura 8). Apesar disso, o bioma ainda possui importante parcela da diversidade biológica, com várias espécies endêmicas.

Diferente da Amazônia, do Cerrado e da Mata-Atlântica, os demais biomas brasileiros (Caatinga, Pampa e Pantanal) não possuem projetos de monitoramento pelo governo federal de forma recorrente. Importante colocar que parte desses biomas, nem sempre mensurada quanto à sua área e distribuição em estudos sobre desmatamento, não constituem áreas florestadas. Entretanto, o IBGE (2020) atualizou o mapa de cobertura vegetal com o intervalo de referência entre 2000 e 2018. Em 2018, a Caatinga tinha um total de 5,6% do seu território convertido em uso antrópico, o que representa 2.676.800 ha. A Caatinga teve redução de 90% de área desmatada anual, de 1.716.500 ha em 2000 para 160.400 ha em 2018. O Pampa perdeu 1.560.700 ha de vegetação natural entre 2000 e 2018, convertidos em usos antrópicos, 58% em área agrícola, e 18,8% em silvicultura. O Pantanal é o bioma mais preservado, com decréscimo acumulado de área coberta por vegetação original, até 2018, de apenas 210.900 ha (1,6%).

Figura 8 – Desmatamento detectado no bioma Mata Atlântica pela SOS Mata Atlântica e Inpe em hectares por ano.



Fonte: SOS Mata Atlântica, 2021a. Disponível em: https://www.sosma.org.br/iniciativa/atlas-da-mata-atlantica/.

A transformação florestal por categorias de uso ou destinação

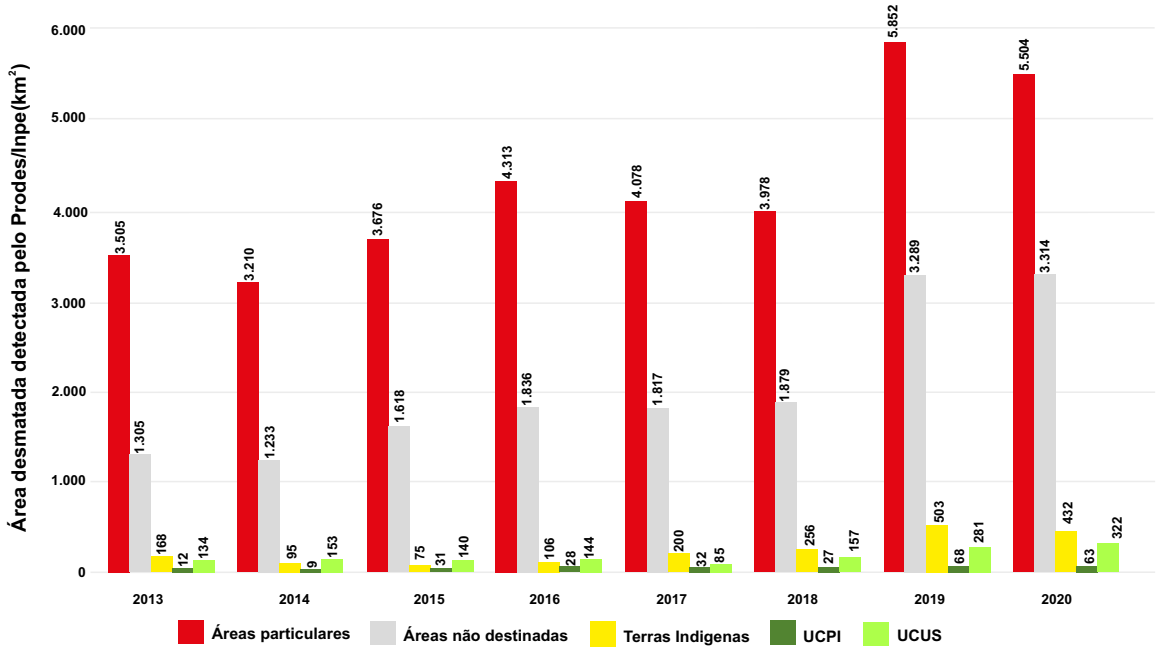
Na Amazônia Brasileira, as UC, seja de proteção integral ou uso sustentável, assim como as TI, são consideradas barreiras contra o desmatamento, pois apresentam uma porcentagem menor de perda de vegetação natural, quando comparadas às áreas privadas ou públicas não destinadas, localizadas no entorno dessas áreas protegidas (RICKETTS *et al.*, 2010; SOARES-FILHO *et al.*, 2010; WALKER *et al.*, 2020). Apesar do controle do Estado, nos últimos 2 anos houve aumento de invasão e grilagem com registro de CAR dentro das TI em mais de 100%. Nessas invasões ocorreram a maior parte dos desmatamentos e incêndios florestais identificados nas TI (FELLOWS *et al.*, 2021). As invasões também ocorreram em UC, com destaque para unidades de uso sustentável, excetuando-se áreas de proteção ambiental (APA)[9], ou com conflitos de pendências na regularização fundiária (SOARES-FILHO *et al.*, 2010; WALKER *et al.*, 2020). Entre 2013 e 2020 foram cerca de 140% de aumento para unidades de conservação de uso sustentável (UCUS) na Amazônia Brasileira e cerca de 454% para Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI) (Figura 9). As TI também tiveram um aumento de desmatamento de aproximadamente 156% entre 2013 e 2020 (INPE, 2021e).

Diferente das TI e das UC - seja de proteção integral ou uso sustentável, consideradas barreiras contra o desmatamento - as terras públicas não destinadas são focos de desmatamento por grileiros, que atuam e trabalham para a regularização de áreas invadidas, no interior dessas terras públicas na Amazônia Legal (TORRES, DOBLAS e ALARCON, 2017). Só entre 2013 e 2020 o desmatamento detectado no interior dessas terras públicas sem destinação subiu 154%, atingindo 33 milhões de hectares em 2020 (INPE, 2021e; SFB, 2021a) (Figura 9).

9 Área de Proteção Ambiental (APA) é definida como uma extensa área natural, com um certo nível de ocupação humana, que garante a proteção e conservação de atributos bióticos, abióticos, estéticos ou culturais importantes para a qualidade de vida da população. Esse nível de ocupação determina, geralmente, uma menor parcela de cobertura vegetal natural dessas UC.

No Brasil, de 498 milhões de hectares de florestas, 309,2 milhões são florestas públicas, o que resultaria em aproximadamente 198 milhões de hectares em terras privadas (SFB, 2020c). As terras privadas na Amazônia Legal Brasileira – onde é autorizada a retirada de 20% da vegetação natural, se o imóvel estiver no bioma Amazônia, e 50% no bioma Cerrado – também tiveram aumento da área desmatada entre 2013 e 2020. Até 94% dos desmatamentos na Amazônia Legal Brasileira e na região do Matopiba ocorrem sem autorização do Estado Brasileiro, pelo menos nos últimos 20 anos, mesmo que as bases de dados das diferentes esferas de governo não sejam completas e transparentes (VALDIONES *et al.*, 2021). Logo, é razoável considerar que esse aumento de desmatamento nas propriedades particulares, ocorre de forma ilegal. No período entre 2013 e 2020 tiveram acréscimo de desmatamento de até 67%. Entre 2019 e 2020, houve uma queda do desmatamento em áreas particulares em cerca de 6% (Figura 9).

Figura 9 – Desmatamento detectado pelo Prodes/Inpe em km² na Amazônia Legal brasileira, por categoria de uso e destinação, no período de 2013 a 2020.



OBS.: Categorias de uso e destinação: Áreas particulares; Áreas públicas não destinadas; Terras indígenas; Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI), Unidades de Conservação de Uso Sustentável (UCUS).
Fonte: Inpe, 2021f.

Dinâmica de uso da terra

Procurando entender a dinâmica de uso das áreas desmatadas na Amazônia brasileira, em 2008, foi criado o Projeto 'TerraClass'. Esse projeto é uma parceria entre o Inpe e a Embrapa. O projeto produziu mapas de uso e cobertura das terras desflorestadas da Amazônia Legal Brasileira identificadas pelo sistema Prodes/Inpe, quantificando os novos usos do solo das áreas desmatadas. Embora o TerraClass tenha origem em 2008, as áreas analisadas no projeto foram identificadas pelo sistema Prodes/Inpe, o que remonta a desmatamentos desde 1988.

O mapeamento realizado entre 2004-2014 (Tabela 5) mostrou que a expansão da agricultura anual ocorreu principalmente sobre pastagens e desflorestamentos anteriores a 2008, em uma média de 8% ao ano, entre 2004 e 2014. Nesse período, a área de pastagens permaneceu praticamente estável em 65% sendo o tipo de uso predominante nas áreas desmatadas em toda a Amazônia. A vegetação secundária apresentou um crescimento de 16,5% em 2004 para 22,8% em 2014 (Inpe, 2021b).

Tabela 5 – Usos das áreas desmatadas, classificadas pelo TerraClass/Inpe, em km², entre 2004 e 2014.

Classificação (km²) 2004-2014	Veg. Primária	Veg. Secundária	Silvicultura	Past. Arbustiva	Past. Herbácea	Agric. Perene	Agric. Semiperene	Agric. Temp.	Mineração	Urbanizada	Outros	Não Observado	Desflor. Ano	TOTAL
Veg. Primária	**3.178.580,31**	25.960,14	336,81	19.126,06	47.108,15	59,37	22,60	3.476,03	218,72	296,81	1.537,31	5.623,28	4.477,40	**3.286.822,99**
Veg. Secundária	0,01	**67.185,98**	196,41	11.200,58	19.212,37	145,10	81,60	1.568,82	175,97	350,45	1.467,88	4.281,22	-	**105.866,39**
Silvicultura	-	146,22	**1.055,16**	77,51	61,09	0,07	-	3,15	-	1,04	2,20	104,84	-	**1.451,28**
Past. Arbustiva	-	37.877,91	353,57	**26.496,22**	52.531,90	131,02	54,04	2.293,64	120,00	510,38	1.225,96	5.553,68	-	**127.148,32**
Past. Herbácea	-	25.499,09	828,84	36.146,77	**226.706,52**	310,82	623,42	15.247,73	238,18	1.103,25	1.719,62	7.726,81	-	**316.151,05**
Agric. Perene	-	2,32	-	1,26	16,30	**467,68**	-	-	-	0,32	0,09	-	-	**487,97**
Agric. Semiperene	-	13,22	0,02	27,05	151,52	-	**1.421,15**	152,32	0,01	0,85	-	16,70	-	**1.782,84**
Agric. Temp.	-	124,32	8,40	17,67	500,32	-	9,27	**15.264,49**	0,17	17,37	1,96	37,39	-	**15.981,36**
Mineração	-	113,64	0,02	47,25	109,15	-	-	1,70	**476,35**	29,03	21,16	14,93	-	**813,23**
Urbanizada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**2.952,72**	-	7,78	-	**2.960,50**
Outros	-	1.318,27	7,58	659,57	1.246,42	4,61	2,76	35,55	25,57	69,07	**1.101,04**	254,02	-	**4.724,46**
Não Observado	0,12	14.044,35	237,52	8.419,07	16.761,11	25,64	29,21	1.019,10	36,92	367,67	547,81	**5.342,96**	-	**46.831,48**
Desflor.Ano	-	6.498,28	145,95	3.908,90	15.759,35	38,43	11,80	3.949,59	27,62	61,36	193,46	972,13	-	**31.566,87**
TOTAL	**3.178.580,44**	**178.783,74**	**3.170,28**	**06.127,91**	**380.164,20**	**.182,74**	**2.255,85**	**43.012,12**	**1.319,51**	**5.760,32**	**7.818,49**	**29.935,74**	**4.477,40**	**3.942.588,74**

Fonte: Inpe, 2021d (Adaptado pelos autores).

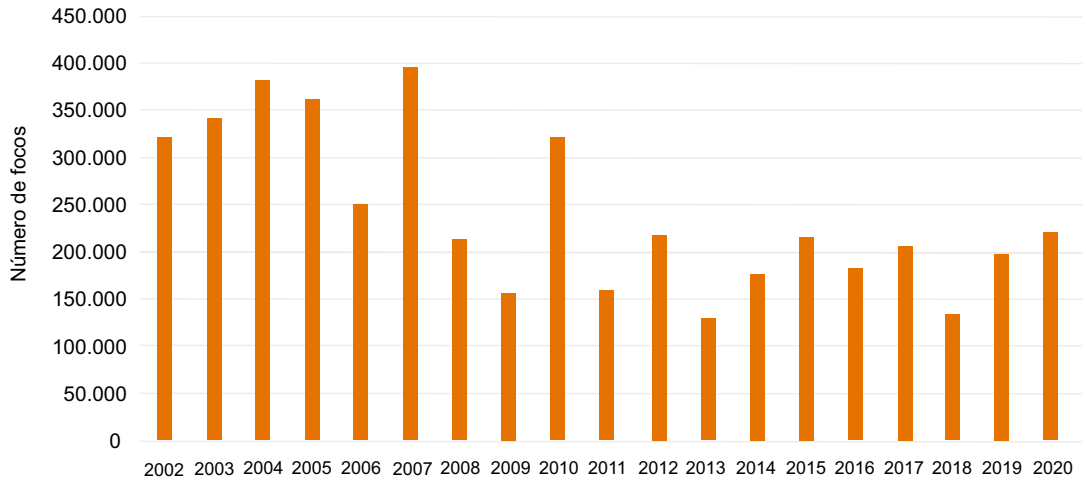
O Cerrado, por sua vez, iniciou sua série com o mapeamento do uso da terra de 2013 e mais recentemente para o ano de 2018. Segundo esse mapeamento, o bioma Cerrado tem 49,4% de vegetação natural primária e 28,9% de pastagem (INPE, 2021d). Ao comparar os dados de 2013 com 2018 verifica-se que 76% da área de agricultura se manteve como área consolidada. Sobre a agricultura temporária de 2 ciclos em 2018, 77% dessas atividades ocorreram sobre áreas já utilizadas pela agricultura, 14% sobre pastagens e 5% sobre áreas naturais de 2013. A área de pastagem permaneceu estável ocupando 29% da área total. Em 2018, 4,7% da área total do Cerrado foi classificada como vegetação natural florestal secundária.

Incêndios Florestais

O fogo pode ser considerado um instrumento tradicional de manejo agropastoril, pois é usado na preparação do terreno para novas culturas, limpeza de áreas após a extração madeireira e na renovação de pastagens; entretanto, seu uso em forma de queimadas, sem controle e sem orientação, pode gerar grandes incêndios. Os incêndios florestais são considerados uma das principais causas de poluição, perda e transformação de habitats no Brasil, e estão entre os eventos mais danosos ao ambiente (IBAMA, 2013).

O monitoramento dos incêndios florestais no Brasil é realizado de maneira sistematizada pelo Inpe desde 1998. A detecção das coordenadas de localização da ocorrência de fogo ativo na vegetação a partir de imagens de satélites, originalmente foi chamada de focos de calor e passou a ser diária utilizando inicialmente apenas as imagens do satélite NOAA-12 (sensor AVHRR, com passagem sobre o Brasil no final da tarde). Esses dados foram utilizados como referência até o final da vida útil desse satélite que aconteceu em 2007. Houve a necessidade de substituição do satélite de referência e por isso a série histórica possui uma quebra. Atualmente considera-se os dados de referência os obtidos a partir do dia 04 de julho de 2002, pelo satélite de AQUA_M-T (sensor MODIS, passagem no início da tarde). Essa transição causou a descontinuidade na geração de dados sobre focos de calor, sendo os dados captados de 1998 a 2001 significativamente menores que os dados obtidos a partir de 2002 (INPE, 2021b). Em função disso, para desenvolver as análises neste capítulo, optou-se por considerar apenas os dados obtidos pelo satélite AQUA, na passagem do final da tarde sobre o Brasil, processados com a versão 6 do algoritmo de detecção de focos (Figura 10).

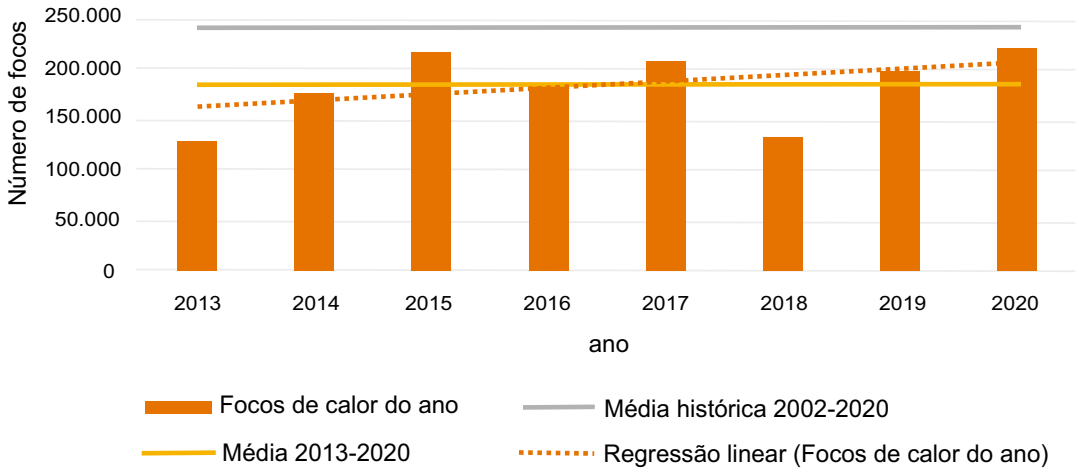
Figura 10 – Série histórica do total de focos de fogo ativo detectados, pelo satélite de referência, no período de 2002 a 2020.



Fonte: Inpe, 2021c.

Conforme apresentado na Figura 10, as quantidades anuais totais de focos detectados variaram bastante ao longo dos anos (2002 a 2020), sendo que seis dos piores anos de incêndios ocorreram entre 2002 e 2010, quando cada um deles superou a marca de 300.000 focos detectados. A partir de 2010, último ano com registro superior a 300.000 focos, não houve nenhum outro registro superior a 225.000 focos, fazendo com que a média anual de incêndios decaísse conforme pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 – Total de focos de fogo ativo detectados anualmente, pelo satélite de referência, no período de 2013 a 2020, com a média histórica de 2002 a 2020 e média recente de 2013 a 2020.



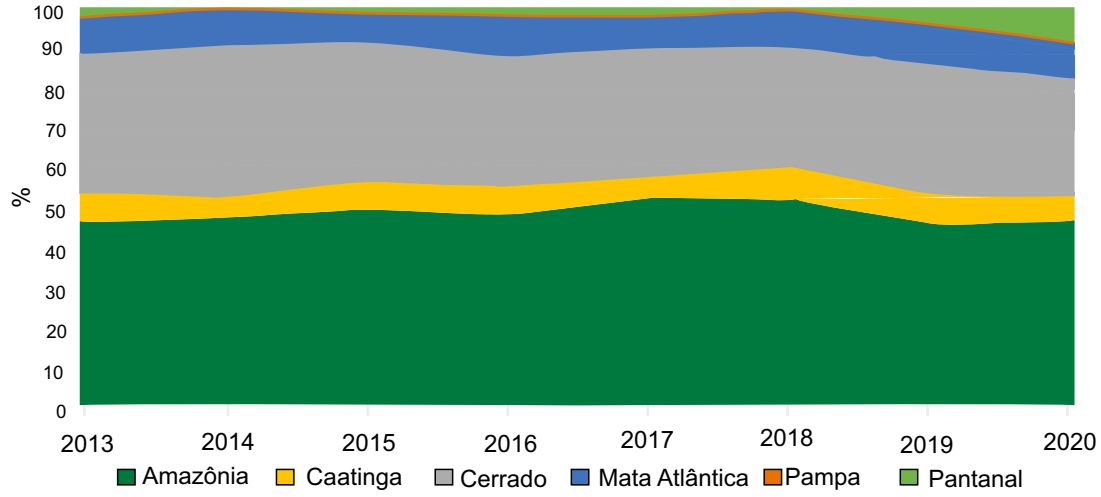
Fonte: INPE, 2021c.

Observando a Figura 11 é possível notar a variação anual do total de focos no período de 2013 a 2020, bem como comparar com as médias históricas dos períodos, 2002 a 2020 (~240.000 focos) e 2013 a 2020 (~183.000 focos). Conforme demonstrado no gráfico, o período de 2013 a 2020 apresentou uma redução de ~24% dos focos em relação ao período completo do monitoramento (2002 a 2020). No período de 2013-2020, nenhum ano alcançou a média histórica anterior, demonstrando, uma tendência de redução dos incêndios, quando comparada ao período completo do monitoramento.

A distribuição da ocorrência de fogo na vegetação brasileira variou de maneira geral mantendo a proporcionalidade. A média no período 2013 a 2020 para o bioma Amazônia foi de ~48%, Caatinga ~7%, Cerrado ~33%, Mata Atlântica ~8%, Pampa ~1% e Pantanal ~4%. Conforme pode ser observado na Figura 12, o bioma Pantanal foi o que apresentou maior mudança nos anos 2019 e 2020 em virtude do déficit de chuvas registradas em relação à média histórica, favorecendo o estresse hídrico da vegetação e, consequentemente, facilitando a propagação do fogo sobre a biomassa seca acumulada.

Quando comparada a média histórica (2002 a 2020) com a média recente (2013 a 2020), percebe-se que todos os biomas tiveram uma redução de incêndios florestais próximos ou maior que a média nacional, exceto Pantanal e Pampa. Enquanto a média recente (2013 a 2020) do Brasil diminuiu 24% em relação à média histórica (2002 a 2020), as reduções nos biomas, individualmente, foram de 34% na Caatinga, 20% no Cerrado, 27% na Amazônia, 25% na Mata Atlântica, mas apenas 4% no Pantanal e 8% no Pampa.

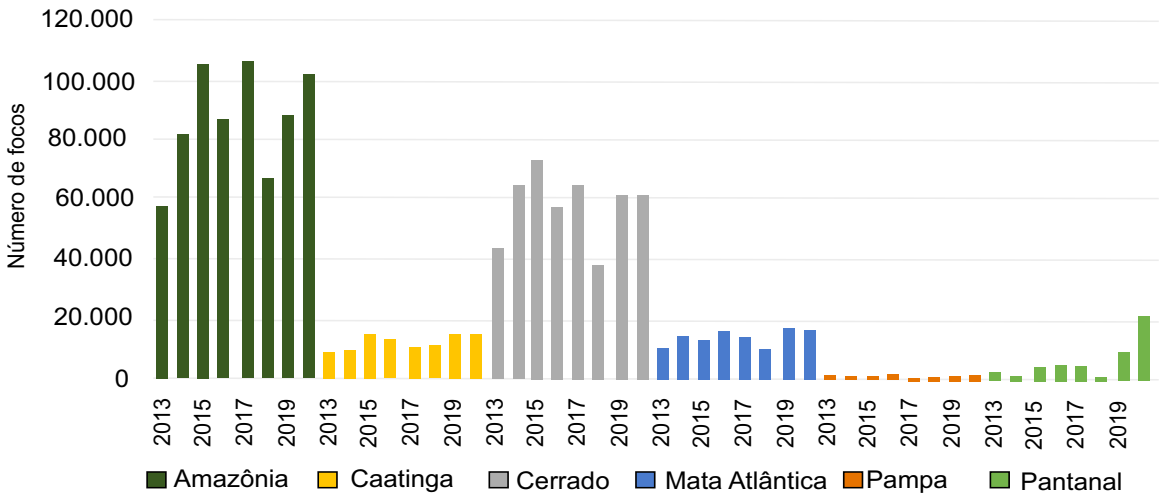
Figura 12 – Gráfico da variação temporal das proporções da ocorrência de fogo nos biomas brasileiros.



Fonte: Inpe, 2021g (Adaptado pelos autores).

Desde 2013, apenas o Pantanal teve anos que superaram, significativamente, a média histórica (2002 a 2020), demonstrando um avanço dos incêndios sobre essas áreas nos últimos anos, com destaque para 2019 e 2020 (Figura 13).

Figura 13 – Focos de fogo detectados anualmente nos diferentes biomas brasileiros entre 2013 e 2020.

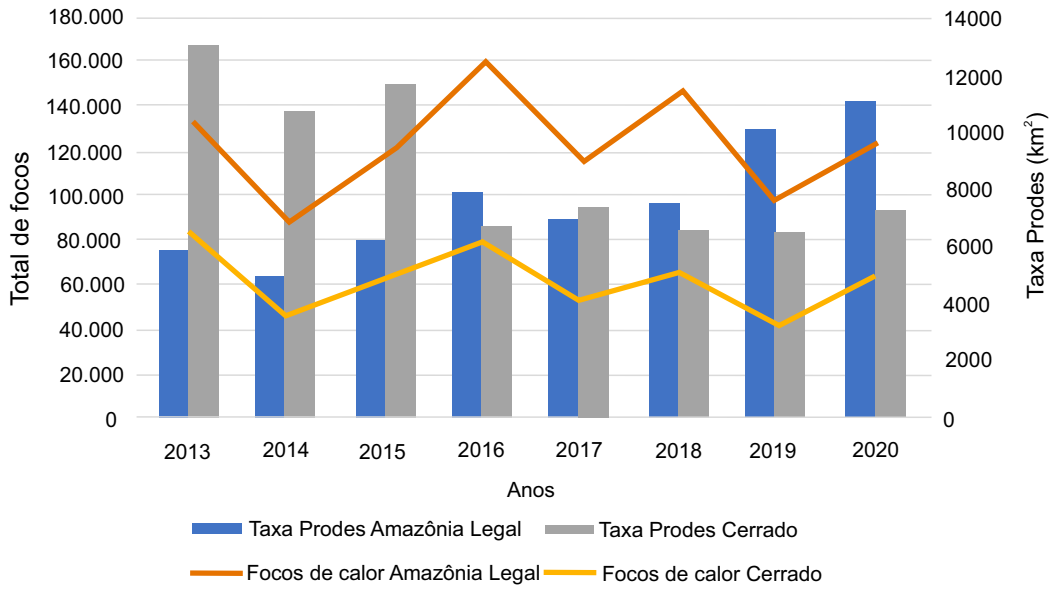


Fonte: Inpe, 2021g.

Quando analisada a linha de tendência linear, todos os biomas apresentam, com maior ou menor inclinação, um crescimento de 2013 para 2020 nos focos de calor. Essa tendência pode significar, futuramente, maior constância de incêndios florestais perto da média histórica (2002 a 2020), que contempla os anos com maior quantidade de incêndios florestais (2002 a 2010) desde o início das medições. A manutenção dessa tendência pode decorrer de diferentes fatores, que não agem de maneira descorrelacionada, como os efeitos das mudanças climáticas, o avanço da população sobre áreas de vegetação nativa, entre outros.

Na Figura 14, é possível perceber a relação entre desmatamento e a ocorrência de fogo na vegetação na região da Amazônia Legal (incluindo a fração dos biomas Pantanal, Cerrado e todo bioma Amazônia desta área) sendo o ano de 2019 (01/08/2018 a 31/07/2019) o único em que há aumento do desmatamento e diminuição dos focos detectados.

Figura 14 – Taxas Prodes/Desmatamento em km² e focos de fogo ativo, na Amazônia Legal e no bioma Cerrado, de 2013 a 2020*.

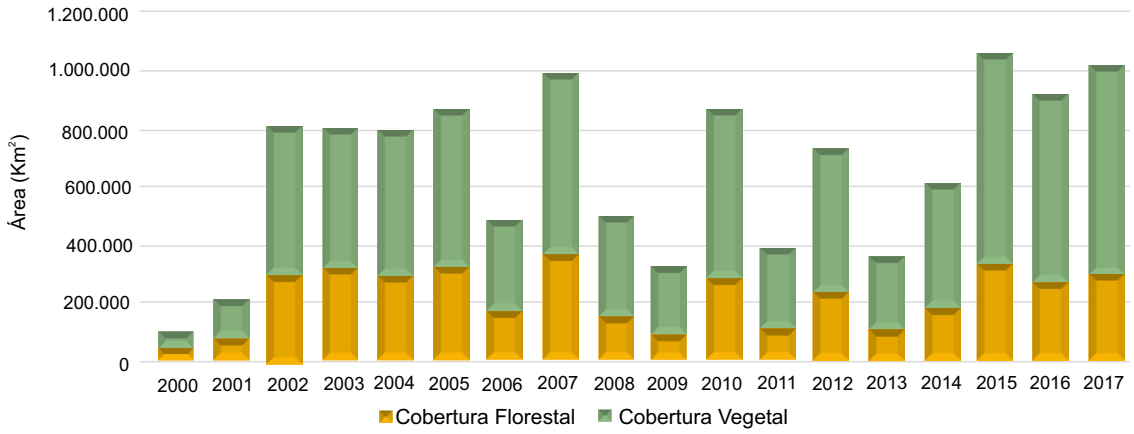


OBS.: *O período de captura dos focos de fogo ativo foi adaptado ao período Prodes de 01/08 a 31/07 do ano seguinte, ou seja, nos dados apresentados o ano 2013 engloba os desmatamentos e os focos de fogo ativo captados entre 01/08/2012 e 31/07/2013 e assim sucessivamente.
Fonte: Inpe, 2021c.

A diferença de comportamento dos focos de calor da Amazônia Legal em relação ao desmatamento identificado pelo sistema Prodes em 2019 pode ser creditada ao ano de 2018, que apresentou chuvas esparsas ao longo de todo o ano, fazendo com que o segundo semestre tivesse significativamente menos incêndios do que a média histórica. Em 2019, teve início a 'Operação de Garantia da Lei e da Ordem - Verde Brasil' (GLO) que atuou na Amazônia Legal com o emprego das forças armadas reforçando as atividades de resposta a incêndios florestais já implementadas por outros níveis de governo e sociedade civil. Essa resposta, aliada à repercussão dos incêndios e as campanhas vinculadas pelos diversos meios de comunicação, pode ter contribuído para uma diminuição significativa dos focos de setembro em relação a agosto (fato inédito desde 2002), além do mês de outubro com a menor detecção de focos de calor da história.

A Figura 14 apresenta o relacionamento do desmatamento e dos focos de calor para o Cerrado, que não demonstra uma correlação direta, possuindo, por vezes, comportamentos antagônicos; nesse caso, a discrepância temporal pode sugerir uma prática de queima tardia em relação ao desmatamento (diferente do visto para a Amazônia Legal). Percebe-se também que desde 2016 houve redução dos índices de desmatamento e focos de calor, quando comparado aos anos de 2013-2015. Adicionalmente, vale ressaltar que nem todos os focos de calor ocorrem em áreas com cobertura florestal. Neste sentido o SFB cruza as informações produzidas pelo Inpe com o mapa de florestas para identificar os danos, especificamente, em área florestal (Figura 15).

Figura 15 – Registro anual de área de incêndios e queimadas (km²), por cobertura florestal e vegetal.



Fonte: SFB, 2020c. Adaptado de Inpe, 2021c.

Emissões de gases de efeito estufa

O ser humano, principalmente, a partir da segunda metade do século XVIII, com a revolução industrial, vem emitindo para a atmosfera, em níveis sem precedentes, gases como CO_2, CH_4, N_2O e outros, por queima de combustíveis fósseis, queimadas, desmatamento etc. A emissão desses gases está associada a mudanças climáticas profundas, com aumento da temperatura global, eventos climáticos extremos e irregularidade do regime de chuvas, dentre outros (UNFCCC, 2001).

As mudanças do uso do solo, principalmente as perdas de florestas que possuem grande quantidade de carbono retida nas árvores e na matéria orgânica depositada no solo, constituem uma grande fonte de emissão de gases do efeito estufa (FOLEY *et al.*, 2005).

O uso da terra, a mudança do uso da terra e florestas, em 2016, correspondeu a 27,1% (290.867 Mt/CO_{2eq}[10]) das emissões brasileiras (MCTI, 2020).

Essa emissão e consequente mudança climática causam diminuição de chuvas na região tropical e aumento de temperaturas, o que pode produzir um efeito de conversão da floresta em uma vegetação não florestada, caso o desmatamento ultrapasse 40% da área do bioma. (LEITE-FILHO *et al.*, 2021; NEPSTAD *et al.*, 2008; NOBRE, 2016b). Segundo os mesmos autores, parte da floresta seria convertida em vegetações que se assemelham as savanas, como em algumas fitofisionomias do Cerrado brasileiro, com menor biodiversidade e diferentes serviços ecossistêmicos dos que hoje a floresta fornece. O Uso do Solo, Mudança no Uso do Solo e Florestas (LULUCF, da sigla em inglês) atualmente no Brasil são a terceira maior causa de emissões de gases que contribuem para as alterações climáticas, o que pode diminuir a biodiversidade das nossas florestas[11].

Aumento de eventos climáticos extremos e alteração de regime hídrico

Talvez a forma mais diferente, e não incorreta, de se pensar em uma árvore é como uma bomba de água, que capta água pelas suas raízes e emite (evapotranspira) na atmosfera essa água como um dos subprodutos do processo de fotossíntese, em forma de vapor. Na Amazônia, apenas uma árvore pode colocar cerca de 1.100 litros de água na atmosfera por dia. Somente a Floresta Amazônica coloca na atmosfera cerca de 22 trilhões de litros de água diários, com sua centena de bilhões de árvores. Essa grande quantidade de água evidentemente produz efeitos atmosféricos em escala local, regional, e até mesmo global (NOBRE, 2016b).

Além da quantidade de água colocada na atmosfera, as florestas contribuem para o clima de outras formas. Os aerossóis orgânicos emitidos pelas árvores na atmosfera contribuem para a formação de nuvens e chuvas. A diferença de transpiração e condensação produzida pelas florestas modifica a dinâmica da pressão atmosférica, contribuindo para que massas de ar úmidas oceânicas invadam o continente florestado de forma a trazer mais chuvas para essas localidades. Assim, mais uma vez as florestas agem como bombas ao tirar umidade do mar e trazer ao continente (MAKARIEVA e GORSHKOV, 2007; NOBRE, 2016b). Além disso, as florestas tropicais constituem uma matriz rugosa que diminui a velocidade dos ventos, principalmente os alísios de forma a evitar a formação de eventos climáticos drásticos, como ciclones, furacões e outros no interior do continente florestado (NOBRE, 2016b).

Na América do Sul, as florestas criam uma condição climática peculiar. Embora a maior parte da umidade alçada aos céus pela Floresta Amazônica se condense em chuvas na mesma região, parte dessa umidade escapa nas camadas inferiores da atmosfera, impulsionadas pelos ventos alísios e encontra nos contrafortes dos Andes uma barreira que redireciona essas grandes massas de vapor d'água para o centro e sudeste do continente, formando verdadeiros rios voadores (Figura 16). Esses rios voadores irrigam, durante os meses de outubro e março, toda a região Sudeste, Sul e parte do Centro-Oeste brasileiro, região onde repousa 70% do PIB brasileiro (NOBRE, 2016b; FEARNSIDE, 2008).

Não só as regiões mais ao sul do país podem sofrer impactos com as estiagens provocadas pela perda da Floresta Amazônica. A região sul amazônica brasileira já vem tendo níveis pluviométricos menores que a metade dos níveis pluviométricos de 20 anos atrás e atraso no início do período chuvoso (WRIGHT *et al.*, 2017; LEITE-FILHO, PONTES e COSTA, 2019). Essa queda nos níveis pluviométricos pode levar a perdas de 1 bilhão de dólares em produtividade agrícola e perdas acumuladas de 180 bilhões de dólares até 2050 na produção de carne e 5,6 bilhões na produção de soja, no mesmo período, na região sul amazônica brasileira (LEITE-FILHO *et al.*, 2021).

10 Mt/CO_2eq: milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente.
11 Mas informações, sobre o assunto podem ser obtidas no capítulo "Atmosfera".

Figura 16 - Funcionamento dos rios voadores.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

As florestas e os recursos hídricos

As florestas exercem um papel fundamental na qualidade e quantidade de recursos hídricos disponíveis na natureza. Isso pode ser explicado pelo ciclo hidrológico. Quando ocorre a precipitação, a água pode ficar retida próxima ao local onde caiu, escoar superficialmente ou infiltrar no solo.

O relevo local e o uso e ocupação do solo são fatores cruciais para determinar a forma como a água atingirá os veios d'água, até chegar aos oceanos, completando o ciclo.

Em áreas bem preservadas, a vegetação funciona como uma barreira para aumentar a retenção da água, favorecer a penetração no solo e diminuir sua velocidade de escoamento superficial.

Neste processo, mais lento, a erosão hídrica e o carreamento de partículas sólidas são atenuados, enquanto ocorre maior filtragem da água pelo solo.

Por esse motivo, as matas ciliares são tão importantes para a proteção dos corpos d'água, pois atuam como um filtro natural para eventuais resíduos de produtos químicos e outros poluentes e o próprio processo erosivo.

Entre março de 2020 e fevereiro de 2021 a equipe responsável pelo relatório 'Observando os Rios 2021' (SOS Mata Atlântica, 2021b) coloca que 73% dos rios do bioma Mata Atlântica possuem qualidade regular, 16,9% ruim, 10% estão em boa condição e não foram identificados corpos d'água com qualidade de água ótima ou péssima. O próprio relatório indica que grande parte da degradação desses recursos hídricos está relacionada à perda de vegetação natural[12].

A questão do consumo de água pelas florestas plantadas tem gerado polêmicas, de forma recorrente. Os benefícios e efeitos negativos dos plantios florestais têm sido discutidos por vários autores. Por exemplo, segundo IBÁ (2021), 85% de suas empresas associadas recuperam regularmente a vegetação natural nas APP e investem em processos de monitoramento de aspectos qualitativos e quantitativos da rede hídrica local. Um porcentual bem maior que o da média das indústrias em geral (82%) da água captada é devolvido ao corpo d'água, pelo segmento de papel e celulose, especificamente. O livro 'Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental', editado pela Embrapa (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2017) buscou informações sobre o tema e encontrou que há na literatura o consenso de que os fatores que determinam o impacto de plantios florestais comerciais nos recursos hídricos estão relacionados com: i) a propriedades do solo; ii) a paisagem de referência, a exemplo de mosaicos com florestas plantadas e florestas nativas; e iii) a configuração dos sistemas hídricos locais e regionais. Assim, podem existir situações em que os plantios florestais reduzem a vazão de água superficial e da recarga de aquíferos, principalmente nos primeiros anos de crescimento. Dessa forma, toda plantação florestal, necessariamente, deve ser bem planejada e utilizar técnicas silviculturais adequadas que levem em conta estes três itens, principalmente, quando os recursos hídricos estão sob forte demanda (FRITZSONS; PARRON, 2017). Com isso, a maioria dos empreendimentos, monitorados sob este aspecto, tem sido bem sucedidos.

As florestas e a fertilidade do solo e desertificação

Uma área bem preservada possui o solo coberto por resíduos vegetais em quantidade e qualidade, que ao sofrer o processo natural de decomposição, se torna uma importante fonte de ciclagem de nutrientes para a fertilidade do solo, contribuindo para melhorar seus atributos físicos, químicos e biológicos e, consequentemente, aumentar ou manter seu potencial produtivo (FABIAN, 2009).

12 Mas informações, sobre perda e degradação de recursos hídricos, podem ser obtidas no capítulo "Água".

Seguindo o mesmo raciocínio utilizado no item 'Perda e Degradação de Recursos Hídricos' deste capítulo, que mostrou como a presença de vegetação no solo favorece a retenção e a penetração da água no solo e dificulta o escoamento superficial, é possível entender como a falta de vegetação pode prejudicar a fertilidade do solo.

Essa perda de fertilidade originada de ações humanas, combinada a determinados eventos climáticos podem contribuir para processos como a transformação em tipos vegetacionais não florestados e desertificação (CGEE, 2016). A desertificação é o processo de degradação da terra como consequência das variações climáticas e das atividades humanas, que diminuem o potencial produtivo do solo. Segundo dados do IBGE (2010), em 2010, 34,8 milhões de pessoas viviam nessas 'Áreas Susceptíveis à Desertificação' (ASD), distribuídas em 11 estados brasileiros, em uma área de 100.323.975 ha (CGEE, 2016)[13].

Perda de biodiversidade

As florestas tropicais constituem os mais antigos e complexos ecossistemas terrestres (PERES *et al.*, 2010). Ambientes mais complexos estruturalmente tendem a ter uma maior biodiversidade, dessa forma, as florestas tropicais abrigam 2 terços de toda biodiversidade do planeta (WILSON, 1997). E essa biodiversidade contribui para a complexidade dos serviços ecossistêmicos que as florestas fornecem.

A perda de vegetação natural constitui uma das grandes ameaças à biodiversidade no planeta. Nas florestas tropicais essa perda é crítica, contribuindo, não só para a perda da biodiversidade em si, mas para a perda dos serviços ecossistêmicos em escalas locais, regionais e globais (BROCKERHOFF *et al.*, 2017). A perda da biodiversidade pelo desmatamento, degradação e fogo não ocorre apenas nos locais onde ocorre esse fenômeno, mas promove eventos de defaunação, facilidade de desmatamento e dificuldades de regeneração em áreas próximas ao fenômeno de desmatamento (BARLOW *et al.*, 2016).

A defaunação é a diminuição acelerada da biodiversidade e da abundância de animais em um determinado ecossistema. Esse processo de defaunação contribui para a perda de serviços ecossistêmicos relacionados, como dispersão de sementes, polinização, sequestro de carbono, dentre outros (BELLO *et al.*, 2015). Somam-se a essas perdas ambientais, as perdas monetárias, por exemplo: os cultivos de café na Mata Atlântica que tiveram a floresta desmatada em suas proximidades têm até 14% menos produtividade. (DE MARCO JR. e COELHO, 2004)[14].

A relação das florestas plantadas com a biodiversidade é considerada polêmica. Diferenças marcantes nos tratos silviculturais e no manejo florestal levam a diferentes cenários, e, assim sendo, a biodiversidade (vegetal e animal) pode variar (OLIVEIRA *et al.*, 2017a). Com o objetivo de oferecer um panorama real do compromisso do setor florestal com a biodiversidade, a IBÁ vem realizando, juntamente com as empresas associadas, um levantamento de informações visando a criação de um banco de dados setorial com foco em biodiversidade. A amostra foi realizada, em um primeiro momento, em 150 municípios e 11 estados brasileiros. Foram inseridos 50 mil registros, com informações de aproximadamente 5.800 espécies da fauna e flora nas áreas das empresas florestais, com abrangência em quase todos os biomas, à exceção do Pantanal, nesse primeiro momento. Os plantios em mosaicos em que a vegetação natural é vizinha de talhões com diferentes idades e espécies têm sido considerados mais adequados, em termos de paisagem, podendo fornecer refúgio e corredor ecológico para a fauna e flora, podendo contribuir para a regulação do fluxo hídrico (IBÁ, 2021).

13 Mais informações, sobre perda de fertilidade do solo, podem ser obtidas no capítulo "Terra".
14 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas no capítulo "Biodiversidade".

Florestas e doenças emergentes

Florestas e Saúde

A Organização Mundial de Saúde define saúde como 'um estado completo de bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças' (OMS, 1946) e nesse sentido as florestas desempenham um papel essencial para a saúde humana. A manutenção de áreas florestadas é muito importante para a promoção do bem-estar, porém, alterações nos habitats florestais podem acelerar/potencializar/catalisar o surgimento de novas doenças e aumento da propagação das já existentes (TOLLEFSON, 2021).

Zoonoses e pandemias

A recente pandemia de Covid-19, cujo vírus causador é oriundo de animais silvestres, é o possível exemplo dos impactos negativos da degradação ambiental sobre a saúde, onde o *spillover*, ou salto de patógenos de um animal para os seres humanos pode levar à doença e morte de milhões de pessoas. No caso do Coronavírus, esse salto se deu a partir de morcegos, passando por uma espécie intermediária ainda não completamente identificada, provavelmente o pangolim[15], até chegar aos seres humanos, sendo, portanto, resultante do comércio de animais silvestres (ACOSTA *et al.*, 2020).

O Zika vírus, que tem causado inúmeras mortes e microcefalia em bebês, é resultado de *spillover* de vírus de macacos para os seres humanos na África (DIALLO *et al.*, 2014), e a febre amarela é uma doença de difícil erradicação no Brasil, entre outros, porque o vírus se hospeda em diversos primatas (ARAÚJO *et al.*, 2011).

É estimado que mais de 60% de todas as doenças infecciosas humanas já conhecidas e mais de 75% de outras emergentes são derivadas de zoonoses (JONES *et al.*, 2008, citado por ACOSTA *et al.*, 2020).

Três ordens de mamíferos (roedores, morcegos e primatas), juntas, foram identificadas como hospedeiras para a maioria (75,8%) dos vírus zoonóticos descritos até o momento, e essas ordens representam 72,7% de todas as espécies de mamíferos terrestres (JOHNSON *et al.*, 2020). Diversos pesquisadores apontam o Brasil como um provável berçário de novas doenças, abrigando a maior biodiversidade desses mamíferos. Os morcegos (Chiroptera) são hospedeiros de diversos grupos virais e 12% das 1400 espécies de morcego habitam a floresta Amazônia, assim como outras possíveis fontes como primatas e roedores (GROSSMANN e GALDIERI, 2021). Os morcegos têm um sistema imunológico particular, não sendo afetados por esses vírus (ACOSTA *et al.*, 2020). De acordo com Grossmann e Galdieri (2021), o trabalho coordenado pela pesquisadora da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Alessandra Nava, identificou que 9% dos morcegos em pequenas clareiras ao redor de áreas antropizadas na Mata Atlântica tiveram infecções de um ou mais de 16 vírus, incluindo Coronavírus e hantavírus. Em florestas menos perturbadas nas proximidades, menos de 4,5% dos morcegos foram infectados, e com apenas seis diferentes vírus. Esse achado é compatível com a hipótese conhecida como 'efeito diluição', que coloca que em florestas mais conservadas e com maior biodiversidade, mosquitos e outros vetores atacam um maior número de espécies, muitas incapazes de incubar certos vírus e assim diminuindo a sua propagação.

Outro aspecto em que a degradação florestal prejudica a saúde humana é por meio das queimadas. Queimadas causam problemas respiratórios nas comunidades próximas às áreas onde ocorrem. Mas as queimadas também contribuem para o aumento do contato entre humanos e animais, uma vez que o fogo destrói habitats e fontes de alimento, empurrando animais para outros ambientes. Por exemplo, o primeiro surto de vírus Nipah, ocorrido na Malásia em 1998, foi decorrente da poluição causada pelos incêndios florestais e forçou os morcegos frugívoros, hospedeiros do vírus, a buscar alimento em plantações de manga. Na sequência, o Nipah passou para os porcos que também comiam mangas, provavelmente na saliva ou na urina dos morcegos e em seguida saltou para os agricultores, causando centenas de mortes por encefalite (JORDAN e HOWARD, 2020).

Assim, fica evidente que à medida que aumentam as interfaces de contato entre seres humanos e espécies silvestres em atividades como mineração, exploração madeireira e a conversão de florestas aumentam a probabilidade de surgimento de novas doenças. Além de buscar conter esse processo de

15 Pangolim é um mamífero da ordem *Pholidota* que vivem em zonas tropicais da Ásia e da África.

degradação florestal, outra medida importante é a realização de trabalhos de prospecção e identificação de prováveis patógenos, para rápida reação e geração de informação antecipada sobre a ocorrência de circulação de doenças em animais silvestres antes que elas acometam humanos. A Fiocruz, por exemplo, conta com um Centro de Informação em Saúde Silvestre que organiza informações sobre doenças em animais silvestres. A instituição conta também, entre outros, com um biobanco que abriga materiais colhidos de animais mortos de mais de cem espécies da região Amazônia. O conhecimento sobre a causa da mortalidade entre os animais é importante não apenas para os seres humanos, mas também para a conservação dessas espécies. Em 2019 um surto de febre amarela matou 32% da população de micos-leões-dourados (*Leontopithecus rosalia*) do país, espécie endêmica da Mata Atlântica e em risco de extinção (ALENCAR, 2019).

Todas as regiões, mas em particular aquelas onde há interface entre floresta e ocupações humanas, precisam ter um sistema de vigilância e alerta em saúde, que esteja atento ao surgimento de novas zoonoses.

Florestas e bem-estar

Estudos da Organização Mundial de Saúde (OMS) demonstram que muitos problemas de saúde graves estão intimamente relacionados às perturbações provocadas pelas atividades humanas nos ecossistemas, como, por exemplo, doenças respiratórias, parasitoses e diversas formas de lesões não intencionais (OMS, 2011). Por outro lado, é crescente o número de evidências que a conservação de florestas é importante para a saúde humana de muitas outras formas, principalmente em uma sociedade cada vez mais urbanizada, estressada e sedentária. Estudos apontam que o contato frequente com florestas, seja na forma de turismo, como local de prática de esportes ou para populações que vivem em áreas com grande cobertura florestal, faz com que as pessoas tenham benefícios, tais como, o alívio do estresse, fortalecimento de laços sociais e até mesmo para melhoria do sistema imune (TYRVAINEN *et al.,* 2019). Frumkim *et al.* (2017) realizaram uma revisão na qual apontaram, entre outros, os seguintes benefícios do contato com a natureza para a saúde: diminuição da pressão sanguínea, melhoria de condições pós-operatórias, melhoria nos controles da dor, redução da obesidade e melhoria do sistema imune.

Bowler *et al.* (2010) em uma revisão identificaram que visitas, mesmo que breves a parques, melhoram a atenção, o humor e ajudam no combate ao estresse. Em alguns países, começa a haver um movimento para que os serviços de saúde passem a prescrever banhos de floresta, ou *shinrin-yoku*. A proposta nasceu no Japão, nos anos 1980, em resposta a uma crise nacional de saúde, decorrente do aumento de doenças relacionadas a elevados níveis de estresse (ABOOKIRE, 2020). Em 2017, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), em parceria com a Fiocruz, começou a estabelecer um diálogo para a realização da prática de banhos de floresta nos parques nacionais brasileiros (ICMBio, 2017).

O contato com a natureza é particularmente benéfico para crianças. Esse contato é importante em vários aspectos do desenvolvimento infantil, melhorando equilíbrio, concentração e estimulando a criatividade e é particularmente importante para prevenir a obesidade. Um estudo utilizou dados de mais de 300 mil crianças de 34 países em desenvolvimento e identificou que crianças que viviam a uma distância de até 10 km de UC tinham maior estatura e menores índices de desnutrição infantil que crianças residentes a uma distância maior (NAIDOO *et al.,* 2019). A Sociedade Brasileira de Pediatria elaborou um 'Manual de Orientação', onde enumera alguns dos benefícios da natureza no desenvolvimento de crianças e adolescentes e entre suas recomendações coloca que o poder público deve garantir que todas as crianças e adolescentes tenham acesso a áreas naturais, seguras e bem mantidas, a uma distância inferior a 2 km de suas casas (SBP, 2019).

Atualmente, diversas instituições, inclusive a OMS, trabalham com o conceito de *One Health* (Saúde Única), uma abordagem interdisciplinar para tópicos complexos, envolvendo as interações entre diferentes esferas da saúde global, buscando desenhar e implementar programas, políticas, legislação e pesquisa no qual múltiplos setores devem trabalhar juntos para alcançar melhores resultados em termos de saúde pública. Nessa abordagem as ligações entre saúde e conservação de florestas são extremamente relevantes e precisam ser aprofundadas.

Governança

A estrutura de governança florestal no Brasil é complexa e sua extensão territorial aliada à sua cobertura, o tornam um país com vocação florestal. Não vamos nos ater ao histórico da governança no país, mas não é possível deixar de mencionar o primeiro Código Florestal, editado pelo Decreto n.º 23.793/1934, onde as florestas passaram a ser consideradas formalmente 'um bem de interesse comum' e onde alguns elementos de política florestal foram inseridos e onde as categorias de 'florestas protetoras' e 'florestas de rendimento', por exemplo, foram consideradas. Em 1938, o Serviço Florestal do Brasil passou a ser vinculado ao Ministério da Agricultura e, no mesmo ano foi criado o Instituto Nacional do Mate, seguido, em 1941, pelo Instituto Nacional do Pinho, vinculados ao Ministério de Indústria e Comércio. O Ministério da Agricultura continuou na governança florestal por meio do Departamento dos Recursos Naturais Renováveis, quando da extinção do Serviço Florestal do Brasil, em 1962. Um novo Código Florestal, discutido por muitos anos, foi aprovado por meio da Lei n.º 4.771/1965, que sofreu alterações ao longo do tempo e foi substituída pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei n.º 12.651/2012, modificada pela Lei n.º 12.727/2012). A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei n.º 6.938/1981, criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que passaram a ser subordinados ao Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, criado pelo Decreto n.º 91.145/1985. O Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) foi extinto em 1989, juntamente com outros órgãos que passaram a formar o Ibama. Em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio-92, foi criado o MMA, por meio da Lei n.º 8.490/1992. Em 2006 foi sancionada a Lei n.º 11.284/2006 que, entre outras providências, criou o SFB, vinculado ao MMA. Em 2007 foi criado o ICMBio, pela Lei n.º 11.516/2007. Vinculado ao MMA, absorveu as atribuições do Ibama relacionadas à gestão do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Snuc).

Com a edição do Decreto n.º 8.376/2014, foi criada a Política Agrícola de Florestas Plantadas, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e lançado no final de 2018 o 'Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas', conhecido como 'PlantarFlorestas'.

Em 2019 o SFB passou a fazer parte da estrutura do Mapa e em 2021, por meio de reorganização interna, as florestas plantadas passaram a ser de responsabilidade do SFB, também coordenador do Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF), do qual faz parte o Inventário Florestal Nacional (IFN-BR), além do CAR, do Cadastro de Florestas Públicas e do Sistema de Concessões Florestais.

Assim, a gestão florestal no Brasil está distribuída entre órgãos do MMA (Ibama e ICMBio) e Mapa (SFB).

O entendimento de que os impactos e pressões sobre as florestas também trazem perdas, inclusive financeiras, fortaleceu a criação de ações e medidas pela sociedade brasileira, tomadores de decisão, sociedade civil e mercado para erradicação ou mitigação desses impactos. Há um incontável número de respostas aos impactos sobre as florestas, não só no Brasil, mas também em outros países. Entretanto, nos itens colocados a seguir procuramos nos ater aos de maior importância a algumas iniciativas relacionadas ao contexto das florestas naturais e plantadas.

Nem todas as ações de governança são reativas ou em decorrência dos desmatamentos; existem respostas ocasionadas em decorrência de forças motrizes que impulsionam ao crescimento florestal, geralmente associadas à



Fonte: SFB

valorização dos ativos florestais. Esta valorização pode ocorrer por reconhecimento de práticas tradicionais de uso dos recursos florestais ou por meio de estudos e pesquisas que reconhecem valores nos produtos sejam bens ou serviços florestais. Assim, ações de promoção das cadeias da bioeconomia florestal tem evoluído para a promoção do uso sustentável da floresta. Existem pesquisas relacionadas ao uso de novos produtos madeireiros principalmente com a identificação de novas aplicações para madeiras consideradas sem interesse comercial, e assim valorizando os recursos da floresta e sua manutenção. Existe também muita prospecção de novos produtos não madeireiros: frutos, sementes, cascas, folhas e flores para identificação de fito-químicos de interesse. Outra área que impulsiona impactos e pressões sobre a floresta para sua manutenção ou aumento é a de serviços (sejam turismo, diminuição da temperatura, produção de água, proteção de solo e encostas)[16].

Planos de controle de desmatamento

A internacionalização da economia amazônica trouxe um aumento gradual no desmatamento no período de 1990 a 2000, fazendo com que, em 2004, o desmatamento atingisse mais de 2.777.200 ha. Esse nível alarmante colocou o desmatamento na agenda governamental na época, semelhante ao que aconteceu no final da década de 80 do século XX, quando houve cobranças internacionais e respostas institucionais, como a criação do Ibama. Procurando solucionar esse problema, o governo brasileiro inicia ações, com destaque para a criação do PPCDAM.

A criação desse plano levou em consideração a complexidade da questão do desmatamento na Amazônia e que o problema não era apenas um problema ambiental, mas que tinha origens e consequências ambientais, sociais e econômicas. Assim, pela primeira vez, um plano de combate ao desmatamento foi considerado no mais alto nível de políticas públicas do governo federal, sendo

16 Mais informações sobre bioeconomia podem ser obtidas no capítulo "Economia Verde".

coordenado pela Casa Civil, com a participação de vários ministérios: Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ciência e Tecnologia; Defesa; Desenvolvimento Agrário; Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; Integração Nacional; Meio Ambiente; Minas e Energia; Trabalho; Transportes; e Casa Civil/PR (PPCDAM, 2004; IPEA, 2010). Nos primeiros 8 anos de implementação do PPCDAM o desmatamento reduziu consistentemente na Amazônia Brasileira até atingir sua menor taxa em 2012, 457.100 ha, uma redução de 83,5% em relação aos 2.777.200 ha de floresta perdidos em 2004. Esse decréscimo na taxa de desmatamento tem uma relação direta com as ações do PPCDAM (IPEA, 2010). Para Assunção *et al.* (2012), as ações do plano são responsáveis por cerca de 52% da queda dessa taxa entre 2004 e 2010. Cada ação de fiscalização evita o desmatamento de 4 a 9,9 ha (BÖRNER *et al.*, 2010). Essa foi considerada a maior contribuição de um só país no combate ao aquecimento global (UNITED NATIONS CLIMATE SUMMIT, 2015).

O PPCDAM apoiava-se em três eixos de ação: i) ordenamento territorial, com foco na regulação fundiária de terras públicas; ii) ações de monitoramento e controle (fiscalização); e iii) fomento as atividades sustentáveis, com o foco na criação de uma economia ecologicamente sustentável. O plano ocorreu em fases de execução, que cumpriam ciclos adaptados aos novos desafios da política pública, que era avaliada por instituições independentes. O PPCDAM encerrou sua quarta fase em 2020. As ações de maior significância na queda do desmatamento ocorreram da primeira a terceira fase do PPCDAM, de 2004 a 2015, com origem no eixo de monitoramento e controle. Nessa fase e nesse específico eixo, tem destaque o aumento do uso de geotecnologias para o combate ao desmatamento. Embora desde a década de 80 haja o uso dessas geotecnologias com o sistema de monitoramento Prodes, a partir desse período, houve o surgimento de um novo sistema de monitoramento a partir do desenvolvimento de pesquisas pelo Inpe, o Deter (Desmatamento em Tempo Real).

O Deter – que ao longo dos anos evoluiu quanto à periodicidade de entrega de informações (começando mensal e chegando, como atualmente, a entregas diárias) e a resolução espacial das imagens utilizadas (inicialmente 250m, atualmente 30m) – fez com que a dinâmica de fiscalização fosse muito mais rápida (IPEA, 2010; SOUZA, DE MARCO, 2015; PPCDAM, 2004). O sucesso das ações do plano provocou uma mudança no comportamento dos desmatadores, fazendo com que grandes áreas de desmatamento fossem substituídas por pequenas e pulverizadas áreas, já que as primeiras poderiam ser identificadas com os sensores utilizados no início do projeto e tinham a preferência para atuação das equipes de fiscalização. Essa mudança fez com que a terceira fase do PPCDAM se preocupasse com a dinâmica dos desmatamentos inferiores a 25 ha. A terceira fase também se voltou para a implementação da economia sustentável na região, além de um movimento importante para o ordenamento territorial com o fortalecimento do CAR, a partir da aprovação do novo Código Florestal em 2012. Entre as ações de fomento de economia sustentável nessa terceira fase ressalta-se a concessão de 225.000 ha para o manejo florestal sustentável e a criação do programa 'Bolsa Verde'. A quarta fase do plano procurou manter as conquistas dos planos anteriores, como a criação de UC, regularização de TI, forte estrutura de comando e controle, utilizando dessas conquistas para o alcance das metas estabelecidas pela Política Nacional sobre Mudança do Clima até 2020 (PPCDAM, 2012). Para isso, a quarta fase do plano fortaleceu a parceria com entes além do governo federal, como estados, municípios, sociedade organizada e iniciativa privada, e a atuação coordenada dos eixos da política pública. Além disso, um novo eixo de ação foi criado na quarta fase: Instrumentos Normativos e Econômicos, procurando ampliar o crédito para as práticas de Manejo Florestal Sustentável. Esse quarto eixo também procurava estimular cadeias de suprimentos sustentáveis a partir de compras por parte de diferentes esferas de governo, além de implementar e revisar pactos setoriais.

A partir do sucesso do PPCDAM, e em virtude das grandes perdas do Cerrado que já chegavam próximo de 50% do bioma, o MMA elaborou o PPCerrado em 2010. Esse plano tem como objetivo central reduzir as taxas de desmatamento, degradação florestal, incidência de queimadas e incêndios florestais. Para a execução desse plano de ação houve a articulação das diferentes esferas do Estado brasileiro (Federal, Estadual e Municipal), sociedade civil organizada, setor empresarial e academia para a realização de ações em três eixos, tal qual o PPCDAM, a saber:

i) Fomento às atividades sustentáveis;

ii) Monitoramento e Controle, com ações de fiscalização ambiental orientadas por sistemas de monitoramento do desmatamento em tempo real; e

iii) Áreas protegidas e ordenamento territorial para fortalecer o planejamento do território, com a criação e consolidação de UC, a demarcação e homologação de TI, o planejamento do uso dos recursos hídricos e a elaboração do Macrozoneamento Ecológico-Econômico.

O PPCerrado foi executado em três fases: 1ª fase (2010-2013); 2ª fase (2014- 2015) e 3ª fase (2016-2020). Ao longo de todas essas fases, o desmatamento no Cerrado caiu em até 56% (3ª fase) acima da meta proposta pela Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) (Decreto n.º 7.390/2010), que previa uma redução de 40%. Também houve uma redução no percentual de área queimada de 32% entre a primeira e terceira fase (de quase 20 milhões de hectares para 13 milhões de hectares) e para o número de focos ativos detectados foi 31% menor entre a primeira e a terceira fase (MMA, 2020).

O eixo de ordenamento territorial do PPCDAM favoreceu a criação de várias UC e homologação de TI, onde a perda de floresta ocorre de forma menos intensa do que em áreas não destinadas pelo poder público (RICKETTS *et al.*, 2010; SOARES-FILHO *et al.*, 2010; SOUZA e MARCO, 2015). Essa criação de UC, prevista no PPCDAM, permitiu a formação de um cinturão (FEARNSIDE e ALENCASTRO GRAÇA, 2006) de contenção ao desmatamento do arco do desmatamento na Amazônia brasileira, que atrasou em muito a penetração de frente de desmatamentos em áreas de maciços florestais intocados, que só nos últimos anos vem apresentando avanços da frente de desmatamento como o sul do estado do Amazonas (IPEA, 2010; RODRIGUES e ARTAXO, 2017). Desde 2004, início do PPCDAM no bioma Amazônia, foram criadas 50 novas UC. Com isso, três quartos de todas as UC criadas entre 2000 e 2009 no mundo ocorreram no Brasil. Desde 2013, foram criadas 18 UC federais no continente, nos biomas: Amazônia (11), Mata Atlântica (3), e Caatinga (4), totalizando uma área de cerca de 5.540.000 ha (ICMBio, 2021). Desde 2004, foram homologadas 70 TI na Amazônia Legal, somando pouco mais de 2 milhões de hectares, só entre 2013 e 2021 foram homologadas 12 TI.

Esses planos de controle de desmatamento, além de apresentarem resultados positivos para o seu propósito e redução de incêndios florestais nos biomas Amazônia e Cerrado, trouxeram inovação à gestão de políticas públicas de meio ambiente. Essa inovação deve-se, em um primeiro momento, por ser uma política pública interministerial, com a coordenação da Casa Civil da Presidência da República. Outra inovação foi a utilização de evidências científicas e avanços tecnológicos, principalmente geotecnologias, na construção de uma política pública para resolução de um problema complexo (SOUZA, 2018). Essa segunda inovação, além de contribuir para maior eficiência do gasto público para controle do desmatamento, criou uma massa crítica de cientistas e técnicos na área de mudanças do uso da terra no Brasil nos últimos 20 anos. Essa massa crítica e a cobrança internacional por cadeias produtivas limpas de desmatamento criou um mercado até então monopolizado pelas demandas do Estado sobre desmatamento. Além disso, grandes exportadores de produtos agrícolas e até mesmo estados e municípios criaram iniciativas para o monitoramento de desmatamento de forma a tornar seus produtos mais competitivos no mercado internacional, comprovando estarem livres de desmatamento; destacando-se iniciativas dos estados do Pará e Mato Grosso.

Compromissos internacionais sobre florestas e clima

O Brasil é signatário das convenções internacionais de interface com o meio ambiente, com destaque para as chamadas convenções do Rio: Convenção sobre a Diversidade Biológica – CBD (incluindo o Protocolo de Cartagena sobre biossegurança), Convenção das Nações Unidas sobre Combate à Desertificação e Seca – UNCCD e a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – UNFCCC (incluindo seus instrumentos, Acordo de Paris e Protocolo de Quioto).

De maneira direta ou indireta, a temática florestal consta como tema transversal nas três convenções, porquanto as florestas influenciam e são influenciadas sobremaneira pelos fatores que são os principais temas de cada um desses documentos multilaterais.

No que se refere à mudança do clima, cabe mencionar que o Brasil tem como compromisso no âmbito da UNFCCC, relatar suas ações de enfrentamento do fenômeno, por meio de relatórios, com destaque para: a Comunicação Nacional do Brasil à UNFCCC, da qual faz parte o Inventário de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa (GEE) não controlados pelo Protocolo de Montreal[17], e os Relatórios Bienais de Atualização (BUR, na sigla em inglês). A Quarta Comunicação Nacional do Brasil e o Quarto BUR são as versões mais recentes desses documentos, submetidos pelo governo brasileiro à UNFCCC em dezembro de 2020[18].

A UNFCCC não trata de setores específicos, mas de compromissos de países como Partes dela, os quais implementam as ações de mitigação da mudança do clima e de adaptação aos seus efeitos de maneira soberana, de acordo com o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, e respectivas capacidades. Nesse contexto, cabe mencionar a abordagem sobre REDD+, incentivo desenvolvido no âmbito da UNFCCC para recompensar financeiramente países em desenvolvimento por seus resultados de 'Redução de Emissões de GEE provenientes do Desmatamento e da Degradação florestal' (REDD), considerando o papel da conservação de estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento de estoques de carbono florestal (atividades contempladas no '+' da sigla).

A implementação da iniciativa no Brasil ocorre de acordo com as orientações e diretrizes constantes da Estratégia Nacional para REDD+ (ENREDD+), cujo objetivo geral é contribuir para a mitigação da mudança do clima por meio da eliminação do desmatamento ilegal, da conservação e recuperação dos ecossistemas florestais e do desenvolvimento de uma economia florestal sustentável de baixo carbono, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais.

O Fundo Amazônia se destacou como um dos principais instrumentos financeiros da ENREDD+ em âmbito nacional, e tem por finalidade captar pagamentos por resultados de REDD+ do Brasil para investimentos não reembolsáveis em ações de prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento, e de promoção da conservação e do uso sustentável das florestas no bioma Amazônia, nos termos do Decreto n.º 6.527/2008.

O Fundo Amazônia apoiou projetos nas áreas de: gestão de florestas públicas e áreas protegidas; controle, monitoramento e fiscalização ambiental; manejo florestal sustentável; atividades econômicas desenvolvidas a partir do uso sustentável da floresta; zoneamento ecológico e econômico, ordenamento territorial e regularização fundiária; conservação e uso sustentável da biodiversidade; e recuperação de áreas desmatadas.

17 O Sistema de Registro Nacional de Emissões (Sirene) é reconhecido pelo governo como o instrumento de Mensuração, Relato e Verificação (MRV) doméstico de emissões e remoções de gases de efeito estufa. Foi instituído como instrumento oficial para a disponibilização de resultados sobre as referidas emissões e remoções. Esse sistema foi desenvolvido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) com o objetivo de conferir segurança à informação e acessibilidade aos resultados do Inventário.

18 Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas nos capítulos "Atmosfera" e "Terra".

O Fundo apoiou, até 2019, 102 projetos na Amazônia, com valor aproximado de 1,8 bilhão de reais.

Entre outras iniciativas nacionais de destaque no setor florestal, relativas à implementação da UNFCCC no Brasil, está o Programa Piloto de Incentivo a Serviços Ambientais para a Conservação e Recuperação de Vegetação Nativa, criado pelo MMA e intitulado Floresta+, viabilizado com recursos financeiros provenientes do Fundo Verde para o Clima (*Green Climate Fund* - GCF).

As grandes convenções são guarda-chuvas para várias iniciativas. Muitos compromissos internacionais assumidos pelo país envolvem o componente florestal em sentido específico, mas também a agricultura, englobando as florestas plantadas, a Integração Lavoura, Pecuária, Florestas (ILPF) e os Sistemas Agroflorestais (SAF). O Fórum de Florestas das Nações Unidas (UNFF) é um foro intergovernamental da ONU, que tem como missão maior a promoção da gestão, conservação e desenvolvimento sustentável de todos 'os tipos de florestas', além de fortalecer o compromisso político de seus países-membro com o Manejo Florestal Sustentável (MFS). É, portanto, um dos mais importantes fóruns internacionais de discussões sobre a temática florestal. Para a 16ª Reunião da UNFF (abril de 2021) foi preparado o Relatório sobre os 'Objetivos Globais' 2021 (*Global Forest Goals Report* 2021), a primeira avaliação da posição do mundo na implementação do 'Plano Estratégico das Nações Unidas para Florestas 2030', fornecendo um panorama das ações em andamento. O relatório conclui que, embora existam progressos mundiais em áreas-chave, como o aumento da área florestal global por meio de florestamento e restauração, esses avanços também estão sob ameaça, em função da deterioração do estado de nosso ambiente natural.



Fonte: Vinícius Mendonça/Ibama

Regularização ambiental e Cadastro Ambiental Rural (CAR)

O CAR é um registro público eletrônico, no qual todos os imóveis rurais do País devem ser registrados. Implementado a partir da promulgação do Novo Código Florestal Brasileiro (Lei n.º 12.651/2012), esse cadastro tem a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades referentes à situação das APP das áreas de RL, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Uso Restrito e das áreas consolidadas. Atingindo sua finalidade, o CAR torna-se uma ferramenta importante para o controle e monitoramento do desmatamento, planejamento ambiental e econômico, além do licenciamento ambiental rural dos imóveis.

A inscrição dos imóveis rurais no CAR é solicitada ao órgão estadual ou municipal, que por sua vez repassa essas informações ao Sicar, o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural gerido pelo SFB/Mapa. Os órgãos estaduais e municipais também são responsáveis pela análise dos cadastros e pela aprovação da localização da RL desses imóveis. Ao se inscrever no CAR o proprietário informa seus dados, documentos de comprovação de propriedade e/ou posse. Além disso, o proprietário informa o perímetro do imóvel, localização dos remanescentes de vegetação nativa, das APP, áreas de Uso Restrito, áreas consolidadas e RL. Essas informações podem ser acessadas pelo Portal do CAR (SFB, 2021b) na aba 'Consulta Pública'[19].

O novo regramento legal sobre APP, RL e Áreas de Uso Restrito também institucionalizou a regularização ambiental rural e possibilitou um tratamento especial às pequenas propriedades e posses rurais (< 4 módulos fiscais[20]), comunidades indígenas e povos e comunidades tradicionais que façam uso coletivo do seu território. A diferenciação de tratamento permitiu a simplificação do processo autorizativo e licenciatório das atividades realizadas nessas classes de propriedades rurais, bem como possibilitou o uso econômico daqueles espaços especialmente protegidos durante o processo de recuperação ambiental.

O proprietário registrado no Sicar possui acesso ao Programa de Recuperação Ambiental (PRA). Ao aderir ao PRA o proprietário fica isento de novas sanções e multas em relação ao passivo e pode retornar o valor das multas em ações de regeneração, recuperação, recomposição ou compensação ambiental. Além disso, o proprietário registrado tem acesso aos Programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), emissão de Cota de Reserva Ambiental (CRA), acesso ao crédito rural e seguro agrícola, isenção de tributos para insumos e equipamentos, acesso a Certificação de mercado, dispensa de Averbação da Reserva Legal no Cartório de Registro de Imóveis, e planejamento econômico e ambiental do imóvel rural.

O PRA a que se refere a Lei n.º 12.651/12 e os Decretos n.º 7.830/12 e n.º 8.235/14 restringe-se à regularização das APP, RL é Áreas de Uso Restrito desmatadas até 22 de julho de 2008 ocupadas por atividades agrossilvipastoris, que poderá ser efetivada mediante recuperação, recomposição, regeneração ou compensação. A compensação aplica-se exclusivamente às RL suprimidas até 22 de julho de 2008. Realizada a inscrição no CAR, os proprietários ou os possuidores de imóveis rurais com passivo ambiental relativo às APP, RL e Áreas de Uso Restrito poderão solicitar de imediato a adesão aos PRA dos Estados e do Distrito Federal para proceder à regularização ambiental do seu imóvel rural.

Os programas de regularização ambiental serão implantados pelos Estados e pelo Distrito Federal, observados os seguintes requisitos:

i) Firmar um único Termo de Compromisso por imóvel rural, com eficácia de título executivo extrajudicial;

ii) Disponibilização de mecanismos de controle e acompanhamento da recomposição, recuperação, regeneração ou compensação e de integração das informações no Sicar; e

19 Mais informações podem ser obtidas no *site:* Disponível em: https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index.
20 O Módulo Fiscal é uma unidade de medida, em hectares, cujo valor é fixado pelo INCRA para cada município.

iii) Mecanismos de acompanhamento da suspensão e extinção da punibilidade das infrações e crimes nos termos do art. 59, §4º, e art. 60, § 2º, da Lei n.º 12.651/2012, que incluam informações sobre o cumprimento das obrigações firmadas para a suspensão e o encerramento dos processos administrativo e criminal.

O proprietário ou possuidor rural de imóvel com RL conservada e inscrita no CAR, cuja área ultrapasse o mínimo exigido no art. 12 da Lei n.º 12.651/2012, poderá utilizar a área excedente de RL como um ativo florestal a ser negociado com os detentores de imóveis rurais que tinham, em 22 de julho de 2008, área de RL em extensão inferior ao estabelecido no art. 12 da Lei. Esse mecanismo de regularização é conhecido como 'Compensação de RL', e pode ser adotado independentemente da adesão ao PRA.

O excedente de vegetação nativa em relação à RL mínima poderá ser negociado, via mecanismo de compensação, pelas seguintes modalidades:

i) Aquisição de Cota de Reserva Ambiental - CRA;

ii) Arrendamento de área sob regime de servidão ambiental ou RL;

iii) Doação ao poder público de área localizada no interior de UC de domínio público pendente de regularização fundiária; e

iv) Cadastramento de outra área equivalente e excedente à RL em imóvel de mesma titularidade ou adquirida em imóvel de terceiro, com vegetação nativa, em regeneração ou recomposição.

As áreas utilizadas para compensação deverão: ser equivalentes em extensão à área da RL a ser compensada; estar localizadas no mesmo bioma da área de RL a ser compensada; e, se fora do Estado, estar localizadas em áreas identificadas como prioritárias pela União ou pelos Estados.

Até 31 de dezembro de 2020, já haviam sido cadastrados 7,02 milhões de imóveis rurais, totalizando uma área de 539.327.533 ha inseridos na base de dados do Sicar, sendo que 55,5% dos cadastros solicitaram adesão a um PRA (SFB, 2020b).

As informações que o CAR fornece são de significativa importância para formulação e execução de políticas públicas de preservação das florestas no Brasil. Essa importância é evidente na construção de políticas públicas de regularização fundiária, incluindo a definição de UC e TI, mas, também, serve de suporte a políticas públicas de comando e controle contra o desmatamento. Além disso, o conhecimento das propriedades e seus ativos ambientais colabora na definição e execução de políticas públicas de fomento a atividades econômicas sustentáveis, que venham manter a floresta em pé.



Cadastro Ambiental Rural – Caxias/estado do Maranhão
Fonte: SFB

Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF)

O SNIF é uma base nacional de informações florestais constituída por meio da obtenção, produção, tratamento, organização, armazenamento, processamento e disseminação de dados, informações e conhecimentos relacionados ao tema florestal, provenientes de fontes diversas, permitindo fácil acesso a todos os interessados. A criação e gestão do SNIF é uma competência do SFB[21].

Seus principais eixos de informações são: Florestas e Recursos Florestais (informações providas por diversas instituições e pelo Inventário Florestal Nacional - IFN); Política e Gestão Florestal, Produção, Economia e Mercado Florestal (informações produzidas pelo setor florestal e instituições federais, incluindo extração, produção, consumo e mercado); e Ensino e Pesquisa Florestal (informações produzidas por instituições de ensino e pesquisa florestal) (SFB, 2021).

As informações provenientes do SNIF são também referência para a elaboração de relatórios internacionais, como *o Global Forest Resources Assessments* (Avaliação dos Recursos Florestais Globais) da FAO, e o *Forest Sector Questionnaire* (Questionário do Setor Florestal), encaminhado à Organização Internacional de Madeiras Tropicais (*International Tropical Timber Organization* - ITTO) (SFB, 2021).

Esse importante instrumento de gestão pública e privada dos recursos florestais por meio da informação tem estimulado o desenvolvimento das cadeias produtivas de base florestal.

Inventário Florestal Nacional (IFN-BR)

O IFN-BR é uma ação coordenada pelo SFB baseada na coleta de dados em unidades amostrais (10.429 unidades instaladas até 2020), equidistantes entre si em 20 km, em todo o território brasileiro. Cada unidade amostral deve ser visitada por uma equipe treinada que coleta dados sobre os recursos florestais, material botânico, amostras de solo, diversidade biológica, informações sobre saúde e vitalidade das florestas e sobre seu estoque. Até o momento o IFN foi executado em 18 estados e inventariou 51% do território nacional (SFB, 2021)[22].

Por meio do levantamento de dados do IFN-BR é possível produzir dados florestais de alta qualidade, acessíveis e transparentes, necessários para manejar as florestas de forma sustentável e monitorar o progresso em relação às metas e objetivos internacionais dos quais o Brasil é signatário, entre os quais a 'Agenda 2030' e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Ademais, o IFN-BR é também importante prospecção de novos bens e serviços a partir de levantamento local de informações, proporcionando a valorização dos ativos florestais.

O IFN-BR faz parte de uma iniciativa para estabelecer uma rede de especialistas em florestas na região, com o objetivo de compartilhar experiências e aprendizados por meio do processo de harmonização das principais variáveis relacionadas às florestas na América Latina e Caribe. Esta harmonização possibilitará melhorar a comparabilidade e a transparência dos relatórios nacionais e internacionais sobre indicadores-chave que descrevem os recursos florestais da região, bem como sobre seu manejo e uso (FAO, 2021).

A partir das informações geradas pelo IFN-BR já foram produzidos relatórios com os principais resultados para 13 unidades da federação, um município e uma TI, com resultados também disponibilizados no *site* do SFB. Já foram publicados Dados Abertos do IFN para 5 estados, assim como o Banco de Imagens do IFN, com fotos de todas as unidades amostrais já medidas em campo.

21 Mais informações podem ser obtidas no site: Disponível em: https://snif.florestal.gov.br/pt-br/.
22 Mais informações podem ser obtidas no site: https://www.florestal.gov.br/inventario-florestal-nacional.



Inventário Florestal Nacional – estado de Roraima

Fonte: SFB

Cadastro Nacional de Florestas Públicas (CNFP)

Todos os dados georreferenciados sobre as florestas públicas brasileiras estão disponíveis no CNFP[23], que é um instrumento de planejamento da gestão florestal no país. O CNFP oferece aos gestores públicos e à população em geral uma base confiável de mapas, imagens e dados com informações relevantes para a gestão florestal. Com os dados do CNFP, que são atualizadas de forma rotineira, é possível o suporte para a destinação das florestas públicas para uso comunitário, criação de UC e realização de concessões florestais.

As florestas públicas inseridas no CNFP – atualizado em 2018 – compreendem uma área de 309,2 milhões de hectares, o que representa 37% do território nacional. As florestas públicas brasileiras distribuem-se nos diferentes biomas e regiões do país. No entanto, a maior parte (92%) encontra-se no bioma Amazônia (SFB, 2021a).

Manejo Integrado do Fogo

As primeiras iniciativas na gestão de incêndios florestais no Brasil foram baseadas em uma política de 'fogo zero', na qual todo fogo, independente da causa e do tipo de vegetação que atingia, era (ou deveria ser) extinto. Por sua vez, as ações educativas realizadas enfatizavam os efeitos negativos do fogo. A partir de 2002, o país começou a se estruturar com a contratação de brigadas de prevenção e combate aos incêndios florestais, no entanto, a maior eficiência no combate aos incêndios ainda influenciada pela política do 'fogo zero' levou a um acúmulo de material combustível, favorecendo a ocorrência de incêndios de grande magnitude.

O agravamento dos incêndios, em número de ocorrências, dimensão e severidade, em especial nas áreas protegidas, desencadeou também custos cada vez maiores em operações de combate, alcançando milhões de reais por ano (BILBAO *et al.*, 2020). Em 2007, quando

23 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.florestal.gov.br/cadastro-nacional-de-florestas-publicas

as comunidades da etnia Paresi se negaram a implementar estratégias de proteção contra os incêndios florestais baseadas na política de 'fogo zero', os técnicos do Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo/Ibama) começaram a investigar e sistematizar informações sobre o uso tradicional do fogo junto aos povos indígenas (BILBAO *et al.*, 2020). O olhar e valorização do conhecimento tradicional indígena pelas instituições responsáveis pela gestão dos incêndios florestais no país iniciou aí, mas somente em 2012, quando da realização do Projeto Cerrado-Jalapão, uma cooperação internacional entre os governos do Brasil e da Alemanha, essa abordagem ganhou força. O projeto, coordenado pelo MMA, contribuiu significativamente para a mudança de paradigma de uma política de fogo zero para o manejo integrado do fogo no país ao propiciar fóruns de discussão, capacitações e intercâmbios.

O Manejo Integrado do Fogo é um modelo que associa aspectos ecológicos, culturais, socioeconômicos e técnicos com o objetivo de integrar as ações destinadas ao uso apropriado de queimas prescritas e controladas e à prevenção e combate aos incêndios florestais, numa perspectiva de constante monitoramento, avaliação, adaptação e redirecionamento dessas ações com vistas à redução de emissões de material particulado e gases de efeito estufa, conservação da biodiversidade e redução da severidade dos incêndios florestais, respeitando o uso tradicional e adaptativo do fogo.

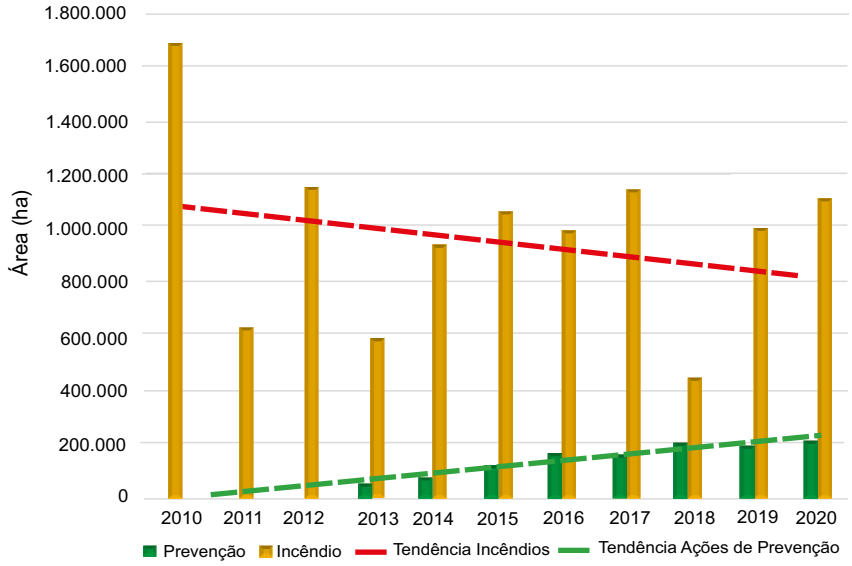
A partir do momento que passou a ser adotado no país trouxe como maior inovação o uso da queima prescrita para a redução e controle do material combustível. As queimas prescritas consistem no uso planejado do fogo para fins de conservação, pesquisa e manejo, em áreas determinadas, com objetivos pré-definidos em plano de manejo integrado do fogo. Na queima prescrita, o fogo é mantido sob condições específicas e seu comportamento é monitorado e manipulado visando alcançar os objetivos planejados.

E assim, com o envolvimento das comunidades, principalmente com o resgate do conhecimento tradicional sobre o uso do fogo, e o apoio de técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto, as queimas prescritas passaram a ser realizadas a partir de 2013 em áreas protegidas do Brasil, trazendo, desde então, resultados positivos quanto à redução dos incêndios de grande magnitude, proteção de vegetação sensível ao fogo, diminuição dos conflitos entre as instituições gestoras e as comunidades tradicionais, manutenção dos costumes sobre o uso do fogo, redução dos gastos com combate a incêndios florestais e segurança alimentar para as comunidades. Não obstante, permanece sendo um processo contínuo de planejamento, implementação, monitoramento, avaliação e adaptação das ações ao longo do tempo, com o objetivo de aplicar as estratégias de proteção mais adequadas.

A Figura 17 apresenta a evolução das áreas em que a prevenção foi feita com o uso do fogo dentro de UC federais e as áreas atingidas por incêndios, desde 2010. Cabe destacar que, mesmo ainda não havendo intervalo de tempo suficiente para a mensuração mais precisa do impacto das queimas na redução das áreas incendiadas, os primeiros relatos e estudos mostram aumento de proteção em áreas mais sensíveis, diminuição do impacto do fogo nas principais áreas de coletas, aumento da frutificação e diminuição de morte de árvores.

As queimas prescritas realizadas nas TI são monitoradas pelos brigadistas e servidores do Ibama utilizando como critérios, entre outros, a mortalidade, a severidade do dano e a produção de frutos da vegetação arbórea em áreas com exclusão do fogo, com queimas prescritas e com incêndios florestais, especialmente em espécies utilizadas pelas comunidades que ali vivem, seja para alimentação das pessoas ou dos animais que servem como caça. Os critérios estabelecidos são demonstrações do estado de saúde da vegetação e permitem inferir a capacidade de sobrevivência da comunidade que depende desses recursos obtidos na floresta.

Figura 17 – Evolução das áreas queimadas como medida de prevenção de incêndios e das áreas incendiadas em UC Federais entre 2010 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O art. 40 da Lei n.º 12.651/2012, determina que:

> O Governo Federal deverá estabelecer uma Política Nacional de Manejo e Controle de Queimadas, Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais, que promova a articulação institucional com vistas na substituição do uso do fogo no meio rural, no controle de queimadas, na prevenção e no combate aos incêndios florestais e no manejo do fogo em áreas naturais protegidas.

Com o propósito de atender à Lei, em setembro de 2016, o MMA instituiu Grupo de Trabalho para elaboração da Política Nacional de Manejo e Controle de Queimadas, Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (GT-PNIF), sob a coordenação da Secretaria de Mudança do Clima e Florestas (SMCF/MMA), com a atribuição, entre outras, de elaborar proposta de instrumento normativo para regulamentar o art. 40 da Lei n.º 12.651/2012.

Esse GT-PNIF elaborou uma minuta da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo (PNMIF) que foi validada entre as secretarias e vinculadas do MMA, órgãos de governo e sociedade por meio de eventos e reuniões entre representantes de instituições envolvidas com a temática.

O resultado desse processo de discussão e troca de experiências é uma proposta de projeto de lei ordinária, tecnicamente robusta, que busca atender às demandas dos órgãos executores que lidam com a questão de incêndios florestais, bem como às necessidades sociais, econômicas e culturais relacionadas ao uso do fogo. A proposta também tem o intuito de reduzir a ocorrência de incêndios florestais no país e, consequentemente, seus impactos negativos sobre a vida humana e o meio ambiente. O Projeto de Lei n.º 11.276/2018 encontra-se em tramitação no Congresso Nacional desde 27 de dezembro de 2018 e a partir de agosto de 2021 em regime de urgência, sendo aprovado na Câmara dos Deputados e encaminhado ao Senado Federal em novembro de 2021[24].

24 Mais informações, sobre o Projeto de Lei, podem ser obtidas no *site:* https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2190265.

Monitoramento, Comando e Controle

Dado o tamanho do território brasileiro, seria impossível determinar a situação e a tendência de desmatamento, degradação ou queimadas com apenas a utilização de informações de campo. Logo, uma solução prática e de baixo custo para examinar tendências na mudança da cobertura florestal na escala do bioma é utilizar dados de sensoriamento remoto (HANSEN *et al.*, 2008). O Brasil é um dos exemplos de país espacialmente extenso que adotou, com vantagens e qualidade garantida, o sensoriamento remoto para manter os recursos naturais da Terra, criando mapas temáticos com *software* livre (ASSIS *et al.*, 2019). O ferramental oficial disponível no país, com enfoque nacional, está concentrado em instituições com larga experiência no monitoramento e na quantificação dos recursos florestais, como o IBGE, o Inpe e o Ibama.

Dentro da temática, existem alguns mecanismos oficiais, como o 'Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil', iniciativa coordenada pelo IBGE, que tem por objetivo espacializar e quantificar a cobertura e uso da terra do Brasil a cada dois anos, a partir de 2015 (IBGE,2015) permitindo a comparação entre os anos analisados e a geração da contabilidade de todas as mudanças nas formas de ocupação do país.

O Brasil, também possui dois sistemas de monitoramento por sensoriamento remoto da Amazônia. Esses sistemas brasileiros, desenvolvidos pelo Inpe, são complementares, pioneiros em monitorar áreas extensas, referência global e considerados os melhores do mundo, por Kintisch (2007). Um desses sistemas é o Prodes que, desde 1988, determina as taxas anuais oficiais de desmatamento na Amazônia brasileira. O sistema identifica incremento de polígonos com área acima de 6,25 ha em cada ano e é utilizado para determinar as diretrizes de combate ao desmatamento do próximo ano (IPEA, 2010). O outro sistema é o Deter que pretende, em um curto espaço de tempo (normalmente diário), fornecer informações para orientar as ações de fiscalização do Ibama e dos órgãos estaduais de meio ambiente. O sistema indica polígonos onde ocorreu a supressão total ou parcial da floresta, desde sua criação em 2004, evoluiu significativamente sua resolução temporal (mensal para diário) e espacial (250 m para 30 m). As informações desses dois sistemas, depois de recebidas pelo Ibama, são qualificadas e utilizadas no planejamento estratégico, tático e operacional de ações em campo; o Deter, em especial, orienta as rotas e a construção de materialidade dos autos de infração.

O portal 'TerraBrasilis' é uma plataforma desenvolvida e mantida pelo Inpe que agrega a infraestrutura de dados espaciais para a disseminação de informações sobre desmatamento no Brasil. O portal permite o acesso, consulta e disseminação de dados geográficos gerados pelos projetos de monitoramento da vegetação nativa como o Prodes e o Deter. O projeto Prodes conta com a colaboração do MMA, por meio do Ibama e está inserido como ação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) no Grupo Permanente de Trabalho Interministerial para a redução dos índices de desmatamento da Amazônia legal, criado por decreto presidencial em 2005. São três os temas abordados no TerraBrasilis, sendo que os mesmos podem ser considerados como pressões sobre a vegetação nativa no País: desmatamento, fogo em florestas (incêndios e outros focos de calor) e emissão de CO_2.

Antes mesmo de estar consagrado no artigo 225 da Constituição Federal de 1988, o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e o dever de defendê-lo e preservá-lo já apareciam na Lei n.° 6.938, de 1981. A PNMA instituiu o Sisnama, no qual estão estruturados os órgãos responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental nos diversos níveis de governo. O Ibama figura como órgão executor na estrutura do Sisnama. O principal marco legal na esfera federal para essa ação do Estado constitui a Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998). Que além de definir e especificar os crimes ao meio ambiente, estabelece a responsabilidade administrativa, criminal e civil. Assim, o infrator, enquadrando-se em algum artigo dessa Lei, está sujeito a multa, embargo e apreensão, considerando sua responsabilidade administrativa. Além disso, poderá ter sua liberdade restringida, respondendo penalmente e podendo ser obrigado a reconstituir o dano ambiental causado pela sua ação, ao ser responsabilizado civilmente. O Ibama executa ação fiscalizatória ambiental no nível federal, tendo todo o território nacional como área de atuação.

O processo sancionador ambiental envolve serviços diversos na administração pública. A fiscalização, desde seu planejamento até a finalização de procedimentos administrativos vinculados à uma operação, é apenas a primeira etapa do processo sancionador, que passa depois pelas instâncias de instrução, julgamento e execução da sanção (SCHMITT, 2015).

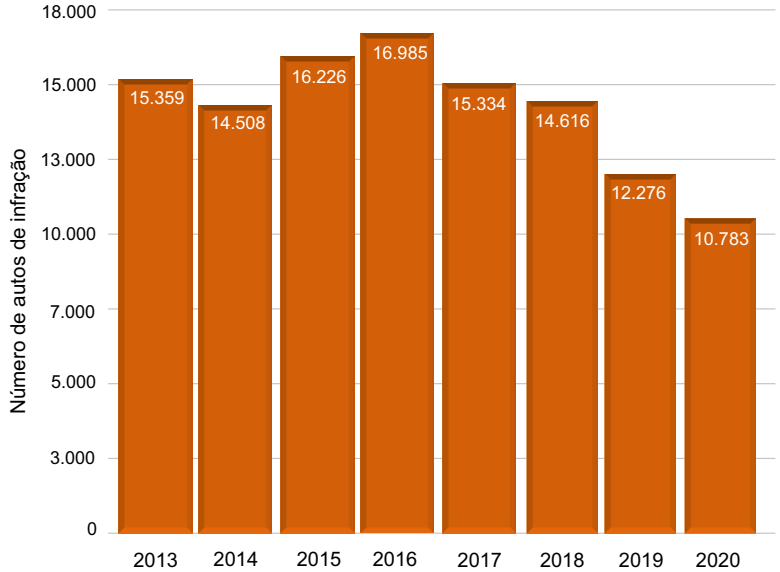
Anular ou inibir as atividades lesivas ao meio ambiente estão, de fato, vinculadas ao poder de polícia empreendido nas ações fiscalizatórias em campo, no ato das infrações ambientais, quando há oportunidade real de frear o delito. Entretanto a pretensão punitiva depende substancialmente da assertividade e celeridade do processo sancionador como um todo. Elementos cruciais capazes de punir, desencorajar o infrator a reincidir no erro, gerar dissuasão a outros infratores em potencial (SCHMITT, 2015).

A quantidade de multas aplicadas pelo Ibama vem caindo ao longo dos anos, entre 2016 e 2020 houve um decréscimo de 36% do número de multas (Figura 18). A motivação dessa queda não é a redução da quantidade de delitos ambientais - só na Amazônia houve um aumento de 37%, entre 2016 e 2020, da área desmatada anualmente - mas sim pela diminuição da capacidade de atendimento da fiscalização, sobretudo pela redução do número de servidores capacitados para a atividade fiscalizatória.

Os resultados dos últimos anos, a despeito de reconhecidas melhorias em instrumentos e sistemas, mostram que a efetividade da punição que se impõe ao autuado que comete infração ambiental está longe de ser ideal, não gerando a devida proteção ao meio ambiente - bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, conforme assegura a Constituição Federal.

Considerando que o maior efetivo de servidores e recursos dedicados ao processo sancionador ambiental esteja na esfera federal, torna-se evidente que o aparato estatal para contenção dos crimes ambientais relacionados à floresta, mesmo com esforço federal concentrado na Amazônia, demonstra-se insuficiente para a demanda de sua missão de proteger o meio ambiente adequadamente. Se dividirmos a área do Brasil pela quantidade de agentes ambientais federais do Ibama, cada agente de fiscalização seria responsável por uma área de 20 mil quilômetros quadrados, que é como se o estado de Sergipe contasse com 1 (um) fiscal. Além disso, os setores responsáveis pelo julgamento dos processos administrativos de sanção ambiental também se encontram com reduzido número de funcionários, contribuindo para a sensação de impunidade ao crime ambiental.

Figura 18 – Número de autos de infração aplicados pelo Ibama, entre 2013 e 2020.



Fonte: Ibama, 2021. Disponível em: http://dadosabertos.ibama.gov.br/organization/instituto-brasileiro-do-meio-ambiente-e-dos-recursos-naturais-renovaveis.

Uso sustentável das florestas

Manejo Florestal Sustentável (MFS)

O MFS é um conceito que engloba várias escalas, como: a abordagem global, as aplicações nacionais e ou regionais e a sua implementação em nível local, que há inúmeras definições. Para a ITTO (1992) é o processo de manejo de áreas florestais que visa alcançar um ou mais objetivos de manejo claramente especificados, sem redução irrecuperável de seus valores inerentes e futura produtividade ou efeitos não desejáveis no ambiente físico ou social. Existem práticas obrigatórias para o MFS, que envolvem o inventário da área e acompanhamento de todas as atividades, considerando o planejamento de estradas, o corte e arraste controlado, o monitoramento do crescimento da floresta e manutenção da infraestrutura. Os processos de certificação são rigorosos e contam com rastreamento da cadeia produtiva feito por certificadoras acreditadas no contexto mundial, principalmente pelo comércio exterior.

De acordo com o art. 3 da Lei n.º 1.128/2006, constitui MFS a administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se a utilização de múltiplos produtos e subprodutos, bem como de outros bens e serviços de natureza florestal. A execução do MFS é descrita pelo Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS). Esse documento técnico básico contém as diretrizes e procedimentos para o MFS, como a caracterização do meio físico e biológico, as técnicas de produção a serem empregadas, a intensidade de colheita, o ciclo de corte, entre outros. A aprovação do PMFS e consequente autorização do uso é feita com essas informações e definida pelo órgão ambiental competente (SFB, 2019).

No Brasil, o MFS é legalmente praticado principalmente nos biomas Amazônia e Caatinga, além dos ecossistemas florestais dos biomas Cerrado e Pantanal. Existem restrições legais para o manejo florestal no bioma Mata Atlântica. No contexto nacional, há um debate que envolve: a conservação e uso sustentável da biodiversidade, a proteção dos recursos hídricos e a repartição justa e equitativa dos benefícios decorrentes da utilização dos recursos genéticos e conhecimentos tradicionais. Também envolve:



Fonte: SFB

uma abordagem ecossistêmica (com foco nas relações ecossistêmicas e processos funcionais), ampliando a repartição de benefícios, usando práticas relacionadas à gestão adaptativa e garantindo a cooperação entre setores, áreas e países. Em termos de MFS empresarial, nos últimos anos, houve uma evolução nos critérios de planejamento da extração, como o manejo de baixo impacto. Como se trata de tema complexo, controverso e muitas vezes desrespeitado pelos agentes executores, a legislação relativa ao MFS foi se tornando cada vez mais rígida e generalizada para todas as espécies. Dessa forma, visando avanços na legislação via resultados de pesquisa, está acontecendo, mais recentemente, um esforço da Embrapa Florestas e universidades para que o MFS seja adotado segundo regras e procedimentos atualizados.

Manejo Florestal Comunitário

Desde tempos imemoriais os povos que habitam a bacia Amazônia têm manejado a floresta, em um processo que enriqueceu a área de mata com um conjunto de espécies úteis. Levis *et al.*, (2017) realizou um estudo sobre a distribuição de 85 espécies lenhosas e identificou que espécies em processo de domesticação têm cinco vezes mais chances que outras espécies de serem hiperdominantes, o que indica que comunidades atuais de árvores na Amazônia são estruturadas em grande parte em função de uma longa história de domesticação de plantas pelos povos amazônicos. Espécies como castanha, cacau, cupuaçu e seringueira estão entre as espécies cuja concentração em certos territórios só pode ser explicada pelo manejo.

Atualmente, milhares de comunidades realizam manejo de uso múltiplo e algumas aliam seu conhecimento tradicional a modernas técnicas de manejo para produção de madeira. O Observatório do Manejo Florestal Comunitário e Familiar (MFCF) identificou ao menos 122 iniciativas de manejo florestal comunitário na Amazônia, envolvendo cerca de 266 mil famílias, com cerca de 1,9 milhões de metros cúbicos autorizados para a produção de madeira[25]. Mas também há manejo florestal em outros biomas. Na Caatinga, dados do SFB de 2013 identificam 76 assentamentos da reforma agrária que realizam manejo para produção de lenha, uma ação fundamental para diminuir a pressão sobre os recursos florestais ao mesmo tempo em que oferecem uma alternativa de renda para as comunidades, com uma atividade plenamente adaptada ao bioma e menos suscetível aos constantes ciclos de seca.

Políticas públicas para conservação e uso sustentável de recursos florestais

Dado o papel fundamental de aliar uso sustentável da floresta à melhoria das condições de vida das comunidades, nos últimos vinte anos vários instrumentos de políticas públicas foram elaborados visando dar segurança e suporte às atividades produtivas dessas populações.

Um marco importante é o Decreto n.º 6.874/2009, que instituiu o Programa Federal de Manejo Florestal Comunitário e Familiar, reconhecendo a necessidade de apoiar as iniciativas de comunidades e agricultores familiares. Também em 2009 se estabeleceu o Plano Nacional de Promoção das Cadeias da Sociobiodiversidade, visando apoiar o fortalecimento dos mercados sustentáveis para produtos não madeireiros. As duas iniciativas contaram com a participação de diferentes órgãos e Ministérios, capitaneados pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), MMA, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS).

Por seu turno, a 'Política de Garantia de Preços Mínimos para produtos da Sociobiodiversidade' (PGPM-Bio) inclui 12 produtos não madeireiros em seu escopo (CONAB, 2020). Desde então, mais de 25 mil extrativistas vêm sendo beneficiados pela PGPM-Bio, com cerca de 47 milhões de reais

25 Dados obtidos no *site* do MFCF: https://observatoriomfcf.org.br/indicadores.

pagos diretamente aos produtores ou suas organizações, com cerca de 60 mil toneladas de produtos da sociobiodiversidade subvencionados. Em 2015, O PGPM-Bio pagou cerca de 560 mil reais aos produtores, em 2020 foram mais de 24,4 milhões de reais (CONAB, 2020). Foram comercializados produtos de diferentes biomas, como o pequi (Cerrado), umbu (Caatinga), juçara (Mata Atlântica) e castanha (Amazônia).

Uma das ações mais inovadoras para o apoio à conservação florestal por parte de comunidades foi o 'Programa de Apoio à Conservação Ambiental', conhecido pelo nome de 'Bolsa Verde'. O Bolsa Verde foi um programa de transferência de renda a famílias e, diferente de outros programas de assistência social do governo federal, exigia condicionalidades socioambientais apoiando a superação da pobreza em UC de uso sustentável.

O programa promoveu a transferência de renda no valor de 300 reais por trimestre para famílias em situação de extrema pobreza, com a transferência condicionada à conservação e uso sustentável dos ativos ambientais que acessam. Implantado no âmbito do 'Plano Brasil sem Miséria', o programa foi iniciado em 2011 e encerrado em 2017, com a não previsão orçamentária para o ano de 2018. O programa chegou a beneficiar mais de 76 mil famílias, com a grande maioria dos beneficiários sendo composta por mulheres (88%) (MDS, 2016). Em 2016, as áreas que participavam do Bolsa Verde totalizavam 28,7 milhões de hectares, sendo 18,2 milhões de hectares em UC e 10,5 milhões de hectares em assentamentos da reforma agrária. A maior parte dessas áreas (95,6%) está no bioma Amazônia. Embora o programa tenha atendido a diminuição da extrema pobreza, o efeito é praticamente nulo em relação à diminuição do incremento de desmatamento (NASCIMENTO, 2021). Por fim, em 2017 foi instituído o 'Plano Nacional de Fortalecimento das Comunidades Extrativas e Ribeirinhas', que se constitui em um dos planos de implantação da 'Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável de Povos e Comunidades Tradicionais' (MMA, 2017).



Inventário Florestal Nacional – estado de Roraima

Fonte: SFB

Concessões Florestais

A Lei n.º 11.284/2006 possibilita a gestão de florestas públicas por concessões a pessoas jurídicas (BRASIL, 2006). A escolha da pessoa jurídica é feita por licitação, o vencedor se compromete a manejar, de forma sustentável e mediante pagamento a esfera de governo concedente, as florestas de domínio público para obtenção de produtos e serviços. A concessão de florestas públicas somente pode ser realizada em áreas não destinadas a uso comunitário, populações indígenas, projetos de assentamento ou uso militar. Também não podem ser objeto de concessão as UC de proteção integral, as reservas extrativistas e as reservas de desenvolvimento sustentável. A implementação da política pública das concessões florestais federais, além do SFB, conta com a atuação do Ibama e do ICMBio.

Os contratos firmados para essas concessões somente permitem a obtenção do recurso florestal por meio das técnicas de manejo florestal de impacto reduzido. Para que esse impacto seja reduzido e a produção da madeira seja sustentável e contínua ao longo dos anos, a área concedida à exploração é utilizada em sistema de rodízio. Assim, somente de quatro a seis árvores são retiradas por hectare e o retorno a esse mesmo hectare explorado, ocorre a cada trinta anos, (volume máximo suprimido de 25,8 m³/ha) ou trinta e cinco anos (máximo de 30 m³/ha).

O PMFS tem como amparos legais a Lei n.º 12.651/2012, o Decreto n.º 5.975/2006, as Instruções Normativas MMA n.º 04 e 05/2006 e a Resolução do Conama n.º 406/2009. O PMFS deve ser elaborado pelo concessionário, enquanto a análise e eventual aprovação cabem ao órgão competente do Sisnama que no âmbito das concessões florestais federais é o Ibama. A aprovação do PMFS, assim como homologação da Autorização de Exploração (Autex), são requisitos para início das operações de manejo em áreas sob concessão.

O primeiro contrato de concessão florestal federal foi assinado no ano de 2008, na Floresta Nacional de Jamari. Em 2020, uma área total de 1,05 milhão de hectares de florestas públicas estava sob concessão florestal federal. A área concessionada corresponde a 18 unidades de manejo florestal localizadas em seis florestas nacionais (Flonas) nos estados de Rondônia e Pará.

Os estados da região Amazônica também detêm extensas áreas de florestas públicas e estão estruturando programas estaduais de concessões de florestas públicas. O estado do Pará já possui 8 contratos, totalizando aproximadamente 433 mil hectares de florestas sob concessão estadual. O Amapá possui um contrato, com uma área de 67,5 mil hectares (SFB, 2021a).

As florestas e o diálogo com a sociedade

A comunicação com a sociedade em geral envolvendo os compromissos brasileiros relacionados às florestas, seus avanços e desafios evoluiu da imprensa geral para a imprensa especializada e para programas televisivos específicos para os assuntos 'do campo'. Mais recentemente, com o advento da internet e das mídias sociais, os debates sobre questões florestais e ambientais ocorrem sob diversos contextos e a informação está disponível de uma forma muito mais democrática, embora ainda com lacunas em determinadas regiões e camadas da sociedade.

As empresas florestais e as organizações ambientais, de cunho não governamental, têm desempenhado um papel importante no balanço das discussões e têm influenciado políticas públicas. Organizações Não Governamentais (ONG) ambientalistas passaram a se organizar em torno de grandes entidades, nacionais e internacionais, abrindo espaço para a agregação e disponibilização de informações, como é o caso do produto MapBiomas[26], por exemplo. Já as empresas florestais, organizadas em as-

26 Mais informações sobre o MapBiomas podem ser obtidas no site: https://mapbiomas.org//.

sociações e representadas pela IBÁ buscaram na certificação florestal a resposta para as demandas da sociedade e para a colocação de seus produtos, principalmente no mercado internacional, cada vez mais exigente. Por certificação florestal deve-se entender tanto a certificação do 'Manejo Florestal' como a certificação da 'Origem do Produto Florestal', também chamada 'Cadeia de custódia' (ou rastreabilidade), significando que todas as etapas do processo de manufatura do produto final foram monitoradas. A certificação do manejo florestal pode ter como objeto tanto florestas naturais como florestas plantada (AHRENS e OLIVEIRA, 2017). Segundo IBÁ (2021), 39% das áreas de plantios do Brasil são certificadas pelo FSC (Conselho de Manejo Florestal) e ou pelo Programa Brasileiro de Certificação Florestal, Cerflor/PEFC[27].

Os 'Diálogos Florestais do Brasil' foram uma iniciativa para aproximar ONG e empresas florestais e o mecanismo foi bem sucedido, com a criação de 8 Fóruns Florestais Regionais, sendo o da Amazônia o mais recente, criado em 2021. Outra iniciativa de grande repercussão foi a criação da 'Coalizão Brasil, Clima, Florestas e Agricultura', em 2014. O fórum reúne mais de 300 instituições interessadas em contribuir para o avanço e a sinergia das agendas de proteção, conservação e uso sustentável das florestas, agricultura sustentável e mitigação e adaptação às mudanças climáticas, no Brasil e no mundo.

Recuperação de Florestas

A obrigatoriedade de se recuperar áreas degradadas no Brasil é relativamente recente. Os principais e mais efetivos dispositivos legais direcionados para esse tema começaram a ser desenvolvidos no início da década de 1980 com a publicação da PNMA (BRASIL, 1981), que buscou organizar as questões políticas do meio ambiente e toda a estrutura governamental do país. Em seu art. 2º, VII e IX, define-se a recuperação de áreas degradadas e a proteção de áreas ameaçadas de degradação como princípios dessa política.

A Constituição de 1988 traz avanços que direta ou indiretamente auxiliam na proteção das florestas brasileiras. Pela primeira vez em um texto constitucional, a recuperação de áreas degradadas por mineração e a recuperação de outras atividades, está inserida de forma implícita na reparação integral do dano ambiental prevista no §3º do art. 225 da Constituição Federal.

No campo legislativo, a Lei de Crimes Ambientais, Lei n.º 9.605/1998, foi um importante marco para a proteção de áreas frente à degradação, ao disciplinar as sanções penais e administrativas para aquele que impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação. Além disso, seu art. 23, define a execução de obras de recuperação de áreas degradadas como um instrumento para responsabilizar o infrator ambiental. A Lei de Crimes Ambientais também criou o 'Termo de Compromisso', mais conhecido como 'Termo de Ajustamento de Conduta' (TAC), com força de título extrajudicial e que possibilita aos empreendimentos existentes promover as necessárias correções de suas atividades para o atendimento das exigências impostas pelas autoridades ambientais competentes.

Em 2012, o Novo Código Florestal (Lei n.º 12.651/2012), além de prever instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos, instituiu a 'Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa' (PROVEG) (BRASIL, 2012).

---

27 **FSC** (sigla em inglês para Forest Stewardship Council) é uma organização internacional não-governamental, fundada em 1993, que não emite certificados e sim acredita certificadoras no mundo inteiro, garantindo que os certificados destas obedeçam a padrões de qualidade. As certificadoras desenvolvem um método para certificação baseado nos Princípios e Critérios do FSC, adaptando-o para a realidade de cada região ou sistema de produção.
Cerflor (Programa Brasileiro de Certificação Florestal) surgiu para atender uma demanda do setor produtivo florestal do país. Desde 1996, a Sociedade Brasileira de Silvicultura 9SBS) estabeleceu acordo de cooperação com a ABNT para desenvolver os princípios e critérios para o setor.
PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes - antigo Pan European Forest Certification) foi criado em junho de 1999, baseado em critérios próprios definidos nas resoluções das Conferências de Helsinki e de Lisboa, de 1993 e 1998, sobre Proteção Florestal na Europa. Um objetivo primordial desse sistema é o reconhecimento dos diferentes sistemas dos países da comunidade européia.

Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg)

A Proveg, instituída pelo Decreto n.º 8.972/2017 (BRASIL, 2017), tem como objetivo promover a recuperação de florestas e outras formas de vegetação nativa e impulsionar a regularização ambiental das propriedades rurais brasileiras.

A implementação dessa política, ocorre por meio do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg), publicado em 2017, que tem como objetivo principal apoiar os proprietários de terra a conservar, recuperar ou compensar alterações na vegetação nativa situadas em áreas de APP e RL em pelo menos 12 milhões de hectares até 2030 e em consonância com as exigências estabelecidas pela Lei n.º 12.651/2012 (Brasil, 2012). Além desse passivo ambiental, a regularização ambiental poderá ser realizada em áreas com fragmentos de vegetação nativa suprimidos irregularmente, como nas áreas de uso restrito, descritas no Capítulo III, artigos 10 e 11, ou em outros contextos legais, por exemplo, no âmbito da Lei da Mata Atlântica, Lei n.º 11.428/2006 (BRASIL, 2017).

Para atender aos objetivos propostos, o Planaveg está organizado em três eixos e oito iniciativas, conforme descrito na Figura 19.

Figura 19 – Eixos e Iniciativas do Planaveg.

Eixos	Iniciativas
Motivar	1. Sensibilização: lançar movimento de comunicação com foco em agricultores, agronegócio, cidadãos urbanos, formadores de opinião e tomadores de decisão, a fim de promover a consciência sobre o que é a recuperação da vegetação nativa, quais benefícios ela traz e como se envolver e apoiar esse processo.
Facilitar	2. Sementes & mudas: promover a cadeia produtiva da recuperação da vegetação nativa por meio do aumento da capacidade de viveiros e demais estruturas para produção de espécies nativas, e racionalizar as políticas para melhorar a quantidade, a qualidade e a acessibilidade de sementes e mudas de espécies nativas.
	3. Mercados: fomentar mercados a partir dos quais os proprietários de terra possam gerar receitas por meio da comercialização de madeira, produtos não -madeireiros, proteção de nascentes e área de recargas de aquíferos, entre outros serviços e produtos gerados pela recuperação da vegetação nativa.
	4. Instituições: definir os papéis e responsabilidades entre os órgãos de governo, empresas e a sociedade civil, e alinhar e integrar as políticas públicas existentes e novas em prol da recuperação da vegetação nativa.
Implementar	5. Mecanismos financeiros: desenvolver mecanismos financeiros inovadores para incentivar a recuperação da vegetação nativa, incluindo empréstimos bancários preferenciais, doações, compensações ambientais, isenções fiscais específicas e títulos florestais.
	6. Extensão rural: expandir o serviço de extensão rural (públicos e privados) com objetivo de contribuir com capacitação dos proprietários de terras, com destaque para os métodos de recuperação de baixo custo.
	7. Planejamento espacial e monitoramento: implementar um sistema nacional de planejamento espacial e de monitoramento para apoiar o processo de tomada de decisão para a recuperação da vegetação nativa.
	8. Pesquisa e desenvolvimento: aumentar a escala e o foco do investimento em pesquisa e desenvolvimento e inovação para reduzir o custo, melhorar a qualidade e aumentar a eficiência da recuperação da vegetação nativa, considerando os fatores ambientais, sociais e econômicos.

Fonte: Brasil, 2017.

Em 2019, o acompanhamento de áreas em processo de recuperação ambiental passou a integrar as 'Metas Institucionais Globais' do Ibama. A formalização dessa meta constituiu-se em um importante instrumento de governança, exigindo de diferentes diretorias e superintendências o estabelecimento de mecanismos de articulação, comunicação e colaboração para alcançar o resultado comum de recuperação ambiental. No período 2019-2020, foi estabelecido o indicador denominado "regeneração, recuperação e reposição ambiental" para o acompanhamento de 120.000 ha de áreas passíveis ou em processo de recuperação.

As áreas em recuperação acompanhadas têm origem em três núcleos de processos internos no Ibama:

i) Áreas destinadas ao plantio compensatório ou reposição florestal exigidas para o licenciamento dos empreendimentos que realizaram alguma supressão vegetal;

ii) Áreas destinadas a reparação direta ou indireta de danos ambientais por parte de quem comete infrações ambientais; e

iii) Áreas embargadas.

Para a gestão das informações espacializadas foi desenvolvido o sistema CASV (Cadastro de Simples Vetores), no qual é possível realizar o cadastramento e acompanhamento de informações das áreas em recuperação monitoradas pelo Ibama.

Os dados cadastrados no Sistema CASV foram utilizados para atendimento da meta global do Ibama do ciclo avaliativo 2020-2021 e totalizaram 122.400,12 ha referentes às áreas passíveis ou em processo de recuperação acompanhadas pelo Instituição (IBAMA, 2021).

Complementarmente, o Ibama promoveu de forma experimental o monitoramento remoto de 120.000 ha de áreas embargadas, PRAD e plantios compensatórios (IBAMA, 2021-b). Os resultados desse monitoramento identificaram que 23,26% do total de 106.853,54 ha de áreas monitoradas no bioma Amazônia encontram-se em processo de recuperação ambiental, assim como 54,91% do total de 8.196,28 ha monitorados no bioma Cerrado e 74,61% do total de 4.615,36 ha de áreas monitoradas no bioma Mata Atlântica. As duas áreas monitoradas no bioma Caatinga, que somam 652,44 ha, foram identificadas como "em recuperação" e a área monitorada no bioma Pantanal, de 388,76 ha, foi identificada como "desflorestamento" ((IBAMA, 2021-b).

Produção florestal nativa e plantada

A Política agrícola para florestas plantadas está alinhada às demandas de melhoria dos índices de produção, explicitando entre seus objetivos a demanda para aumento da produção e da produtividade das florestas plantadas no Brasil. Outros objetivos envolvem a mitigação da mudança do clima; otimizar o uso de bens e serviços econômicos das florestas plantadas; diminuir a pressão sobre as florestas nativas e aumentar a renda e a qualidade de vida no meio rural, conforme definido no 'Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas', publicado pelo Mapa, em 2018[28].

Diversificação de gêneros e espécies

Atualmente as florestas plantadas representam apenas 7% da área florestal mundial. No Brasil cobrem aproximadamente 1% do território nacional e são predominantemente formadas por poucas espécies dos gêneros *Eucaliptus* (aproximadamente 80%) e *Pinus* (em torno de 20%). Tal ocupação territorial, ainda que tenha colocado nosso país na vanguarda da produção e da produtividade florestal mundial, embute também ameaças, relacionadas a diversos aspectos, a exemplo da dispersão de pragas exóticas, conforme pontuado por Iede *et al.*, 2000, quando dos primeiros ataques da vespa-da-madeira (*Sirex noctilio*) a plantios de *Pinus taeda*, chegando a comprometer até 40% da produtividade potencial de alguns talhões, naquele momento. Um esforço conjunto, liderado pela Embrapa, levou ao desenvolvimento de um bem sucedido processo de controle biológico, para aquele problema. Entretanto, para outras pragas, isto ainda é uma realidade, vinte anos depois de tal publicação e oportuniza a discussão sobre a necessidade de diversificação de gêneros e espécies, com especificidades regionais.

28 Mais informações, sobre o Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas, podem ser obtidas no *site:* https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/outras-publicacoes/plano-nacional-de-desenvolvimento-de-florestas-plantadas.pdf/view.

A área ocupada por florestas plantadas no Brasil foi ampliada em aproximadamente 3,5 milhões de hectares, nos últimos 10 anos, notadamente com os mesmos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Tal crescimento aconteceu até 2015, permanecendo relativamente constante a partir de então (IBGE, 2020) e com um aumento de 2,4% em relação a 2018, considerando-se plantios comerciais (IBÁ, 2020). Além desses plantios, existem 0,39 milhão de hectares plantados de outras espécies, entre elas a seringueira (*Hevea brasiliensis L*), acácia negra (*Acacia mearnsii*), teca (*Tectona grandis*) e paricá (*Schizolobium parahyba var. amazonicum*), segundo IBÁ, 2020.

Algumas espécies – a maioria com perfil de adaptação regional – despontam como mais estudadas e com silvicultura conhecida, entre elas a icônica *Araucaria angustifolia*. Adicionalmente, há um grupo de outras espécies que estão num patamar intermediário, tanto no que se refere à silvicultura e melhoramento, como no que tange à área plantada e análise do mercado consumidor.

O Brasil é um país com grande potencial para a produção florestal, seja por sua área disponível, condições edafoclimáticas ou por seu desenvolvimento tecnológico. Entretanto, mesmo com incentivos governamentais, os novos investimentos – em escala – envolvendo silvicultura, melhoramento e manejo de outras espécies (sejam elas nativas ou introduzidas) têm sido pouco efetivos, embora estratégicos.

Muitos são os desafios, entre eles a disponibilização de material genético, insumos, técnicas adequadas e mercado. Além da disponibilidade de sementes e mudas de boa qualidade, há a necessidade de protocolos de plantio e manutenção, e estudos relacionados à antecipação das garantias de colocação da matéria prima no mercado, nacional e internacional. Além disso, são iniciativas com alavancagem de longa maturação (entre 6 e 15 anos, aproximadamente).

Entretanto, novos movimentos estão surgindo. A sociedade civil organizada e multisetorial está adotando suas próprias metas, aliando-se às iniciativas governamentais. Movimentos como os fóruns florestais regionais, ligados ao Diálogo Florestal e a Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura se posicionam frequentemente, em questões relacionadas às mudanças do clima sob a ótica de uma nova economia, com base na baixa emissão de GEE. Essas oportunidades de parceria podem alavancar iniciativas que optem pela ampliação da oferta de diversificação de gêneros e espécies no contexto florestal.

O uso de espécies nativas é uma demanda crescente, para o atingimento desse objetivo. No entanto, existem muitas lacunas do conhecimento sobre a silvicultura de espécies nativas, envolvendo aspectos diversos, como origem e qualidade das sementes, técnicas de propagação adequadas, densidade de plantio, sensibilidade à luz, ritmo de crescimento, período e protocolos específicos para desbaste e poda, controle fitossanitário, ciclo de corte e qualidade do produto final. Segundo Rolim *et al.* (2020), apesar de muitos resultados de espécies nativas em condições de plantio estarem disponíveis, muitas espécies têm pouca ou nenhuma informação. Além disso, cada região climática pode apresentar resultados diferentes, sendo importante adaptar as metodologias utilizadas por espécie e região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil destaca-se por ser o país com a maior floresta tropical do mundo e por manter conservada uma porção considerável (56,1%) de seu território com cobertura florestal. Apesar da extensa área com florestas e da riqueza de sua biodiversidade, existem diferentes forças que pressionam e impactam as florestas brasileiras. Neste capítulo foram abordadas pressões decorrentes de atividades agrícolas e minerais, obras de infraestrutura, expansão de áreas urbanas e o modelo fundiário adotado no país. Essas forças ganham importância pelo fato do Brasil ser um dos maiores produtores de alimentos e biocombustíveis do mundo e por haver uma crescente valorização dos metais preciosos existentes na Amazônia.

Atualmente, a área de floresta do Brasil corresponde a 487.991.966 ha, sendo 478.008.871 ha de floresta natural e 9.983.095 ha de florestas plantadas. Entre 2013 e 2020, a área de florestas naturais diminuiu cerca de 4% em todo o território brasileiro e as florestas plantadas tiveram um acréscimo de cerca de 19%.

As pressões que mais se destacaram no período analisado, foram os incêndios florestais, o desmatamento e degradação florestal. Essas pressões determinam diversos impactos, como a emissão GEE, o aumento de eventos climáticos extremos e a degradação dos solos e comprometimento dos recursos hídricos, além da redução da biodiversidade.

A essas pressões e impactos, aos quais estão submetidas as florestas brasileiras, houve respostas dos setores públicos e privados. Destaca-se o PPCDAM, vigente entre 2004 e 2020, 'Plano Interministerial do Governo Federal' que teve resultados positivos, com redução da taxa anual do desmatamento na Amazônia em aproximadamente 80% entre 2004 e 2012. Esse plano foi inspiração, nos mesmos moldes, para o PPCerrado, que contribui para a diminuição em média 50% dos desmatamentos existentes até 2015 no bioma Cerrado.

As instituições brasileiras com mandato para a gestão florestal geraram bases de dados sobre as florestas naturais e plantadas, buscando disponibilizar informações espaciais e temporais, bem como de conservação das florestas, manutenção de seus serviços e estímulo à produção. Entre essas bases de dados destacam-se o SNIF (com dados primários do Inventário Florestal Nacional e dados secundárias de diversas instituições), o Cadastro Nacional de Florestas Públicas e o CAR, todos sob a coordenação do SFB.

As informações geradas estão sendo usadas como suporte para o planejamento e execução de políticas públicas florestais, como o Programa de Recuperação Ambiental, o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais e o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. Além disso, as Concessões Florestais se estabelecem por meio da implementação do Manejo Florestal Sustentável. A Lei de Proteção da Vegetação Nativa, também conhecida como Novo Código Florestal abriu oportunidades para a recuperação de áreas degradadas em propriedades privadas. Assim, em 2017 foi instituída a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa com o objetivo de promover a recuperação de florestas e outras formas de vegetação nativa e impulsionar a regularização ambiental das propriedades rurais brasileiras. Em 2014 foi sancionada a Política Agrícola de Florestas Plantadas que, sob a coordenação do Mapa, deveria organizar o Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas, que foi lançado em 2018 e é também conhecido como PlantarFlorestas.

Além das respostas governamentais, há respostas por parte do mercado e da sociedade civil organizada, que constituem oportunidade para a conservação das florestas, sua biodiversidade e serviços ecossistêmicos, para o Manejo Florestal e produção florestal sustentáveis. O entendimento da importância

das florestas para contenção das mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável já é claro para toda sociedade, com inúmeras ações de mapeamento, rastreamentos de cadeias de suprimento por entes privados e da sociedade civil organizada. O processo de certificação na área florestal está consolidado e a maioria das empresas são vinculadas a associações de produtores e aos Fóruns dos Diálogos Florestais. A Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura, com mais de 300 instituições membro, tem buscado iniciativas que levem à conciliação da produção com a conservação, no bioma Amazônia e investe no diálogo e no incentivo a programas que estejam alinhados ao combate às mudanças do clima.

Os desafios para a conservação e uso dos recursos florestais naturais e plantados, no Brasil, continua tão grande quanto a envergadura desses recursos e sua representatividade mundial. A governança florestal nacional é entre o MMA e MAPA, mas percebe-se participação cada vez mais ativa da sociedade organizada, visando contribuir e influenciar decisões governamentais, consubstanciadas em políticas públicas.



Fonte: Vinícius Mendonça/Ibama

REFERÊNCIAS

ABOOKIRE, S. Can Forest therapy enhance health and well-being? Harvard Health Publishing. 2020. Disponível em https://www.health.harvard.edu/blog/can-forest-therapy-enhance-health-and-well-being-2020052919948, acessado em 3 de junho de 2021.

ACOSTA, A. L., XAVIER, F., CHAVES, L. S. M., SABINO, E. C., SARAIVA, A., & SALLUM, M. A. M. Interfaces à transmissão e spillover do coronavírus entre florestas e cidades. Estudos Avançados, 34(99), 191-208. 2020.

AHRENS, S.; OLIVEIRA, Y. M. M. de. Plantações florestais comerciais, a certificação e os diálogos setoriais. In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Cap. 7. p. 73-78.

DALBERG ADVISORS, D.; WWF. 2018. Healthy rivers, healthy people, Addresing the Mercury Crisis in the Amazon. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/healthy_rivers_healthy_people.pdf>.

ALENCAR, E. Febre Amarela mata 32% da população de micos-leões-dourados do país. O Eco. 2019. Disponível em: https://www.oeco.org.br/noticias/febre-amarela-mata-32-da-populacao-de-micos-leoes-dourados-no-pais/. Acessado em: 1 de junho de 2021.

ANGELSEN, Arild; KAIMOWITZ, David (Ed.). Agricultural technologies and tropical deforestation. CABi, 2001.

ARAÚJO, F. A. A., RAMOS, D. G., SANTOS, A. L., PASSOS, P. H. D. O., ELKHOURY, A. N. S. M., COSTA, Z. G. A., ... & ROMANO, A. P. M. (2011). Epizootias em primatas não humanos durante reemergência do vírus da febre amarela no Brasil, 2007 a 2009. Epidemiologia e Serviços de Saúde, 20(4), 527-536. 2011

ASSIS, L. F. F. G.; FERREIRA, K. R.; VINHAS, L.; MAURANO, L.; ALMEIDA, C.; CARVALHO, A.; RODRIGUES, J.; MACIEL, A.; CAMARGO, C. TerraBrasilis: A Spatial Data Analytics Infrastructure for Large-Scale Thematic Mapping. ISPRS International Journal of Geo-Information., 8, 513, 2019. Disponível em <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/publicacoes/>

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C. C.; ROCHA, R. Deforestation Slowdown in the Legal Amazon: Prices or Policies? Rio de Janeiro: [s.n.]. 2012. Disponível em: <http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2012/03/Deforestation-Prices-or-Policies-Working-Paper.pdf >.

BARBER, C. P. et al. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. Biological Conservation, v. 177, p. 203–209, 2014.

BARLOW, J. et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. Nature, v. 535, n. September, p. 144–147, 2016.

BELLO, C. et al. Defaunation affects carbon storage in tropical forests. Science, n. December, p. 1–11, 2015.

BILBAO, B., L. STEIL, I.R. URBIETA, L. ANDERSON, C. PINTO, M.E. GONZALEZ, A. MILLÁN, R.M. FALLEIRO, E. MORICI, V. IBARNEGARAY, D.R. PÉREZ-SALICRUP, J.M. PEREIRA Y J.M. MORENO 2020: Incendios forestales. En: Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT [Moreno, J.M., C. Laguna-Defi or, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 459-524, ISBN: 9788448621643). 2020.

BÖRNER, J. et al. Direct conservation payments in the Brazilian Amazon: Scope and equity implications. Ecological Economics, v. 69, n. 6, p. 1272–1282, abr. 2010.

BOWLER, D.E., BUYUNG-ALI, L.M., KNIGHT, T.M., PULLIN, A.S. A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments. BMC Public Health, 10:456. 2010.

BRADLEY, S. Mining' s Impacts on Forests Aligning Policy and Finance for Climate and Biodiversity Goals. London: [s.n.]. 2020

BRASIL. Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981.

BRASIL. Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Lei de Crimes Ambientais. 1998.

BRASIL. Lei n.º 11.284, de 2 de março de 2006. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FNDF, entre outras. 2006.

BRASIL. Lei n.º 12.651 de 25 de maio de 2012. Lei de Proteção da Vegetação Nativa. 2012.

BRASIL. Decreto n.º 8.972, de 23 de janeiro de 2017. Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Serviço Florestal Brasileiro. Resolução nº 02, de 06 de julho de 2007. Brasília, DF, 2007.

BROCKERHOFF, E. G. et al. Forest biodiversity, ecosystem functioning. p. 3005–3035, 2017.

CGEE. Centro De Gestão e Estudos Estratégicos. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Brasília, DF: 2016. 252p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da Sociobiodiversidade. Volume 4, número 3. Brasília-Conab. 2020. Disponível em https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/boletim-da-sociobiodiversidade?view=default. Acessado em 12 de maio de 2021

CRIPPA, M., GUIZZARDI, D., MUNTEAN, M. et al. Fossil CO2 emissions of all world countries - 2020 Report. Luxemborg: [s.n.].

DE MARCO JR, P. DE; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. Biodiversity and Coservation, v. 13, p. 1245–1255, 2004.

DIALLO D., SALL A. A., DIAGNE C. T., FAYE O., FAYE O., BA Y., et al. Zika Virus Emergence in Mosquitoes in Southeastern Senegal, 2011. PLoS ONE 9(10): e109442. 2014. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109442

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. 2020.

EUROPEAN COMISSION. EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Researche. Disponível em: <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

FABIAN, A. J. Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2009. Disponível em: https://www.fcav.unesp.br/Home/download/pgtrabs/pv/d/2877.pdf

FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 - Key findings. Rome: [s.n.]. Disponível em: https://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/en/.

FEARNSIDE, P. M.; ALENCASTRO GRAÇA, P. M. L. DE. BR-319: Brazil's Manaus-Porto Velho highway and the potential impact of linking the arc of deforestation to central amazonia. Environmental management, v. 38, n. 5, p. 705–16, nov. 2006.

FEARNSIDE, P. M. Amazon Forest Maintenance as a Source of Environmental Services. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 80, n. 1, p. 101–114, 2008.

FEARNSIDE, P. M.; PUEYO, S. Greenhouse-gas emissions from tropical dams. Nature Climate Change, v. 2, n. 6, p. 382–384, 25 maio 2012.

FEARNSIDE, P. M. How a Dam Building Boom Is Transforming the Brazilian Amazon. Yale Environmental 360, 2017.

FELLOWS, M. et al. Amazônia em Chamas - desmatamento e fogo em terras indígenas: nota técnica no 6. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2021/03/Amazo%CC%82nia-em-Chamas-6-TIs-na-Amazo%CC%82nia.pdf>. 2021.

FINER, M.; JENKINS, C. N. Proliferation of hydroelectric dams in the Andean Amazon and implications for Andes-Amazon connectivity. PloS one, v. 7, n. 4, p. e35126, jan. 2012.

FOELKEL, C. E. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. Visão Agrícola, Piracicaba, ano 2, n. 4, p. 66-69, jul./dez. 2005.

FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. Science (New York, N.Y.), v. 309, n. 5734, p. 570–4, 22 jul. 2005.

FRITZSONS, E.; PARRON, L. M. Plantações florestais comerciais e a água. In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Cap. 3. p. 31-43.

FRUMKIN, H., BRATMAN, G. N., BRESLOW, S. J., COCHRAN, B., KAHN, P. H., JR, LAWLER, J. J., LEVIN, P. S., TANDON, P. S., VARANASI, U., WOLF, K. L., & WOOD, S. A. Nature Contact and Human Health: A Research Agenda. Environmental health perspectives, 125(7), 075001. 2017.

GANDOUR, C. C. et al. Degradação Florestal na Amazônia: Fenômeno Relacionado ao Desmatamento Precisa ser Alvo de Política Pública. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2021/03/DQ-Degradacao-Florestal-Amazonia.pdf>. 2021.

GROSSMAN, D. e GALDIERI, D. The sentinels. In Brazil, a team of scientists watches the world's largest rainforest for pathogens that could spill from animals to people. Science, Vol. 372, issue 6541, 2021.

HANSEN M C et al. Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified using multi-temporal and multi-resolution remotely sensed data Proccedings of National Academy of Science. 105 9439–44. 2008.

HARARI, Y. n. Homo Deus: Uma breve História do Amanhã. Companhia das letras, 1ª edição. 606p. 2016.

HORA, A. B. Análise da formação da base florestal plantada para fins industriais no Brasil sob uma perspectiva histórica. Florestas Plantadas. BNDES Setorial 42, p. 383-426, 2015.

IBÁ. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório 2020. São Paulo: Brasília, DF, [2020]. 122 p. Bilíingue. Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf.

IBÁ. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório 2021. São Paulo: Brasília, DF, [2021]. 176 p. Bilíingue. Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf.

IBAMA, Relatório de Qualidade do Meio Ambiente -RQMA. 1. ed. Brasília: Relatório de Qualidade do Meio Ambiente -RQMA, 2013. p. 272

IBAMA. Nota Técnica nº 5/2021/CENIMA. Brasília: [s.n.]. 2021.

IBAMA. Relatório nº 10180237/2021-COREC/CGBIO/DBFLO. Brasília: [s.n.]. 2021-b.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal / Henrique Pimenta Veloso, Antonio Lourenço Rosa Rangel Filho, Jorge Carlos Alves Lima Rio de Janeiro IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p. ISBN 85-240-0384-7. 1991.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas de ecossistemas: o uso da terra nos biomas brasileiros: 2000- 2018 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Coordenação de Contas Nacionais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 101p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico: inventário das formações florestais e campestres: técnicas e manejo de coleções botânicas: procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro, Editora do IBGE. 272p. 2.ed. ISBN: 9788524042720. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mudanças na Cobertura e Uso da Terra 2000 – 2010 – 2012. Rio de Janeiro, 2015. 44 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. I. Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores 2015. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. I. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 10 jun. 2021.

IBISCH, P. L. et al. A global map of roadless areas and their conservation status. Sciences, v. 354, n. 6318, p. 1423–1428, 2016.

ICMBio, Instituto de Biodiversidade Chico Mendes. Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das Unidades de Conservação Federais. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/servicos/geoprocessamento/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais>. Acesso em: 16 jun. 2021.

ICMBio. RELATÓRIO DIÁLOGOS ICMBIO: SAÚDE, PARQUES E RESERVAS – BANHO DE FLORESTA ICMBio, Brasília, 2017. Disponível em https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/Documentos/dcom_materia_Relat%C3%B3rio_Di%C3%A1logos_Banho_de_Floresta_2.pdf. Acessado em dezembro de 2018.

IEDE, E. T.; PENTEADO, S. do R. C.; REIS FILHO, W.; SCHAITZA, E. G. Situacao atual do Programa de Manejo Integrado de Sirex noctilio no Brasil. Serie Tecnica IPEF, v. 13, n. 33, p. 11-20, mar. 2000. Edição dos Anais do 1º Simpósio do Cone Sul sobre Manejo de Doenças e Pragas, 2000.

IPEA. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas, I. Avaliação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM 2007-2011). Brasília: IPEA, 2010. p. 52

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal. Disponível em: <https:// http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/metodologia_taxaprodes.pdf>. Acesso em: 22 dez.2021. 2013.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO DO CERRADO BRASILEIRO POR SATÉLITE - PRODES CERRADO. In: ANAIS DO XIX SIMPóSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. Anais eletrônicos... São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/monitoramento-do-desmatamento-do-cerrado-brasileiro-por-sate--lite---prodes-cerrado?lang=pt-br> Acesso em: 22 dez. 2021.INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sistema Deter. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/deter/>. Acesso em: 16 jun. 2021a.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Queimadas. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/perguntas-frequentes>. Acesso em: 18 jun. 2021b.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Queimadas. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_paises/>. Acesso em: 14 jun. 2021c.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. TerraClass. Disponível em: < http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php > Acesso em 16 jun. 2021d

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto - PRODES. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>. Acesso em: 16 jun. 2021e.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Terra Brasilis. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>. Acesso em: 14 jun. 2021f.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento dos Focos Ativos por Bioma. Disponível em: https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/. Acesso em 14 jun. 2021g.

ITTO. International Tropical Timber Organization. ITTO guidelines for the sustainable management of natural tropical forests. Yokohama, 1992. 18 p. (ITTO POLICY Development Series, 5).

JAYATHILAKE, H.M., PRESCOTT, G.W., CARRASCO, L.R. et al. Drivers of deforestation and degradation for 28 tropical conservation landscapes. Ambio 50, 215–228 (2021). Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13280-020-01325-9 JOHNSON, C. K., HITCHENS, P. L.,

PANDIT, P. S., RUSHMORE, J., EVANS, T. S., YOUNG, C. C., & DOYLE, M. M. Global shifts in mammalian population trends reveal key predictors of virus spillover risk. Proceedings of the Royal Society B, 287(1924), 20192736. 2020.

JORDAN, L. e HOWARD, E. Breaking down the Amazon: how deforestation could drive the next pandemic. Unearthed. 2020 Disponível em https://unearthed.greenpeace.org/2020/04/24/deforestation-amazon-next-pandemic-covid-coronavirus/. Acessado em 20 de maio de 2021

KINTISCH, E. Improved monitoring of rainforest helps pierce haze of deforestation. Vol 316, Issue 5824. pp. 536-537. 2007.

KOPENAWA, Davi; ALBERT, Bruce. A queda do céu: palavras de um xamã yanomami. São Paulo: Companhia das Letras. 729 p. 2015.

LEITE-FILHO, A. T. et al. Deforestation reduces rainfall and agricultural. Nature Communications, v. 12, n. 259, p. 1–7, 2021.

LEITE-FILHO, A. T.; PONTES, V. Y. DE S.; COSTA, M. H. Effects of Deforestation on the Onset of the Rainy Season and the Duration of Dry Spells in Southern Amazonia. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, p. 5268–5281, 2019.

LEVIS, et al. Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition. Science 355: 925–31. 2017.

LEWIS SL, EDWARDS DP, GALBRAITH D. Increasing human dominance of tropical forests. 2015. Science. Aug 21;349(6250):827-32.2015. doi: 10.1126/science.aaa9932.

MARGULIS, S. Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira. Bras Banco Mundial, v. 80, p. 1–100, 2003.

MCTI. Ministério da Ciência Tecnologias e Inovações, M. SIRENE Sistema de Registro Nacional de Emissões. Disponível em: <https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/index.html>. Acesso em: 18 jun. 2021. 2020.

MDS. Ministério do Desenvolvimento Social. Pesquisa de Avaliação Qualitativa do Bolsa Verde. Sumário Executivo. Brasília, SAGI-MDS. 2016. Disponível em https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/pesquisas/documentos/pdf/sumario_182.pdf. Acessado em 20 de abril de 2021. 2016.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. ComexVis. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>. Acesso em: 10 jun. 2021.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. BALANÇO DE EXECUÇÃO PPCDAm e PPCerrado 2016-2020. Brasília: [s.n.]. Disponível em: http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/images/Doc_ComissaoExecutiva/Balano-PPCDAm-e-PPCerrado_2019_aprovado.pdf. 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Fortalecimento das Comunidades Extrativistas e Ribeirinhas–PLANAFE: 2017-2019 / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável – Brasília, DF: MMA, 2017. Disponível em http://www.agroecologia.gov.br/sites/default/files/publicacoes/planafe_final_baixa.pdf, acessado em 10 de maio de 2021.2017.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; OLIVEIRA, E. B. de. Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais. In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Cap. 1. p. 11-20.

MPF. Ministério Público Federal. RECOMENDAÇÃO No 04, de 07 de junho de 2021 - GAB/PRM/ITB. Itaituba/PA: [s.n.]. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/documentos/2021/recomendacao_mpf_impedimento_comercio_ouro_ilegal_brasil_exterior_08-06-2021.pdf>.

MYERS, N. Threatened Biotas: "Hot Spots" in Tropical Forests. The Environmentalist, v. 8, n. 3, p. 187–208, 1988.

NAIDOO, R.; GERKEY, D.; HOLE, D.; PFAFF, A.; ELLIS, A. M.; GOLDEN, C. D.; HERRERA, D.; JOHNSON, K.; MULLIGAN, M.; RICKETTS, T. H. Evaluating the impacts of protected areas on human well-being across the developing world. Science Advances, v. 5, n. 4, p.1-7, abr. 2019.

NASCIMENTO, R.M. Efeito do Programa Bolsa Verde sobre os Desmatamentos: Uma Análise sobre os Assentamentos da Amazônia Legal. São Paulo. USP. 2021. p111.

NEPSTAD, D. C. et al. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, v. 363, n. 1498, p. 1737–46, 27 maio 2008.

NOBRE, A. O Futuro Climático da Amazônia. [s.l: s.n.]. 2016b.

NOBRE, C. A. et al. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. v. 113, n. 39, p. 10759–10768, 2016a.

OLIVEIRA, E. B. de; OLIVEIRA, Y. M. M. de; SCHAITZA, E. G. Plantações florestais comerciais e a biodiversidade. In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Cap. 4. p. 45-56.

OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (ed.). Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 112 p.

OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de. As florestas plantadas e sua importância no contexto econômico e socioambiental do Brasil. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 4., 2018. Ribeirão Preto. Anais. Brasília, DF: Embrapa; Colombo: Embrapa Florestas, 2018. p. 435-439.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Constituion. 1946. Disponível em https://www.who.int/governance/eb/who_constitution_en.pdf acessado em 01 de junho de 2021

OMS. Organização Mundial Da Saúde. Public Health & Environment Global Strategy Overview 2011. Disponível em <http://www.who.int/phe/publications/PHE_2011_global_strategy_overview_2011.pdf>. Acesso em 2 de julho de 2020

OZMENT, S. et al. Infraestrutura natural para água no sistema Cantareira, São Paulo. Washington: [s.n.]. 2017

PENDRILL, F.; PERSSON, U. M.; GODAR, J.; KASTNER, T., MORAN, D., SCHMIDT, S., WOOD, R. Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. Global Environmental Change, v. 56, p. 1–10, 2019.

PERES, C. A. et al. Biodiversity conservation in human-modified Amazonian forest landscapes. Biological Conservation, v. 143, n. 10, p. 2314–2327, 2010.

PFAFF, A. et al. Road Investments, Spatial Spillovers, and Deforestation in The Brazilian Amazon – William Laurance and Kathryn Kirby. Journal of Regional Science, v. 47, n. 1, p. 109–123, 2007.

PPCDAM. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal. Fase I. Brasília, DF: Casa Civil, 2004.

PPCDAM. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal. Fase III. Brasília, DF: Casa Civil, 2012.

RAJÃO, R., SOARES-FILHO, B., NUNES, F., BÖRNER, J., MACHADO, L., ASSIS, D., & GIBBS, H.The rotten apples of Brazil's agribusiness. Science, 369(6501), 246-248. 2020.

RICHARDS, P.; VANWEY, L. Where Deforestation Leads to Urbanization: How Resource Extraction is Leading to Urban Growth in the Brazilian Amazon. Ann Assoc Am Geogr, v. 105, n. 4, p. 806–823, 2016.

RICKETTS, T. H. et al. Indigenous lands, protected areas, and slowing climate change. PLoS biology, v. 8, n. 3, p. e1000331, mar. 2010.

RODRIGUES, N.G., ARTAXO, P. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. Revista do Instituto Brasileiro de Estudos, v. 66, p. 108–129, 2017.

ROLIM, S. G.; PIÑA-RODRIGUES, F. C.M.; PIOTTO, D.; BATISTA, A.; FREITAS, M. L. M.; BRIENZA JUNIOR, S.; ZAKIA, M. J. B.; CALMON, M. Prioridades e lacunas de pesquisa e desenvolvimento em silvicultura de espécies nativas no Brasil. Working paper, julho 2020, 44p.

SBP. Sociedade Brasileira de Pediatria. Grupo de Trabalho em Saúde e Natureza. Manual de Orientação. Benefícios da Natureza no Desenvolvimento de Crianças e Adolescentes. 2019. Disponível em: https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/manual_orientacao_sbp_cen1.pdf. Acessado em: 2 de junho de 2021.

SCHIELEIN, J. et al. The role of accessibility for land use and land cover change in the Brazilian Amazon. Applied Geography, v. 132, n. March 2020, 2021.

SCHMITT, J. Crime sem castigo: a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia. [s.l.] Universidade de Brasília UnB, 2015.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Bioeconomia da floresta: a conjuntura da produção florestal não madeireira no Brasil. Brasília, MAPA/SFB, 2019. 84 p.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. 2020a. Boletim SNIF 2020. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Boletim_SNIF_ed1_2020_vfinal.pdf>.2021.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. 2020b. Cadastro Ambiental Rural. Disponível em: <https://www.florestal.gov.br/documentos/car/boletim-do-car/4774-boletim-informativo-abril-2020/file>.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. 2020c. Florestas do Brasil em Resumo 2019. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Florestas_Brasil_2019_Portugues.pdf>.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. 2020d. Boletim do IFN Cerrado: levantamento socioambiental. Ed. 1. Brasília [s.n.]. Disponível em: < https://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4359-levantamento-socioambiental-4/file>.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. Cadastro Nacional de Florestas Públicas. Disponível em: <https://www.florestal.gov.br/cadastro-nacional-de-florestas-publicas>. Acesso em: 16 jun. 2021a.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. Disponível em: <http://www.car.gov.br>. Acesso em: 16 jun. 2021b.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. Sistema Nacional de Informações Florestais. Disponível em: < https://snif.florestal.gov.br/pt-br/ >. Acesso em: 16 jun. 2021c.

SIQUEIRA-GAY, J. The outbreak of illegal gold mining in the Brazilian Amazon boosts deforestation. Regional Environmental Change, v. 21, n. 28, p. 1–5, 2021.

SOARES-FILHO, B. et al. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 107, n. 24, p. 10821–6, 15 jun. 2010.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, M., ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. Science (New York, N.Y.), v. 344, n. 6182, p. 363–4, 25 abr. 2014.

SOS MATA ATLÂNTICA, Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. São Paulo: [s.n.]. 2021a. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/05/SOSMA_Atlas-da-Mata-Atlantica_2019-2020.pdf>.

SOS MATA ATLÂNTICA, FUNDAÇÂO F. Observando os Rios 2021. 2021b. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/03/observando-rios-2021digital_FINAL.pdf>.

SOUZA, R. A. DE; MARCO, P. DE. The Red Queen race in Brazilian Amazon deforestation: The necessity of a sustainable economy to zero deforestation. Natureza e Conservacao, v. 13, n. 2, p. 190–192, 2015.

SOUZA, R. A. DE; MIZIARA, F.; JUNIOR, P. D. M. Spatial variation of deforestation rates in the Brazilian Amazon: A complex theater for agrarian technology, agrarian structure and governance by surveillance. Land Use Policy, v. 30, n. 1, p. 915–934, 2013.

SOUZA, R. A. Inovações da política pública de combate ao desmatamento da Amazônia- PPCDAM. Brasília. ENAP. 2018. p39.

SPAROVEK, G. et al. Land Use Policy Who owns Brazilian lands? Land Use Policy, v. 87, n. March, p. 104062, 2019.

STRASSBURG, B. B. N. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. Nature Ecology & Evolution,v. 1, p 1-3. 2017. Disponível em: https://www.iis-rio.org/wp-content/uploads/2019/10/Moment_of_truth_for_the_Cerrado_Hotspot_1.pdf. Acesso em: 4 de agosto de 2021.

TOLLEFSON, J. Why Deforestation and Extinctions Make Pandemics More Likeli. Nature, v., n. 584, p. 176–178, 2021.

TORRES, L. et al. WATER CRISIS IN SÃO PAULO EVALUATED UNDER THE DISASTER'S POINT OF VIEW 1. Ambiente & Sociedade, v. XIX, n. 41, p. 21–42, 2011.

TORRES, M.; DOBLAS, J.; ALARCON, F. "Dono é quem desmata." São Paulo: [s.n.]. p. 243. 2017.

TRITSCH, I.; TOURNEAU, F. LE. Population densities and deforestation in the Brazilian Amazon: New insights on the current human settlement patterns. Applied Geography, v. 76, p. 163–172, 2016.

TYRVAINEN, L., BAUER, N E O´BRIEN, L. Impacts of forests on human health and well-being. in FOREST EUROPE, Liaison Unit Bratislava, Human Health and Sustainable Forest Management by, Marušáková Ľ. and Sallmannshoferet M., et al. FOREST EUROPE Study. 2019.

UNFCCC. PREPARATIONS FOR THE FIRST SESSION OF THE CONFERENCE OF THE PARTIES SERVING AS THE MEETING OF THE PARTIES TO THE KYOTO PROTOCOL (DECISION 8/CP.4). Bonn: [s.n.]. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/cop6secpart/l11.pdf>.2001

UNITED NATIONS CLIMATE SUMMIT. Forests: Actions Statements and Action Plans. New York: [s.n.]. 2015. Disponível em: <http://www.un.org/climatechange/summit/wp-content/uploads/sites/2/2014/07/New-York-Declaration-on-Forest—Action-Statement-and-Action-Plan.pdf>.

VALDIONES, A. P. et al. Desmatamento Ilegal na Amazônia e no Matopiba: falta transparência e acesso à informação. [s.l: s.n.]. 2021. Disponível em: <https://www.icv.org.br/website/wp-content/uploads/2021/05/icv-relatorio-f.pdf >.

WALKER, W. S. et al. The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas. PNAS, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 117, n. 6, p. 3015–3025, 2020.

WILSON, E. O. (ORG) (ED.). (Org.). Biodiversidade Rio de Janeiro, 1997. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

WRIGHT, J. S. et al. Rainforest-initiated wet season onset over the southern Amazon. PNAS, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 114, n. 32, p. 8481–8486, 2017.



6

Ambiente Costeiro e Marinho

Fonte: Vinicius Mendonça/Ibama

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação
Álvaro Roberto Tavares - Ibama

Redação
Aline do Amaral Pereira - MMA
Angelita de Souza Coelho - MMA
Betânia S. Fichino - MMA
Cristiane de Oliveira - Ibama
Fabio Matsumoto Ricarte - MMA
Fernanda Wick Rizzoli Kuada - Ibama
Flávia Alves de Lima Paiva - Ibama
Frederico Fonseca Galvão de Oliveira - Ibama
João Paulo Viana - Ipea
Luciane Rodrigues Lourenço Paixão - MMA
Luis Eduardo Torma Burgueño - Ibama
Michele Akemi Ueno Sato - MMA
Natalia Rudorff - Inpe
Rafael Magris - ICMBio
Roberto Ribas Gallucci - MMA
Thais Evangelista Coutinho - MMA

Colaboração
Leonardo Rodrigues de Deus

ODS relacionados ao capítulo

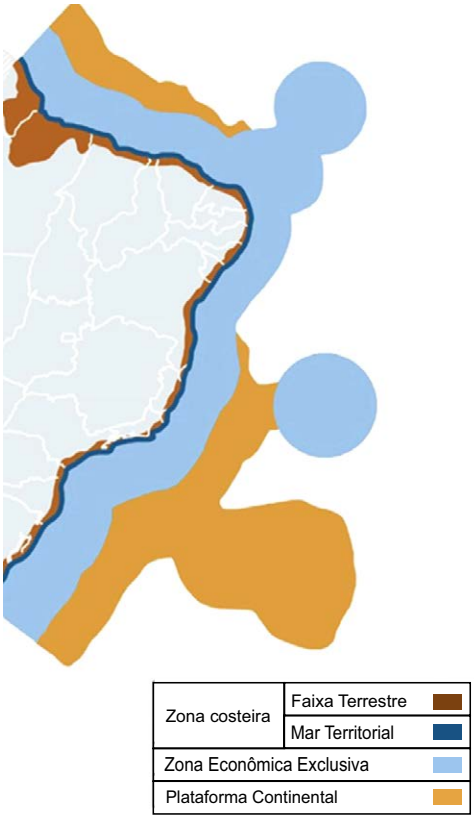


INTRODUÇÃO

Em meados dos anos de 1980, o Brasil deu início à institucionalização do gerenciamento costeiro e marinho, visando "orientar a utilização racional dos recursos na zona costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade de vida de sua população e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural"[1]. Nesse mesmo processo, a Constituição Federal de 1988, estabelece a Zona Costeira como "patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais" (art. 225, § 4º).

A adoção do "Ambiente Costeiro e Marinho" como um recorte territorial de gestão integrada, embora de modo não explícito, corresponde à interação do ar, do mar e da terra, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre. A Portaria n.º 34, de 2 de fevereiro de 2021, do Ministério do Meio Ambiente (MMA)[2], apresenta a listagem atualizada dos 443 municípios abrangidos pela faixa terrestre. Já a área marinha corresponde ao mar territorial, com largura de 12 milhas náuticas, e inclui, também, as ilhas costeiras e oceânicas, a plataforma continental e a Zona Econômica Exclusiva (ZEE), que se estende até 200 milhas marítimas[3] (Figura 1).

Figura 1 – Limites da Zona Costeira, do Mar Territorial, Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e Plataforma Continental[4].



Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

1 Lei n.º 7.661/1x988 – Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC).
2 Portaria MMA n.º 34, de 2 de fevereiro de 2021. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-mma-n-34-de-2-de-fevereiro-de-2021-302053267.
3 As faixas seguem as definições estabelecidas na Lei n.º 8.617/1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8617.htm.
4 A área amarela corresponde à expansão da plataforma continental pleiteada junto à ONU.

Esse processo de institucionalização do gerenciamento costeiro, permeou a versão do capítulo Ambiente Costeiro e Marinho, publicado no RQMA Brasil 2013, a partir de parâmetros e temáticas do Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil (2008). Esta versão, mantém algumas temáticas, com a atualização de alguns dados e, ao mesmo tempo, traz outros tópicos não abrangidos anteriormente. A expectativa é contribuir para uma abordagem integrada, que pode se somar a outras iniciativas mais completas e detalhadas.

No Brasil, os ecossistemas marinhos e costeiros possuem elevada diversidade de espécies e características singulares, por exemplo: aproximadamente 50% dos corais construtores de recifes e de 15% a 20% dos peixes recifais dos mares brasileiros são endêmicos.

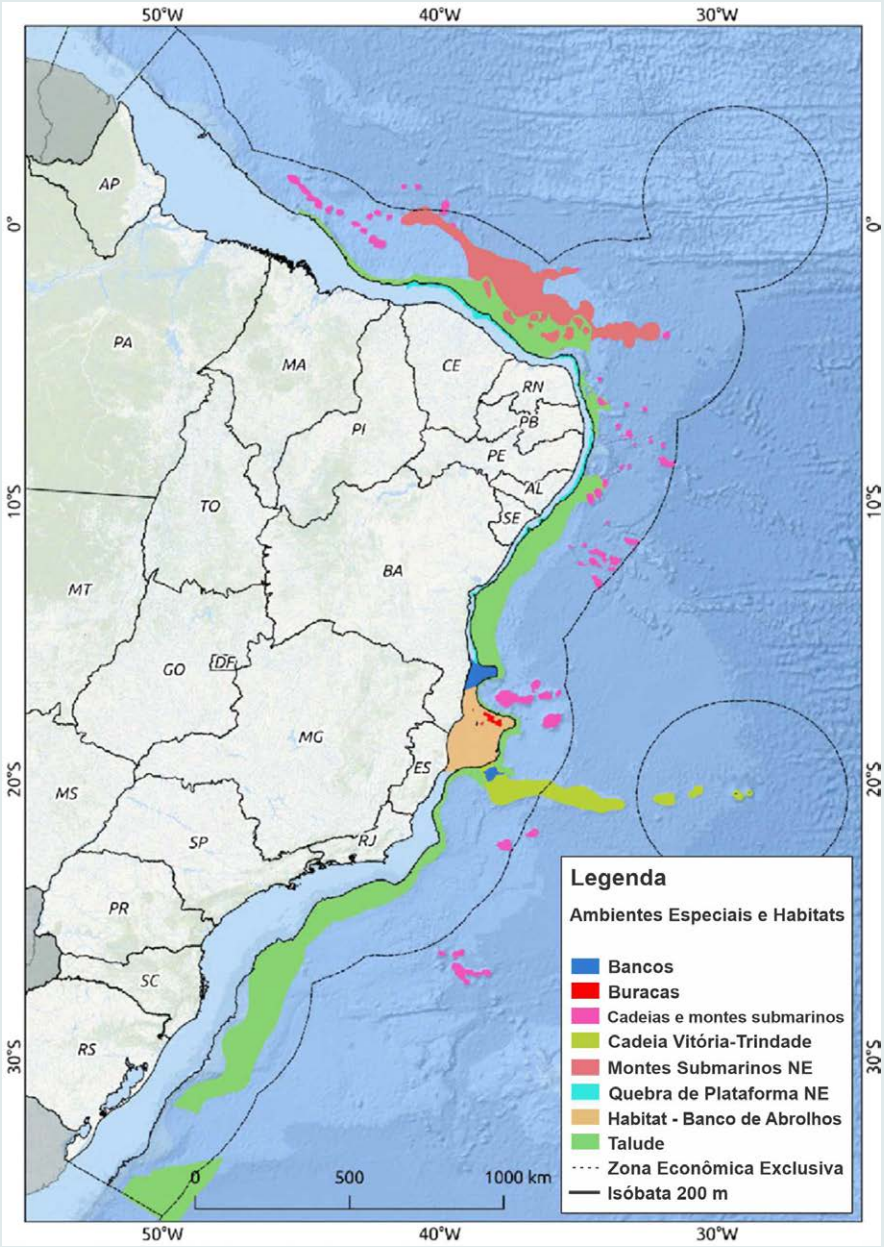
Somente as áreas de manguezais somam 1.398.966,13 hectares (ha), sendo que o Norte do Brasil concentra a maior porção contínua desse ecossistema em todo o planeta: 1.122.973 ha (ICMBIO, 2018).

Além da grande diversidade de espécies que habitam o ambiente costeiro e marinho, temos ecossistemas e *habitats* muito sensíveis e especiais (Figura 2). Dentre eles, podemos destacar:

- Banco dos Abrolhos: área de concentração reprodutiva de baleia jubarte; área com alta diversidade de corais; importante para a conservação de espécies ameaçadas de extinção associadas a ambientes recifais e outras espécies;
- Buracas: ambientes únicos e raros, que apresentam alta produtividade biológica, áreas de recrutamento/berçário e alimentação – são conhecidos apenas no Banco dos Abrolhos;
- Cadeia Vitória-Trindade: áreas de agregação reprodutiva, berçários e de alimentação de elasmobrânquios ameaçados;
- Cânions e leques aluvionais: ambientes importantes para a agregação reprodutiva de várias espécies ameaçadas da ictiofauna marinha;
- Ilhas costeiras e oceânicas: ambientes importantes para a reprodução de diversas espécies de aves;
- Montes submarinos: ambientes substitutivos de biodiversidade, ou seja, reúne diversas espécies e características ecológicas singulares;
- Recifes de corais, recifes profundos e mesofóticos: ambientes importantes de conectividade, agregação reprodutiva, berçário, alta biodiversidade e com papel fundamental no ciclo de vida de diversas espécies marinhas;
- Talude: áreas de agregação de espécies ameaçadas, como Caranhas, Mero, Cherne e diversos invertebrados;
- Costões rochosos: importantes ambientes para alimentação e reprodução de espécies costeiras e marinhas;
- Estuários, manguezais e apicuns: são ambientes com alta biodiversidade, produtividade, promovem a conectividade do ambiente costeiro e marinho, áreas de berçário, alimentação e reprodução de diversas espécies;
- Banhados e marismas: áreas de reprodução e alimentação de espécies de aves, além de ambientes com papel especial no sequestro de carbono;
- Lagoas costeiras e lagunas: locais de berçários, agregações, criadouros de diversas espécies de peixes, crustáceos, aves; áreas de reprodução e alimentação de aves; e
- Dunas, restingas e praias: áreas importantes para estabilização da linha de costa, recarga de lençol freático e para o ciclo de vida de diversas espécies costeiras.

Essa porção do território apresenta intensa urbanização, com focos de maior adensamento populacional do País, abrigando a sede de várias metrópoles, como Rio de Janeiro, Salvador e Recife. Além disso, é onde se localizam alguns dos

Figura 2 – Representação de algumas das áreas relevantes no ambiente marinho.



Fonte: MMA, 2018.

maiores polos químicos e industriais, bem como complexos portuários de grande importância para a economia nacional. Adicionalmente, por fatores históricos e geográficos, a zona costeira concentra os principais atrativos e destinos turísticos.

Diante desse quadro, a região sofre com várias formas de ações antrópicas, em diferentes níveis, muitas vezes causando degradações ambientais irreversíveis ou de elevado custo para sua conservação e recuperação. Trata-se de uma zona frágil que responde de maneira adversa a mudanças que podem ser naturais ou induzidas. Como exemplo, temos a intensa urbanização do ambiente costeiro e marinho, gerando contínuo aporte de esgoto doméstico *in natura*, contaminantes provenientes de atividades agropecuárias, trazidos pelos corpos d'água que chegam ao mar, além de efluentes da produção industrial (MMA, 2018).

O fenômeno de aquecimento global destaca os efeitos na acidificação dos oceanos, bem como a elevação do nível médio do mar,

interferindo na estabilidade da linha de costa. Os problemas e tensões provenientes das atividades socioeconômicas, bem como a explotação de seus recursos naturais refletem os aspectos negativos do processo de uso e ocupação, expondo sua vulnerabilidade e o constante desafio na busca de integração de políticas para enfrentar esse cenário[5].

O ambiente costeiro e marinho concentra ampla diversidade de atividades que exigem gestão integrada e coordenada do território, se apresentando como um grande desafio para o desenvolvimento sustentável e para a saúde do meio ambiente. Das atividades econômicas que exercem diferentes pressões e impactam a biodiversidade, estão as ligadas a setores de extração de recursos naturais, produção de energia, transporte, cultivo de organismos e desenvolvimento urbano.

A pesca marinha é uma das atividades de destaque, com cerca de meio milhão de pessoas envolvidas, diretamente, no Brasil, sendo predominantemente artesanal, com alguns estoques explorados industrialmente no Sul, Sudeste e Norte (FAO, 2016).

O turismo é outra atividade de grande importância no litoral. As praias estão entre os destinos preferidos dos brasileiros nas férias, feriados e finais de semana. Para receber esse enorme contingente, grande percentual da rede hoteleira nacional está situado ao longo da costa, assim como um número ainda maior de restaurantes, quiosques e barracas de praia, bem como outros serviços relacionados (MMA, 2018).

Na zona costeira brasileira também está concentrada a exploração e produção de hidrocarbonetos, realizada primariamente no ambiente marinho (MMA, 2018). Da mesma forma, concentram-se estruturas de apoio para as atividades econômicas, tais como portos, estruturas de apoio à navegação, entre outras atividades, o que permite a operação dos navios (MMA, 2018).

Outras atividades econômicas que causam efeitos diretos ou indiretos sobre esse ambiente são:

- Mineração e atividades de suporte à produção e escoamento;
- Produção de energia, linhas de transmissão;
- Parques eólicos;
- Indústria nuclear;
- Produção de óleo e gás e estruturas de escoamento (dutos) e suporte;
- Indústrias diversas;
- Aeroportos;
- Ferrovias;
- Rodovias;
- Aquicultura;
- Silvicultura;
- Pastagem;
- Carcinicultura;
- Navegação (transporte de cabotagem); e
- Turismo náutico.

Também no ambiente costeiro e marinho são desenvolvidas atividades econômicas que promovem menor pressão, ou que podem colaborar com a divulgação, valorização e uso sustentável da biodiversidade. Entre elas, estão:

- Mergulho livre;
- Recreação e turismo de sol e praia de pequeno porte;
- Esportes náuticos;
- Ecoturismo (trilha de longo curso);
- Atividades de turismo de atrativos históricos, naturais e culturais;
- Mergulho autônomo;
- Avistamento/observação da fauna/*whale watching*;
- Turismo de base comunitária; e
- Pesca artesanal de baixo impacto.

5 Mais informações podem ser obtidas no capítulo "Atmosfera".

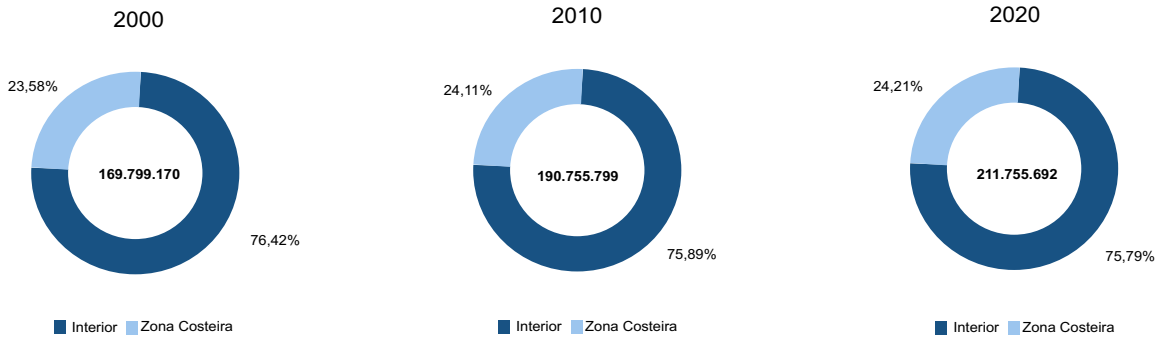
DINÂMICA POPULACIONAL

A presença de grandes centros urbanos na zona costeira é uma característica da formação do País. Entender a dinâmica populacional da região litorânea permite analisar e compreender os processos desencadeados e seus reflexos sobre o território e o meio ambiente. Isso é fundamental do ponto de vista de diagnóstico, uma vez que o crescimento populacional é importante fator de pressão sobre a qualidade do meio ambiente e sobre a utilização dos recursos naturais (MELLO; SATHLER, 2015; LAZARETTI; SOUZA, 2019).

Para as análises da dinâmica populacional da zona costeira, foram utilizados os mesmos indicadores da versão anterior deste capítulo publicado no RQMA 2013: taxa de crescimento, tamanho da população e densidade demográfica (IBAMA, 2013), com o intuito de descrever os padrões de ocupação, ao longo da costa brasileira, e os principais fatores condicionantes para a distribuição demográfica. Cabe destacar, inicialmente, que foi necessário atualizar, quando pertinente, resultados anteriormente apresentados, tendo em vista a modificação da configuração territorial da faixa terrestre da zona costeira brasileira (Portaria MMA nº 34/2021), cujo quantitativo de municípios é 443, diante de 395 considerados anteriormente.

Em linhas gerais, as transformações demográficas e a redução das taxas de crescimento populacional pelas quais o Brasil vem passando não alteraram o incremento da participação dos municípios que integram a zona costeira, no total da população brasileira. Sobre esse total e considerando os censos demográficos de 2000 e 2010, bem como a estimativa do IBGE da população brasileira para 2020[6], a contribuição percentual da população da zona costeira em relação ao total do País aumentou de 23,58%, em 2000, para 24,11% em 2010, e, posteriormente, para 24,21% em 2020 (Figura 3). Segundo a estimativa do IBGE, 51.271.104 brasileiros habitavam a zona costeira em 2020.

Figura 3 – População da zona costeira em relação à população total.



Fonte: IBGE, 2000; 2010; 2020.

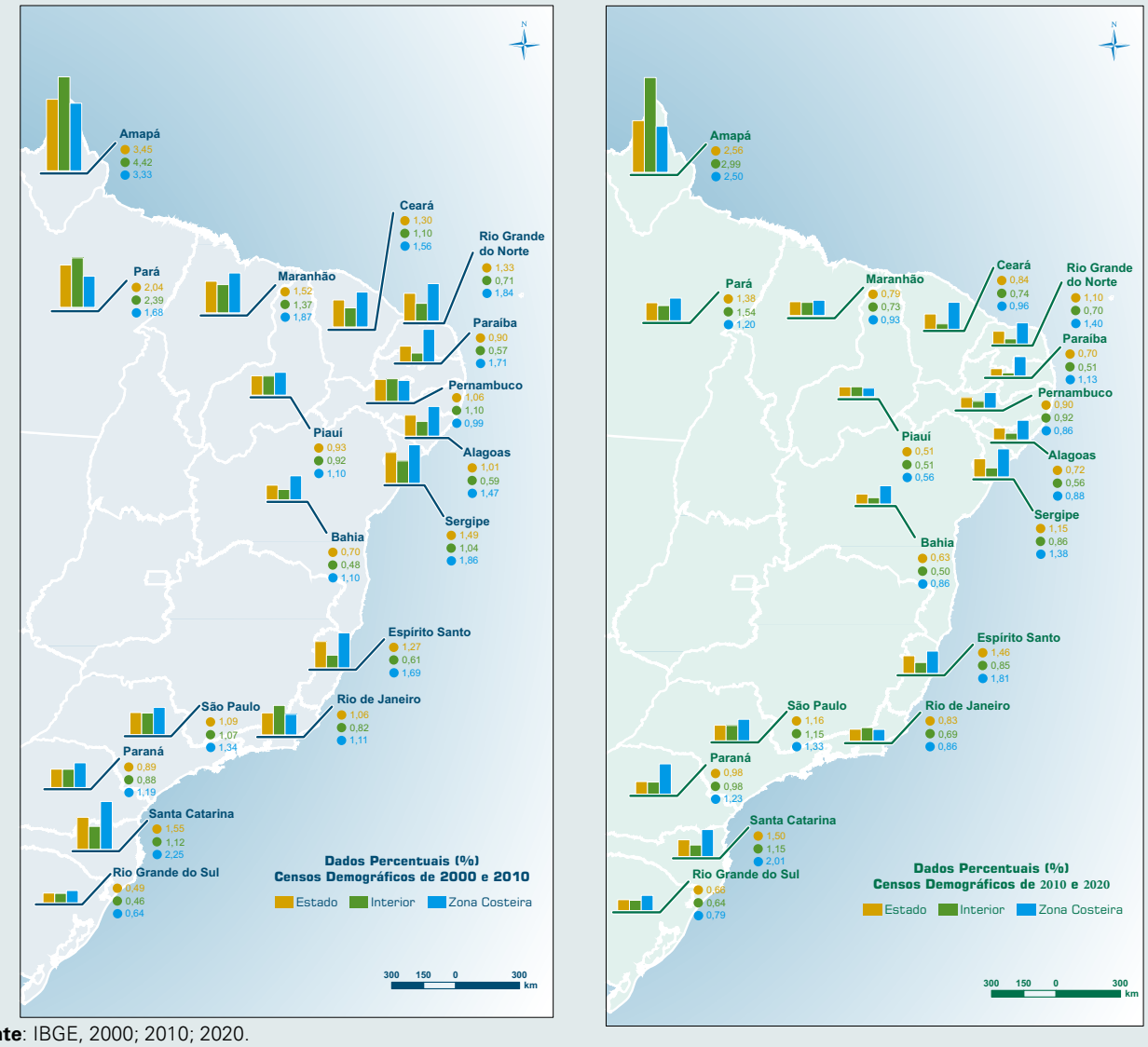
6 Para as análises apresentadas foram utilizadas estimativas do IBGE da população residente nos municípios brasileiros em 1º de julho de 2020. Disponíveis em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads.

Esse aumento da população foi heterogêneo ao longo da costa, como indica a configuração das taxas anuais de crescimento geométrico da população, por estado, apresentadas na Figura 4.

Os dois estados da região Norte (Amapá e Pará) indicados no mapa foram os que apresentaram as maiores taxas geométricas de crescimento populacional entre os estados litorâneos, sendo que o crescimento populacional tende a se concentrar mais no interior dos estados do que nos municípios costeiros. No Pará, por exemplo, as taxas de crescimento da população costeira decresceram de 1,68% ao ano, no período de 2000 a 2010, para 1,20% ao ano, no período de 2010 a 2020, o mesmo acontecendo no interior paraense, com diminuição de 2,39% para 1,54%. Padrões semelhantes foram registrados para o Amapá.

No Nordeste, ao longo das duas décadas analisadas, ocorreu redução nas taxas geométricas de crescimento da população em quase todos os estados (exceção do interior do Rio Grande do Norte e da Bahia, cujas taxas ficaram praticamente estáveis). A zona costeira

Figura 4 – Taxa média geométrica de crescimento anual da população residente nos estados litorâneos.



Fonte: IBGE, 2000; 2010; 2020.

nordestina apresenta, em relação ao interior dos estados, maiores taxas de crescimento populacional, embora com amplo espectro de variação. O caso da Paraíba representa um extremo, onde a taxa de crescimento populacional na zona costeira chega a ser três vezes superior à do interior (1,71% e 0,57%, respectivamente), no primeiro decênio (2000-2010), decrescendo para cerca de duas vezes superior (1,13% e 0,51%, respectivamente) no segundo decênio (2010-2020). Nesse mesmo sentido, o Rio Grande do Norte é outro estado a se destacar.

No outro extremo, aparece Pernambuco, único estado a apresentar taxas menores de crescimento na zona costeira, com valores muito próximos aos registrados no interior (primeiro decênio: interior:1,10%; zona costeira: 0,99%; segundo decênio: interior: 0,92%; zona costeira: 0,86%).

Na região Sudeste é possível observar comportamento heterogêneo, com o Espírito Santo apresentando aumento entre o primeiro e o segundo decênio; o Rio de Janeiro apresentando diminuição e São Paulo com tendência de estabilidade. Entretanto, considerando os recortes zona costeira e interior, as taxas de crescimento daquela foram sempre superiores, em especial no Espírito Santo: 1,69% na zona costeira e 0,61% no interior, no primeiro decênio, e 1,81% na zona costeira e 0,85% no interior, no segundo decênio.

No caso da região Sul, os estados do Paraná e Rio Grande do Sul apresentam incremento nas taxas de crescimento populacional entre os dois decênios, com Santa Catarina registrando comportamento inverso. As taxas de crescimento das zonas costeiras apresentam valores superiores às taxas de crescimento do interior dos estados, em particular em Santa Catarina, cujos valores foram quase que duas vezes superiores: 2,25% na zona costeira e 1,12% no interior, no período 2000-2010, e 2,01% na zona costeira e 1,15% no interior, no período 2010-2020.

A Tabela 1 apresenta a distribuição dos municípios costeiros, por tamanho da população, em 2020. Fica evidente, a despeito do aumento populacional registrado na última década e da recente reconfiguração territorial da zona costeira, que foram considerados 443 municípios, comparados aos 395 do RQMA 2013, que a distribuição mantém as características então identificadas. Ou seja, permanece uma quantidade significativa de municípios de pequeno porte, com população inferior a 20 mil habitantes (156 municípios ou 35,22% do total), pertencendo principalmente às regiões Sul (40 municípios ou 25,64%) e Nordeste (95 municípios ou 60,90%), o mesmo acontecendo no caso dos municípios de porte médio (população entre 20 e 100 mil habitantes). Já no caso dos municípios com mais de 100 mil habitantes, de grande porte, são predominantes nas regiões Sudeste (35 municípios) e Nordeste (30 municípios), do total de 86 existentes, na zona costeira, em 2020.

Tabela 1 – Distribuição dos municípios na zona costeira brasileira, por macrorregiões, em 2020.

Macrorregião	Número de municípios por tamanho de população (mil habitantes)												Total	
	< 20				De 20 a 100				> 100					
	2013		2020		2013		2020		2013		2020		2013	2020
Norte	13	8,8%	17	10,9%	19	11,2%	31	15,4%	6	7,6%	10	11,6%	38	58
Nordeste	89	60,5%	95	60,9%	94	55,6%	106	52,7%	31	39,2%	30	34,9%	214	231
Sudeste	6	4,1%	4	2,6%	30	17,8%	28	13,9%	32	40,5%	35	40,7%	68	67
Sul	39	26,5%	40	25,6%	26	15,4%	36	17,9%	10	12,7%	11	12,8%	75	87
Total	147	100%	156	100%	169	100%	201	100%	79	100%	86	100%	395	443
% Relação Total ZC	37,2%		35,2%		42,8%		45,4%		20%		19,4%		100%	

Fonte: RQMA, 2013. IBGE, 2020.

Esse conjunto de municípios corresponde a uma complexa rede de espaços altamente urbanizados, mas carentes de qualidade socioambiental. Um dos aspectos mais evidentes dessa carência corresponde às condições de coleta de esgoto.

A coleta de esgoto nos municípios da zona costeira

Saneamento agrega uma série de serviços públicos fundamentais para o bem-estar da população e para a qualidade do meio ambiente, incluindo, entre outros, serviços de abastecimento de água potável, coleta e destinação de resíduos sólidos e das águas servidas[7], que são as que perdem suas características naturais após utilização humana, seja por atividades domésticas, comerciais ou industriais. A situação do saneamento básico no Brasil não condiz com seu grau de desenvolvimento. Ao contrário dos serviços de eletricidade e telecomunicações, quase que universalizados, parcela importante da população brasileira ainda necessita de acesso à água e, especialmente, esgoto (SMIRDELE *et al.*, 2020). Em 2014, o País ocupava a 112ª posição, de um total de 120 países, em um *ranking* internacional de serviços de saneamento (FREITAS *et al.*, 2014).

Em relação ao atendimento da população em municípios da zona costeira, por coleta de esgoto, por exemplo, a situação (percentual médio da população) é inferior (50,1% a 54,2%) à situação geral do País (63,7% a 67,8%) (Figura 5). Recortando o País em municípios da zona costeira e municípios do interior, estes possuem, em média, percentual de atendimento bem superior (68,9% a 73,0%) ao atendimento geral do País. Além disso, existe evidente desigualdade no atendimento à população, por coleta de esgoto, entre as macrorregiões brasileiras.

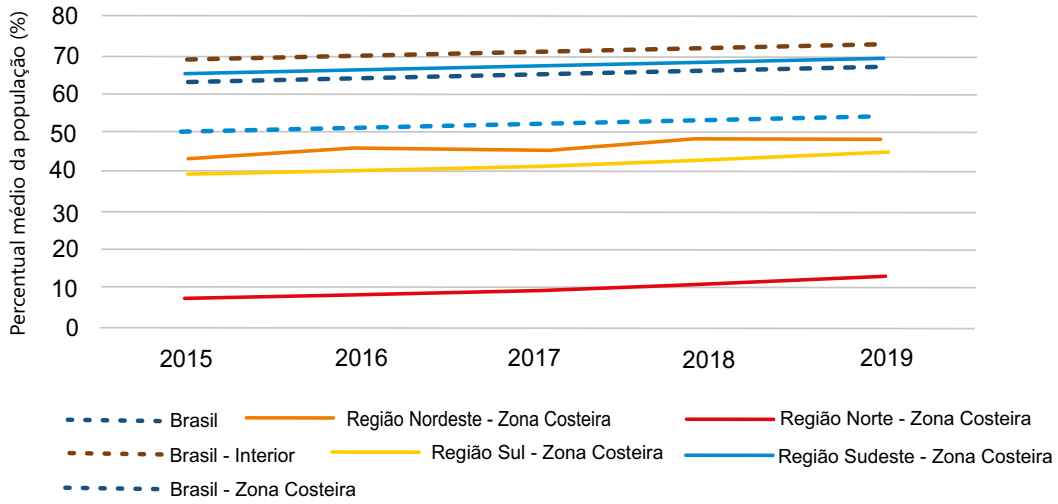
Enquanto na zona costeira da região Sudeste o percentual de atendimento da população é praticamente o mesmo do registrado para o País, o percentual de atendimento nas demais macrorregiões é menor, alcançando apenas valores em torno de 10% da população nos municípios da zona costeira da região Norte. As disparidades regionais registradas para o atendimento da coleta de esgoto na zona costeira são compatíveis com diferenças entre as macrorregiões como um todo, apresentadas em outros levantamentos (ABES, 2017; ANA, 2017; FREITAS *et al.*, 2014).

Segundo estudo da Confederação Nacional da Indústria, o País só atingirá a universalização dos serviços de coleta de esgoto após a superação de uma série de entraves, entre os quais: dificuldades no planejamento setorial, falta de estrutura na regulação, deficiências na gestão das empresas de saneamento e dificuldades de financiamento, com reflexos negativos no ritmo dos investimentos no setor (CNI, 2016). Em 2020, foi aprovado um novo marco legal para o saneamento básico no Brasil, com a expectativa de permitir, em prazo menor, a universalização do serviço[8].

7 Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm.

8 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/06/novo-marco-do-saneamento-permitira-a-universalizacao-do-servico.

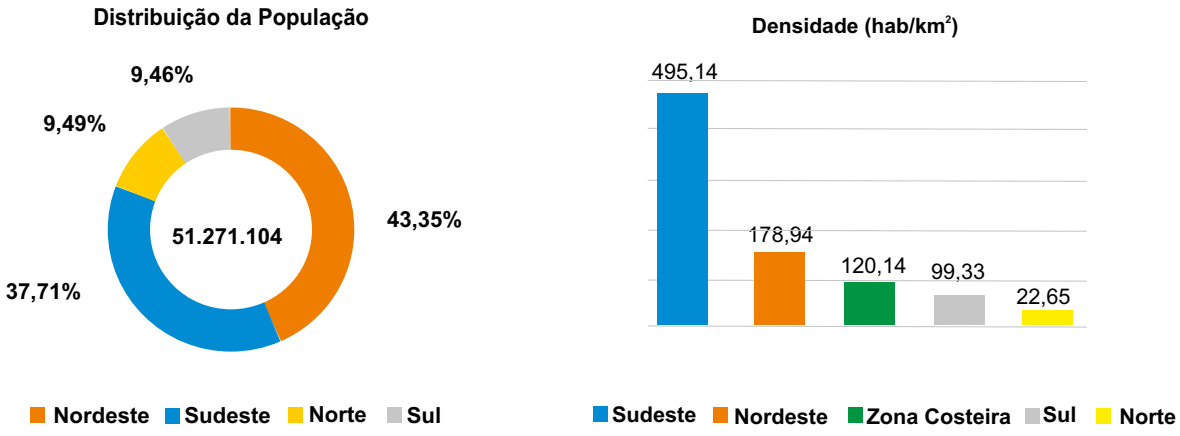
Figura 5 – Percentual médio da população total (urbana e rural) atendida por coleta de esgoto em municípios monitorados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no período de 2015 a 2019.



OBS.: Para o cálculo da média, os valores do indicador 056 foram ponderados pela população do respectivo município. Apenas municípios com informações completas, para o período 2015-2019, foram utilizados para o cálculo dos percentuais médios. Total do Brasil = 1.995 munícipios; Interior do Brasil = 1.816 municípios; Zona Costeira do Brasil = 179 municípios (região Norte = 8; região Nordeste = 85; região Sudeste = 55; região Sul = 31).
Fonte: Indicador 056 / Índice de atendimento total de esgoto. SNIS, 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/.

A região Nordeste é a que apresenta a maior população da zona costeira e marinha, 22,2 milhões de habitantes (43,34% do total, densidade de 178,94 hab[9]/km²), seguida pela região Sudeste, com 19,3 milhões de habitantes (37,71% do total, densidade de 495,14 hab/km²), a região Norte, com 4,8 milhões (9,49% do total, densidade de 22,65 hab/km²), e a região Sul, também com 4,8 milhões (9,46% do total, densidade de 99,33 hab/km²). Essa configuração está representada na Figura 6.

Figura 6 – Distribuição e densidade demográfica da população da Zona Costeira, por região.



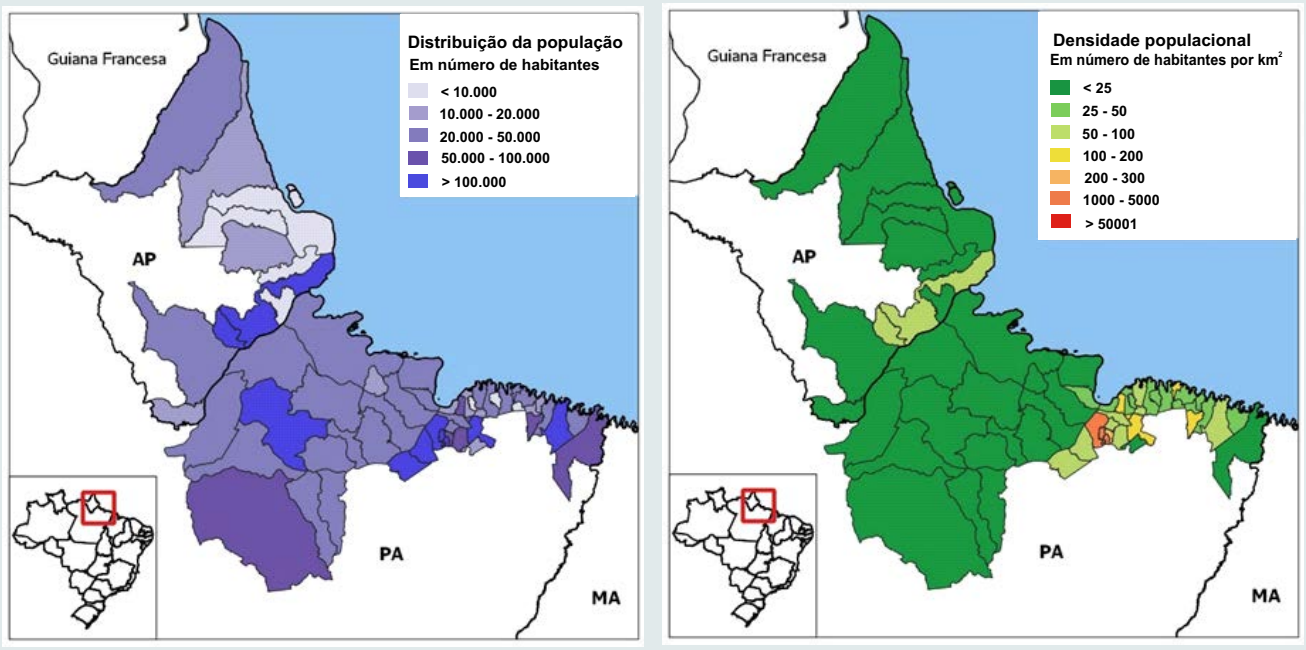
Fonte: IBGE, 2020.

9 hab: habitantes.

As figuras 7 a 10 apresentam a distribuição da população e as densidades populacionais dos municípios das regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul, respectivamente.

Na região Norte (Figura 7), 40 dos 58 municípios (9 no Amapá e 31 no Pará) apresentam densidades inferiores a 50 hab/km^2. As maiores densidades, superiores a 1.000 hab/km^2, aparecem em Belém, Ananindeua e Marituba, com 1.415,47 hab/km^2, 2.810,08 hab/km^2 e 1.295,22 hab/km^2, respectivamente. Existem duas regiões metropolitanas (RM)[10] no litoral da região Norte, a RM de Macapá (constituída por três municípios) e a RM de Belém (formada por sete municípios).

Figura 7 – Distribuição da população e densidade demográfica para os municípios da região Norte em 2020.



Fonte: IBGE, 2020.

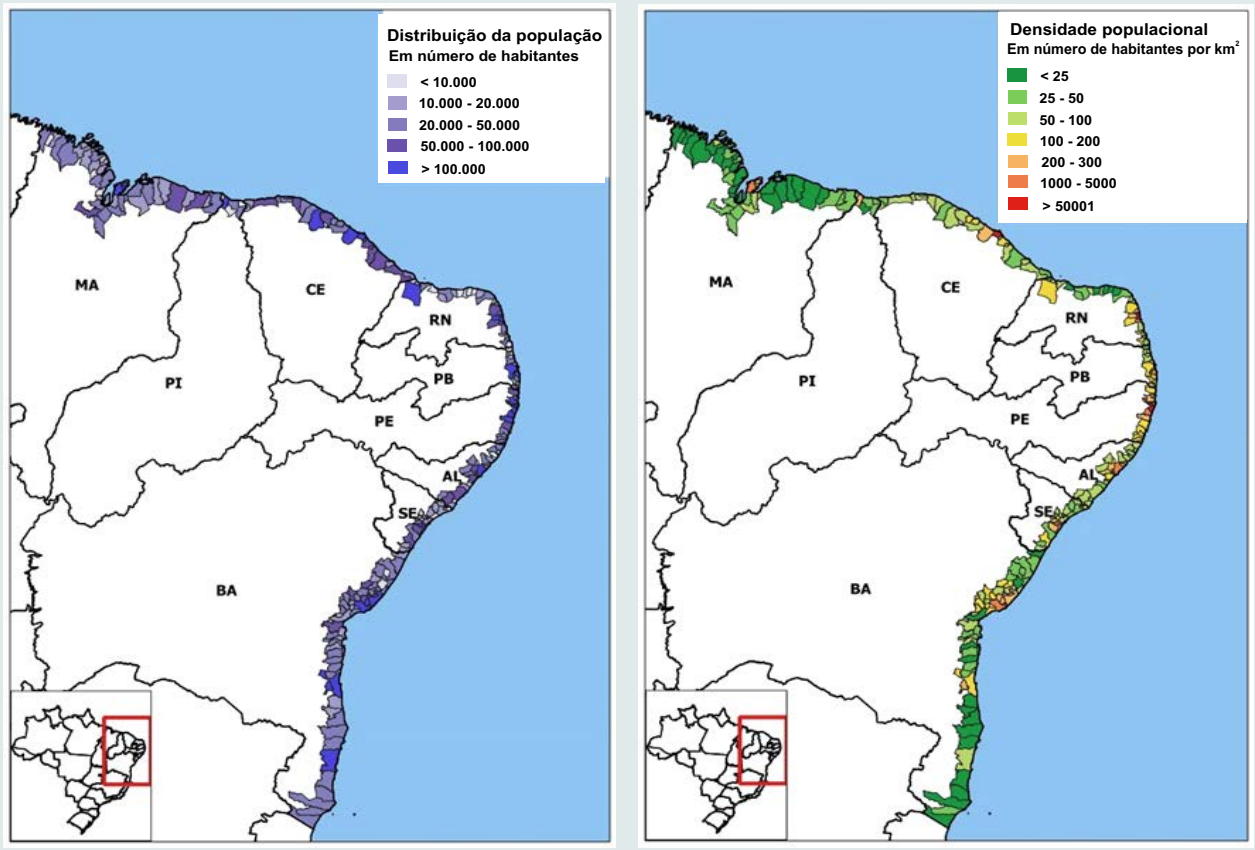
A densidade populacional ao longo do litoral da região Nordeste mantém-se heterogênea (Figura 8): na porção setentrional (Maranhão e Piauí) predominam municípios com baixa densidade demográfica (< 50 hab/km^2). Prosseguindo ao longo da costa, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba apresentam municípios mais populosos, com densidades médias de 50 a 200 hab/km^2. Pernambuco, por sua vez, mantém a maior concentração populacional do Nordeste, com sete municípios apresentando densidades entre 100 e 200 hab/km^2, e os demais dez municípios litorâneos, com densidades superiores a 200 hab/km^2, com destaque para Recife (7.555,47 hab/km^2) e Olinda (9.518,52 hab/km^2), sendo que o último apresenta a maior densidade populacional entre os municípios costeiros.

Em Alagoas e Sergipe, voltam a predominar densidades médias, enquanto na Bahia há preponderância de municípios com baixa (26 municípios) e média densidades (19 municípios),

10 De acordo com a Lei n.º 13.089, de 2015, região metropolitana é uma unidade regional instituída pelos estados, mediante lei complementar, constituída por agrupamento de municípios limítrofes para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.

entre os 53 municípios litorâneos, em contraste com as regiões de Salvador, mais ao norte, e de Itabuna, na porção central da costa baiana, que apresentam densidades mais elevadas. Salvador é o destaque no estado, com 4.162,79 hab/km^2. Todos os estados nordestinos possuem regiões metropolitanas que incluem municípios litorâneos, com exceção do Piauí.

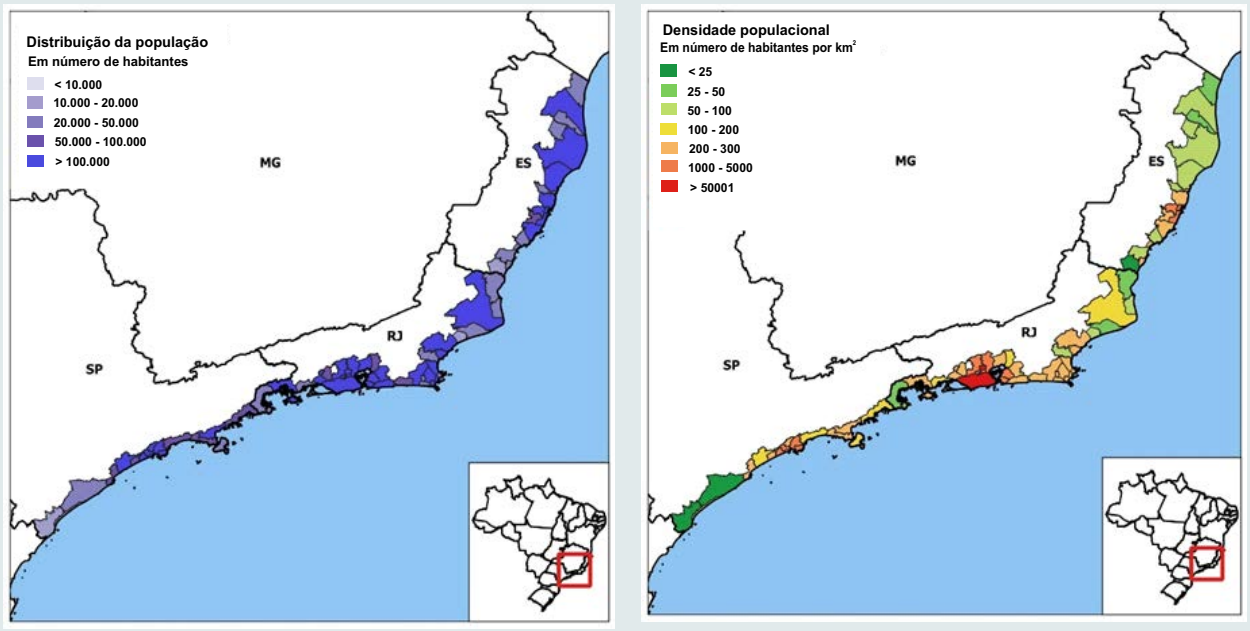
Figura 8 – Distribuição da população e densidade demográfica para os municípios da região Nordeste em 2020.



Fonte: IBGE, 2020.

A zona costeira da região Sudeste (Figura 9) é a que apresenta a maior densidade entre as quatro regiões em análise, indicando maior intensidade do processo de urbanização, nessa porção do Brasil, desdobramento de processos históricos, políticos e econômicos. O Rio de Janeiro é a unidade da federação que apresenta o maior número de municípios costeiros com densidades populacionais superiores a 1.000 hab/km^2, nove entre os 33 municípios litorâneos. Destacam-se os municípios do Rio de Janeiro (5.621,64 hab/km^2), Belford Roxo (6.496,40 hab/km^2) e Nilópolis (8.389,26 hab/km^2). Nos estados de São Paulo e Espírito Santo, as maiores concentrações populacionais ocorrem nas regiões metropolitanas da Baixada Santista e da Grande Vitória, respectivamente, com municípios apresentando densidades superiores a 1.000 hab/km^2. Em São Paulo, as maiores densidades são registradas em São Vicente (2.487,20 hab/km^2) e Guarujá (2.229,03 hab/km^2), enquanto no Espírito Santo os destaques são Vitória (3.766,92 hab/km^2) e Vila Velha (2.384,71 hab/km^2). Em contraste com esses trechos litorâneos densamente povoados, a porção norte da costa capixaba e a porção sul da costa paulista apresentam municípios com densidades inferiores a 100 hab/km^2.

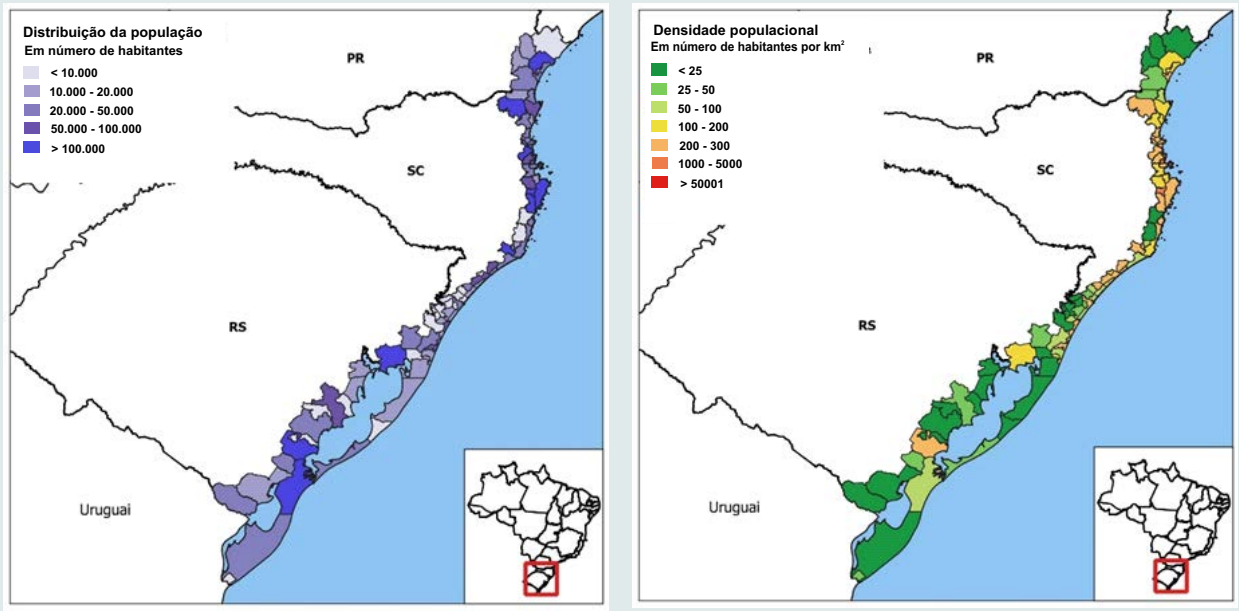
Figura 9 – Distribuição da população e densidade demográfica para os municípios da região Sudeste em 2020.



Fonte: IBGE, 2020.

Finalmente, na região Sul (Figura 10), as baixas densidades dos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul contrastam com as dos municípios litorâneos catarinenses. No caso do Paraná, quatro dos sete municípios costeiros têm densidade inferior a 50 hab/km^2, enquanto no Rio Grande do Sul são 26 dos 39 municípios. Em Santa Catarina, por sua vez, apenas quatro entre 41 municípios litorâneos se incluem nessa faixa de densidade. Os municípios catarinenses de Balneário Camboriú, com 3224,58 hab/km^2, e São José, com 1.662,34 hab/km^2, são os mais densamente povoados da região Sul.

Figura 10 – Distribuição da população e densidade demográfica para os municípios da região Sul em 2020.



Fonte: IBGE, 2020.

A mudança na delimitação territorial da zona costeira entre o RQMA 2013 e esta atualização impede a comparação direta entre certos resultados. O que se verifica é que os grandes padrões da distribuição populacional observados no relatório anterior se reproduzem no atual, a saber: i) nas regiões metropolitanas costeiras – alta densidade (superior a 200 hab/km^2); ii) do Amapá até o Piauí – baixas densidades (até 50 hab/km^2); iii) do Ceará até o litoral norte da Bahia – médias densidades (de 50 a 200 hab/km^2); iv) do litoral sul da Bahia até o litoral norte do Rio de Janeiro – baixas densidades (até 50 hab/km^2); v) do litoral sul do Rio de Janeiro até o litoral norte do Rio Grande do Sul – médias densidades (de 50 a 200 hab/km^2); vi) do litoral médio do Rio Grande do Sul ao extremo sul do País – baixas densidades (até 50 hab/km^2). Assim, o padrão de ocupação do litoral brasileiro é heterogêneo, intercalando espaços mais "vazios" com áreas mais densamente povoadas, em geral regiões metropolitanas associadas a capitais de estados, mas também a outras aglomerações populacionais. Segundo o RQMA 2013, residiam nas 16 regiões metropolitanas litorâneas 35.447.690 habitantes (ou 78,8% da população total da zona costeira). Nas 25 RM atuais vivem 41.152.945 pessoas, 80,27% da população total.

EROSÃO COSTEIRA

A zona costeira é constituída de diferentes ambientes, complexos e interdependentes, em constante modificação, resultado da interação entre processos naturais (oceanográficos, atmosféricos e continentais) e os efeitos da ação antrópica, que ocorrem em diferentes escalas espaciais e temporais. Assim, a linha de costa[11] muda constantemente de posição, em escalas curtas de tempo (sob ação de ondas, marés e tempestades), em escalas médias (mudanças sazonais e anuais, de acordo com as estações do ano), ou em escalas longas, de décadas, séculos e milênios. As maiores variações são observadas em longo prazo.

Com relação, especificamente, à posição da linha de costa, podem ser observados três tipos de processos em uma praia arenosa: i) progradação: onde ocorre o avanço na linha de costa em direção ao mar; ii) erosão: onde ocorre a retração da linha de costa em direção ao continente; e iii) estabilidade: quando não são observadas alterações aparentes na linha de costa.

Entre os processos costeiros, a erosão transformou-se em um problema emergencial em muitas praias do litoral brasileiro. A erosão costeira é um evento multifatorial, influenciado por diversos processos e fenômenos, dos quais destacam-se a urbanização de áreas sensíveis e a intensificação de eventos climáticos e oceanográficos, associados a aumento relativo do nível do mar e a mudanças climáticas, cujos efeitos ampliarão os processos erosivos em zonas costeiras vulneráveis.

As causas da erosão costeira podem ser naturais (FERREIRA *et al.*, 2019a), mas também originadas ou agravadas por atividades antrópicas (ZACHARIAS *et al.*, 2019). Das causas naturais, podem ser citadas uma combinação de ondas, marés e ventos, bem como por ação de eventos extremos ligados a tempestades (CALLIARI, 2019), que resultam em ressacas, enchentes por transposição de ondas ou transbordamento de rios, chuvas intensas, desmoronamento de encostas, vendavais e *tsunamis*. Assim, a erosão, em alguns pontos da costa, irá ocorrer com ou

11 A linha de costa refere-se ao limite água-terra e varia segundo uma faixa mais ou menos estreita, determinada pelas baixas e altas marés que aí ocorrem e pelo relevo da costa. Ela pode comportar praias arenosas, praias de cascalhos, costões de rochas, falésias, limites de deltas (Fonte: CPRM, Glossário Geológico Ilustrado. Disponível em: http://sigep.cprm.gov.br/glossario/index.html).

sem a interferência antrópica direta. Entretanto, as atividades humanas podem originar processos erosivos onde não ocorreriam naturalmente, ou agravar significativamente uma erosão de causas naturais. As causas desses processos estão diretamente associadas às ocupações indiscriminadas da zona costeira (RODRIGUES *et al.*, 2019), ao processo de urbanização do litoral e de obras de engenharia costeira, que diminuem o aporte de sedimentos ao litoral, por vias fluviais.

As atividades que mais contribuem para alterações na morfologia das praias são a supressão da vegetação nativa, a instalação de construções sobre dunas e a extração de areia, instalação de barragens e dragagens em rios interiores e, de maneira contraintuitiva, a construção de obras rígidas de infraestrutura, para a contenção de erosão – espigões, quebra-mares, enrocamentos, muros de contenção etc. (BRASIL, 2018; IRISH *et al.*, 2016; MENTASCHI *et al.*, 2018; PILKEY; PILKEY, 2017).

Nesse cenário, outro fator de grande importância é a mudança global do clima, cujos impactos estão intimamente relacionados à erosão costeira (PBMC, 2016). A elevação do nível médio do mar, as alterações nos regimes de vento e de ondas, o aumento na frequência e intensidade dos extremos climáticos de chuva e eventos associados de ressaca e maré meteorológica, que provocam inundações costeiras (tempestades, ciclones e outros), são fatores que atuam diretamente no aporte e manutenção dos sedimentos praiais. No Brasil, de acordo com o PBMC (2016), o mar já está subindo e as previsões indicam que deve subir ainda mais, bem como os eventos climáticos extremos, como ressacas e marés meteorológicas mais frequentes e/ou mais intensas[12].

No entanto, conforme destacam Neves e Muehe (2008), ainda há uma dificuldade em distinguir se episódios de erosão e progradação da linha de costa brasileira resultam de intervenções antrópicas ou indicam alguma tendência de longo prazo associada à elevação do nível do mar. Essa dificuldade está associada, principalmente, à inexistência (ou dificuldade de acesso) de dados de monitoramento ambiental de longo prazo, no Brasil, como, por exemplo, comportamento do nível médio do mar, dados meteorológicos sobre o oceano e a zona costeira, informações diretas sobre ondas, evolução da morfologia da costa e plataforma continental interna, até 50 metros.

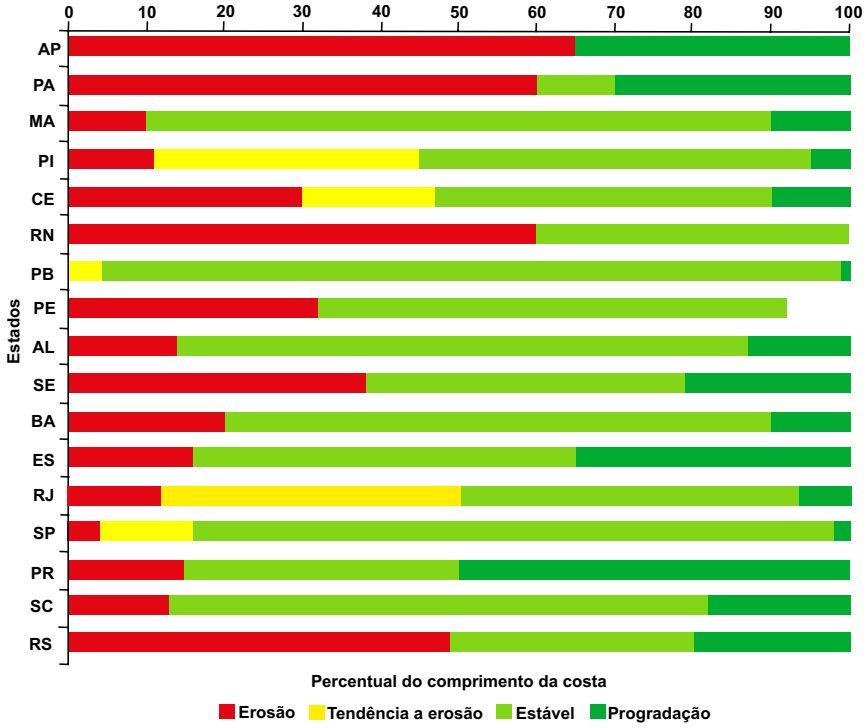
Os dados mais recentes, para o Brasil como um todo, indicam que uma parte significativa da costa brasileira se encontra em processo de erosão (MUEHE, 2018). Os piores cenários ocorrem nas regiões Norte e Nordeste, onde cerca de 60 a 65% da linha de costa está sob processo erosivo, enquanto no Sul e Sudeste esse percentual está próximo de 15% (Figura 11). Entretanto, o Rio de Janeiro apresenta elevado percentual de trechos com indicação de tendência erosiva, ou seja, locais onde são observados sinais de erosão, mas ainda não se estabeleceu um recuo significativo da linha de costa. Já o Rio Grande do Sul apresenta sinais de erosão em 49% da costa, sendo 45% em grau moderado e 4% em grau acentuado (NICOLODI *et al.*, 2018).

Os estados com situação mais preocupante são Amapá, Pará e Rio Grande do Norte, com mais de 60% da costa em erosão. A situação de Pernambuco representa um caso particular, pois 60% do litoral está em processo erosivo, mas em 21% a erosão foi contida e a costa estabilizada com a instalação de obras de defesa da linha de costa (MANSO *et al.*, 2018), bem como a cidade de Fortaleza, onde 33% da linha de costa também se encontra estabilizada por obras de proteção (MORAIS *et al.*, 2018).

As taxas de recuo da linha de costa são bastante variáveis entre os estados, mas alguns números são impressionantes. No Cabo de Cassiporé (AP), é possível observar recuo médio de 27,5 m/ano (TORRES *et al.*, 2018). No Maranhão, há pontos com recuo de 700 a 800 metros, em período de 2 anos (EL-ROBRINI *et al.*, 2018).

12 Mais informações podem ser obtidas no capítulo "Atmosfera".

Figura 11 – Processos de mobilidade da linha de costa, representados pelo comprimento total da linha de costa de cada estado brasileiro (%).



Fonte: Adaptado de Muehe, 2018.

Nas áreas não estáveis do litoral brasileiro, os trechos em erosão são predominantes diante de trechos em progradação, sendo os impactos da erosão mais evidentes em praias arenosas, depois em falésias e depois em estuários (MUEHE, 2018). As principais causas e fatores da erosão costeira, observados nesse estudo, estariam principalmente relacionados à: i) dinâmica da circulação costeira; ii) evolução holocênica da planície costeira; iii) suprimento sedimentar ineficiente; iv) fatores tectônicos; e/ou v) amplificação desses pela interferência antrópica.

Das ações antrópicas, destacam-se a urbanização da faixa dinâmica da praia, a retirada da vegetação natural e a instalação de obras de infraestrutura (portos, em grande parte). Em alguns estados, a instalação de obras de defesa do litoral, que embora tenham o objetivo de controlar a erosão, muitas vezes, são destruídas em curto espaço de tempo ou transferem o problema da erosão para as praias adjacentes.

A erosão costeira pode causar impactos físicos, alterando a linha de costa, bem como sociais e ecossistêmicos. Nesses casos, a erosão costeira é responsável por danos e prejuízos que vão desde a perda do valor imobiliário de edificações, redução da largura de praias, perda de habitats, redução do potencial turístico e gastos para recuperação de áreas degradadas.

Entre os impactos físicos, edificações e estruturas construídas ao longo da faixa de praia podem alterar o balanço sedimentar natural da região (AMORIM; RODRIGUES, 2019; FERREIRA *et al.*, 2019b; SILVA JR., MENDONÇA; MEIRELES, 2019), provocando alterações na estrutura da praia e da linha de costa. Modificações na fisionomia dos ambientes de dunas (BERTUZZI; GOMES, 2019) e áreas úmidas podem interferir no transporte de areia, comprometendo a regulação dos estoques de sedimentos para as praias. Entretanto, é

importante destacar que a disponibilidade de areia em uma praia varia ao longo do tempo, com engordamento em períodos de tempo bom e erosão em períodos de ressacas e tempestades (OLIVEIRA; SIMÕES, 2019; MUEHE, 2011). Na manutenção e disponibilidade dos estoques de areia, a vegetação costeira desempenha papel fundamental, retendo a areia em períodos de acreção e disponibilizando em eventos erosivos.

Os impactos sociais mais evidentes residem nos prejuízos econômicos e financeiros pelos danos causados às ocupações humanas na zona costeira, edificações, infraestrutura urbana e impactos no turismo e no bem-estar das populações residentes.

Os processos erosivos podem modificar a morfologia e constituição das praias, com fortes alterações na coloração e granulometria e compactação do pacote sedimentar, alterando os ecossistemas costeiros. Essas mudanças podem ocasionar prejuízos à biota, com perdas de habitats para espécies residentes ou migratórias, que utilizam as praias e zonas costeiras para alimentação e nidificação.

De forma geral, as modificações na forma da erosão costeira decorrem do déficit de sedimentos pelo esgotamento das fontes, pela retirada dos materiais para o abastecimento de dunas e pelas intervenções antrópicas, seja pela construção de barragens nas bacias de drenagem, que reduzem o volume de materiais transportados pelos rios para o mar, ou pela urbanização da orla que, ao não respeitar faixas seguras de movimentação das areias, fixa porções consideráveis dos perfis ativos das praias, impedindo sua movimentação natural durante tempestades. Outra causa que influencia na modificação na forma da erosão é o dimensionamento de estruturas costeiras, que promovem a interrupção do fluxo sedimentar ao longo da costa, entre outros impactos previsíveis e por vezes devastadores (BULHÕES, 2020).

As iniciativas para minimizar ou mitigar problemas de erosão costeira são principalmente locais (nível municipal) e movidas por situações de crise, predominando a construção de obras costeiras rígidas (CERQUEIRA *et al.*, 2019), em geral, efetuadas sem estudos prévios e análises de impactos ambientais, não havendo também o monitoramento da obra após sua conclusão.



Fonte: Vinícius Mendonça/Ibama

Segundo Bulhões (2020), as obras de defesa do litoral são intervenções que visam agir no transporte de sedimentos, estabilizar ou ampliar a linha de costa e defendê-la contra a erosão. Podem ser classificadas entre "obras artificiais" e "obras naturais". As obras artificiais ou rígidas buscam restringir a movimentação dos sedimentos, contendo-os na praia em erosão. As obras "rígidas" podem ser perpendiculares ou quase à linha de costa (como espigões, guias-corrente e molhes), em áreas com transporte litorâneo predominante, e quando este é pouco significativo, as obras devem ser dimensionadas de forma paralela à costa (quebra-mar e revestimentos como muros ou paredões), para conter o efeito das ondas ou fixar a posição da linha de costa.

As obras tipo "naturais" objetivam reproduzir o efeito que praias e dunas têm como linhas de defesa do litoral. Dessa forma, a intervenção consiste na recomposição artificial das praias (por engordamento de praia, recuperação artificial de praia, ou aterro) por transposição de areias e criação, recuperação ou fixação de dunas. Essas técnicas podem ser consorciadas com obras rígidas ou adotadas como medidas mitigadoras de impactos advindos de intervenções anteriores.

Entretanto, muitas vezes os resultados não são alcançados. Mas mesmo se bem-sucedida, essa retenção artificial de sedimentos pode ocasionar sua carência em praias adjacentes que, então, começam a sofrer com a erosão. Nesse sentido, de acordo com Bulhões (2020), são indispensáveis estudos, entre modelos conceituais ou empíricos, em bases físicas ou matemáticas, que determinem parâmetros relacionados à variação relativa do nível do mar, aspectos meteorológicos e oceanográficos modais e extremos, estimativas de evolução da faixa costeira, entre outros, buscando detectar possíveis tendências dos comportamentos recente e futuro da área de intervenção.

Diante desses desafios e lacunas existentes em relação à gestão das praias brasileiras e em especial ao tema da erosão costeira, seus impactos e medidas mitigadoras, e a ocorrência cada vez maior de casos emblemáticos ao longo de todo o litoral brasileiro, foi publicado o "Guia de Diretrizes de Prevenção e Proteção à Erosão Costeira" (BRASIL, 2018), uma iniciativa voltada para suprir a demanda ora demonstrada, diante da falta de informações e critérios para implantação de obras de intervenção e proteção costeira.

Assim como as causas da erosão costeira são multifatoriais, as respostas possíveis também o são, dependendo dos fatores causais, do objetivo da resposta, das condições locais etc. De maneira geral, as respostas possíveis se dividem nas cinco práticas de manejo, descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Medidas de manejo utilizadas em resposta à erosão costeira.

Estratégia	Objetivo da ação
Proteção com estruturas físicas e alimentação praial	Preservar as estruturas e os recursos naturais existentes na praia por meio de obras de defesa da costa (rígidas ou leves).
Adaptação costeira	Ocupar áreas de risco com consciência dos riscos e adotando medidas de redução de danos (elevação das casas e sistemas de alertas para a população, por exemplo), de maneira a permitir a conservação e migração dos ecossistemas.
Retração planejada	Remover as estruturas e pessoas existentes na praia, deslocando-as para terrenos mais internos.
Uso dos ecossistemas	Reverter o processo erosivo pela restauração dos ecossistemas costeiros (manguezais, recifes, vegetação de dunas etc.).
Não fazer nada	Aceitar a perda das estruturas e recursos naturais. Essa ação é apenas indicada quando as ações estruturais e não estruturais forem consideradas inviáveis ou não forem viáveis economicamente.

Fonte: Bulhões, 2020; Brasil, 2018; Rangel-Buitrago *et al.*, 2018.

A escolha do tipo de manejo a ser adotado em cada situação deve ser fruto de um rigoroso planejamento, no qual são considerados todos os fatores atuantes, causas, objetivos, recursos disponíveis e possíveis impactos da intervenção. Isso é válido até mesmo para a decisão de não fazer nada e aceitar as perdas, pois não se trata de simplesmente abandonar as estruturas que foram derrubadas ou as pessoas afetadas. Existem critérios específicos para cada uma das alternativas e todas podem apresentar efeitos negativos. Deve-se ponderar, ainda, com bastante cuidado, sobre o que deve ser salvo (COOPER *et al.*, 2020). Proteger o ambiente praial não é o mesmo que proteger um prédio localizado no pós-praia. Nesse caso, proteger o prédio significa, muitas vezes, construir alguma estrutura de fixação e contenção, que pode destruir a praia. A estrutura permanece, mas a praia não é mais reconhecível nem presta os mesmos serviços ambientais.

Outro aspecto relevante é a necessidade de identificação das praias críticas em relação à erosão costeira (como exemplo: praias em risco alto e muito alto), em nível estadual, e a realização de monitoramentos contínuos (perfis de praia e indicadores de erosão costeira), em especial nas praias críticas. Nesse contexto, Mallmann (2016) destaca a importância de se avançar no conhecimento sobre a natureza dos perigos, além da dimensão e do incremento dos riscos relacionados à zona costeira, e considera os estudos de análise de risco como importante ferramenta metodológica, que pode ajudar tomadores de decisão a definir prioridades nas ações de manejo, para minimizar ou mitigar possíveis consequências negativas dos processos erosivos.

Embora seja conhecido que as características hidrológicas e geomorfológicas influenciam o processo erosivo, a falta de conhecimento da dinâmica costeira (ventos, ondas, marés e sistemas fluviais) e a imprecisão no conhecimento da altimetria e batimetria não permitem distinguir os eventos de curto, médio e longo prazos, orientando para a necessidade da construção de um sistema contínuo de monitoramento meteorológico e oceanográfico, que passe a ser referência para o Governo (MMA, 2015). Nesse sentido, urge estabelecer uma referência geodésica, horizontal e vertical, única para as medidas relacionadas à "altimetria" e "batimetria"[13].

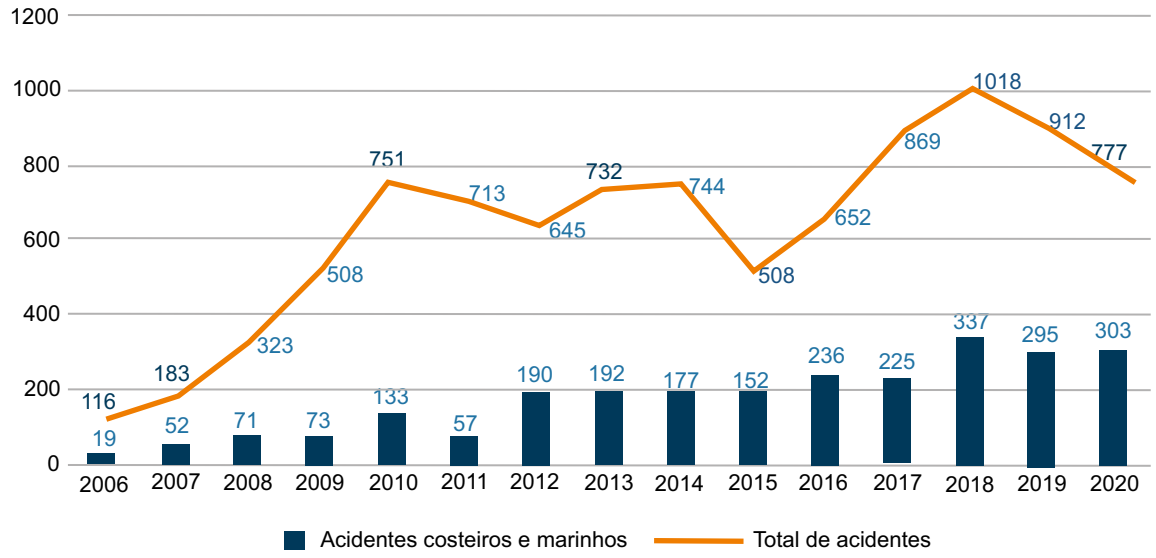
ACIDENTES COM PRODUTOS PERIGOSOS EM AMBIENTES COSTEIROS E MARINHOS

O litoral brasileiro, por sua extensão e pelo desenvolvimento de atividades econômicas, está sujeito à ocorrência de acidentes ambientais. Entre as atividades de relevância para a economia nacional, realizadas em território marítimo, estão a produção e exploração de petróleo e gás, com mais de 90% do petróleo, e cerca de 80% do gás natural produzidos nessa área. As operações portuárias, por sua vez, são responsáveis pelo trânsito de cerca de 80% do comércio exterior do Brasil, considerando o valor das mercadorias (MARINHA DO BRASIL, 2019).

13 O levantamento "altimétrico" no Brasil é elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela 5ª Divisão de Levantamento do Exército (V-DL). O levantamento "batimétrico" da ZC do Brasil é feito pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

O levantamento de dados de acidentes ambientais indica aumento significativo de ocorrências em ambientes costeiros e marinhos a partir de 2012 (Figura 12). Considerando as ocorrências registradas nesses ambientes para o período de 2006 a 2020, os acidentes com origem em empreendimentos potencialmente poluidores e ocorrências de manchas de óleo de origem desconhecida correspondem a 26,6% dos eventos no País[14].

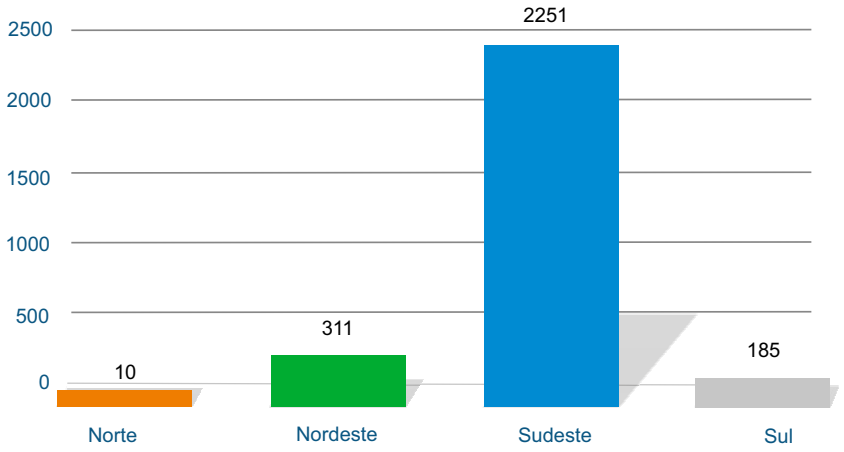
Figura 12 – Número de acidentes ambientais ocorridos no Brasil em comparação ao quantitativo de acidentes ocorridos em zonas costeiras e marinhas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Considerando o total de acidentes ocorridos, por região brasileira, e comparando com os ocorridos apenas em estados costeiros ou bacias sedimentares, verifica-se que as ocorrências são maiores na região Sudeste, seguida pela Nordeste (Figura 13). Tal fato pode ser explicado pela concentração de atividades de produção e exploração de petróleo e gás, principalmente nas Bacias de Campos, Santos, Espírito Santo e Sergipe/Alagoas.

Figura 13 – Número de acidentes ocorridos em estados costeiros (em ambiente costeiro e marinho), de 2006 a 2020, por macrorregião brasileira.



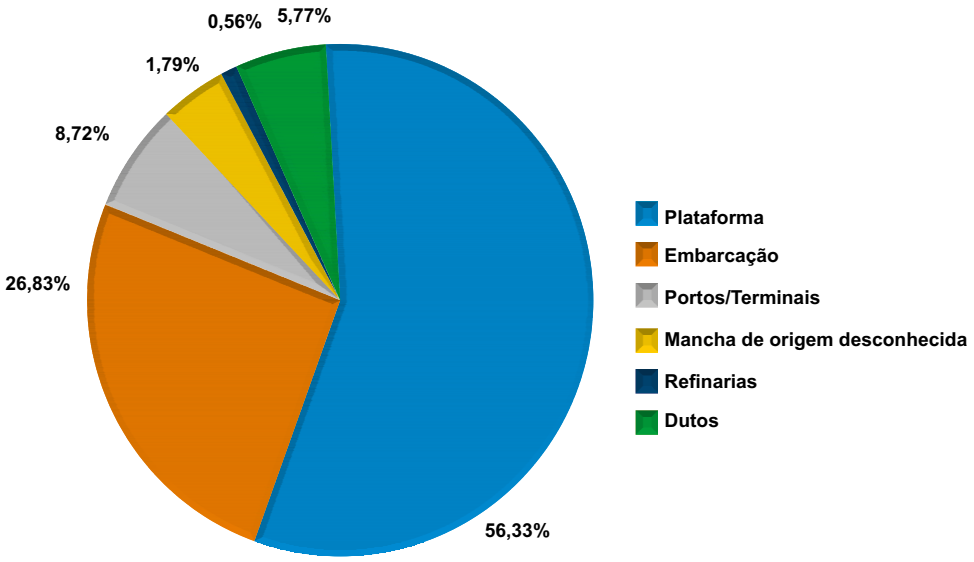
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

14 Foram utilizadas informações de acidentes ocorridos em municípios da zona costeira definidos conforme Portaria MMA n.º 461, de 14/12/18, DOU 17/12/18. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55445013/do1-2018-12-17-portaria-n-461-de-13-de-dezembro-de-2018-55444930.

Os acidentes com vazamento de petróleo e derivados, registrados pelo Ibama (Figura 14), têm como principais fontes plataformas de produção e exploração de petróleo e gás (56,33%), embarcações (26,83%), portos/terminais (8,72%), dutos (5,77%), manchas de óleo de origem desconhecida[15] (1,79%) e refinarias (0,56%).

Em caso de acidentes, as empresas poluidoras são as responsáveis pela reparação dos danos. Nesse contexto, empreendimentos potencialmente poluidores e com possibilidade de vazamento de óleo, que atinja águas sob jurisdição nacional, devem possuir planos de emergência para combate à poluição por óleo, conforme legislação vigente.

Figura 14 - Percentual de ocorrência de acidentes ambientais envolvendo vazamento de óleo e derivados, na região costeira/marinha do Brasil, por tipologia, no período de 2006 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

15 As manchas de óleo de origem desconhecida são as que não têm identificação da fonte poluidora, consequentemente, demandam maior organização do Governo nas ações de resposta e investigação.

Planos de Ação: Plano Nacional de Contingência (PNC) e Planos de Área

No Brasil, são adotados três níveis de resposta aos incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional. O Plano de Emergência Individual (PEI) corresponde ao menor nível de resposta, sendo obrigatório para todos os empreendimentos que possuam potencial risco de poluição por óleo, devendo ser capaz de atender às ocorrências que nele possam ocorrer.

A Lei n.º 9.966, de 28 de abril de 2000, conhecida também como "Lei do Óleo", dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas, em águas sob jurisdição nacional. Em seu art. 7º estabelece que "os portos organizados, instalações portuárias e plataformas, bem como suas instalações de apoio, deverão dispor de planos de emergência individuais para o combate à poluição por óleo e substâncias nocivas ou perigosas, os quais serão submetidos à aprovação do órgão ambiental competente". O conteúdo mínimo dos PEI é estabelecido pela Resolução Conama n.º 398, de 12 de junho de 2008.

O segundo nível de resposta está relacionado a planos de área, instituídos pelo Decreto n.º 4.871, de 6 de novembro de 2003, cuja definição oficial é: "documento ou conjunto de documentos que contenham as informações, medidas e ações referentes a uma área de concentração de portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos ou plataformas e suas respectivas instalações de apoio, que visem integrar os diversos Planos de Emergência Individuais da área para o combate de incidentes de poluição por óleo, bem como facilitar e ampliar a capacidade de resposta deste Plano e orientar as ações necessárias na ocorrência de incidentes de poluição por óleo de origem desconhecida".

Como nível máximo de resposta a derrames de óleo no Brasil, foi instituído o Plano Nacional de Contingência (PNC), por meio do Decreto n.º 8.127, de 22 de outubro de 2013 (alterado pelo Decreto n.º 10.950, publicado em 27 de janeiro de 2022), "que fixa responsabilidades, estabelece estrutura organizacional e define diretrizes, procedimentos e ações, com o objetivo de permitir a atuação coordenada de órgãos da administração pública e entidades públicas e privadas para ampliar a capacidade de resposta em incidentes de poluição por óleo que possam afetar as águas sob jurisdição nacional, e minimizar danos ambientais e evitar prejuízos para a saúde pública". Esse decreto prevê uma estrutura organizacional composta pela Autoridade Nacional, exercida pelo MMA; os Comitês Executivo e de Suporte; e o Grupo de Acompanhamento e Avaliação (GAA), integrado pelo Ibama, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) e pela Marinha do Brasil (MB).

Desde a regulamentação do PNC, em 2013, não houve nenhum evento com significância nacional, relacionado a vazamento de óleo, que justificasse seu acionamento. No entanto, em 30 de agosto de 2019, houve notícia do surgimento de pelotas de óleo, de origem desconhecida, em praias do litoral nordestino, inicialmente no litoral da Paraíba, seguido por Sergipe e Pernambuco, nos dias subsequentes. Ao longo de setembro, outubro e novembro de 2019, foram atingidos os demais estados da região Nordeste, bem como Espírito Santo e Rio de Janeiro, na região Sudeste, totalizando 11 estados atingidos, em diferentes graus, por óleo (Figura 15). Devido à magnitude desse evento, a estrutura do PNC, conforme Decreto n.º 8.127/13, foi acionada pela primeira vez, desde a sua instituição, o que favoreceu a montagem de grande estrutura de resposta envolvendo órgãos ambientais, em suas diferentes esferas, forças armadas, ANP, Defesa Civil nacional, estadual e municipal, entre outros órgãos cuja participação foi necessária para o controle e mitigação dos danos ao meio ambiente e à saúde da população.

Estudos de modelagem matemática apontam que a fonte do óleo estava a grande distância da costa e que o espalhamento significativo do produto aconteceu por causa das correntes Sul Equatorial e do Brasil, também responsáveis pela longa permanência do óleo à deriva, causando intenso estado de intemperismo. As manchas de óleo combatidas nesse incidente não se deslocavam na superfície da água, o que impossibilitou sua detecção por sensores remotos ou sobrevoos, tornando-se perceptíveis apenas quando próximas da costa, já na zona de arrebentação.

Esse incidente, por suas dimensões e características, distinguiu-se dos usuais derramamentos de óleo ocorridos no Brasil e no mundo. Dessa maneira, o emprego de recursos humanos e materiais, bem como a estrutura de gestão do PNC, foram adaptados para responder ao caso específico, em um esforço interinstitucional inédito no País para esse tipo de evento. Para atuar nesse acidente, somente considerando as equipes do Governo Federal, estiveram envolvidas 16.848 pessoas (Ibama, Marinha do Brasil, Exército Brasileiro, Força Aérea Brasileira, Defesa Civil, ICMBio, Petrobras e Coordenação Científica, com membros de diversas universidades). Quanto aos meios utilizados para deslocamento e monitoramento pelas equipes, foram empregados 51 embarcações, 24 aeronaves e 180 veículos. O valor total empregado pelo Governo Federal para resposta a esse acidente foi de R$187.643.857,96, em levantamento realizado em março de 2020 (Relatório Final – Incidente de Poluição por Óleo na Costa Brasileira, 2020).

Quanto aos resíduos gerados, foram recolhidas 5.379,76 toneladas. Em relação à fauna impactada pelo óleo, no período de 31/8/2019 a 5/1/2020, foram registrados 218 espécimes de animais na zona atingida. Do total de fauna encontrada (avistada, reabilitada e coletada), apenas foram encontrados óleo (externo e/ou interno) em 161 espécimes. Destes, foram constatados 113 (70%) indivíduos mortos e 48 (30%) vivos. Dos grupos mais afetados, os répteis ficaram em primeiro lugar, com 66,04%, seguido por aves, com 24,52%.

Destaca-se que todas as ações de manejo de fauna foram executadas por equipes dos Centros de Triagem de Animais Silvestres do Ibama (Cetas), ICMBio/Tamar e Fundação Pró-Tamar e instituições parceiras, incluindo integrantes da Remane (Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos do Nordeste) e Retamane (Rede de Conservação de Tartarugas Marinhas do Nordeste), instituições executoras de Projetos de Monitoramento de Praia (PMP), zoológicos e clínicas veterinárias.



Operação de limpeza no estado da Bahia em novembro de 2019.
Fonte: Informação Técnica 66/Ibama.

Figura 15 – Localidades da região Nordeste e dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro atingidas pela mancha de óleo, de origem desconhecida, em 2019*.



OBS.: * Mapa disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/emergenciasambientais/2020/manchasdeoleo/2020-03-19_LOCALIDADES_AFETADAS.pdf.
Fonte: Ibama, 2020.

PESCA

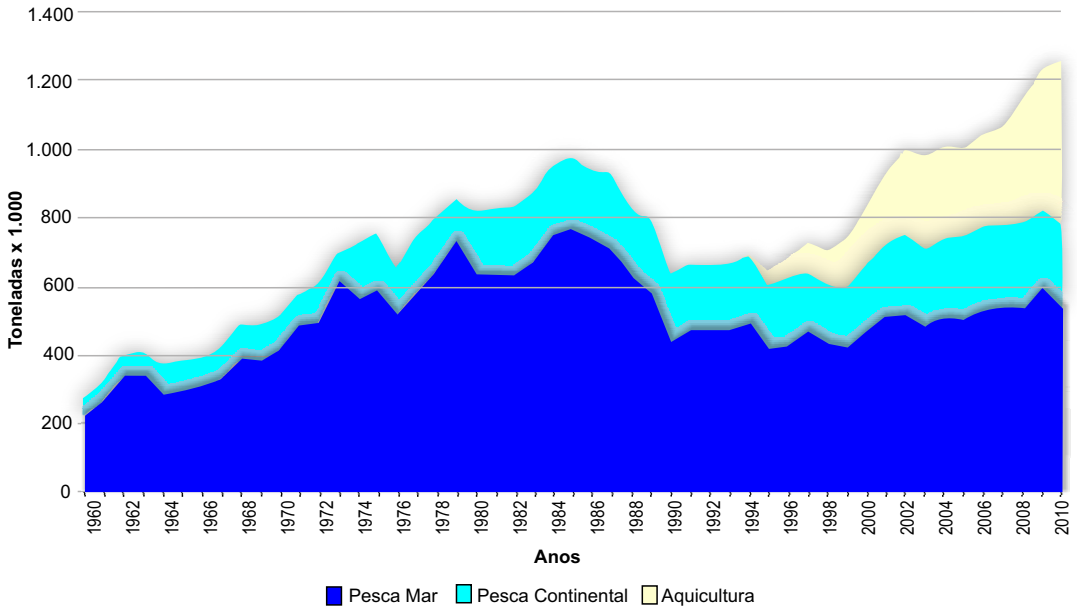
A atividade pesqueira na zona costeira e marinha apresenta destaque pela sua contribuição na produção de pescado nacional, que constitui importante fonte de proteína para a população, na geração de divisas mediante a exportação, além de fornecer emprego e renda para mais de um milhão de brasileiros, garantindo os meios de vida a um número expressivo de comunidades tradicionais dedicadas à pesca artesanal. Apesar da sua relevância nacional, a pesca marinha não permite ao País se destacar entre as principais nações, em termos de produção, uma vez que a ZEE brasileira não apresenta grandes estoques pesqueiros devido às suas características oceanográficas (BRASIL, 2006; DIAS NETO, 2015; CEMBRA, 2019).

Seguindo tendência mundial, a atividade de pesca no Brasil cresceu de forma acentuada nos últimos 50 anos, levando inúmeros estoques à condição de sobre-explotação (ou seja, a extração ocorreu acima da capacidade de recomposição natural das populações) e colocando diversas espécies marinhas em condição de ameaça de extinção. Esse cenário remete à necessária adoção de medidas de gestão robustas, cientificamente embasadas e participativas, a fim de recuperar os recursos pesqueiros e proteger a biodiversidade (ICMBIO, 2018; CEMBRA 2019).

Características da pesca marinha, produtividade e efeitos ambientais

O Brasil, em razão de características oceanográficas, é uma nação pesqueira de médio porte, apesar do extenso litoral, e tem participado, historicamente, com pouco mais de 0,5% do total produzido no mundo, pela pesca marinha, com uma produção, em 2010[16], próxima a 540 mil toneladas (Figura 16) (DIAS NETO, 2015).

Figura 16 – Evolução da produção total e por ambiente da pesca extrativa e da aquicultura, no período de 1960 a 2010.



Fonte: Dias Neto, 2015.

O programa nacional mais abrangente realizado pelo MMA para a avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na ZEE, "Programa Revizee", aponta que a ZEE brasileira, em sua maior extensão, é caracterizada pela baixa concentração de nutrientes (oligotrófica) e baixa produtividade, não oferecendo condições necessárias para a existência de estoques pesqueiros mais significativos ou de grande biomassa. O Programa, que contou por uma década (1995 a 2005) com a participação de ministérios, universidades e instituições de pesquisa, também confirmou que os recursos pesqueiros tradicionais estão, em sua maioria, sobre-explotados ou no limite máximo de explotação: de 153 estoques estudados, 23% estavam plenamente explotados, 33% estavam sobre-explotados, sendo que apenas 11% não eram explotados e 4% eram subexplotados, enquanto os demais 29% não foram avaliados de maneira conclusiva (BRASIL, 2006).

16 Último ano em que foi produzida e publicada a estatística nacional de produção pesqueira.

Embora sujeita a condições oceanográficas limitantes, a produção da pesca marinha cumpre papel social e cultural para diversas comunidades litorâneas, fornecendo renda, segurança alimentar e contribuindo com a manutenção dos seus modos de vida. A pesca artesanal e de pequena escala responde por 50% da produção de pescado nacional e se destaca por reunir um contingente de cerca de 800 mil pescadores, sendo pouco mais de 40% do sexo feminino, e uma frota de pouco mais de 65 mil embarcações. Do total de embarcações artesanais e industriais, 24.300 estavam cadastradas junto ao Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP)[17] em 2017, o que significa que a maioria não está incluída na base de dados oficiais, sendo que das cadastradas, a imensa maioria (93%) é de pequeno porte ou artesanal (até 20 de arqueação bruta - AB), seguida de 6% de médio porte (20 e até 100 AB) e 0,6% de grande porte (maior que 100 AB), ambas da categoria da pesca industrial (DIAS NETO, 2015; MMA 2018).

O aumento crescente do poder de pesca nas últimas décadas, com embarcações equipadas com melhores tecnologias de captura e de armazenamento do pescado, principalmente pela frota industrial, levou à superação dos limites de recomposição dos estoques, com a consequente queda dos rendimentos de produção, além dos efeitos negativos sobre o ambiente marinho. Desde a década de 1980, a produção da pesca nacional passou por períodos de declínio, seguidos de estagnação, com algumas flutuações, destacando o declínio dos estoques de várias espécies, a exemplo de colapsos dos estoques da sardinha-verdadeira, espécie pelágica de ciclo de vida curto (CERGOLE; DIAS NETO, 2011), e colapsos de estoques de espécies de ciclo de vida longo, incluindo vários tubarões e raias (elasmobrânquios), além de peixes ósseos demersais[18], como o cherne-poveiro (HAIMOVICI; PERES, 2005; DIAS NETO, 2015). Com o declínio das populações dos grandes predadores, observa-se também redução no nível trófico[19] médio das capturas, devido à remoção gradual dos indivíduos de maior porte e longevidade, fenômeno conhecido como *fishing down the food web*[20] (PAULY *et al.*, 2002).

17 O RGP é o instrumento prévio que habilita a pessoa física ou jurídica, e a embarcação de pesca, ao exercício da atividade pesqueira no Brasil, que depende também de autorização, permissão ou licença para seu exercício (Decreto nº 8.425, de 31 de março de 2015).

18 Espécies demersais são as que vivem a maior parte do tempo próximas ao leito ou ao fundo dos ambientes aquáticos, e em associação com o substrato, seja ele um fundo arenoso, de lama, de cascalho ou rochoso. Ex.: lagostas, mero, camarões e linguados (DIAS NETO, 2015).

19 O nível trófico reflete a posição de um organismo, espécie ou população na teia alimentar, indicando, portanto, o comprimento do fluxo de energia em um ecossistema.

20 Remoção de predadores/carnívoros de maior porte, pela pesca, seguida do esgotamento/diminuição dessas populações, e redirecionamento da pesca para níveis tróficos mais baixos de onívoros e de planctófagos.

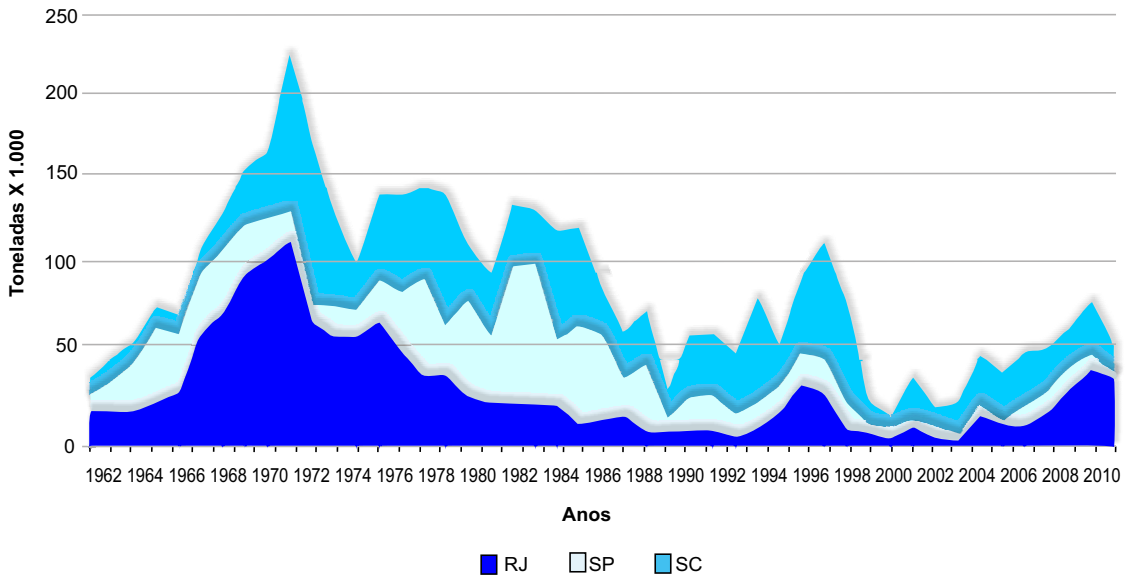


Fonte: Vinicius Mendonça/Ibama

A situação atual pode ser ainda mais preocupante, considerando que a estagnação, declínio ou pouco aumento da produção pesqueira total e de vários estoques, desde a década de 1980, foi acompanhada pelo crescimento da capacidade e do esforço de pesca (DIAS NETO, 2015). Além de provocar efeitos ambientais e sociais negativos, essas condições são também economicamente inviáveis e mantidas, em alguns casos, com a promoção de subsídios públicos, ressaltando que existe discussão pela redução desses benefícios junto à Organização Mundial do Comércio. Nesse cenário, e sem a efetiva adoção de mecanismos de gestão e de regulamentação cientificamente embasados, que considerem avaliações de estoque e a abordagem ecossistêmica de forma mais ampla, registram-se impactos crescentes sobre as espécies-alvo da atividade pesqueira e sobre a biodiversidade costeira e marinha, de forma geral.

Embora as condições oceanográficas e de produtividade da ZEE brasileira resultem em estoques pesqueiros de baixa biomassa, como mencionado anteriormente, a biodiversidade do ambiente marinho é caracterizada pela singular variedade de ecossistemas e pela elevada riqueza de espécies, tendo sido identificadas 1.358 espécies de peixes marinhos, por ocasião da última avaliação do estado de conservação (ICMBIO, 2018). Dessas, são capturadas ou coletadas, pela atividade pesqueira, 134 espécies ou grupo de espécies de peixes ósseos, tubarões e raias, além de invertebrados marinhos, compreendendo 13 espécies ou agrupamento de espécies de crustáceos, incluindo camarões, lagostas, siris e caranguejos, e 10 espécies ou grupo de espécies de moluscos, abrangendo lulas, polvos, mexilhões, ostras e outros bivalves (IBAMA, 2009). A concentração das capturas recai, porém, em apenas 25 espécies ou grupos de espécies, entre peixes e invertebrados, responsáveis por cerca de 60% da produção média total da pesca marinha, algumas das quais se destacam por formar estoques mais abundantes, especialmente a sardinha-verdadeira (Figura 17) (DIAS NETO, 2015).

Figura 17 – Desembarques totais da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis)* e participação absoluta, por estado (RJ, SP e SC), entre 1964 e 2010.

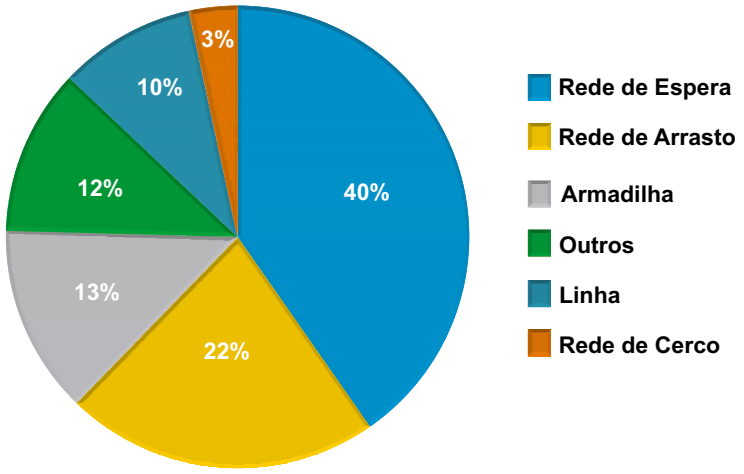


Fonte: Dias Neto, 2015.

Essa grande diversidade de espécies, muitas de interesse econômico, favorece a existência de ampla variedade de modalidades e petrechos de pesca, que buscam realizar a captura da forma mais eficiente possível. Estão regulamentadas 68 modalidades de pesca marinhas, com metade desse total se destacando entre os principais métodos que abrangem as

pescarias de linha, de armadilhas, de redes de emalhe e de cerco, e de arrasto, além de uma variedade de pescarias de pequena escala (Figura 18). A Instrução Normativa Interministerial (INI) MPA/MMA n.º 10, de 10 de junho de 2011, aprova as normas gerais e a organização do sistema de permissionamento de embarcações de pesca, para acesso e uso sustentável dos recursos pesqueiros, com definição das modalidades de pesca, espécies a capturar e áreas de operação permitidas (Tabela 3).

Figura 18 – Composição da frota pesqueira brasileira categorizada por método de pesca.



Fonte: Registro Geral da Pesca. MMA, 2017.

Tabela 3 – Relação das principais modalidades de pesca, principais espécies-alvo e modalidades correspondentes do Registro Geral da Pesca.

Método/Modalidade	Principais espécies-alvo	Modalidades INI 10
Espinhel de superfície	Atuns, espadarte, dourado	1.1, 1.2, 1.3, 1.4
Espinhel de fundo	Gurijuba, piramutaba, cherne e batata	1.5, 1.7
Espinhel vertical/covos	Pargo	1.8, 1.9, 1.10
Vara e isca viva	Bonito-listrado	1.13
Emalhe	Pescada-amarela, serra, corvina, anchova, peixe-sapo	2.2, 2.3, 2.4, 2.9, 2.11
Arrasto	Camarões e peixes demersais	3.1, 3.2, 3.3, 3.5, 3.6, 3.9, 3.11, 3.12
Cerco	Sardinha-verdadeira, sardinha-laje, tainha, anchova, bonito-listrado	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.6
Armadilha para lagosta	Lagosta	5.1, 5.2, 5.3, 5.4
Armadilha para polvos	Polvo	5.10, 5.11

Fonte: MMA, 2017.

As pescarias brasileiras utilizam todos os principais métodos conhecidos no mundo, destacando: arrasto (simples, duplo e com parelha), cerco, emalhe (superfície, meia-água e de fundo), linha e anzol (espinhel), horizontal de superfície, de meia-água e de fundo; espinhel vertical; vara e linha; vara, linha, anzol e isca viva etc.), armadilhas (covo, pote etc.); arte de lanço (tarrafa e arpão); artes fixas (curral, aviãozinho etc.) (DIAS NETO, 2015), cujo emprego está muitas vezes condicionado às regras de ordenamento locais ou regionais. A atuação de inúmeras frotas com distintos petrechos de pesca, ao longo do litoral, tem promovido impactos significativos sobre a biodiversidade aquática, com efeitos negativos sobre espécies e ecossistemas que são variáveis de acordo com a intensidade, distribuição e características de cada modalidade, e que permanecem sendo subavaliados devido à insuficiência dos mecanismos de controle e monitoramento.

Em conjunto, os métodos de pesca de arrasto e de emalhe constituem os que mais capturam espécies da fauna acompanhante previsível[21] e ameaçadas, juntamente com as espécies-alvo dessas pescarias. Além disso, o arrasto costuma provocar uma série de alterações no fundo do mar (habitat bentônico), com efeitos negativos para o ecossistema em geral. Adicionalmente, as redes de emalhar, também conhecidas como redes de espera, são um dos artefatos mais utilizados, e o principal petrecho de pesca perdido ou abandonado no meio marinho, responsável pela maior incidência de pesca-fantasma[22]. As redes e outros materiais de pesca, abandonados ou descartados no mar, ferem, mutilam e provocam a mortalidade de baleias, focas, tartarugas e aves marinhas, além do impacto direto nas populações de peixes de interesse econômico (LIMA *et al.*, 2019).

21 Fauna Acompanhante Previsível: conjunto de espécies passíveis de comercialização, capturadas naturalmente durante a pesca da(s) espécie(s)-alvo, que coexistem na mesma área de ocorrência, substrato ou profundidade, cuja captura não pode ser evitada, observado o ordenamento definido em norma específica (INI 10 de 2011).

22 Compreende o impacto dos equipamentos ou petrechos de pesca (redes de emalhar e de arrasto, varas, linhas, anzóis, espinhéis, armadilhas de covos, potes, entre outros), abandonados ou descartados no oceano, que capturam involuntariamente e causam a morte de diversas espécies da fauna marinha.



Toninha emalhada/RS
Fonte: EcoMega-Furg/Nema

A explotação dos estoques acima da sua capacidade de recomposição, como apontado pelo Revizee (BRASIL, 2006), pode ter se mantido ou se agravado, considerando que as 25 principais espécies ou grupos de espécies que concentram 60% da produção marinha estão totalmente explotadas ou sobre-explotadas (DIAS NETO, 2015). Além disso, é possível observar tendência de desestruturação ecossistêmica como consequência da captura de espécies de níveis inferiores na cadeia alimentar, no Grande Ecossistema Marinho (*Large Marine Ecosystem*) da costa nordeste brasileira (FREIRE; PAULY, 2010).

Levantamentos recentes apontam que a grande maioria dos recursos pesqueiros marinhos não contam com avaliações quantitativas de estoques, não possuem limites de captura estabelecidos, nem estão incluídos dentro de planos de gestão, que são documentos que estabelecem as diretrizes para o uso sustentável dos recursos pesqueiros (OCEANA, 2020).

Espécies ameaçadas de extinção

Os efeitos da pesca sobre o ambiente marinho vão além da sobrexplotação dos principais estoques, comprometendo também as populações de outras espécies-alvo, principalmente as capturadas de forma não intencional, como fauna acompanhante ou *bycatch*[23]. Em decorrência, diversas espécies encontram-se na "Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção – Peixes e Invertebrados Aquáticos", publicada na Portaria MMA n.º 445, de 17 de dezembro de 2014. A lista representa importante mecanismo de conservação da biota, ao reconhecer as espécies ameaçadas no território nacional, na plataforma continental e na ZEE brasileira, possibilitando a priorização de ações de conservação e recuperação de populações, de modo a se obter a melhora no grau de risco de extinção para uma categoria de menor ameaça.

As listas atuais de fauna ameaçada foram construídas a partir da avaliação de risco de extinção de todos os vertebrados descritos para o País, sendo que a "Lista Nacional das Espécies de Peixes e Invertebrados Aquáticos Ameaçadas de Extinção" resultou de 5.419 espécies de peixes e invertebrados aquáticos avaliadas, abrangendo 1.358 espécies de peixes marinhos (Tabela 4), o que incluiu todas as 146 espécies conhecidas de tubarões e raias da ZEE. A lista elenca 475 espécies (9% das avaliadas) classificadas como ameaçadas de extinção, contemplando 98 peixes marinhos (sendo 54 peixes cartilaginosos,

Tabela 4 – Número de espécies de peixes marinhos em cada categoria de ameaça.

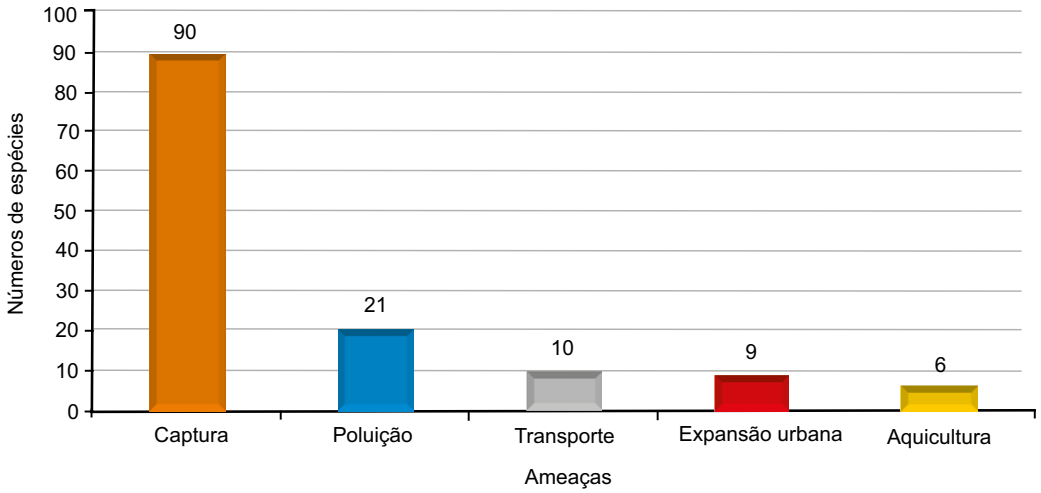
Categoria	Espécie
Regionalmente Extinta (RE)	2 (0,1%)
Criticamente em Perigo (CR)	34 (2,5%)
Em Perigo (EN)	14 (1%)
Vulnerável (VU)	50 (3,6%)
Total ameaçadas	98 (7,1%)
Quase Ameaçada (NT)	37 (2,7%)
Dados Insuficientes (DD)	179 (13,1%)
Menos Preocupante (LC)	988 (72,8%)
Não Aplicável (NA)	54 (3,9%)
Total	**1.358**

Fonte: ICMBio, 2018.

23 *Bycatch* representa a captura total de espécies não alvo. Mais informações podem ser obtidas no *site:* http://www.fao.org.

tubarões e raias, grupo mais ameaçado no seu conjunto), além de 312 peixes continentais e 65 invertebrados aquáticos. Além disso, a avaliação identificou que para cerca de 90% das espécies de peixes marinhos considerados ameaçadas, a pesca é a principal causa desse status (Figura 19) (BRASIL, 2014; ICMBIO, 2018).

Figura 19 – Principais vetores de ameaças aos peixes marinhos no Brasil.



Fonte: ICMBio, 2018.

Uma análise comparativa entre as espécies listadas na Instrução Normativa MMA n.º 05/2004, e na Portaria n.º 445/2014, mostra que o número de espécies de interesse comercial consideradas ameaçadas aumentou significativamente: a Instrução Normativa n.º 05/2004 traz um total de 17 espécies ameaçadas e 52 espécies sobre-explotadas de interesse comercial para a pesca, 10 anos mais tarde, a Portaria n.º 445/2014 lista 64 espécies de interesse comercial sob algum grau de ameaça de extinção. Várias espécies de interesse comercial listadas em 2004 permaneceram na lista publicada em 2014 e outras foram incluídas (BRASIL, 2014). O aumento do número de espécies ameaçadas e as alterações de categoria verificadas nas listas oficiais, nas últimas décadas, também refletem a ampliação do conhecimento biológico e das ameaças, auxiliando a definir um quadro mais realista do estado de conservação das espécies de peixes da fauna brasileira (ICMBIO, 2018).

Além dos peixes, várias espécies marinhas de mamíferos (8), répteis (5) e aves (20) estão ameaçadas, nesse caso, incluídas na "Lista Nacional de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção", publicada pela Portaria MMA n.º 444/2014, a maioria tendo a captura, pela atividade pesqueira, como importante fator de ameaça (ICMBIO, 2018). Embora estejam protegidas legalmente, essas espécies que compõem a megafauna marinha brasileira são capturadas de forma incidental[24] por uma variedade de artes de pesca.

24 Espécies de captura incidental: conjunto de espécies não passíveis de comercialização, capturadas incidentalmente durante a pesca da(s) espécie(s)-alvo, que coexistem na mesma área de ocorrência, substrato ou profundidade, cuja captura deve ser evitada por estarem protegidas por legislações específicas ou acordos internacionais. Quando capturadas, devem ser liberadas vivas ou descartadas na área de pesca ou desembarcadas para fins de pesquisa, quando autorizadas em norma específica, e sua ocorrência registrada nos Mapas de Bordo (INI 10 de 2011).

A biodiversidade marinha da ZEE brasileira é representada por 51 espécies de mamíferos, que são afetadas por redes de emalhe, incluindo 43 espécies de cetáceos (baleias, botos e golfinhos), das quais 7 estão ameaçadas, além do peixe-boi (*Trichechus manatus*), uma das quatro espécies da ordem Sirenia existentes no mundo. Além dos mamíferos, mais de 100 espécies de aves associadas a ecossistemas marinhos foram registradas no Brasil, das quais 20 estão ameaçadas, especialmente albatrozes e petréis, capturadas pela pesca de espinhel de superfície quando atraídas pelas iscas dos anzóis lançados ao mar. Finalmente, das sete espécies de tartarugas marinhas conhecidas no mundo, cinco são encontradas em águas nacionais, todas ameaçadas: cabeçuda (*Caretta caretta*), verde (*Chelonia mydas*); gigante, preta ou de couro (*Dermochelys coriacea*); tartaruga-de-pente ou tartaruga-legítima (*Eretmochelys imbricata*) e a tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*). Essas espécies procuram praias costeiras e ilhas oceânicas para desova, abrigo, alimentação e crescimento, quando são capturadas por espinhel de superfície, redes de emalhar e de arrasto de fundo (ICMBIO, 2018; DIAS NETO, 2015).



Peixe-boi marinho
Fonte: Fábia Luna/CMA/ICMBio

Base legal e organização institucional para a gestão da pesca

Considerando os efeitos ambientais decorrentes do desenvolvimento da atividade pesqueira no ambiente marinho, descritos anteriormente, uma série de respostas e soluções têm sido adotadas, na esfera legal e institucional, além de estratégias e ferramentas de gestão envolvendo desde a governança da pesca, com envolvimento da sociedade, à criação de áreas protegidas e à aprovação de medidas mitigadoras de captura de espécies ameaçadas. Contudo, o monitoramento e o controle da atividade, além de investimentos em pesquisa, cruciais para os processos de planejamento e gestão pesqueira, encontram-se defasados e precisam ser restabelecidos em curto prazo, além da necessária atualização do quadro regulatório e da implementação de ferramentas de gestão efetivas.

A base legal para o exercício da atividade pesqueira no Brasil passou por diversas mudanças, sendo que em sua maior parte, o acesso aos recursos pesqueiros se manteve predominantemente aberto (ISAAC *et al.*, 2006), exceto dentro de áreas protegidas e para espécies ameaçadas oficialmente reconhecidas, ou por meio de proibições durante períodos de reprodução das espécies em áreas e épocas definidas no ordenamento pesqueiro (o chamado "defeso"[25]). Além dessas medidas, houve nas últimas décadas a crescente regulamentação de amplo leque de normas de ordenamento, visando controlar o esforço de pesca, limitar os tamanhos de captura, definir as artes, aparelhos, métodos e sistemas de pesca permitidos, e estabelecer as necessárias ações de monitoramento, controle e fiscalização da atividade, a fim de assegurar a proteção de indivíduos em processo de reprodução, a recomposição de estoques e a mitigação dos efeitos negativos sobre espécies e habitats (DIAS NETO, 2015).

Como norteadora das políticas e regras de ordenamento, a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca (Lei Federal n.º 11.959/2009) incorporou noções atuais da pesca sustentável ao definir, entre seus objetivos, o de promover "o desenvolvimento sustentável da pesca e da aquicultura como fonte de alimentação, emprego, renda e lazer, garantindo o uso sustentável dos recursos pesqueiros, bem como a otimização dos benefícios econômicos decorrentes, em harmonia com a preservação e a conservação do meio ambiente e da biodiversidade". Esse, porém, constitui um grande desafio, pois apesar do amplo leque de normas existentes, são necessários ainda avanços na definição de regras alinhadas com medidas de gestão ecossistêmicas, e maior abrangência na regulamentação e atualização de normas, para incluir toda a variedade de pescarias, tendo por objetivo a exploração dos estoques dentro de limites sustentáveis, bem como a conservação da biodiversidade aquática.

Além das mudanças e lacunas no quadro regulatório, ocorreram diversas alterações na base institucional para a gestão pesqueira, com diferentes arranjos de competências entre a área ambiental e de fomento[26], resultando em descontinuidades e menor efetividade na política pesqueira nacional (DIAS NETO, 2015; CEMBRA, 2019).

O Brasil não tem reportado dados de sua produção oficial (captura e aquicultura) para a FAO[27], desde 2014, e suas últimas estatísticas foram estimadas, com exceção de dados sobre

25 Defeso: paralisação temporária da pesca para a preservação da espécie, tendo como motivação a reprodução e/ou recrutamento, bem como paralisações causadas por fenômenos naturais ou acidentes (Lei nº 11.959/2009).

26 A gestão do acesso e uso dos recursos pesqueiros, que até 2018 era de competência conjunta das áreas ambiental e de fomento, foi transferida para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), junto à sua Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP), conforme Decreto n.º 9.667, de 2 de janeiro de 2019, e Lei n.º 13.844, de 18 de junho de 2019, exceto em unidades de conservação federais, cujas competências cabem ao ICMBio.

27 A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.

atuns e espécies afins, obtidos de Organizações Regionais de Manejo da Pesca (RFMO) (FAO, 2020). A última vez que o governo brasileiro publicou dados oficiais sobre produção pesqueira, em nível nacional, foi em referência a 2010, usando projeções a partir de dados coletados em anos anteriores. A ausência de dados de estatística pesqueira impede ou dificulta avaliações sobre alterações na produção e sobre as condições dos estoques, comprometendo o planejamento efetivo de políticas e gerando resultados pouco efetivos para o desenvolvimento sustentável da pesca, com reflexos nas suas dimensões econômica, social e ambiental (DIAS NETO, 2015; CEMBRA, 2019).

Outros mecanismos de monitoramento também apresentam descontinuidades ou falhas, como o Programa Nacional de Observadores de Bordo da Frota Pesqueira (Probordo), interrompido desde 2013, o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (Preps) (Tabela 5 e Figura 20) e a coleta de dados por Mapas de Bordo, que apresentam problemas e limitações operacionais. Iniciativas modernas como o uso de câmeras a bordo, contam com projetos em desenvolvimento, cuja implementação poderá demonstrar um grande avanço na coleta de dados.

Tabela 5 – Embarcações cadastradas no Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP) em 2017, com sistema de rastreamento remoto ativo (Preps), em relação às que deveriam ter aderido ao sistema, conforme previsto em norma, por método de pesca.

	Total	Preps obrigatório	Presente no Preps	Cobertura do Preps (em relação à obrigatoriedade)
Linha	2.306 (10%)	660	308	46,66%
Rede de Espera	9.374 (40%)	1.499	299	19.95%
Rede de Arrasto	5.156 (22%)	570	554	97.19%
Rede de Cerco	761 (3%)	144	140	97.22%
Armadilha	3.073 (12%)	2.858	307	10.74%
Outros	3.623 (13%)	0	1	
Não identificado			13	
Total	**24.293**	**5.731**	**1.622**	**23.59%**

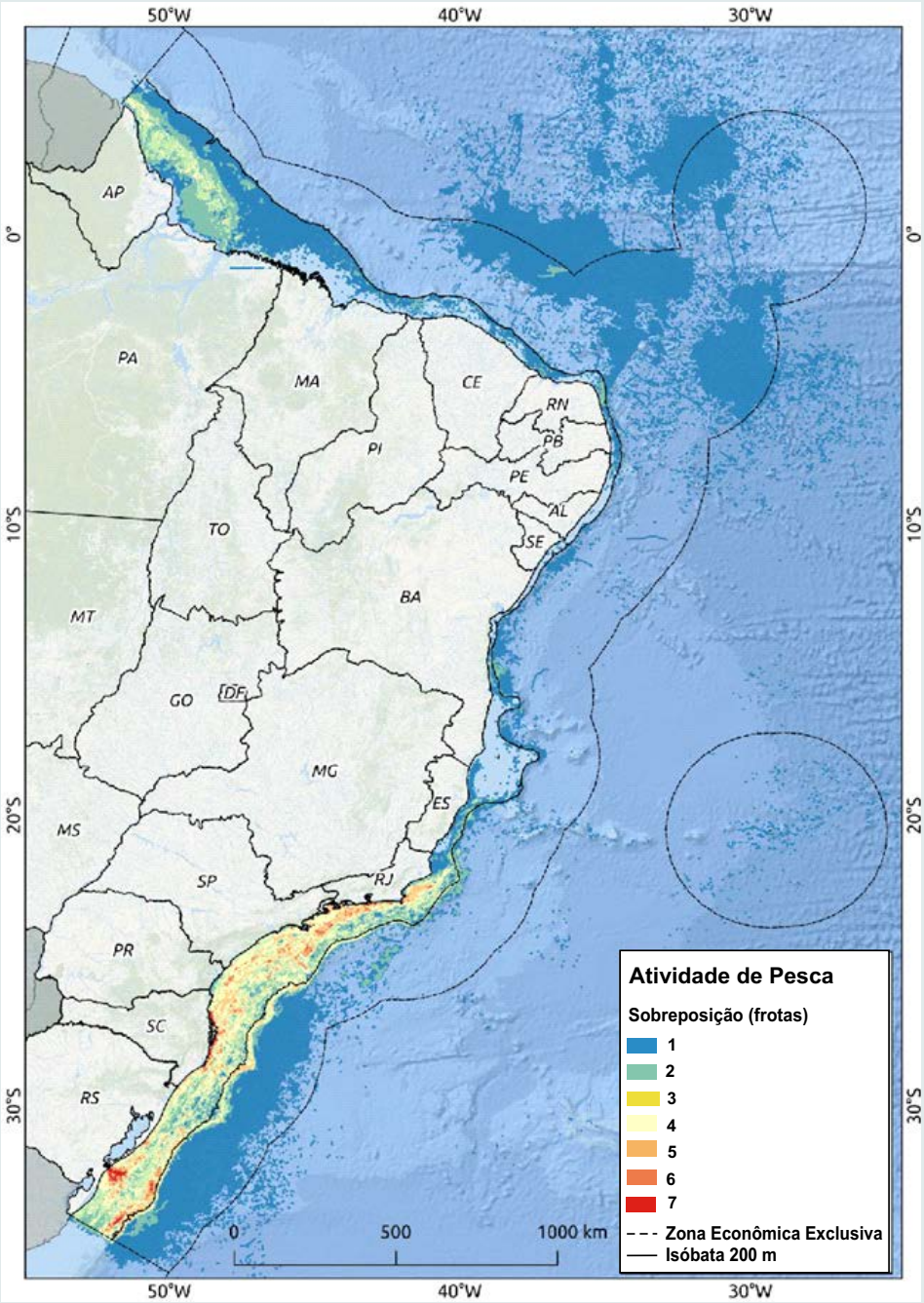
Fonte: MMA, 2017.

É imprescindível a retomada e implementação de instrumentos e ferramentas de ordenamento, monitoramento e controle, para promover o aprimoramento da gestão pesqueira no País, o que traria resultados positivos para a conservação da biodiversidade marinha e para a produtividade pesqueira. Entre esses instrumentos e medidas, destacam-se:

- Produção anual de estatística pesqueira em escala nacional;
- Embarque de observadores de bordo e observadores científicos;
- Consolidação e análise de mapas de bordo, com disponibilização dos dados em sistemas digitais e produção de relatórios, incluindo informações referentes às capturas incidentais;
- Aprimoramento do Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (Preps);
- Avaliações de estoques e definição de limites de captura, assim como de medidas de controle de esforço de pesca;

- Avaliações de impactos ambientais e adoção de medidas para reduzir os efeitos negativos da captura incidental sobre a biodiversidade aquática, entre outras medidas da abordagem ecossistêmica; e
- Desenvolvimento de ferramentas de controle de origem e rastreabilidade do pescado, a fim de coibir a pesca IUU (Ilegal, Não reportada e Não regulamentada).

Figura 20 – Representação da sobreposição das atividades das frotas monitoradas pelo Preps entre 2014 e 2016.



OBS.: Tipos de frotas consideradas: espinhel de superfície, espinhel de fundo, espinhel vertical/covos, vara e isca viva, emalhe, arrasto, cerco, armadilha para lagosta, armadilha para polvos.

Fonte: MMA, 2018.

Abordagem ecossistêmica na pesca

A gestão da pesca é um desafio não apenas brasileiro, mas mundial. Devido às dificuldades e falhas de gestão, com efeitos preocupantes sobre espécies e ambientes aquáticos, é possível observar uma tendência de redefinição na forma de lidar com a exploração pesqueira. A fim de superar limitações dos modelos convencionais ou tradicionais, que adotam uma abordagem reducionista, com foco em uma ou poucas espécies-alvo, há movimentos favoráveis para considerar uma visão integrada e ecossistêmica, incluindo as questões ambientais e socioculturais, que passaram a pesar na tomada de decisões (ISAAC *et al.*, 2006).

Desenvolvimento e princípios da abordagem ecossistêmica na pesca

A partir da constatação da estagnação mundial da pesca na década de 1990, a comunidade internacional passou a preocupar-se não apenas com a sustentabilidade dos estoques explotados, mas com os impactos da atividade pesqueira nas espécies da fauna acompanhante e de capturas incidentais, como no caso dos mamíferos, tartarugas e aves marinhas, e tubarões. Além disso, passou a haver também grande preocupação com os danos causados pela pesca no ecossistema marinho, a exemplo da chamada "pesca-fantasma", da pesca de arrasto em águas profundas, e dos danos causados pelas redes de emalhar de deriva, entre outros impactos (CEMBRA, 2019).

Assim, surgiu o conceito da abordagem ecossistêmica na pesca (EAF - *Ecosystem Approach to Fisheries*), visando realizar o manejo de recursos pesqueiros de forma mais integrada e considerando os aspectos ambientais e socioeconômicos. O conceito tem por base os princípios e recomendações do Código de Conduta da FAO para a Pesca Responsável (1995), para que a gestão da pesca possa abarcar objetivos de conservação mais amplos, promovendo a proteção dos recursos aquáticos vivos, seus ambientes e áreas costeiras. Esse instrumento veio a se somar a outros instrumentos internacionais, como a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) e a Agenda 21, focados na busca do desenvolvimento sustentável da atividade pesqueira mundial, bem como no enfoque precautório e na necessidade de se levar em conta os aspectos ecossistêmicos no manejo pesqueiro, consolidados no Acordo de Nova York, de 2001 (CEMBRA, 2019).

Os princípios fundamentais recomendados pela EAF são (FAO, 2013):

- A pesca deve ser gerida de modo a limitar seu impacto no ecossistema a um nível aceitável;
- As relações ecológicas entre espécies deveriam ser mantidas;
- As medidas de gestão deveriam ser compatíveis ao longo de toda a distribuição dos recursos;
- É necessário exercer precaução no processo de tomada de decisão e de ações de gestão, uma vez que o conhecimento sobre o ecossistema é ainda incompleto; e
- O sistema de governança deve assegurar o bem-estar e a equidade tanto das pessoas como do ecossistema.

Para a abordagem ecossistêmica contribuem metodologias que enfatizam os objetivos da gestão da pesca e os processos de decisão participativos. Entre elas, destacam-se novos regimes de governança, como a cogestão ou gestão compartilhada, que têm o potencial de tratar o desenvolvimento comunitário e o envolvimento do setor pesqueiro como parte da gestão dos recursos, a exemplo de fóruns de ordenamento pesqueiro, ou na gestão de unidades de conservação de uso sustentável. A gestão compartilhada de recursos pesqueiros pode ser entendida como o processo de compartilhamento de responsabilidades e atribuições entre representantes do Estado e da sociedade civil organizada, incluindo os setores da pesca e o ambiental, além do setor acadêmico, nas discussões das medidas e limites sustentáveis de exploração (DIAS NETO, 2015; VIEIRA et al., 2015).

Especialmente a partir de 2009, a regulamentação e a gestão da pesca marinha no Brasil passaram a ser embasadas de forma ampla na estratégia de gestão compartilhada, com base científica, espelhada em experiências anteriores desenvolvidas pelo Ibama (VIANA, 2013). Essa abordagem na pesca marinha se espelhou, parcialmente, na referida gestão de base comunitária, em áreas de várzea da Amazônia, desenvolvida há várias décadas e sancionadas desde 1993 como acordos locais, de forma a restringir o acesso de grandes barcos de pesca comercial a lagos próximos às comunidades, por meio de iniciativas designadas como "acordos de pesca".

Na área marinha, o Governo Federal, por meio do extinto Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) e o MMA, estabeleceu um conjunto de colegiados de pesca participativos, denominados Comitês Consultivos Permanentes de Gestão (CPG), abrangendo as principais bacias hidrográficas brasileiras e toda a ZEE. Foram estabelecidos comitês específicos para a gestão da pesca da lagosta, do camarão e de atuns, além de comitês para a gestão da pesca na ZEE das regiões Sudeste-Sul e da ZEE das regiões Norte-Nordeste. Os comitês, criados na maioria em 2015 e apoiados por subcomitês científicos, com o objetivo de fornecer orientação para as medidas a serem aprovadas, foram descontinuados em 2019[28] e reconstituídos após dois anos, com novo arranjo, por meio do Decreto n.º 10.736, de 29 de junho de 2021[29]. É fundamental que as medidas de regulamentação necessárias ao ordenamento da atividade pesqueira passem por um processo de discussão, com todos os envolvidos. Para esse objetivo, é necessário que os CPG das diversas pescarias sejam implementados e fortalecidos (DIAS NETO, 2015; CEMBRA, 2019).

Áreas protegidas marinhas e áreas de exclusão de pesca

Considerando as medidas previstas na abordagem ecossistêmica na pesca, a criação de áreas aquáticas protegidas emergiu como uma das políticas e iniciativas nacionais prioritárias para a conservação da biodiversidade e seu uso sustentável, sendo um instrumento com resultados positivos para a proteção e aumento dos estoques de peixes marinhos. A área marinha protegida por Unidades de Conservação (UC) se elevou, em 2018, para 26,3% das águas jurisdicionais brasileiras, considerando o mar territorial somado à ZEE.

A delimitação de áreas de exclusão ou restrição de pesca, também designadas Áreas de Conservação e Reprodução de Espécies (Acres), com fechamento temporário ou permanente da atividade pesqueira, soma-se às UC como estratégia convergente com a abordagem ecossistêmica. O gerenciamento compartilhado de recursos e o fechamento parcial de áreas de pesca promoveram, em diferentes regiões do litoral, benefícios evidentes, induzindo a recuperação de estoques e da biodiversidade local. Experiências com a gestão pesqueira em áreas protegidas, que permitem o uso sustentável, a exemplo da Reserva Extrativista Marinha do Corumbau/BA e a Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais/PE, constatam que o estabelecimento de áreas fechadas à pesca favorece a recuperação de diversas espécies, com incrementos em abundância, densidade e tamanho dos indivíduos (FERREIRA; MAIDA, 2006; MMA, 2012).

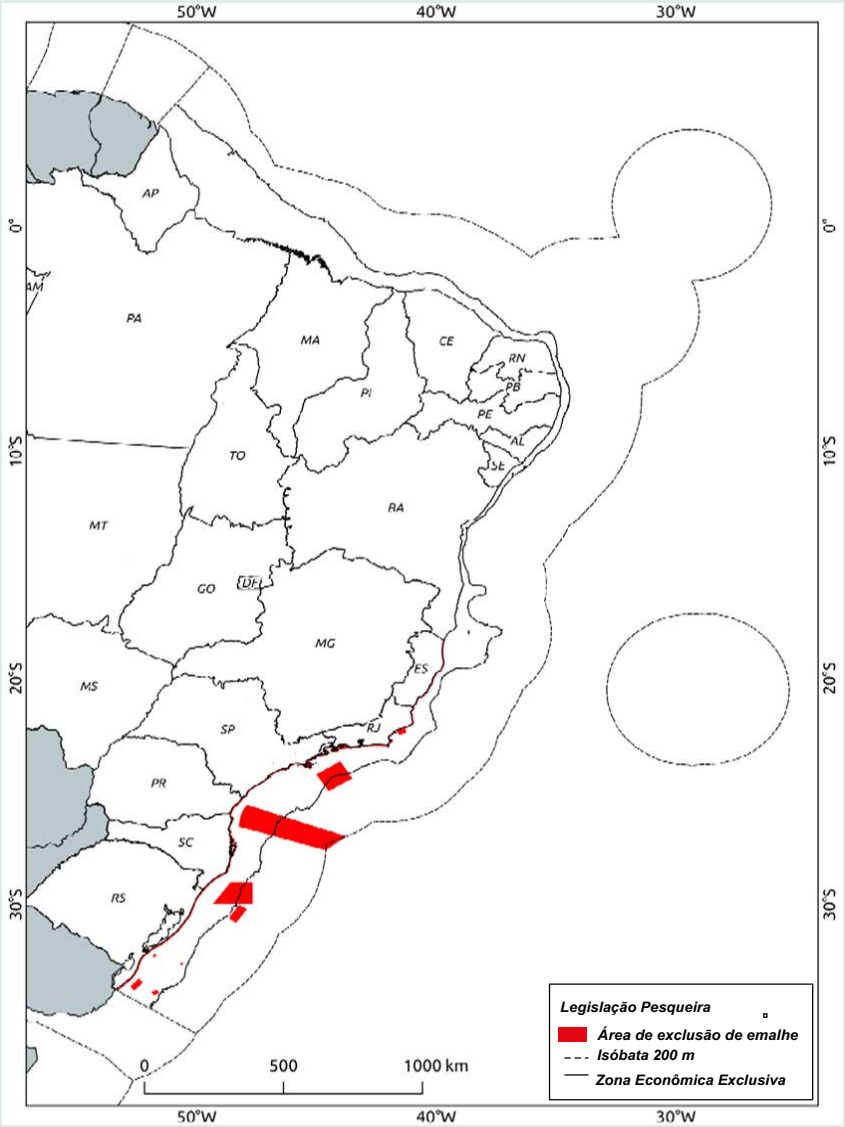
28 O Decreto n.º 9.759, de 11 de abril de 2019, estabelece que a partir do dia 28/06/2019 todos os colegiados da administração pública federal direta, autárquica e fundacional estão automaticamente extintos.

29 O Decreto n.º 10.736, de 29 de junho de 2021, estabelece uma Rede Nacional Colaborativa para a Gestão Sustentável dos Recursos Pesqueiros (Rede Pesca Brasil) e prevê a instituição de 10 comitês, sendo 6 marinhos: 2 para recursos das regiões Norte e Nordeste; 2 para recursos das regiões Sudeste e Sul, mantendo os CPG de atuns e de lagosta, e criando outro para recursos ornamentais (marinhos e continentais).

Outra estratégia é a de áreas com restrição a apenas algumas modalidades de pesca. Várias normas de ordenamento pesqueiro delimitam esse fechamento espacial para diminuir o esforço de pesca sobre as espécies-alvo, proteger áreas de reprodução e crescimento de determinadas espécies, diminuir o conflito entre diferentes frotas, entre a pesca industrial e artesanal, ou para proteger espécies ameaçadas.

Destaca-se, entre essas normas, a INI n.º 12/2012, que promove o ordenamento da pesca de emalhe nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, limita os comprimentos máximos das redes e define áreas de exclusão de pesca (Figura 21), visando a proteção de diversas espécies da fauna marinha costeira ameaçadas, como a toninha (*Pontoporia blainvillei*), a tartaruga-cabeçuda, (*Caretta caretta*), a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*), tubarões, raias e peixes demersais. Entretanto, para que sejam efetivas, essas áreas devem contar com monitoramento e controle intensivos, sob o risco de que sem essas medidas pode ocorrer o descumprimento das normas e a consequente manutenção da alta mortalidade incidental, como observado para as toninhas, a partir de um projeto de monitoramento da pesca desenvolvido no litoral do Rio Grande do Sul (FURG, 2016).

Figura 21 – Representação das áreas de exclusão para a pesca de emalhe, vigentes nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.



Fonte: MMA, 2018.

No caso do arrasto, foi criada em 2018 uma significativa área de exclusão no litoral do Rio Grande do Sul, nas 12 milhas náuticas da faixa marítima da zona costeira, visando proteger diversas espécies ameaçadas e indivíduos juvenis de recursos pesqueiros e, assim, promover benefícios não apenas ambientais, mas socioeconômicos. De 66 espécies de peixes pescadas na região, apenas 7 são alvo da pesca industrial, enquanto outras 37 fazem parte da fauna acompanhante e eram desembarcadas sem maior valor comercial, além de 22 espécies ameaçadas de extinção, sendo 20 espécies de tubarões e raias, e duas espécies de peixes ósseos. Além da proteção às espécies ameaçadas, a retirada da pesca de arrasto dessa área evitaria o descarte de juvenis das espécies-alvo principais, que são corvina (*Micropogonias furnieri*); pescada (*Cynoscion guatucupa*), castanha (*Umbrina canosai*) e pescadinha *(Macrodon atricauda*). Isso, calculando o incremento do potencial de desembarque em 3.885 toneladas ou 209% em um ano de fechamento, com aumento para 709% após dois anos, tendo por referência a produção do ano de 2016, e considerando os processos de mortalidade natural, crescimento e recrutamento dessas espécies (CARDOSO *et al.*, 2017). A criação dessa área encontra-se suspensa por decisão judicial, decorrente de discussão quanto à competência dos Estados em estabelecer regras de ordenamento em suas águas costeiras de forma concorrente com a União, não obstante a importância da medida para contribuir com a conservação dos recursos marinhos.

Os demais tipos de áreas fechadas à pesca estão associados a empreendimentos marítimos, especialmente do setor de produção de óleo e gás, a exemplo da proibição à pesca, no raio de 500 metros no entorno das plataformas de petróleo, estabelecida pelas Normas da Autoridade Marítima (Normam-08/DPC). Os impactos dessas áreas sobre a biodiversidade marinha podem ser positivos, servindo como áreas de refúgio a diversas espécies de peixes, ou negativos, nos casos de incrustação das estruturas artificiais e propagação de espécies invasoras, como o coral-sol, ou da pesca ilegal sobre agregações de algumas espécies nesses locais. Novos empreendimentos podem, no futuro, gerar restrições similares à pesca, como o licenciamento em curso de um complexo eólico na costa do Rio Grande do Sul.

Mitigação da captura de espécies ameaçadas e uso sustentável de recursos pesqueiros

Considerando que as atividades de pesca e de outros setores exercem efeitos diretos e indiretos sobre a biodiversidade aquática, de forma abrangente e contínua, afetando populações, comunidades, a estrutura e a dinâmica dos ecossistemas, é desejável ter um amplo conjunto de ações que possam abordar esses impactos e permitir o alcance de objetivos de gestão mais eficientes, como parte da EAF. Em resposta, um conjunto de normas e práticas de gestão têm sido adotadas, com o apoio de programas, projetos e outras iniciativas. O ICMBio trabalha para melhorar o estado de conservação da fauna brasileira usando, principalmente, três ferramentas integradas de gestão:

i) Avaliação do risco de extinção da espécie: permite a atualização das listas nacionais de espécies brasileiras ameaçadas de extinção, usando a metodologia criada pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN - *International Union for Conservation of Nature*);

ii) Identificação de cenários de perda de biodiversidade: permite identificar as áreas de maior vulnerabilidade para a perda de espécies ou suas populações; e

iii) Definição e implementação de Planos de Ação Nacionais (PAN): permitem identificar as ações com maior importância para a conservação de espécies ameaçadas de extinção.



Boto cinza *Sotalia guianensis*
Fonte: Pedro Fruet/CMA/ICMBio

Além dos PAN com enfoque em espécies, existem planos de ação voltados para os manguezais (PAN Manguezal – 2015) e ambientes coralíneos (PAN Corais – 2016), ecossistemas de alta produtividade, que geram inúmeros bens e serviços ambientais, incluindo sua destacada contribuição para a produção pesqueira. Tais ecossistemas são considerados especialmente vulneráveis às mudanças climáticas por sua fragilidade e limitada capacidade de adaptação, e os danos a eles causados podem ser irreversíveis. Pesquisadores têm alertado que os recifes de coral podem ser o primeiro ecossistema funcionalmente extinto devido às mudanças climáticas globais, caso as concentrações de CO_2 ultrapassem 450 partes por milhão, fato possível de acontecer se aceitarmos um aumento médio de 2-3 ^{0}C de temperatura (MMA, 2012).

Outra estratégia tem sido a adoção de planos de recuperação, voltados aos peixes e invertebrados aquáticos ameaçados. Os planos de recuperação são documentos que estabelecem as diretrizes, objetivos e medidas para promover a conservação e recuperação populacional de espécies de peixes e invertebrados aquáticos ameaçados de extinção e, quando ambientalmente viáveis, indicam os limites de uso sustentável a serem autorizados pelos órgãos ambientais competentes. As espécies ameaçadas são protegidas pela legislação brasileira e, no caso das capturadas como recursos-alvo ou de forma incidental, o Governo, a partir de discussões com a comunidade científica e com o setor pesqueiro, aprovou em 2017/2018 medidas de gestão que permitem sua recuperação e conservação, como parte de uma estratégia com melhores ganhos ambientais e socioeconômicos.

Esses documentos podem ser produzidos para uma única espécie, ou para um conjunto de espécies que apresentem similaridade na sua biologia, ecologia, distribuição e/ou semelhança com relação aos principais impactos que as afetam.

O modelo dos Planos de Recuperação foi discutido entre o Governo e setores pesqueiro, ambientalista e da Academia, considerando modelos adotados com sucesso em outros países, porém, adaptados à realidade nacional. Em 2018, esse modelo foi revisado pelo Grupo de Trabalho (GT) criado pela Portaria MMA n.º 201, de 31 de maio de 2017, e uma versão atualizada foi aprovada em 2018. A adoção de medidas de recuperação de espécies ameaçadas de importância socioeconômica depende de:

i) Produção do Plano de Recuperação, com recomendação técnica para regulamentar o uso sustentável ou para manter a proibição de captura da espécie;

ii) Publicação de norma exclusiva do Ministério do Meio Ambiente, reconhecendo o Plano de Recuperação

e a possibilidade ou não de uso da espécie, de acordo com as medidas recomendadas e conforme estabelecido pela Portaria MMA n.º 73 de 2018; e

iii) Publicação de norma de ordenamento pesqueiro, para o cumprimento de medidas definidas no Plano de Recuperação. Conforme previsto pela legislação nacional, essa norma deve ser publicada pelo Mapa, podendo haver regras específicas definidas pelo ICMBio, para UC federais.

Os trabalhos do GT permitiram identificar 47 espécies de peixes e invertebrados aquáticos de interesse socioeconômico, prioritárias para a produção de medidas de gestão e conservação. Até 2018, foram produzidos oito planos de recuperação para as espécies marinhas listadas na Portaria MMA n.º 445/2014:

- Plano de Recuperação dos Bagres-Marinhos: Portaria MMA n.º 127, de 27 de abril de 2018;
- Plano de Recuperação do Guaiamum: Portaria MMA n.º 128, de 27 de abril de 2018;
- Plano de Recuperação dos Budiões: Portaria MMA n.º 129, de 27 de abril de 2018;
- Plano de Recuperação do Cherne-Verdadeiro e do Peixe-Batata: Portaria MMA n.º 227, de 14 de junho de 2018;
- Plano de Recuperação do Pargo: Portaria MMA n.º 228, de 14 de junho de 2018;
- Plano de Recuperação da Garoupa-Verdadeira: Portaria MMA n.º 229, de 14 de junho de 2018;
- Plano de Recuperação da Gurijuba: Portaria MMA n.º 230, de 14 de junho de 2018; e
- Plano de Recuperação de Peixes Recifais: Portaria MMA n.º 292 de 18 de julho de 2018.

Com a descontinuidade do GT, que vinha acompanhando o desenvolvimento dos planos de recuperação, devido aos efeitos do Decreto n.º 9.759, de 11 de abril de 2019 (que ocasionou também a desmobilização dos comitês permanentes de pesca), foram paralisadas as discussões que permitiriam acompanhar sua implementação e recomendar medidas adaptativas, entre outras ações. A criação de novo grupo de trabalho, por meio da Portaria Interministerial MMA/Mapa n.º 218, de 10 de junho de 2021, pode promover a retomada dessas ações.

Os planos de gestão de recursos pesqueiros são outro tipo de instrumento desenvolvido para promover o uso sustentável de espécies de peixes e invertebrados aquáticos, tendo seu foco nas espécies-alvo. Vários planos de gestão foram propostos e elaborados pelo Ibama para espécies sobre-explotadas (incluindo diversos tubarões e raias, além do caranguejo-guaiamum e espécies de cavalo-marinho, que estão atualmente na condição de ameaçadas).

Além desses, foi elaborado o Plano de Gestão para o Uso Sustentável da Tainha (*Mugil liza*) nas regiões Sudeste/Sul do Brasil, pelo MPA, MMA, Ibama e ICMBio, contando ainda com a colaboração de especialistas O plano foi publicado em 2015 e revisado no âmbito do Comitê de Recursos Pelágicos SE/S, em 2018. A partir da avaliação de estoque da tainha (MAPA, 2020), foi adotado um limite de captura anual, por cotas. É a única espécie marinha, atualmente, a contar com esse tipo de manejo.

Os planos de gestão constituem uma estratégia potencialmente efetiva para promover maior sustentabilidade das principais modalidades de pesca, porém pouco utilizada, uma vez que os planos de gestão da tainha e de lagostas são os únicos implementados. Além desses, está em desenvolvimento um Plano de Gestão da Pesca de Atuns e Afins no Brasil, no âmbito do Mapa.

Em seu conjunto, os planos de ação, planos de recuperação e de gestão apresentam abordagens próprias, mas também interfaces e oportunidade de sinergismo, por meio da cooperação de ações. Com exceção dos PAN, que contam com um sistema de monitoramento e revisão regular, junto ao ICMBio, os demais necessitam de estratégia de implementação mais efetiva.

Medidas de redução de captura de *bycatch* e de melhor gestão de determinadas modalidades de pesca podem ser conjugadas, a exemplo da tentativa de minimizar os danos ambientais pela pesca de arrasto e manter sua produtividade, por meio do desenvolvimento de mecanismos de seletividade que possibilitam a captura de recursos-alvo com menor incidência sobre a fauna acompanhante e espécies ameaçadas. Desses mecanismos, são citados: tamanho da malha e válvulas de escape para tartarugas (*Turtle Excluder Device* – TED), malhas quadradas, válvulas de escape para peixes (DIAS NETO, 2015). Nesse caso, o projeto coordenado pela FAO e financiado pelo GEF (Fundo para o Meio Ambiente Mundial), intitulado *Rebyc* II – LAC (Projeto para o Manejo Sustentável da Fauna Acompanhante da Pesca de Arrasto na América Latina e Caribe) desenvolveu, no Brasil, entre 2017 e 2020, uma série de iniciativas para testar a redução do *bycatch* da pesca de arrasto de camarões no País, incluindo a adaptação de diferentes tipos de dispositivos redutores da fauna acompanhante, como grades de escape e malha quadrada (CEMBRA, 2019).

Tornar as pescarias seletivas, reduzindo a captura de espécies que não são alvo, é essencial para evitar danos colaterais causados pela pesca, objetivo que pode ser atingido por meio de mudanças nos petrechos e nos padrões operacionais das frotas, conforme o "Código de Conduta da Pesca Responsável" da FAO, de 1995[30]. É preciso também investir na coleta de dados sobre as espécies, com monitoramento no desembarque e a bordo, a fim de orientar medidas de gestão mais eficazes para a mitigação das capturas não intencionais.

ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

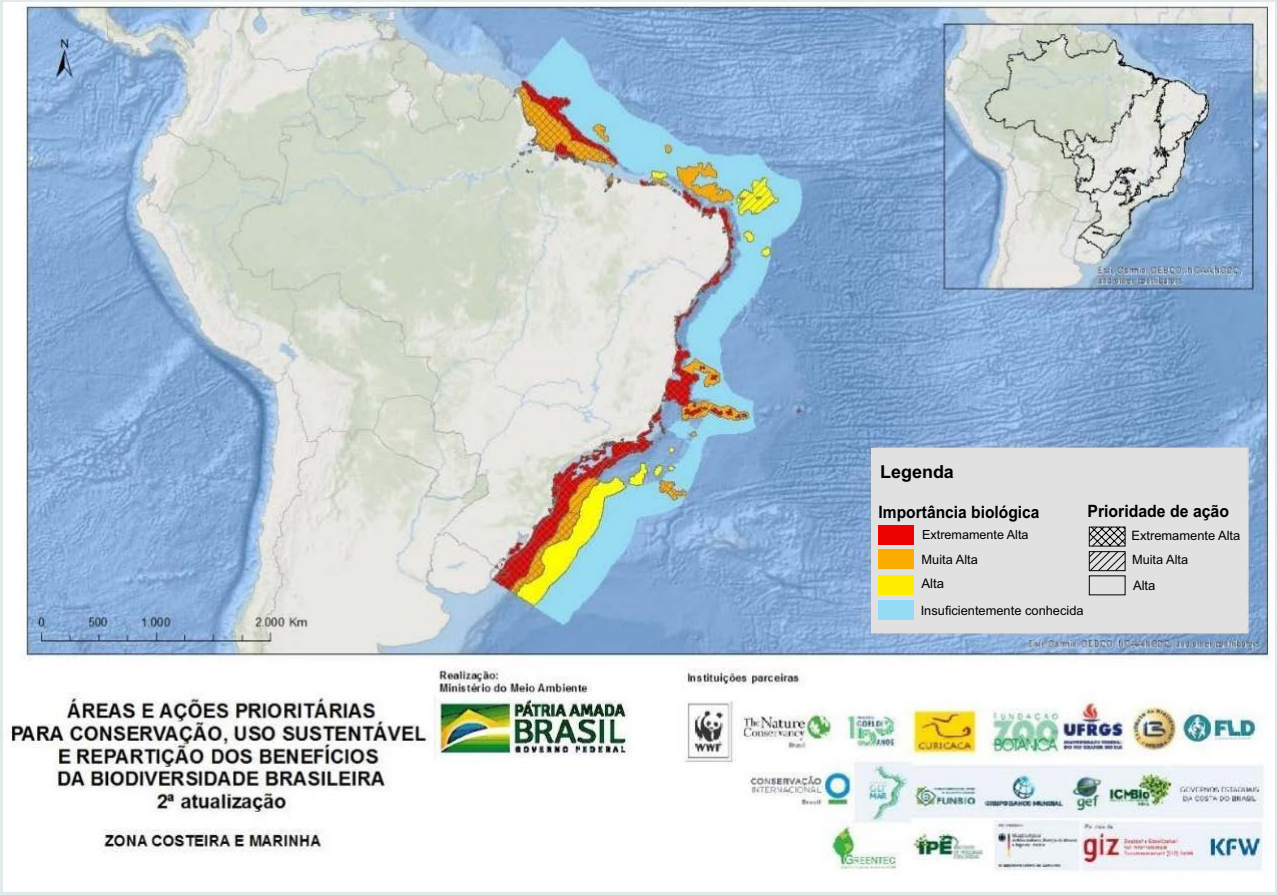
Em 2018, foi publicada a Portaria MMA n.º 463/2018, que atualiza as Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha. As Áreas Prioritárias para a Biodiversidade[31] são um instrumento de planejamento que visa nortear não só o setor governamental, mas servir de referência ao setor privado e ao setor civil organizado, sobre onde e quais ações deveriam ser realizadas para o planejamento e a implementação de medidas adequadas, voltadas à: (i) conservação *in situ* da biodiversidade; (ii) utilização sustentável de componentes da biodiversidade; (iii) repartição de benefícios derivados do acesso a recursos genéticos e ao conhecimento tradicional associado; (iv) pesquisa e inventários sobre a biodiversidade; (v) recuperação de áreas degradadas e de espécies sobre-explotadas ou ameaçadas de extinção; e (vi) valorização econômica da biodiversidade.

Como resultado desse processo, existem "Áreas Prioritárias" (Figura 22), "Ações Prioritárias" recomendadas para cada área (para cada área prioritária são recomendadas ações a serem implementadas no respectivo território), além de um banco de dados e fichas com as informações sobre os alvos de conservação, as atividades antrópicas e outras informações importantes. As áreas são classificadas de acordo com sua importância biológica e a prioridade de ação (prioridade para implementação das ações).

30 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.fao.org/3/v9878e/v9878e.pdf#page=11.
31 Mais informações podem ser obtidas no capítulo "Biodiversidade".

Todo esse conjunto de dados e informações visam subsidiar planejamentos ambientais e setoriais, governos, setores econômicos e sociedade civil organizada, para a implementação de suas ações e atividades.

Figura 22 – Áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade da Zona Costeira e Marinha.



Fonte: Portaria MMA n.º 463, de 18 de dezembro de 2018.

Ao todo, foram reconhecidas 213 áreas prioritárias na zona costeira e marinha, cuja extensão total corresponde a aproximadamente 324.434.751 ha (Tabela 6).

Tabela 6 – Número e extensão das áreas prioritárias na zona costeira e marinha.

	Número de áreas prioritárias*	Área (ha)**
Áreas apenas na Zona Costeira e Marinha	113	123.030.112
Área Insuficientemente Conhecida	1	197.968.653
Áreas da Zona Costeira e Marinha com sobreposição com os biomas costeiros (áreas híbridas)	99	3.435.984
Total de áreas prioritárias na Zona Costeira e Marinha	**213**	**324.434.751**

Obs.: *Nesse cálculo, foram consideradas todas as áreas prioritárias da Zona Costeira e Marinha, incluindo áreas em sobreposição com a parte costeira dos biomas terrestres. ** valor aproximado.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

As áreas híbridas são áreas selecionadas tanto no exercício feito pelos especialistas da Zona Costeira e Marinha como no exercício feito pelos especialistas nos biomas terrestres costeiros. Todas as áreas foram classificadas de acordo com sua Importância Biológica e Prioridade de Ação, conforme Tabela 7. Uma parcela da zona costeira e marinha foi ainda classificada como "Insuficientemente Conhecida", pois o processo conseguiu reunir poucos dados para a região, logo, é importante que ações de pesquisa sejam implementadas nessa área.

Tabela 7 – Áreas Prioritárias da Zona Costeira e Marinha, classificadas conforme sua importância biológica e prioridade de ação**.**

	Alta	Muito Alta	Extremamente Alta
Importância biológica	9	40	163
Prioridade de ação	16	20	180

Obs.: Nesse cálculo, foram consideradas todas as áreas prioritárias da Zona Costeira e Marinha, incluindo áreas em sobreposição com a parte costeira dos biomas terrestres.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Principais ações recomendadas

Foram recomendadas de uma a três ações a serem implementadas para cada uma das áreas prioritárias (Tabela 8) divididas em quatro temas, a saber: i) Gestão e Governança; ii) Mitigação de impactos; iii) Gestão do conhecimento; e iv) Uso sustentável dos recursos.

Tabela 8 – Ações recomendadas para as Áreas Prioritárias da Zona Costeira e Marinha.

Tema	Ações prioritárias	Detalhamento
Gestão e Governança	Criação de UC	Criação de UC de Proteção Integral
		Criação de UC de Uso Sustentável
	Ampliação de UC	
	Estabelecimento de Acordo de Pesca	
	Estabelecimento de Área de Conservação e Reprodução de Espécies (Acre)/Áreas de Exclusão à Pesca	
	Gestão integrada de áreas protegidas	Corredor ecológico (de acordo com o Snuc)
		Mosaico
		Outros arranjos de gestão integrada (especificar)
	Criação e fortalecimento de instrumentos de gestão territorial	Criação de Comitê de Bacia Hidrográfica
		Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica
		Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro
		Outros (especificar) – planos de gestão costeira (Gerco), licenciamento
	Reconhecimento internacional	Sítios do Patrimônio Mundial
		Reserva da biosfera
		Sítio Ramsar
		Outros (especificar)
	Reconhecimento/proteção de formação geológica relevante	Geoparques
		Cavernas
	Reconhecimento de Sítios Arqueológicos	
	Reconhecimento de Território Quilombola (regularização fundiária)	
	Reconhecimento de Terras Indígenas	Estudo para a criação de TI
		Demarcação de TI
		Titulação de TI
	Reconhecimento de áreas conservadas por comunidades tradicionais	Territórios de povos e comunidades tradicionais (ex.: Caiçaras)
		Território pesqueiro tradicional

Tema	Ações prioritárias	Detalhamento
Mitigação de Impactos	Fiscalização e controle de atividades ilegais	
	Redução de impacto de atividade degradante	Controle da poluição
	Recuperação de áreas degradadas	Recuperação de ecossistemas
		Recuperação de serviços ecossistêmicos (especificar os serviços)
	Controle, erradicação e prevenção de espécies invasoras	
	Recuperação de espécies	Recuperação de espécie ameaçada
		Recuperação de população explorada economicamente (estoque pesqueiro)
	Estudos de impacto sinérgico no licenciamento	
	Adaptação a mudanças do clima	Mitigação da acidificação
		Adaptação à erosão costeira
		Outros
	Declarar como área não apta para atividades impactantes (mineração, exploração de O&G, carcinicultura, conforme normativa (checar)	
Gestão do Conhecimento	Pesquisa	Biodiversidade
		Habitat crítico
		Geodiversidade
		Diagnóstico participativo
		Conhecimento tradicional associado
		Diagnóstico das cadeias de valor da sociobiodiversidade
		Estimativa de estoque pesqueiro
		Serviços ecossistêmicos
		Uso e ocupação por comunidades residentes
		Mapeamento de habitats
		Impactos da mudança do clima
		Potencial para o turismo sustentável
		Definição de capacidade de suporte
		Conhecimento tradicional associado
		Mitigação, remediação e restauração de impactos
		Outras (especificar)
Uso Sustentável dos Recursos	Monitoramento	Monitoramento de espécies
		Monitoramento de ecossistema
		Monitoramento de serviços ecossistêmicos
		Monitoramento pesqueiro
		Monitoramento da aquicultura
		Monitoramento da biodiversidade
	Manejo de recursos	Ordenamento pesqueiro
		Manejo de habitats críticos
	Pesca sustentável	Estímulo a pescarias sustentáveis
		Fortalecimento de cadeias de pesca sustentável
	Turismo sustentável	Turismo de base comunitária
		Turismo de mergulho recreativo
		Outros (especificar)
	Produtos da sociobiodiversidade	
	Produção sustentável (atividades em terra)	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

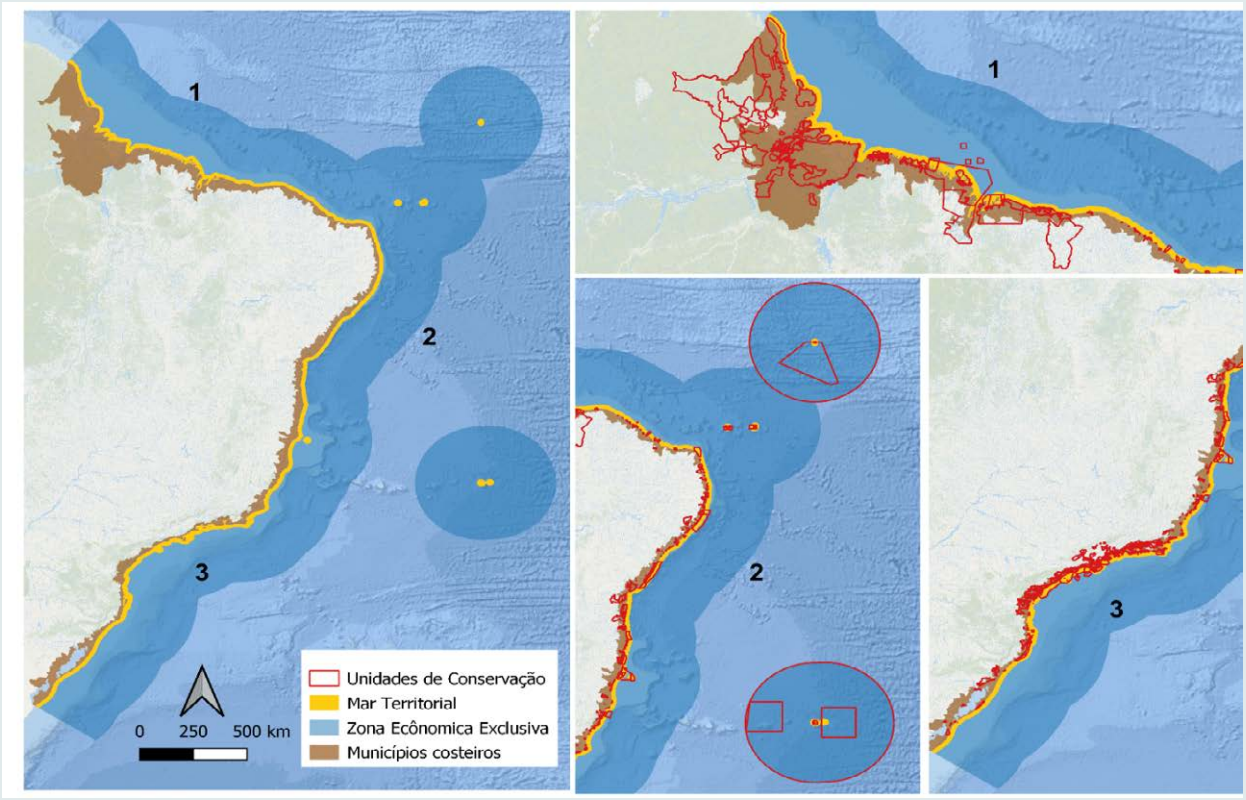
Essas ações foram recomendadas por especialistas de diversos setores e áreas do conhecimento, participantes das oficinas, e visam promover a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade da Zona Costeira e Marinha, e podem nortear a elaboração e implementação de políticas públicas federais, estaduais e municipais. Também são subsídio para o planejamento dos diversos setores, para que possam se basear em informações importantes para o desenvolvimento sustentável, além de servir de guia para as atividades da sociedade civil e suas organizações[32].

32 Mais informações sobre Áreas Prioritárias e ações recomendadas podem ser obtidas no *site:* http://areasprioritarias.mma.gov.br.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO COSTEIRO-MARINHAS

Atualmente, o sistema de unidades de conservação costeiro-marinhas do Brasil apresenta área total de quase 4 milhões de km², sendo aproximadamente 420 mil km² no território continental dos municípios costeiros e 3,64 milhões de km² no território marinho[33] (Figura 23 e Tabela 9). As 723 UC que cobrem a porção continental dos municípios costeiros representam 38,83% da área desses municípios. Por sua vez, as 190 UC que cobrem parte do território marinho brasileiro representam 26,49% da área marinha sob jurisdição nacional (Mar Territorial e ZEE). Em linhas gerais, as UC contribuem para a redução da perda de habitats e espécies (LUBCHENCO; GRORUD, 2015), para a valorização do patrimônio ambiental e cultural de povos e comunidades tradicionais (BAN *et al.*, 2018), além de fornecer bens e serviços ambientais para a sociedade (LEENHARDT *et al.*, 2015), tais como segurança alimentar, regulação do clima, ciclagem de nutrientes, entre outros benefícios. Na área marinha, as UC também contribuem para a recuperação dos estoques pesqueiros, aumento do potencial de produção pesqueira e proteção da erosão costeira.

Figura 23 – Ocorrência das Unidades de Conservação Costeiro-Marinhas ao longo da área dos municípios costeiros, Mar Territorial e ZEE do Brasil.



OBS.: Painel à esquerda: Mar Territorial e ZEE do Brasil; Painéis à direita: UC Costeiro-Marinhas ao longo da área dos municípios costeiros.

Fonte: CNUC[34], 2021.

33 É considerado território marinho a área correspondente ao Mar Territorial e à ZEE.

34 Painel de Unidades de Conservação Brasileiro. Banco de dados disponível no *site:* https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs.html.

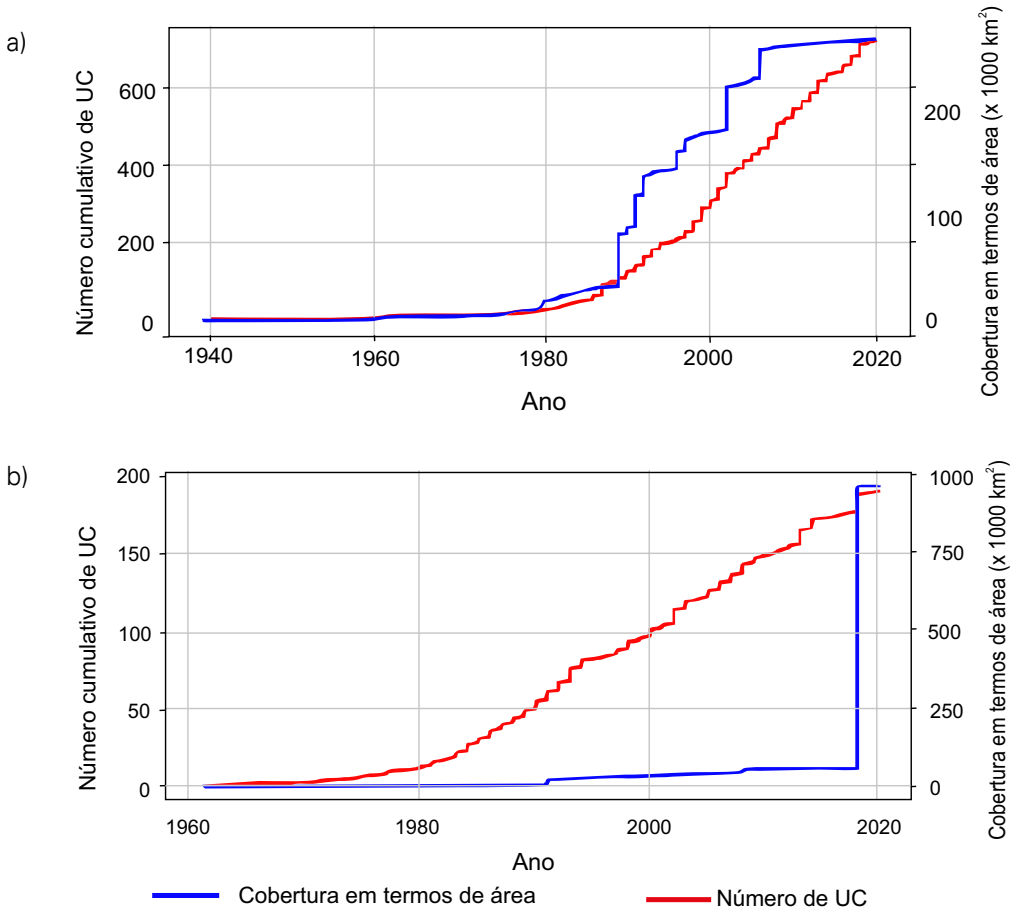
Tabela 9 – Unidades de Conservação localizadas em municípios costeiros e território marinho sob jurisdição nacional (Mar Territorial e ZEE do Brasil).

Compartimento	n.º de UC	Proporção da área em UC
Municípios Costeiros (território continental)	723	38,83%
Mar Territorial (MT)	188	27,56%
Zona Econômica Exclusiva (ZEE)	26	26,43%
Total no Território Marinho (MT+ZEE)	190	26,49%
Total Geral*	**739**	**27,77%**

OBS.: *O Total Geral não corresponde ao somatório das linhas por compartimento, pois algumas UC estão localizadas em mais de um compartimento, sendo contabilizadas mais de uma vez.
Fonte: CNUC, 2021.

Nos municípios costeiros, as UC foram estabelecidas desde 1940, porém, a partir de 1980, houve aumento expressivo no número e na extensão espacial (Figura 24a). No território marinho, por sua vez, as UC foram criadas desde 1960, mas, a partir de 1970, houve grande aumento no número de unidades, o que não foi acompanhado pelo aumento significativo em termos de área ou extensão espacial (Figura 24b). Em 2018, com a criação de dois grandes mosaicos de UC em áreas oceânicas, a proporção do território marinho protegido elevou-se de 1,5% para 26,34%.

Figura 24 – Evolução temporal no estabelecimento de UC a) nos municípios costeiros e b) no território marinho sob jurisdição nacional.



Fonte: CNUC, 2021.

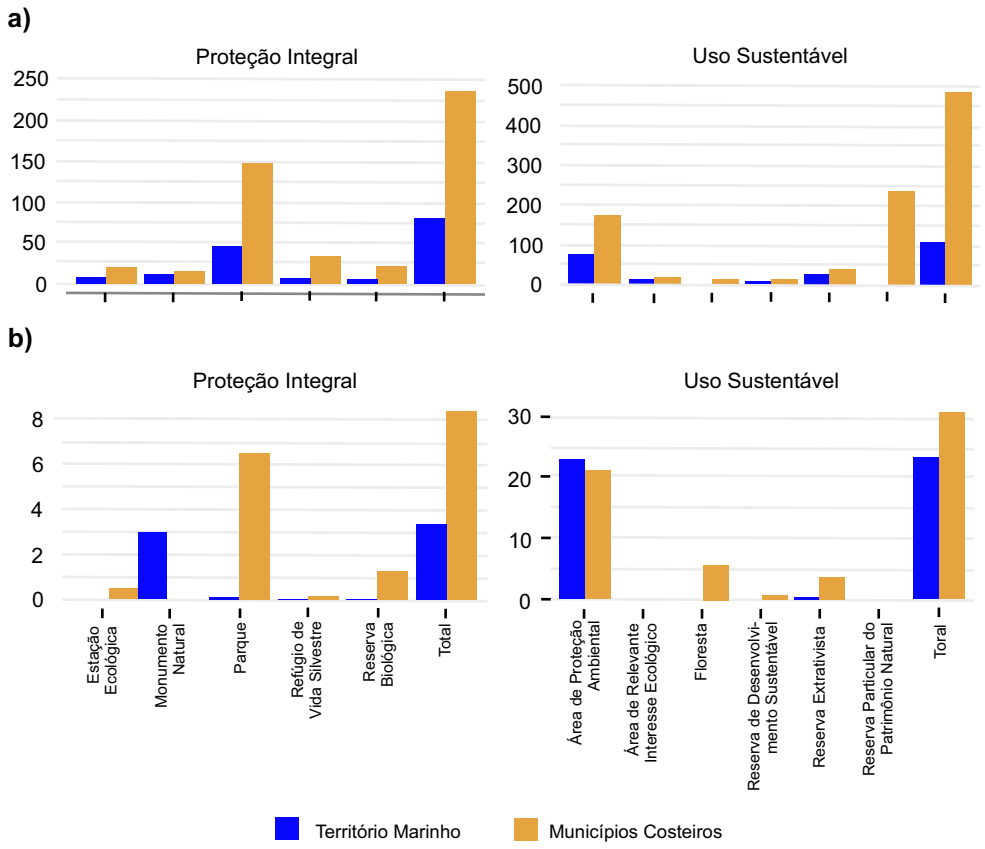
A maioria das UC nos municípios costeiros e no território marinho pertence ao grupo de categorias de uso sustentável (110 e 487 UC no território marinho e nos municípios costeiros, respectivamente), representando 23,16% e 30,55% da área total protegida nesses compartimentos (Tabela 10 e Figura 25a). Do total de UC de Uso Sustentável nos municípios costeiros, a maioria corresponde à categoria de Área de Proteção Ambiental (174), correspondendo também à maior área (20,95% dos 38,83%, ou seja, quase 54% da área total de UC nesses municípios) (Figura 25b). As unidades pertencentes à categoria floresta (10) possuem a segunda maior representatividade em termos de área, com 5,43% da área dos municípios dentro dessa categoria, ou seja, respondem por pouco mais de 14% da área terrestre protegida nos municípios costeiros. Embora haja grande quantidade de reservas particulares do patrimônio natural dentro desses municípios (237), estas somam área total muito pequena (0,07% ou menos de 1% do total protegido). No território marinho, a categoria de uso sustentável dominante está representada pelas áreas de proteção ambiental (75), que somam quase a totalidade de todas as unidades de uso sustentável – 22,95% dos 23,16% do total de área protegida por unidades de uso sustentável. Em seguida, vêm as reservas extrativistas (24), que perfazem um total de apenas 0,21% da área do território marinho, correspondendo a menos de 2% do total protegido.

Tabela 10 – Distribuição das UC nos municípios costeiros e território marinho do Brasil, em relação à categoria de manejo e grupo de categorias.

Categorias de proteção/ grupos de categoria	n.º de UC no território marinho	% do território marinho (ZEE +MT) brasileiro, em UC	n.º de UC nos municípios costeiros	% da área dos municípios costeiros, em UC
Área de Proteção Ambiental	75	22,95%	174	20,95%
Área de Relevante Interesse Ecológico	7	<0,001%	16	0,08%
Estação Ecológica	8	<0,001%	20	0,44%
Floresta	---	---	10	5,43%
Monumento Natural	10	3,15%	15	0,02%
Parque	46	0,13%	147	6,45%
Refúgio de Vida Silvestre	8	0,02%	34	0,14%
Reserva Biológica	8	0,02%	20	1,23%
Reserva de Desenvolvimento Sustentável	4	<0,001%	13	0,63%
Reserva Extrativista	24	0,21%	37	3,39%
Reserva Particular do Patrimônio Natural	---	---	237	0,07%
Total (categorias de uso sustentável)	110	23,16%	487	30,55%
Total (categorias de proteção integral)	80	3,33%	236	8,28%
Total geral	190	26,49%	723	38,83%

Fonte: CNUC, 2021.

Figura 25 – Distribuição das UC em relação à categoria de manejo e grupo de categorias (Proteção Integral e Uso Sustentável) nos municípios costeiros e território marinho: **a)** em termos de número/quantidade; e **b)** de porcentagem de cobertura.



Fonte: CNUC, 2021.

As UC de Proteção Integral ainda representam área relativamente pequena dos municípios costeiros (8,3%) e do território marinho (3,33%). Das 236 UC nos municípios costeiros, a maioria pertence à categoria parque (147), que totaliza 6,45% em termos de área, e reserva biológica (20), perfazendo 1,23% da área desses municípios. Os parques representam 21% da porção terrestre total protegida dos municípios costeiros. Das 80 UC pertencentes a esse grupo, no território marinho, a maioria também pertence à categoria de parque (46), representando 0,13% das águas jurisdicionais ou menos de 2% do total protegido no mar. Os monumentos naturais, embora somem apenas 10 unidades, representam área maior que a de parques (3,15% do território marinho total ou, aproximadamente, 12% de todo o território marinho protegido).

As UC costeiro-marinhas têm sido estabelecidas por atos do Poder Público das três esferas governamentais (Tabela 11). A maioria dessas unidades foram criadas por atos praticados na esfera estadual, tanto no território continental dos municípios costeiros (261) como no território marinho (84). Enquanto as unidades estaduais também representam a maior área nos municípios costeiros entre os três entes (22,65%), a extensão espacial no território marinho é de apenas 1,08% das águas jurisdicionais. As unidades federais apresentam maior representatividade no território marinho, perfazendo quase a totalidade das UC nesse compartimento (25,38% do total de 26,49% das águas jurisdicionais cobertas por UC). As unidades municipais totalizam área muito pequena no território marinho (<1%), mas cobrem 6,4% dos municípios costeiros.

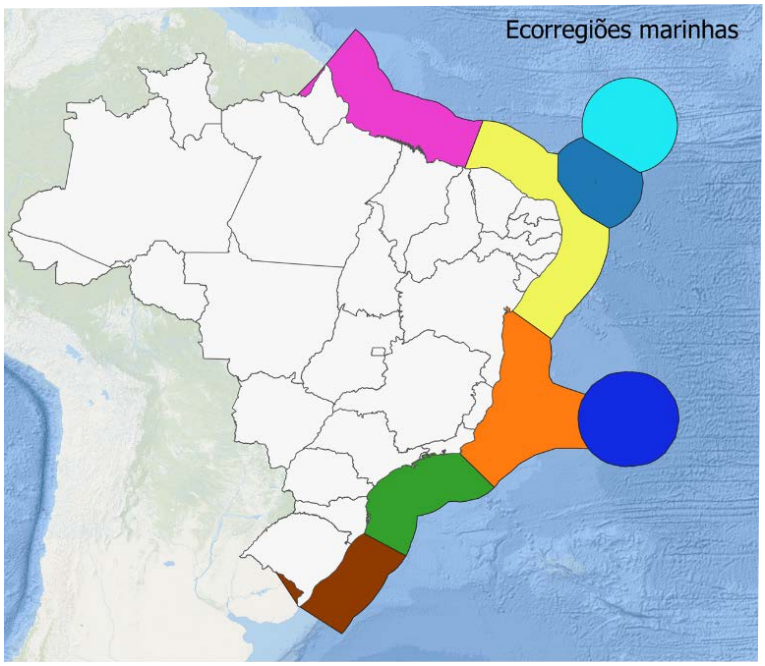
A proteção adequada da biodiversidade marinha requer uma distribuição equitativa das UC costeiro-marinhas, ao longo dos ecossistemas, representando os padrões conhecidos de distribuição de espécies e habitats. Ao avaliarmos a distribuição das UC costeiro-marinhas, ao longo das ecorregiões marinhas (SPALDING; FOX; ALLEN; DAVIDSON; FERDAÑA; FINLAYSON; ROBERTSON, 2007), como indicador dessa representatividade ecológica, nota-se distribuição desigual tanto para a porção territorial dos municípios costeiros defrontantes como para o território marinho propriamente dito (Figura 26). Para os municípios costeiros, há maior ocorrência de UC para a ecorregião da Amazônia e para pequenas porções terrestres, que são parte de municípios de ecorregiões, envolvendo as ilhas oceânicas (Arquipélago de Fernando de Noronha e Trindade e Martim Vaz). A maior deficiência de UC é observada para os municípios costeiros da ecorregião de Rio Grande. Para o território marinho, nota-se grande proporção de área protegida para ecorregiões associadas às ilhas oceânicas (principalmente os Arquipélagos de São Pedro e São Paulo e Trindade e Martim Vaz) e baixa proporção de proteção para as ecorregiões denominadas "Leste do Brasil", "Sudeste do Brasil" e "Rio Grande".

Tabela 11 – Distribuição das UC nos municípios costeiros e na área marinha do Brasil, em relação à esfera governamental.

Esfera	n.º UC (território marinho)	n.º UC (municípios costeiros)	% do território marinho brasileiro, em UC	% dos municípios costeiros, em UC
Estadual	84	286	1,08%	22.65%
Federal	70	261	25,38%	9.77%
Municipal	36	176	0,02%	6.41%
Total	190	723	26,49%	38.83%

Fonte: CNUC, 2021.

Figura 26 – Ocorrência e distribuição das UC costeiro-marinhas ao longo das ecorregiões marinhas (SPALDING *et al.*, 2007) bem como nos municípios costeiros defrontantes com o mar.



Ecorregiões	Munícipios costeiros (%)	Território marinho (%)
Amazonia	52.22	6.10
Nordeste do Brasil	18.56	1.77
São Pedro e São Paulo	---	100
Noronha/ Rocas	100	5.03
Leste do Brasil	17.10	1.90
Trindade/ Martin Vaz	45.31	99.88
Sudeste do Brasília	23.28	3.78
Rio Grande	4.05	0.14

Fonte: CNUC,2021.

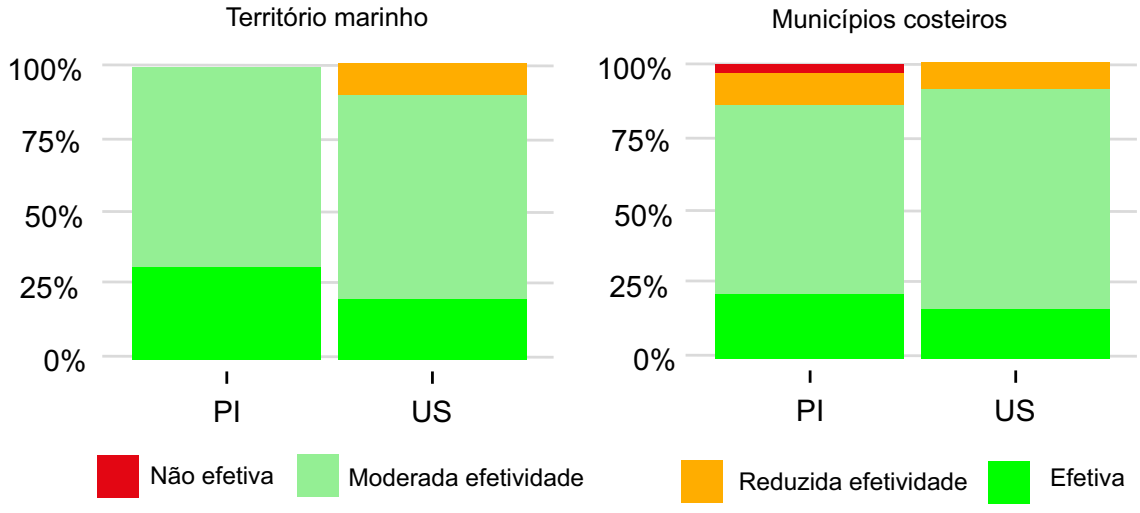
Além da representatividade ecológica, as UC costeiro-marinhas devem ser efetivamente manejadas, de forma a alcançar adequadamente os objetivos pelos quais foram criadas. Os desafios que envolvem o aprimoramento da gestão de UC incluem o desenvolvimento de programas de monitoramento estratégicos, a adequada destinação de recursos financeiros associados aos custos de proteção, maior envolvimento e empoderamento de atores locais, bem como parcerias para sua melhor governança (MILL; MAGRIS; FUENTES; BONALDO; HERBST; LIMA; DE FREITAS, 2020).

A efetividade da gestão de UC costeiro-marinhas foi avaliada em 2020 pelo Samge (Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão do ICMBio). A efetividade de gestão, medida pelo Samge, reflete as percepções dos gestores e equipe de cada UC, em relação ao seu nível de implementação, baseado em indicadores como capacidade administrativa, nível de regulação, ameaças que enfrentam etc (Figura 27). Essa avaliação incluiu 96 unidades presentes nos municípios costeiros (quase 22% da área protegida nesse compartimento) e 105 unidades presentes no território marinho (96% da área protegida nesse compartimento). Essa avaliação identifica que a maioria dessas unidades apresenta efetividade moderada tanto para os municípios costeiros (67,7%) como para o território marinho (71%). Outros 27,5% e 13% das unidades foram consideradas altamente efetivas nos municípios costeiros e território marinho, respectivamente. 18 UC foram consideradas inefetivas ou de efetividade reduzida nos municípios costeiros (i.e., 18,75%), enquanto nove foram consideradas de efetividade reduzida no mar (i.e. 8,6%). Os maiores gargalos estão relacionados ao contexto e planejamento das UCs. Em contrapartida, os insumos de que dispõem e os produtos e serviços que geram são os indicadores mais bem avaliados.

Os objetivos dessas UC estão voltados à conservação de diversos recursos e valores, principalmente relacionados: i) à biodiversidade (como mamíferos e aves marinhos, peixes, tartarugas, recifes e manguezais); ii) aos valores socioeconômicos (manutenção dos recursos pesqueiros, dos modos de vida tradicional, bem como das paisagens cênicas para turismo e visitação); iii) à proteção da geodiversidade (ilhas, praias, dunas, recifes, restingas e vegetação atlântica); e iv) aos diversos serviços ecossistêmicos que os ambientes costeiros e marinhos provêm.

Como forma de aprimorar a proteção da biodiversidade marinha e costeira, é necessária a ampliação do atual sistema de UC, de forma a aumentar a proteção de habitats e espécies ameaçadas, e de garantir a formação de uma rede de UC com características emergentes, tais como a representatividade e a conectividade ecológica do sistema como um todo (MAGRIS *et al.*, 2020). Aliado a esse fato, os avanços necessários nas ações de monitoramento, controle e proteção, são fundamentais para o aumento da efetividade ecológica das UC.

Figura 27 – Efetividade da gestão das UC costeiro-marinhas no Brasil, segundo o Samge, para as categorias de Proteção Integral (PI) e Uso Sustentável (US).



Fonte: CNUC, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração deste Capítulo tem como objetivo estabelecer um recorte espacial que apresenta características e problemáticas específicas que envolvem temáticas melhor abordadas dentro de uma visão integrada de gestão costeira e marinha, a exemplo da pesca e da erosão. No entanto, a enorme extensão da costa implica em diversidades fisiográficas significativas e numerosas. Somadas a essa variação físico-natural, estão as particularidades advindas das diferentes formas de ocupação humana e das distintas funções econômicas dos espaços, formando um mosaico complexo.

Dessa forma, fica evidente que este Capítulo não abrange as inesgotáveis possibilidades de temas e abordagens que poderiam contribuir para compor o panorama da qualidade do meio ambiente na delimitação proposta.

A gestão integrada costeira e marinha enfrenta dificuldades e limitações, com destaque para: (i) inexistência de dados atualizados, associada a lacunas de conhecimento da dinâmica ambiental e do processo de ocupação; (ii) complexidade das ações de planejamento e zoneamento em face da velocidade do processo de ocupação; (iii) deficiência na harmonização e implementação de políticas públicas; (iv) fragilidade do sistema de planejamento e de diretrizes gerais quanto a prioridades, responsabilidades e estratégias de complementaridade de atuação dos diferentes setores e níveis de Governo.

É preciso ressaltar que a experiência da gestão costeira e marinha se baseia no reconhecimento da convivência de usos distintos e, por conseguinte, em práticas multissetoriais, interinstitucionais e multidisciplinares. Nessa perspectiva, a institucionalização do conceito de gestão integrada, que alinhe as preocupações de conservação com as de ordem social e econômica, é uma trajetória a ser perseguida para o tratamento técnico, político e social dos desafios inerentes à interação entre o homem e esses ambientes.

É extenso e detalhado o marco legal para o gerenciamento costeiro no País, que já estabelece arranjos, instrumentos e planos para o enfrentamento consistente dos desafios para a efetiva proteção desse ambiente. No entanto, são encontradas dificuldades para que as ações sejam colocadas em prática, principalmente para que sejam internalizadas nas instituições, tornando-se, assim, ações de Estado. Para reverter esse quadro e, mais especificamente, para aprimorar o trabalho aqui apresentado, um dos esforços deve ser direcionado para o desenvolvimento de uma iniciativa regular e contínua de acompanhamento da qualidade ambiental da zona costeira e marinha. Para tanto, deve haver foco na valorização e dinamização de arranjos e fóruns interinstitucionais. Assim, os órgãos federais, estaduais e municipais, a sociedade civil e a Academia devem compartilhar responsabilidades que se revertam na qualidade ambiental do ambiente costeiro e marinho.



Fonte: Vinicius Mendonça/Ibama

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. Disponível em <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASeESGOTOSDespoluicaodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf>.

AMORIM, P. S.; RODRIGUES, T.K. Estratégia de gestão ambiental para a zona costeira do município Barra dos Coqueiros/SE. In: **Anais do II Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha**. Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro: P2GM, 2019. p. 115-116.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Situação do saneamento básico no Brasil – uma análise com base na PNAD 2015**. ABES, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em < http://abes-dn.org.br/pdf/Situacao.pdf>.

BAN, Natalie C. *et al*. Incorporate Indigenous perspectives for impactful research and effective management. **Nature ecology & evolution**, v. 2, n. 11, p. 1680-1683, 2018. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0706-0, 2018.

BERTUZZI, A. B.; GOMES, M.C.V. Caracterização das feições de erosão costeira a partir de geoindicadores na praia de Canasvieiras, Florianópolis/SC. In: **Anais**. II Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha. Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro: P2GM, 2019. p. 150-151.

BRASIL. **Guia de Diretrizes de Prevenção e Proteção à Erosão Costeira. Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO/CIRM)**. Brasília/DF, 2018, 111 p. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Final_Guia-de-Diretrizes_09112018-compressed.pdf

BRASIL. Portaria MMA nº 445, de 17 de dezembro de 2014. **Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos**. 2014

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo**. Brasília, 2004. 108 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Programa **Revizee: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva: Relatório Executivo**. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Configuração de metodologia para o macrozoneamento costeiro do Brasil: relatório final**. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente, 1995. 42p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. 1 ed. Brasília, 2006, v. 1, p. 41-86.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil**. Brasília, 2008.

BULHÕES, E. Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral. Capítulo 29. In: **Geografia marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos**. (Orgs.) Dieter Muehe, Flavia Moraes Lins-de-Barros, Lidriana de Souza Pinheiro. 1. ed. Rio de Janeiro: Caroline Fontelles Ternes. 2020. 764p.

CALLIARI, L. J. Riscos naturais e antrópicos associados a processos costeiros no litoral do Rio Grande do Sul (RS). In: **Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha** (1.: 2018: Rio de Janeiro, p. 16. Publicação especial (resumo das palestras disponibilizadas) [recurso eletrônico] / Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro: P2GM Projetos e Produções, 2019.

CENTRO DE EXCELÊNCIA PARA O MAR BRASILEIRO (Cembra). **O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do país** [PDF] Capítulo VI, Pesca. Atualizado em 31/08/2020. 2ª. ed. rev., atual. e ampl. – Niterói, RJ: Cembra, 2019. 491p.

CERGOLE, M. C.; DIAS-NETO, J. (Org.). **Plano de Gestão para o Uso Sustentável da Sardinha-verdadeira do Brasil**. Série: Plano de Gestão dos Recursos Pesqueiros, 5. Brasília: Ibama, 2011. 180p.

CERQUEIRA, A. C. *et al*. Efeito de espigão na posição de linha de costa da praia da ponta d'areia, no município de São Luís (MA), Brasil. In: **Anais do II Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha**. Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro: P2GM, 2019. p. 34-35.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Burocracia e Entraves ao Setor de Saneamento**. 2016. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2016/01/11/10388/1101-BurocraciaeEntravessaneamento.pdf.

COOPER, J. A. G.; O'CONNOR, M. C.; MCIVOR, Sarah. Coastal defences versus coastal ecosystems: a regional appraisal. **Marine Policy**, v. 111, p. 102332, 2020.

MORAIS, J. *O. et al*. Ceará. In: Muehe. (Org.). **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. Brasília: MMA, 2018. p. 261-288.

DIAS-NETO, J. Pesca no Brasil e seus aspectos institucionais – um registro para o futuro. Revista Cepsul - Biodiversidade e Conservação Marinha, v. 1, nº 1, p. 66-80, 2010.

DIAS-NETO, J.; DIAS, J. de F. O. **O uso da biodiversidade aquática no Brasil: uma avaliação com foco na pesca**. Brasília: Ibama, 2015. 288p.

DOMINGUEZ, José Maria Landim *et al*. Alagoas, Sergipe e Bahia. In: MUEHE, D. (Org.) **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. Brasília: MMA, 2018. p. 381-431

EL-ROBRINI, Maamar *et al*. Maranhão. In: Dieter Muehe. (Org.). **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. Brasília: MMA, 2018. p. 167-240.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Aplicação prática da abordagem ecossistêmica às pescas**. Rome. 2013. p. 83.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Diretrizes Voluntárias para Garantir a Pesca de Pequena Escala Sustentável no Contexto da Segurança Alimentar e da Erradicação da Pobreza**. Roma. 2017. 34p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action**. Rome. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Abandoned, lost or otherwise discarded gillnets and trammel nets: methods to estimate ghost fishing mortality, and the status of regional monitoring and management. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, Rome, Italy, v. 600, p. 79, 2016.

FERREIRA, B. P. e MAIDA, M. **Monitoramento dos recifes de coral do Brasil**. Brasília: MMA. 2006. 250p.

FERREIRA, E. S.; FIGUEIREDO, B.M.; MILANI, I.C.B., CERQUEIRA, A. C. Avaliação do impacto do molhe do Rio Mampituba sobre a Praia Grande e suas adjacências (Torres-RS). In: **Anais do II Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha**. Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro: P2GM, 2019a. p. 45-46

FERREIRA, T.A.B; AQUINO DA SILVA, A.G; PEREZ, Y.A.R.; VITAL, H. Geotecnologias aplicadas ao estudo do comportamento morfodinâmico do delta do Parnaíba nos últimos 30 anos. In: **Anais do II Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha.** Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro: P2GM, 2019b. p. 39-40.

FREIRE, Kátia MF; PAULY, Daniel. Fishing down Brazilian marine food webs, with emphasis on the east Brazil large marine ecosystem. **Fisheries Research**, v. 105, n. 1, p. 57-62, 2010.

FREITAS, F. G. *et al*. Benefícios econômicos da expansão do saneamento. **Relatório de pesquisa produzido para o Instituto Trata Brasil e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Ex Ante Consultoria Econômica, 2014. Disponível em <https://biblioteca.cebds.org/relatorio-beneficios-do-saneamento>.

HAIMOVICI, M., PERES, M. B. 2005 EM ROSSI, C.L.W. CERGOLE M.C. ÁVILA-DA SILVA, A.O. **Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudesde-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração**. Série Documentos Revizee-Score Sul, IOUSP: 124-131p. https://doi.org/10.4060/ca9229en

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Estatística da pesca 2007 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: Ibama, 2009. 175p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Relatório de Qualidade do Meio Ambiente – RQMA Brasil 2013**. Brasília: Ibama, 2013. 275p.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília: ICMBio, 2018. 4.162p.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Atlas dos Manguezais do Brasil/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Brasília: ICMBio, 2018.

ISAAC, Victoria J. *et al*. **A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais**. Belém: UFPA, 2006.

LAZARETTI, Lauana Rossetto; DE SOUZA, Osmar Tomaz. População e meio ambiente: uma análise de acoplamento para o caso brasileiro (1991-2014). **Revibec: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 30, n. 1, p. 101-119, 2019.

CARDOSO, L. G. *et al*. **Efeitos para o setor pesqueiro do deslocamento do arrasto de fundo para além da 12 milhas náuticas na costa do Rio Grande do Sul**. Tech. Rep. 1, BRA-0142-2017, Universidade Federal do Rio Grande, 2018.

LEENHARDT, Pierre *et al*. The role of marine protected areas in providing ecosystem services. In: **Aquatic functional biodiversity**. Academic Press, 2015. p. 211-239.

LIMA, M. K. S.; VASCONCELOS FILHO, J. I. F. de; FREITAS, R. M. de; FEITOSA, C. V. **Pesca Fantasma: Uma Síntese das Causas e Consequências nos Últimos 15 anos**. Arquivos de Ciências do Mar, Fortaleza, 2019, 52(2): 98-114.

LUBCHENCO, J.; GRORUD-COLVERT, K. Making waves: The science and politics of ocean protection. **Science**, v. 350, p. 382–383. https://doi.org/10.1126/science.aad5443, 2015.

MAGRIS, Rafael A. et al. A blueprint for securing Brazil's marine biodiversity and supporting the achievement of global conservation goals. **Diversity and Distributions**, v. 27, n. 2, p. 198-215, 2021. https://doi.org/10.1111/ddi.13183, 2020.

MALLMANN, D. L. B. **Análise de risco à erosão costeira de curto-termo para o litoral central de Pernambuco**. Tese (Doutorado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2016. p. 158. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/20256/1/Mallmann%20D%20L%20B%20TESE%202016.pdf

MANSO, Valdir do Amaral Vaz *et al*. Pernambuco. In: Dieter Muehe. (Org.). **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. Brasília: MMA, 2018. p. 345-380

MAPA. Projeto de Cooperação Técnica PCT/BRA/IICA/16/001. Modernização Estratégica MAPA Solicitação de Cotação Nº 112/2019. **Relatório Técnico de Avaliação do Estoque da Tainha (*Mugil liza*) no Sudeste e Sul do Brasil**. Produto de Consultoria 03. Univali, Itajaí. 2020. 49p.

MARINHA DO BRASIL. **Economia Azul, o desenvolvimento que vem do mar**. 2019. Disponível em https://www.marinha.mil.br/economia-azul/noticias/economia-azul-o-desenvolvimento-que-vem-do-mar

MELLO, Leonardo Freire de; SATHLER, Douglas. A demografia ambiental e a emergência dos estudos sobre população e consumo. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, p. 357-380, 2015.

MILLS, M.; MAGRIS, R. A.; FUENTES, M. M. P. B.; BONALDO, R.; HERBST, D. F.; LIMA, M. C. S.; … DE FREITAS, R. R. Opportunities to close the gap between science and practice for Marine Protected Areas in Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 18(3), p. 161–168. https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.05.002, 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima** (Minuta). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Grupo Executivo do Comitê Interministerial de Mudança do Clima – GEx-CIM. 2015. p. 370. Disponível em: http://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/caisan/Publicacao/Caisan_Nacional/PlanoNacionaldeAdaptacaoaMudancadoClima_Junho2015.pdf

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Projeto Áreas Marinhas e Costeiras Protegidas – GEF-Mar. Termo de Referência (TdR) 2016.0921.00049-8. **Relatório Técnico de Consultoria, Produtos 1 e 2**. 2017. p. 359.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Projeto Áreas Marinhas e Costeiras Protegidas – GEF-Mar. Termo de Referência (TdR) 2016.0921.00049-8. **Relatório Técnico de Consultoria, Produto 3 e 4**. 2018. p. 231.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. 2. ed. rev. ampliada. – Brasília: MMA, 2012. 152p.

MUEHE, D.. Erosão costeira - tendência ou eventos extremos? O litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 11, p. 315-325, 2011.

NEVES, Claudio Freitas; MUEHE, Dieter. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 217-296, 2010.

NICOLODI, João L. *et al*. Rio Grande do Sul. In: MUEHE, D. (Org.) **Panorama da erosão costeira no Brasil.** Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. Brasília, DF: MMA, p. 690-760.

OCEANA. **Auditoria da pesca Brasil 2020. Uma avaliação integrada da governança, da situação dos estoques e das pescarias** / Ademilson Zamboni, Martin Dias, Lara Iwanicki. - 1. ed. - Brasília, DF: Oceana Brasil, 2020.

OLIVEIRA, U.R.; SIMÕES, R.S. Uso de um drone para monitoramento de segmentos da costa central e sul do Rio Grande do Sul. In: **Anais do II Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha**. Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro: P2GM, 2019. p. 76-77

PAULY, D.; CHRISTENSEN, V.; GUÉNETTE, S.; PITCHER, T. J.; SUMAILA, R.; WALTERS, J; WATSON, R.; ZELLER, D. Towards sustainability in world fisheries. **Nature**, v. 418, p. 689-695, 2002.

PBMC. Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: **Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 2016. 184 p. ISBN: 978-85-285-0345-6.

RANGEL-BUITRAGO, Nelson; DE JONGE, Victor N.; NEAL, William. How to make integrated coastal erosion management a reality. **Ocean & Coastal Management**, v. 156, p. 290-299, 2018.

RODRIGUES, T.K.; AMORIM, P.S., SILVA, D.C. da; SANTOS, T. A. dos. Classificação morfodinâmica das praias do litoral sul do Estado de Sergipe. In: **Anais do II Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha**. Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro: P2GM, 2019. p. 133-134

SILVA JR., E. B., MENDONÇA, L.F.F., MEIRELES, R.P. Estudo sobre a ocupação da região do pós-praia na Praia de Itacimirim–Camaçari, BA. In: **Anais do II Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha**. Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro: P2GM, 2019. p. 68-69.

SMIRDELE, J. J. *et al*. **Reformulação do marco legal do saneamento no Brasil**. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/30113/Reformulac%cc%a7a%cc%83o%20do%20Marco%20Legal%20do%20Saneamento%20no%20Brasil.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SPALDING, M. D., FOX, H. E., ALLEN, G. R., DAVIDSON, N. C., FERDAÑA, Z. A., FINLAYSON, M., ROBERTSON, J. Marine ecoregions of the world: A bioregionalization of coastal and shelf areas. **Bioscience**, 2007. v. 57, p. 573–583. https://doi.org/10.1641/B570707.

TORRES, A. M.; EL-ROBRINI, M.; COSTA, W. J. P. Amapá. In: Dieter Muehe. (Org.). **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. Brasília: MMA, 2018. p. 19-63.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE (FURG). **Avaliação da eficiência da INI 12/2012 na redução do impacto da pesca de emalhe costeira sobre mamíferos, tartarugas e aves marinhas no extremo sul do Brasil**. Projeto. Responsáveis: Prof. Luís Gustavo Cardoso; Prof. Eduardo Resende Secchi, Instituto de Oceanografia. Relatório Final. 2016. 23p.

VIANA, J.P. Recursos pesqueiros do Brasil: situação dos estoques, da gestão, e sugestões para o futuro. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental 7**. IPEA. 2013. p. 45-59. Disponível em < http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5583/1/BRU_n07_recursos.pdf>

VIEIRA, M. A. R. de M.; SANTOS, C. R. dos; SEIXAS, C. S. Oportunidades na Legislação Brasileira para Sistemas de Gestão Compartilhada da Pesca Costeira. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo. v. 41, n. 4, 2018. p. 995-101.

VITAL, H. *et al.* Rio Grande do Norte. In: MUEHE, D. (Org.) **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. Brasília: MMA, 2018. p. 289-325.

ZACHARIAS, I.; CIROLINI, A.; BRUCH, A.F; MESQUITA, A.; Da SILVA, A. A.; FRIZZO L. E. P. Sítios de agradação costeira e construção de um sistema de dunas modernas na Praia do Hermenegildo, Santa Vitória do Palmar-RS. In: **Anais do II Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha**. Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro: P2GM, 2019. p. 86-87.

7 Ambiente Urbano



Fonte: PAC/Governo Federal

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação
Luciano do Nascimento de Oliveira - Ibama

Redação
Amanda Amaral Abrahão - Ministério da Saúde
Ana Marta Ribeiro Machado - Universidade Federal de São Carlos
Ariane Frassoni - Inpe
Beatriz Sheila - Unesp
Carlos Henrique Carvalho - Ipea
Cristina Arantes Miranda -UnB
Daniela Alves de Oliveira - Ibama
Fernanda Cristina Romero - Abrelpe
Gilberto Werneck - Ibama
Gustavo dos Santos Souza - Ministério da Saúde
Hilma Alessandra Rodrigues do Couto - Embrapa Amazônia Oriental
Iara Campos Ervilha - Ministério da Saúde
Juliana Wotzasek Villardi - Ministério da Saúde
Lorena Gonzaga Dobre - Abrelpe
Marcelo Amorim - Ibama
Mariana Midori Nakashima - Ibama
Patrícia Povoa de Mattos - Embrapa Florestas
Patrick Joseph Connerton - Ministério da Saúde
Pedro Melo - Ministério da Saúde
Rodrigo Favero Clemente - Ministério da Saúde
Simone Marilene Sievert da Costa Coelho - Inpe
Sofia Negri Braz - IAU/USP
Thais Cavendish - Ministério da Saúde
Tiago Henrique da Silva - Universidade Federal de Lavras
Vanessa de Paula Ferreira - Ministério da Saúde
Paulo Rubens Guimarães Barrocas - Fiocruz

ODS relacionados ao capítulo



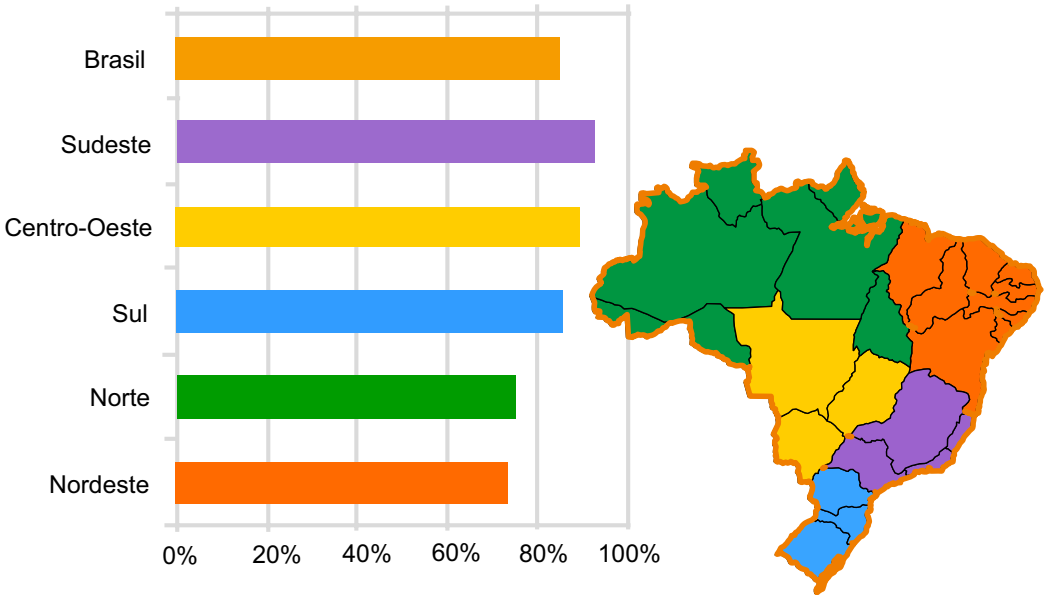
INTRODUÇÃO

Dos diferentes espaços que sofrem impacto em consequência de atividades humanas, podemos destacar o ambiente urbano como um dos mais afetados. É da natureza do espaço urbano ser amplamente alterado para fins industriais e habitacionais. Essa condição implica também criação de infraestrutura, para que a vida humana nas cidades seja possível. A estrutura urbana envolve a implementação de vias de transporte, áreas de moradia, plantas industriais, prédios públicos e administrativos e setores de logística.

Essa estrutura não é estática e tende a se desenvolver com o tempo. Os centros urbanos brasileiros tiveram forte e acelerado crescimento populacional desde o início da segunda metade do século passado, o que significa a transformação rápida de um país rural que, já na década de 1960, se tornara majoritariamente urbano. De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2015[1], cerca de 85% da população vive em centros urbanos (Figura 1), sendo que existem 49 cidades com mais de 500.000 habitantes na rede urbana brasileira, além de mais de 40 regiões metropolitanas estabelecidas, nas quais vivem cerca de 80 milhões de brasileiros, o que representa mais de 40% da população.

As ondas de crescimento urbano afetam negativamente as populações que residem nas cidades, bem como os locais onde são erguidas construções. Um dos problemas é a necessidade de transportes motorizados, o que reduz o deslocamento por caminhada, aumentando o sedentarismo e, por consequência, criando problemas relacionados à saúde. Outro fator negativo associado à expansão urbana é a segregação socioespacial, pela qual pessoas com renda econômica mais baixa são afastadas das áreas mais próximas aos centros das cidades, indo em direção às extremidades periféricas, onde a infraestrutura para moradia e a qualidade de vida quase sempre são desfavoráveis (JAPIASSÚ; LINS, 2014).

Figura 1 – Porcentagem da população que vive em área urbana, por região.



Fonte: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). IBGE, 2015.

1 Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf. Acessado em: nov. 2021.

A expansão dos espaços urbanos também é bastante nociva ao meio ambiente, uma vez que a criação de novos bairros, quase sempre, envolve desmatamento e alteração de bioma, afetando características do solo, subsolo e recursos hídricos. Isso acarreta outros problemas como formação de ilhas de calor, redução na qualidade do ar e degradação do solo.

Apesar da grande complexidade do ambiente urbano, com suas nuances e variações, ainda podemos identificar características de ecossistemas naturais integrados ao universo da cidade, mesmo alterados em relação às características originais. Essa relação é quase sempre desequilibrada e sua gestão é um desafio para a Administração Pública. Das medidas que visam reequilibrar tal relação e tornar o ambiente urbano mais agradável para seus ocupantes, podemos citar como das mais efetivas a criação de áreas verdes urbanas, que atuam como ilhas de conservação dos ambientes naturais.

Neste capítulo, são abordados os principais mecanismos de gestão das interferências existentes na relação sociedade-natureza, com fundamentação teórica para a produção do espaço urbano e adequação prática em indicadores. O princípio teórico da sustentabilidade é fundamentado em funções sociais de propriedade e urbanísticas, bem como nas práticas de gestão, planejamento urbano, prestação de serviços e preservação do patrimônio. Também serão apontados indicadores quantitativo-qualitativos para diagnosticar uma cidade, a partir de sobreposições de dados e informações oficiais.

Serão tratadas, inicialmente, as abordagens de tratamento dos resíduos sólidos gerados pelas atividades urbanas e seus impactos no meio ambiente. Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são caracterizados como resíduos gerados por atividade humana em áreas urbanas, tendo como principais tipos os residenciais, comerciais, industriais, de limpeza pública, serviços de saúde e construção civil (DOS SANTOS, 2019). A crescente preocupação com esses resíduos deve-se à grande quantidade gerada e às formas de disposição atualmente utilizadas.

A seguir, são abordados os aspectos quantitativos das áreas verdes no ambiente urbano, considerando o avanço da mancha urbana sobre essas áreas, e as iniciativas para sua conservação, tais como o escopo normativo e a arborização de vias urbanas.

Na sequência, as iniciativas de saneamento de água e coleta de esgoto, diante do aumento da demanda por recursos hídricos, e sua interferência na quantidade e qualidade da água disponível para consumo humano.

Em seguida, o transporte e a mobilidade urbana serão analisados diante dos aspectos mais relevantes: aumento contínuo dos deslocamentos humanos e seus impactos nas condições de vida das pessoas, em especial os associados a aumento da poluição e a acidentes com vítimas de trânsito.

Por fim, a poluição atmosférica será observada do ponto de vista do crescimento das frotas veiculares como força motriz do aumento da poluição veicular atmosférica e suas consequências para a saúde.



Fonte: PAC/Governo Federal

RESÍDUOS SÓLIDOS

Aspectos legais

A gestão dos resíduos no Brasil é pautada e influenciada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada em agosto de 2010. A PNRS – Lei nº 12.305 – dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do Poder Público, e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

A partir desses instrumentos, dispõe-se que os responsáveis direta ou indiretamente pela geração de resíduos, e que desenvolvem ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos, devem fazê-lo de forma adequada, observando a seguinte ordem de prioridade: não geração; redução; reutilização; reciclagem; tratamento dos resíduos sólidos; e disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos. De maneira prática, todo resíduo deve ser processado adequadamente antes da destinação final.

Ainda como auxílio normativo, para que a destinação final dos resíduos seja feita de forma correta, a ABNT – NBR 10.004/2004 – define os critérios para a "classificação dos resíduos sólidos" quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde do ser humano (ABNT, 2004). Essa classificação envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, seus constituintes e características, e a comparação desses constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente seja conhecido.

A poluição ambiental envolve, além da saúde pública, o saneamento básico, já que a disposição inadequada de resíduos e rejeitos, *in natura*, a céu aberto – nos conhecidos lixões – e o lançamento de esgoto sanitário não tratado nos cursos d'água são danos ambientais recorrentes no Brasil. É importante ressaltar o "Novo Marco Legal do Saneamento Básico", alterado pela Lei n.º 14.026 (BRASIL, 2020), que se refere à sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio da regulação tarifária dos serviços públicos; à modernização da modelagem a ser adotada nos casos de terceirização dos serviços de saneamento (transferência ou delegação dos serviços deve ocorrer por licitação e resultar na celebração de contrato de concessão); e à alteração dos prazos para disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, condicionados à elaboração do plano de gestão de resíduos sólidos (TCE/SP, 2021).

Cenários da situação dos resíduos

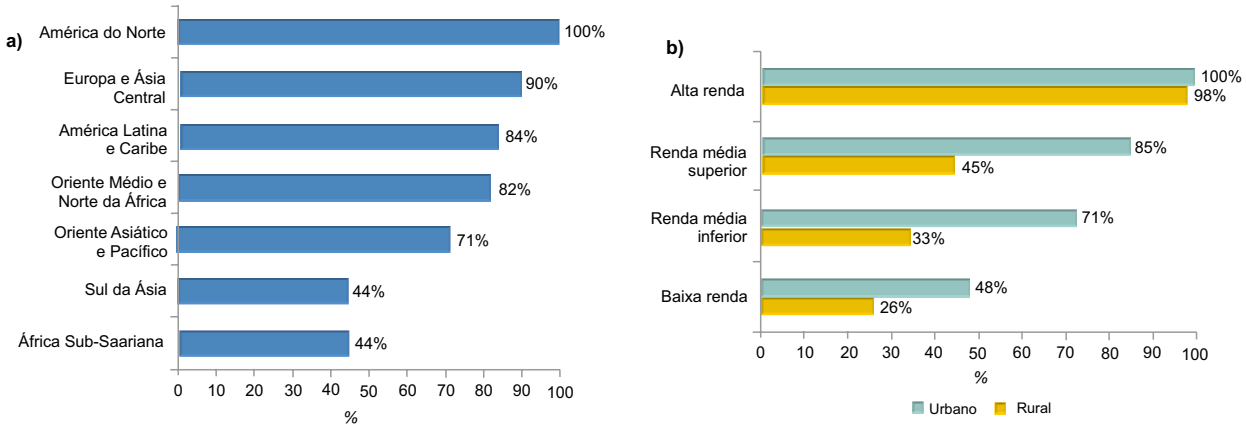
Resíduos sólidos urbanos no mundo

A coleta de resíduos varia de acordo com os níveis de renda. No caso dos países de renda média a alta, a coleta é praticamente universal, mas, para aqueles de baixa renda, a cobertura de coleta é de 48%, caindo para 26% em áreas distantes dos centros urbanos (Figura 2).



Fonte: Edilson Rodrigues / Senado Federal

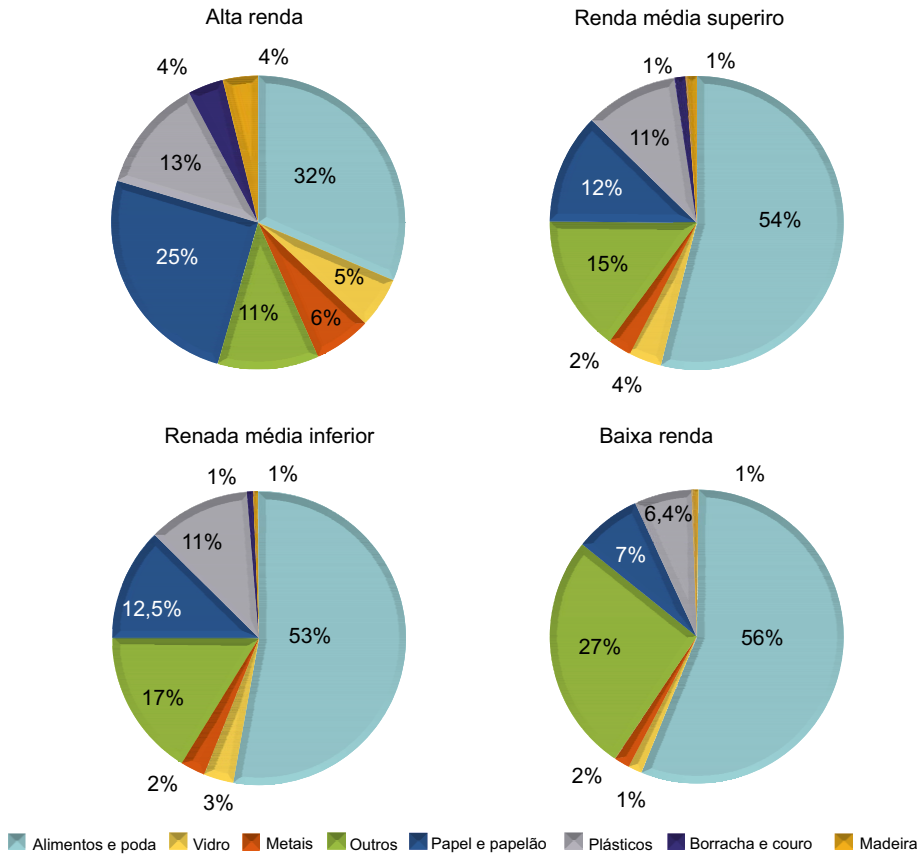
Figura 2 – a) Taxas de cobertura de coleta de lixo, por região, e b) taxa de cobertura de coleta em áreas urbanas e rurais, por nível de renda.



Fonte: KAZA *et al.*, 2018.

Em relação à composição gravimétrica, há uma diferença nítida nos padrões de consumo entre países de baixa, média e alta renda, pois quanto maior a renda, maior é a geração de resíduos recicláveis secos e menor a geração de resíduos orgânicos, sejam eles restos de alimentos ou poda (Figura 3). As porcentagens são de quase 51% de recicláveis secos e 32% de orgânicos em países desenvolvidos e de 53% e 56% de orgânicos em países de média e baixa renda, concomitantemente, cuja fração de secos não ultrapassa 16% (KAZA *et al.*, 2018).

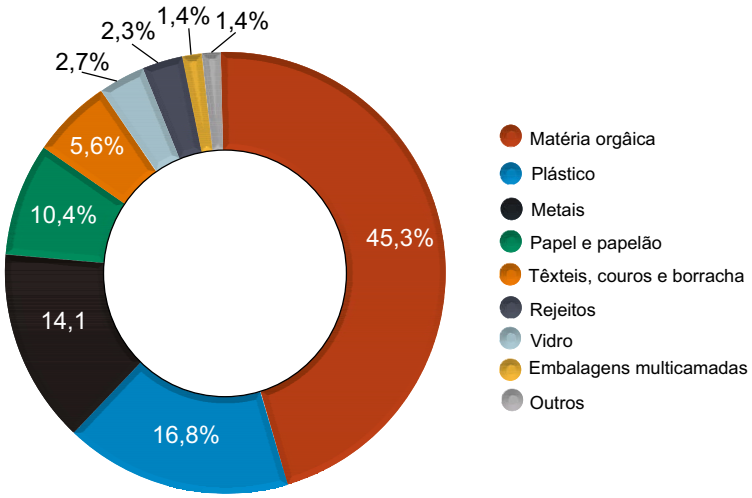
Figura 3 – Composição do lixo, por nível de renda.



Fonte: KAZA *et al.*, 2018.

O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil revela que a principal fração é a matéria orgânica, com 45,3%, composta principalmente por sobras e perdas de alimentos, resíduos verdes e madeiras (Figura 4). Os resíduos recicláveis secos somam 33,6%, sendo compostos principalmente pelos plásticos, papel e papelão, vidros, metais e embalagens multicamadas. Os demais materiais são rejeitos, que respondem por 14,1%, resíduos têxteis, couros e borrachas, com 5,6%, e outros, que contemplam materiais como resíduos de serviços de saúde, eletroeletrônicos, pilhas e baterias, e outros resíduos perigosos, representando 1,4%.

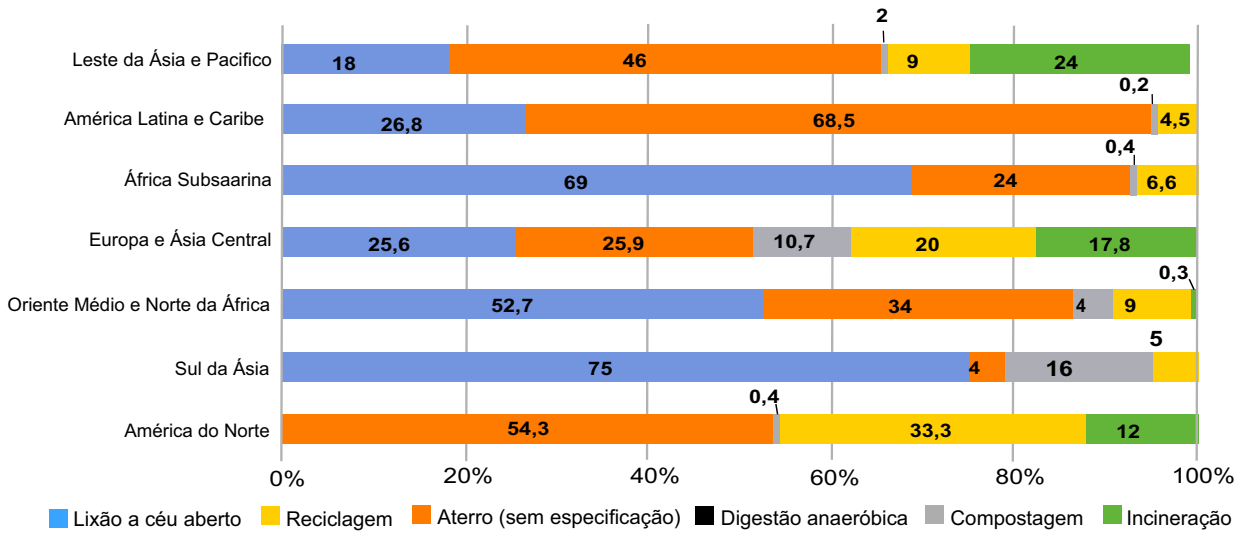
Figura 4 - Composição gravimétrica no Brasil.



Fonte: Abrelpe, 2020.

Em termos de destinação final, embora 33% dos RSU ainda sejam dispostos em lixões e aterros controlados, dados mundiais revelam que a maioria tem destino adequado, com 40% dos resíduos em aterros sanitários, 19% recuperados por reciclagem e compostagem e 11% incinerados. Assim como os demais indicadores, a destinação final varia muito e é de acordo com o desenvolvimento econômico, como pode ser observado no gráfico a seguir, sendo pouco presente a alternativa de disposição final em regiões e países com baixo e médio desenvolvimento. A Figura 5 apresenta a situação global dos métodos de disposição final, por regiões do planeta.

Figura 5 – Métodos de destinação final, por região do planeta.



Fonte: KAZA *et al.*, 2018.

Resíduos sólidos urbanos no Brasil: geração de RSU

A geração de resíduos vem crescendo a cada ano, ampliando a demanda por serviços de logística, infraestrutura e, principalmente, recursos humanos e financeiros. O Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2020) apresenta projeção na qual o Brasil observará expressivo aumento na quantidade de RSU gerado nas próximas décadas, havendo incremento de quase 50% no montante de RSU em 2050, em comparação ao ano-base 2019. Para o mesmo período, a projeção de crescimento populacional esperado é de 12%.

De acordo com o Relatório de 2020, da Abrelpe (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), que apresenta um panorama histórico com os dados da última década, a geração de RSU no Brasil registrou considerável aumento, evoluindo de 67 para 79 milhões de toneladas por ano. Por sua vez, a geração *per capita* passou de 348 kg/ano para 379 kg/ano (Tabela 1).

Tabela 1 – Geração de RSU, geração per capita de RSU e PIB[2] per capita (R$/habitante).

Ano	Geração de RSU no Brasil (t/dia)[3]	Geração per capita de RSU (kg/hab./dia)	População urbana total (hab.) [4]	PIB (variação %) [5]	IDH [6]
2010	166.762	1,032	161.578.979	7,5	0,726
2011	169.689	1,041	162.960.935	4,0	0,728
2012	201.058	1,224	164.288.819	1,9	0,730
2013	209.280	1,229	170.291.093	3,0	0,752
2014	215.297	1,253	171.761.498	0,5	0,755
2015	218.874	1,264	173.186.362	-3,5	0,756
2016	214.405	1,219	174.567.769	-3,3	0,758
2017	214.868	1,221	175.905.731	1,3	0,761
2018	216.629	1,227	176.612.173	1,8	0,762

Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. ABRELPE, 2020; IBGE, 2018; 2019a; 2019b; 2019c; 2020a; Ipea, 2019; 2021, Relatório de Desenvolvimento Humano. Pnud, 2020; Diagnóstico do Manejo de RSU-SNIS-RS-2019-Capítulo-02. MDR, 2019.

No Brasil, a geração total de RSU passou de 166,8 t/dia, em 2010, para 218,9 t/dia, em 2015, o que representa crescimento de 31,24%, índice superior à taxa média de crescimento da população urbana, que foi de 1,13% ao ano. Em 2018, a geração total de RSU foi de 216,6 t/dia, representando redução de 1,02%, comparando ao ano de 2015, e crescimento de 29,9% em comparação com a geração de RSU em 2010. Nesse mesmo período, a população brasileira saltou de 190,7 para 208,5 milhões de habitantes. Isso significa que o País experimentou um crescimento demográfico de 9,3% e o percentual de crescimento populacional urbano foi de 3,58%

2 PIB: Produto Interno Bruto.
3 t/dia: tonelada por dia.
4 A população urbana foi estimada pelo SNIS, em cada município brasileiro, adotando a população total estimada pelo IBGE multiplicada pela taxa de urbanização (84,71%) verificada no Censo 2010.
5 Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais. PIB em valores correntes.
6 IDH: Índice de Desenvolvimento Humano.

(IBGE, 2019b). Os dados do IBGE indicam que a população nos centros urbanos tem aumentado a cada ano. Em 2010, a população total do Brasil era de 190,8 milhões de habitantes (IBGE, 2010), com 84,7% da população vivendo em áreas urbanas, em 2018, dos 208,5 milhões de habitantes, 87% vivendo em centros urbanos (IBGE, 2018).

Os dados da Tabela 1 indicam que entre 2010 e 2018 houve incremento de 19% na geração *per capita* de RSU, de 1,032 para 1,227 kg/hab.[7]/dia, e o valor médio de geração média *per capita* foi de 1,19 kg/hab./dia, padrão similar ao de alguns países da União Europeia, cuja média é de 1,2 kg/hab./dia (GOLVEIA, 2012).

Dentre outros fatores, a geração de resíduos está atrelada à renda da população e ao seu crescimento populacional. O PIB considera apenas a dimensão econômica do desenvolvimento, quando esse indicador associado aos três pilares que constituem o IDH (saúde, educação e renda) reflete como a qualidade de vida influencia na geração de resíduos. Na linha temporal, para avaliar a relação entre crescimento econômico e a geração de RSU, é importante considerar o período de 2010 a 2018, pois foi em 2010 que o País registrou o maior crescimento econômico dos últimos anos, e, ao mesmo tempo, o Governo Federal promulgou a Lei n.º 12.305/10, como fundamento de políticas públicas direcionadas ao setor de resíduos sólidos.

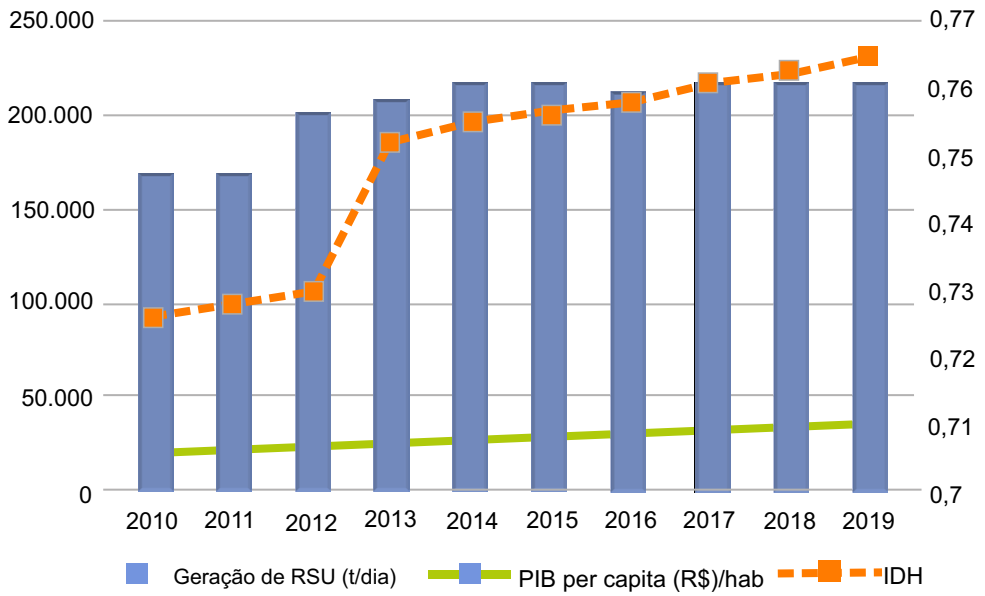
De acordo com dados apresentados na Tabela 1, a variação do PIB entre 2015 e 2016 foi caracterizada por acentuada recessão, recuando para 3,8% negativos, em 2015, acumulando perda superior a 7% para o PIB, enquanto a geração total de resíduos continuou aumentando. Quanto à geração *per capita* de resíduos, o comportamento foi praticamente constante, já na análise temporal, quanto à evolução do PIB *per capita* no Brasil, é possível notar crescimento linear ao longo do período avaliado (IBGE, 2020a).

O IDH, que se encontrava praticamente constante entre 2010 e 2012, com crescimento anual por volta de 0,3%, apresentou crescimento significativo de 2012 para 2013, quando esse indicador apresentou taxa de crescimento de 3%. No período de 2010 a 2018, o valor do IDH foi elevado em 5%, passando de 0,726 para 0,762, com taxa média de crescimento anual de 0,6%, sugerindo a influência do índice socioeconômico na quantidade e nas características dos resíduos sólidos gerados.

De acordo com dados do IBGE (IBGE, 2018), nos últimos anos, a economia brasileira foi marcada por forte recessão. Entre 2014 e 2018, o crescimento do PIB foi negativo ou próximo a zero, indicando que o Brasil esteve com redução no crescimento econômico. Entretanto, nesse período, houve significativo aumento na geração de resíduos, o que sugere que essa equação envolve diversos fatores, entre os quais, progressivo crescimento demográfico, aumento no percentual da população nos centros urbanos, bem como o referencial socioeconômico e econômico médio, agregado por indivíduo, na década passada. Estão apresentados na Figura 6 os dados da evolução populacional urbana, geração de RSU, geração *per capita* de RSU e do IDH no Brasil.

7 Hab.: habitante.

Figura 6 – Relação entre geração de RSU (t/dia) no Brasil e indicadores demográficos e socioeconômicos entre 2010 e 2018.



Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010 a 2019. ABRELPE, 2020; IBGE, 2019a; 2020b; Ipea, 2019.

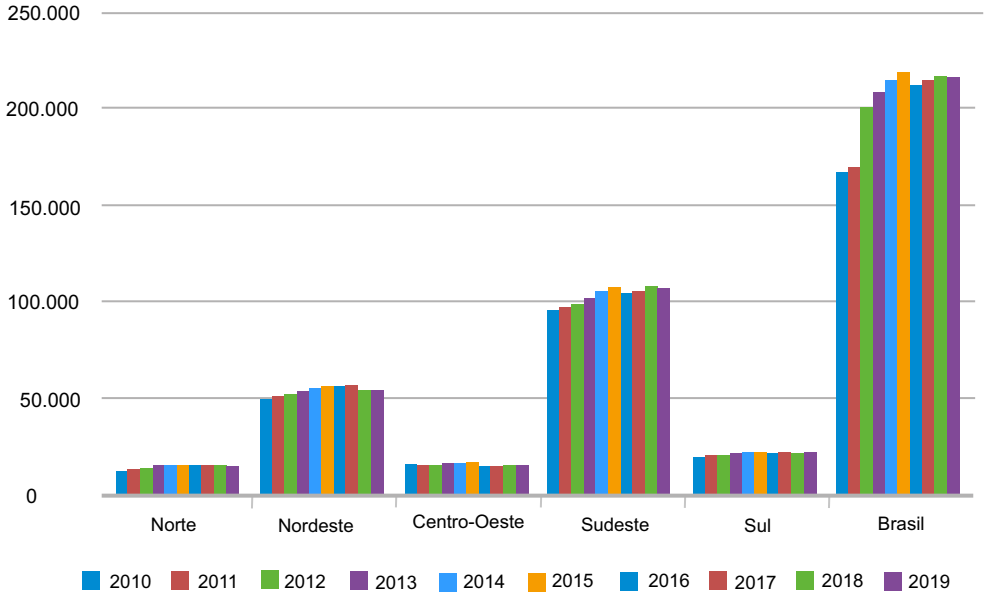
Apesar das grandes diferenças regionais, a produção de resíduos tem crescido em todas as regiões e estados brasileiros. A região Sudeste foi responsável por 52,5% do total de RSU gerado no Brasil, seguida das regiões Nordeste, com 22,2%, Sul, com 10,8%, Centro-Oeste, com 8,1%, e Norte, com 6,4%.

Nas Figuras 7 e 8, são apresentados dados referentes à geração *per capita* de RSU, respectivamente, nas grandes regiões e no Brasil, entre 2010 e 2019. A partir de 2016, houve redução na taxa de geração de RSU na região Centro-Oeste. O Nordeste também apresentou leve queda após 2015. A região Sul cresceu até 2015 e se estabilizou depois. A geração de RSU no Brasil atingiu o auge em 2015, apresentando queda em 2016, voltando a subir, gradativamente, entre 2017 e 2020, mas não atingindo os valores de 2015.

A análise da Figura 7 indica que, entre 2010 e 2015, as cinco macrorregiões apresentaram crescimento anual na taxa de geração do RSU, sendo que na região Norte houve uma taxa de crescimento mais acentuada, de 21,87%, seguida pela região Sudeste, com 11,69%, Nordeste, com 11,62%, Centro-Oeste, com 11,37%, e Sul, com 10,43%. Nesse mesmo período, houve redução na geração de RSU *per capita* nas seguintes proporções: na região Nordeste houve redução de -23,35%, na região Norte, -18,68%, na região Sul, -12,06%, na região Centro-Oeste, -9,96%, e na região Sudeste, de -2,80%.

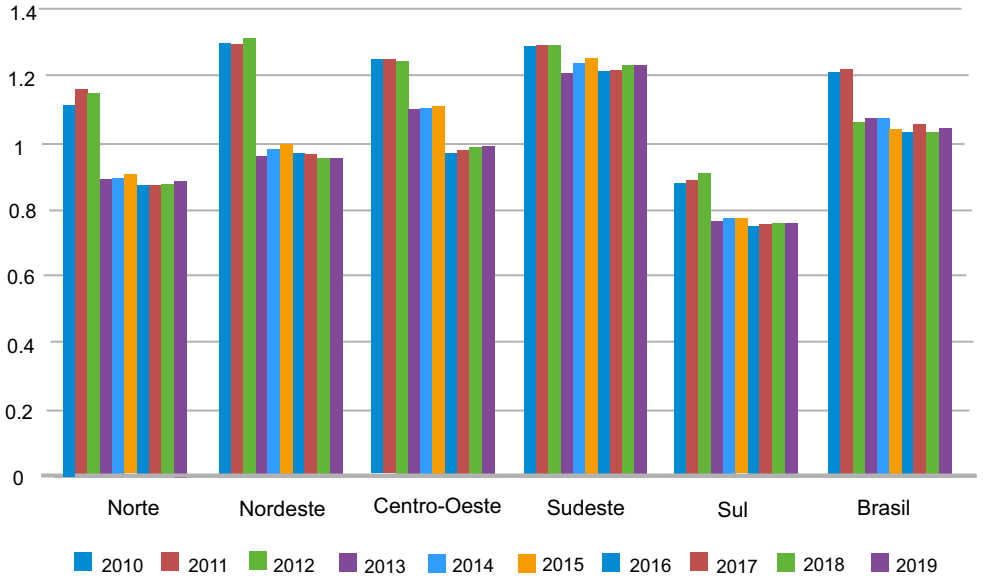
Cabe destacar que é importante tratar as especificidades de cada região, tendo em vista a extensão territorial, a densidade populacional, os aspectos culturais e as principais práticas econômicas, que incidem no comportamento do IDH regional e na quantidade dos resíduos gerados (NORBERTO, 2021). Analisando hábitos e atividades das cinco grandes regiões do Brasil, por exemplo, comparando as principais atividades econômicas das regiões Sudeste e Centro-Oeste, no Sudeste há maior concentração industrial, já na região Centro-Oeste as principais atividades econômicas são derivadas do agronegócio, incidindo diretamente nas características e na quantidade de resíduos gerados. Em termos de população, vivem em arranjos populacionais 72,5% das pessoas moradoras na região Sudeste, 61,1% na região Sul, 38,9% na região Nordeste, 51,3% na região Centro-Oeste e 21,6% na região Norte, o que demonstra urbanização mais concentrada no Sudeste, no Sul e no Centro-Oeste, mais do que no Norte e no Nordeste (IBGE, 2018).

Figura 7 – Quantidade de RSU gerada (t/dia) nas macrorregiões geográficas do Brasil, no período de 2010 a 2019.



Fonte: Adaptado de Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. ABRELPE, 2020.

Figura 8 – Índice *per capita* de geração de RSU (kg/hab./dia) segundo as macrorregiões do Brasil, no período de 2010 a 2019.

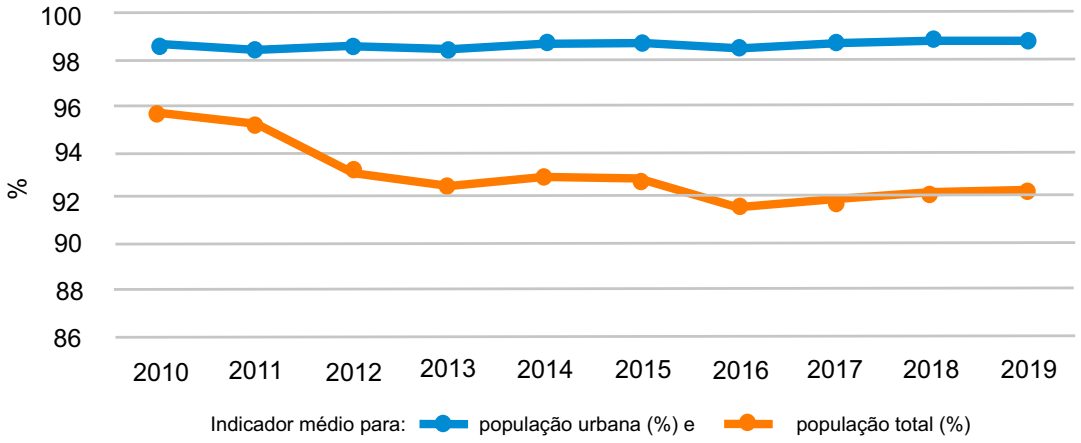


Fonte: Adaptado de Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. ABRELPE, 2020.

Coleta de RSU

A cobertura dos serviços de coleta de resíduos sólidos domiciliares (RDO) no País, ao longo da década de 2010-2019, se manteve estável, sendo superior a 98%. Já em relação ao acesso a esses serviços, pelo total da população brasileira, a cobertura em 2010 era quase 96% e reduziu para 92% em 2019, revelando tendência de redução do acesso ao longo do período analisado (Figura 9).

Figura 9 – Taxa de cobertura do serviço de coleta de RDO para a população urbana e para o total da população.



Fonte: Ministério das Cidades, 2012; 2018; Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019a; 2019b; 2020.

Segundo dados do Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a massa coletada de resíduos cresceu constantemente no período 2010-2019 e a massa *per capita* seguiu a mesma tendência, mas oscilou ao longo dos anos (ABRELPE, 2020) (Tabela 2).

Tabela 2 – Massa coletada *per capita* em relação à população urbana e estimativa da massa total coletada (RDO + RPU[8]).

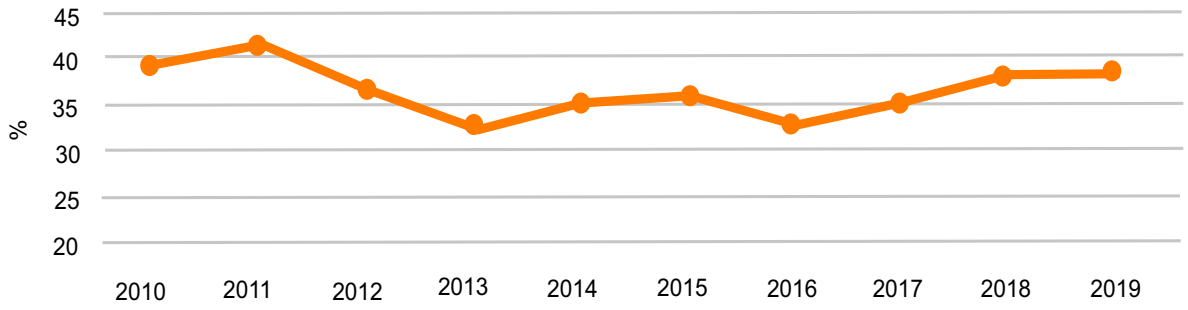
Ano	Massa coletada *per capita* (kg/hab./dia)	Estimativa da massa total coletada RDO + RPU (milhões de ton/ano)
2010	0,93	53
2011	0,96	55,3
2012	1	57,9
2013	1,01	61,1
2014	1,05	64,4
2015	1	62,5
2016	0,94	58,9
2017	0,95	60,6
2018	0,96	62,8
2019	0,99	65,1

Fonte: Ministério das Cidades, 2012; 2018; Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019a; 2019b; 2020.

Apesar da elevada abrangência dos serviços de coleta de RSU no País e da necessidade de ampliar a separação adequada e a coleta seletiva, o percentual de municípios que disponibilizam esse serviço permaneceu estável ao longo do período, variando entre 35% e 40% da amostra de respondentes do SNIS (Figura 10).

8 RDO: Resíduos Sólidos Domiciliares. RPU: Resíduos Sólidos Públicos.

Figura 10 – Abrangência do serviço de coleta seletiva de RDO dos municípios (%).



Fonte: Ministério das Cidades, 2012; 2018; Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019a; 2019b; 2020.

Destaca-se que, conforme a PNRS, a reciclagem deve ser priorizada sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos (BRASIL, 2010). O que se vê é que reside nessa etapa um desafio e uma oportunidade para ampliar o acesso a esse serviço, bem como para o crescimento dessa modalidade de destinação, com impacto sobre a massa encaminhada para disposição final.

Ao trazer a massa de resíduos coletada pelo serviço de coleta seletiva, destaca-se que o aumento do quantitativo coletado acompanhou o crescimento do número de municípios respondentes do SNIS no período (Tabela 3). A fração correspondente à coleta seletiva por hab./ano teve elevação nos primeiros anos da década e manteve-se estável entre 13 e 14 kg/hab./ano nos últimos quatro anos.

Tabela 3 – Massa de resíduos coletada pelo serviço de coleta seletiva.

Ano	Quantidade coletada (CS026)[9] (ton/ano)	Quantidade de municípios	Massa *per capita* recolhida na coleta seletiva - Média municipal (ton/mun./ano)[10]	Massa *per capita* coletada seletivamente (IN054)[11] (kg/hab./ano)
2010	634.797	534	1.188,80	9,6
2011	881.629	543	1.623,60	15
2012	905.394	650	1.392,90	11,3
2013	1.002.757	726	1.381,20	12,8
2014	1.348.200	1.012	1.332,20	13,8
2015	1.759.909	1.097	1.604,30	17,1
2016	1.436.509	1.145	1.254,60	13,6
2017	1.485.287,00	1.189	1.249,20	13,7
2018	1.667.615,20	1.322	1.261,40	14,4
2019	1.613.786,60	1.438	1.122,20	13,6

Fonte: Ministério das Cidades, 2012; 2018; Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019a; 2019b; 2020.

9 CS026: quantidade de resíduos coletada seletivamente, que compõe o cálculo do indicador IN054.
10 ton/mun./ano: tonelada/município/ano.
11 Massa per capita de materiais recicláveis recolhidos via coleta seletiva. Equivalente médio de quantidade (em quilogramas por habitante) de resíduos domiciliares e públicos coletada, seletivamente, pelos agentes executores, no período de 1 ano.

A oportunidade de ampliar a recuperação de materiais a partir da coleta seletiva fica bastante clara na análise do SNIS (2020, ano-base 2019):

> Para uma melhor referência do significado da média *per capita* encontrada, 13,6 kg/hab./ano, se assume a hipótese de atribuir o valor de 30,0% à fração de materiais secos potencialmente recicláveis, presente na massa de RDO média *per capita* coletada em 2019 (361,4 kg/hab./ano), que equivale a 108,42 kg/hab./ano de resíduos potencialmente recicláveis. Nessa hipótese, pode-se afirmar que foi coletado de forma seletiva não mais que 12,5% de todo o montante potencialmente reciclável (MDR, 2020, p. 127).

Da massa total de recicláveis coletada pelo serviço de coleta seletiva, cabe destacar a participação consistente, ao longo dos anos, de empresas contratadas pelas prefeituras, com coleta de cerca de 45%; os catadores, com apoio da prefeitura, com 37% do total coletado, seguido pela ação direta de prefeituras, com 17% do total; e outros agentes, em parceria com a prefeitura, com 1% da massa coletada em 2020 (Tabela 4).

Tabela 4 – Percentuais da massa de resíduos sólidos coletada pelo serviço de coleta seletiva de RDO, por agente executor.

Ano	Prefeitura	Empresas contratadas pela prefeitura	Catadores com apoio da prefeitura	Outros agentes em parceria com a prefeitura
2010	19,9%	42,8%	37,3%	-
2011	25,4%	42,6%	32%	-
2012	27,6%	44%	28,5%	-
2013	21,1%	45,6%	33,3%	-
2014	18,7%	37,8%	43,5%	-
2015	22,7%	44,6%	32,7%	-
2016	16%	50,6%	33,4%	-
2017	17,4%	46,7%	35,9%	-
2018	21%	47,7%	30,7%	0,6%
2019	17%	45,3%	36,8%	0,9%

Fonte: Ministério das Cidades, 2012; 2018; Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019a; 2019b; 2020.

Por fim, a massa total recuperada, a partir da coleta seletiva no País, mantém-se estável em torno de 1 milhão de toneladas de resíduos, no período de 2010-2019 (Tabela 5). Novamente, é preciso destacar a estabilidade dessa recuperação, em patamar muito baixo, que responde por apenas 1,6% do total de RSU coletados.

Tabela 5 – Estimativa da massa recuperada de recicláveis secos no Brasil.

Ano	Massa recuperada (milhões de ton.)	% em relação à massa coletada (RDO + RPU)
2010	1	1,9%
2011	0,90	1,64%
2012	0,81	1,4%
2013	0,85	1,4%
2014	1	1,6%
2015	1,10	1,8%
2016	0,95	1,62%
2017	1	1,65%
2018	1,10	1,7%
2019	1,04	1,6%

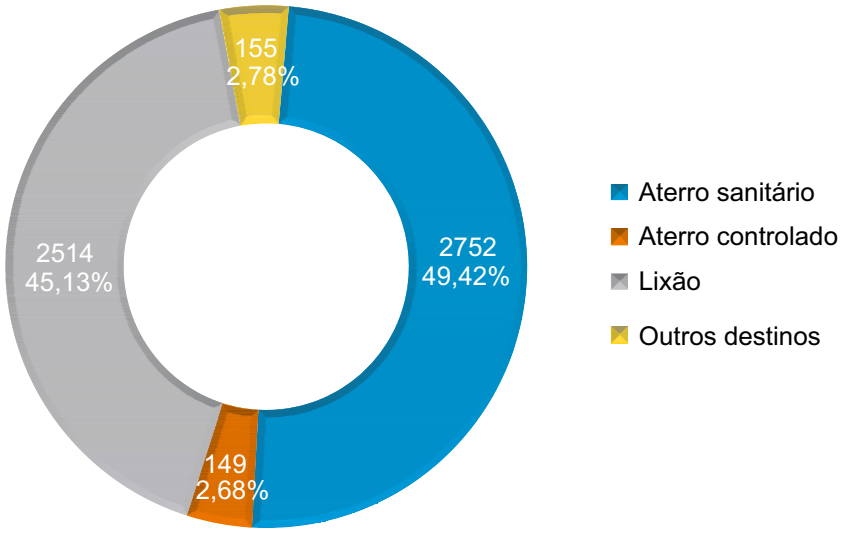
Fonte: Ministério das Cidades, 2012; 2018; Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019a; 2019b; 2020.

Destinação final

Segundo definição estabelecida pela PNRS, destinação final ambientalmente adequada é a destinação de resíduos que inclui reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético, ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa), entre elas, disposição final, que observa normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e minimizar os impactos ambientais adversos. É definida ainda como a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e minimizar impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

O Brasil apresenta diversos tipos de destinos para resíduos sólidos (Figura 11). Em números absolutos, dos 5.570 municípios brasileiros, 2.752 despejam seus resíduos em lixões e aterros controlados, o que representa 47,91% dos municípios brasileiros. Ainda há poucos registros de uso de usinas de tratamento de resíduos no País, sendo que apenas 95 municípios brasileiros dispõem desse tipo de serviço (ABETRE, 2020).

Figura 11 – Percentual de destinação de RSU aos principais destinos registrados no País.



Fonte: ABETRE, 2020.

Tipos de Destinos

Aterro sanitário: espaço devidamente construído para receber resíduos sólidos. O solo que recebe lixo é nivelado e impermeabilizado para que nenhuma substância possa contaminar ou atingir o lençol freático. Todo o processo de disposição e decomposição do resíduo é monitorado, e realizados os devidos controles ambientais de monitoramento de águas subterrâneas, do tamanho do empreendimento, e drenagem e tratamento de chorume e de gases.

Aterro controlado: local onde os resíduos são dispostos a céu aberto, com controle de acesso, cobertura dos resíduos com terra e controle de entrada dos resíduos. Mas não é submetido às regras mínimas de proteção ambiental do solo ou do lençol freático.

Lixões: áreas destinadas para a disposição de resíduos sólidos, a céu aberto, sem controles ou medidas de proteção ao meio ambiente e à saúde pública.

Reciclagem de secos

De acordo com a PNRS, reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos, que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas a transformá-los em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa (BRASIL, 2010). O País incentiva e obriga os municípios a implementarem a coleta seletiva, deixando o processo de inclusão dos catadores de recicláveis de forma facultativa.

Em 2010, 3.152 municípios registraram alguma iniciativa de coleta seletiva, enquanto na década seguinte esse número aumentou para 4.070 municípios. É importante destacar, porém, que em muitos municípios as atividades de coleta seletiva ainda não abrangem a totalidade da área urbana (ABRELPE, 2020).

Quando analisamos os dados do SNIS-RS, para o ano de 2017, é possível perceber que 94,1% dos municípios da amostra, com mais de 1.000.000 habitantes, possuem programas de coleta seletiva, contra 29,15% dos municípios com menos de 30.000 habitantes (BRASIL, 2019) (Tabela 6).

Tabela 6 – Municípios com programas de coleta seletiva, por faixa populacional, em 2017.

Faixa populacional	Total de municípios da amostra SNIS-RS	Municípios que declararam ao SNIS-RS existência de Coleta Seletiva	% de municípios que declararam ao SNIS-RS existência de Coleta Seletiva
Faixa 1 - até 30.000 habitantes	2.727	795	29,15
Faixa 2 - de 30.001 a 100.000 habitantes	569	273	47,98
Faixa 3 - de 100.001 a 250.000 habitantes	158	107	67,72
Faixa 4 - de 250.001 a 1.000.000 habitantes	85	65	76,47
Faixa 5 - acima de 1.000.000 habitantes	17	16	94,12

Fonte: MDR, 2019a.

Uma das peças principais no processo de destinação de resíduos secos são os catadores, que, trabalhando de forma autônoma ou reunidos em associações e cooperativas, desempenham uma função social e ambiental importantíssima na gestão de resíduos sólidos, no País inteiro (IPEA, 2019).

É importante ressaltar que há dificuldade na fiscalização e no controle da atividade de coleta seletiva. Dessa forma, os dados relativos à quantidade de materiais recuperados pelos catadores referem-se à contribuição de catadores organizados, registrados e com apoio do Poder Público municipal, não sendo computados dados de catadores autônomos. Os dados produzidos por esse grupo de trabalhadores não entram nas estatísticas oficiais, visto que os catadores autônomos encaminham os materiais coletados diretamente aos comerciantes ou recicladores, e não prestam conta às prefeituras nem registram seus dados em nenhuma plataforma de controle do Estado. A Tabela 7 apresenta a incidência dos principais materiais partícipes da coleta seletiva.

Tabela 7 – Incidência de materiais recicláveis secos, recuperados, por tipo de material.

Ano de referência	Papel e papelão (CS010) (ton.)	Plástico (CS011) (ton.)	Metal (CS012) (ton.)	Vidro (CS013) (ton.)	Outros (CS014) (ton.)	Total
2017	262.866	162.298	76.699	69.196	46.261	617.319
	42,6%	**26,3%**	**12,4%**	**11,2%**	**7,5%**	**100%**
2018	241.085,7	129.493,2	75.304,9	69.820,2	58.022,4	573.726,4
	42%	**22,6%**	**13,1%**	**12,2%**	**10,1%**	**100%**
2019	256.156,5	165.304,3	82.441,1	77.487,6	98.269,2	679.658,7
	37,7%	**24,3%**	**12,1%**	**11,4%**	**14,5%**	**100%**

OBS.: As siglas se referem ao código do tipo de material recolhido. CS = Coleta Seletiva.
Fonte: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. SNIS, 2019.

A coleta seletiva ainda não está implantada em todos os municípios brasileiros, porém, o número de unidades de triagem de recicláveis cresceu 17,35% entre 2017 e 2019, subindo de 991 para 1.163 (Tabela 8). No mesmo período, o percentual de resíduos recicláveis coletados, que foi recuperado, cresceu de 58,86% para 62,87%.

Tabela 8 – Recuperação estimada de RSU, pela coleta seletiva, em 2017, 2018 e 2019.

Ano	Municípios que participaram da amostragem	Unidades de triagem de recicláveis	Quantidade anual estimada	Porcentagem de resíduos recicláveis recuperados
2017	3.556	991	1,75 milhão de toneladas de resíduos recicláveis coletados	58,86%
			1,03 milhão de toneladas de resíduos recicláveis recuperados	
2018	3.468	1.030	1,67 milhão de toneladas de resíduos recicláveis coletados	62,87%
			1,05 milhão de toneladas de resíduos recicláveis recuperados	
2019	3.712	1.163	1,61 milhão de toneladas de resíduos recicláveis coletados	64,60%
			1,04 milhão de toneladas de resíduos recicláveis recuperados	

Fonte: MDR, 2017, 2018, 2019a, 2019b.

Reciclagem de orgânicos

A maior parte da fração orgânica de resíduos produzidos no País ainda está sendo destinada sem aproveitamento do potencial energético que a decomposição da matéria orgânica pode produzir. O gás gerado em tais processos pode ser aproveitado para a geração de calor, energia ou combustível veicular. A Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio), instituída pela Lei n.º 13.576/2017, ressalta o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética nacional. De acordo com dados da Abrelpe e ABiogás (2019), o Brasil possui potencial para produção de cerca de 4 milhões de Nm^3/ano[12] de biometano, o que levaria a uma possível geração de 14.40 TWh/ano[13] de energia elétrica, suficiente para abastecer 49.164.757 residências por ano. Considerando o volume de RSU gerado em 2017, destinado a aterros sanitários sem captação, o País deixou de produzir 7.230 GWh[14] de eletricidade, que

12 Nm^3/ano: Normal metro cúbico por ano.
13 TWh/ano: Terawatt-hora.
14 GWh: Gigawatt-hora.

poderiam ter fornecido energia renovável para quase 24 milhões de residências ou produzido biometano suficiente para substituir mais de 2 milhões de litros de diesel (BRASIL, 2020b).

Segundo dados do SNIS-RS, em 2018, a fração orgânica correspondeu a 37 milhões de toneladas (MDR, 2019). Desse montante, apenas 127.498 toneladas foram valorizadas em unidades de compostagem. O restante da matéria orgânica gerada nas cidades brasileiras foi encaminhado para disposição em aterros sanitários ou, de maneira inadequada, aterros controlados e lixões (MDR, 2019; BRASIL, 2020b).

Disposição Final

Antenor e Szigethy (2020) apontam que cerca de 90% das tecnologias existentes no mundo, para a construção de aterros, estão disponíveis no Brasil, mas os custos de implantação continuam altos para a maior parte dos municípios. Dessa forma, o Brasil vem melhorando, timidamente, seus índices. Mesmo assim, há mais de uma década, a maioria dos resíduos coletados no País vem sendo depositada em aterros sanitários. Em análise comparativa sobre a disposição final dos resíduos coletados, a Abrelpe (2020) aponta que em 2010, dos resíduos coletados no País, 33,4 milhões de toneladas foram destinados adequadamente, o que representou 56,8% dos resíduos, naquele ano. Em 2019, 43,3 milhões de toneladas coletadas (59,5%) foram dispostas em aterros sanitários. Em relação à destinação de forma inadequada, foram despejadas em lixões ou aterros controlados, em 2010, 25,4 milhões de toneladas de resíduos (43,2% coletados). Em 2019, os registros apontam o montante de 29,5 milhões de toneladas de resíduos, como pode ser visto na Tabela 9.

Tabela 9 – Panorama da disposição final de RSU no Brasil, em 2010 e em 2019.

Ano		2010		2019	
Tipo de destinação	Destinação adequada	(Quant.t/ano)	Fração em %	(Quant. t/ano)	Fração em %
		33.406.260	56,8%	43.300.315	59,5%
	Disposição inadequada	25.389.400	43,2%	29.448.200	40,5%
Total de resíduos coletados		58.795.660	100%	72.748.515	100%

Fonte: ABRELPE, 2020.

O Brasil vem tentando mudar sua imagem internacionalmente, instituindo leis e programas que consolidam suas políticas públicas referentes à destinação adequada de resíduos sólidos. Desde 2010, O Brasil incentiva a elaboração de planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos e implantação da coleta seletiva, nos termos previstos na Lei n.º 12.305/2010. Essa é uma condição para o Distrito Federal e os municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade (BRASIL, 2010).

O Programa Nacional Lixão Zero representa outro importante passo para a implementação da PNRS, pois é uma iniciativa do Ministério do Meio Ambiente, que visa atender à diretriz federal, com o objetivo de eliminar os lixões existentes e apoiar os municípios para soluções mais adequadas de destinação final de resíduos sólidos. Por meio de ações concretas, pretende-se melhorar a qualidade ambiental das cidades e, como consequência, a qualidade de vida da população. O programa se insere no âmbito da Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana e disponibiliza dados gerais de resíduos sólidos, por meio de painel interativo, no qual é possível visualizar mapas, gráficos e indicadores relacionados à gestão de RSU e logística reversa (MMA, 2019).



Fonte: Zack/MMA

Logística Reversa

É um instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (MDR, 2018). Conforme definido na Política Nacional de Resíduos Sólidos, no art. 33:

> Art. 33 São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:
>
> I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;
>
> II - pilhas e baterias;
>
> III - pneus;
>
> IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
>
> V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
>
> VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Em 2017, foi publicado o Decreto n.º 9.177, de 23 de outubro de 2017, que estabelece normas para assegurar a isonomia na fiscalização e no cumprimento das obrigações imputadas a fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos, seus resíduos e suas embalagens sujeitos à logística reversa obrigatória. Além disso, o Ministério do Meio Ambiente vem abrindo vários editais para viabilizar os acordos setoriais, para a implantação da logística reversa no País.

Atualmente, existem 12 fluxos de logística reversa estabelecidos, sendo eles: agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; baterias de chumbo-ácido; eletroeletrônicos e seus componentes; embalagens de aço; embalagens de óleo lubrificante; embalagens em geral; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; medicamentos; óleos lubrificantes usados ou contaminados (Oluc); pilhas e baterias; pneus inservíveis; e latas de alumínio para bebidas. As respectivas Entidades Gestoras, Termos de Compromisso e/ou Acordos Setoriais, e demais regulamentações, bem como dados e outros detalhes, podem ser vistos no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir-6).

ÁREAS VERDES URBANAS

Unidades de conservação urbanas no Brasil

O Brasil possui cerca de 2.500 unidades de conservação integrantes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Snuc)[15] separadas em duas categorias: as de uso sustentável e as de proteção integral. Entre as unidades de uso sustentável, figuram as áreas de proteção ambiental, as áreas de relevante interesse ecológico, as florestas nacionais, as reservas extrativistas, as reservas de fauna, as reservas particulares do patrimônio natural e as reservas de desenvolvimento sustentável. Entre as de proteção integral estão as estações ecológicas, as reservas biológicas, os parques nacionais, os monumentos naturais e os refúgios de vida silvestre.

Das unidades de conservação listadas pelo sistema do I3Geo[16], é possível identificar que 256 possuem sedes municipais em seu interior e estão distribuídas por todas as regiões do Brasil.

Além das unidades especialmente tratadas pelo Snuc, existem outras tipologias de unidades que não são previstas no Snuc, tais como os hortos florestais, parques ecológicos, jardins botânicos e outros.

A criação de unidades de conservação visa a preservação de aspectos relevantes de porções dos ecossistemas – que sofrem ação da interferência humana, e poderiam desaparecer caso não fossem protegidos e intangíveis – cujas ações humanas sejam limitadas por atos legais.

As áreas verdes urbanas sofrem pressões diferentes das existentes em regiões remotas, especialmente em função da proximidade de populações urbanas e pressão pelo avanço do setor imobiliário, tendo efeitos no desmatamento, perdas de fauna e flora, perda de mananciais, empobrecimento de solo, acúmulo de lixo urbano e resíduos, contaminação de lençol freático e prejuízos a serviços ambientais. Os efeitos indesejáveis do processo de urbanização sem planejamento, como a ocupação irregular e o uso indevido dessas áreas, tende a reduzi-las e degradá-las cada vez mais. Isso causa graves problemas nas cidades e exige muito empenho no incremento e aperfeiçoamento de políticas ambientais urbanas voltadas à recuperação, manutenção, monitoramento e fiscalização das áreas verdes nas cidades (MMA, 2019).

O avanço da ocupação urbana sobre as áreas verdes também traz consequências que afetam diretamente a saúde pública e, nesse contexto, é necessário implementar políticas públicas e promover melhorias nos mecanismos de gestão dessas áreas, de forma a minimizar a interferência das ocupações humanas sobre as florestais. Um bom exemplo de potenciais consequências dessa interação é a pandemia global que ocorre atualmente.

A existência de áreas verdes protegidas dentro das cidades contribui para reduzir essas pressões, pois uma vez incluídas dentro do ordenamento urbano, como áreas especialmente protegidas, é possível implementar políticas de proteção ambiental e vigilância, inibindo a ação de invasores e o mau uso. Além disso, quando possível, essas áreas também podem ser incluídas em programas de lazer e bem-estar social, promovendo o contato das populações com o ambiente preservado.

15 Mais informações podem ser obtidas no painel do MMA, disponível no *site:* https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYjBiYzFiMWMtZTNkMS00ODk0LWI1OGItMDQ0NmUzNTQ4NzE4IiwidCI6IjM5NTdhMzY3LTZkMzgtNGMxZi1hNGJhLTMzZThmM2M1NTBlNyJ9. Acessado em maio de 2021.

16 I3Geo: Sistema de mapas interativos que utilizam as camadas de dados geográficos disponíveis no servidor de dados do MMA e instituições parceiras. Disponível no *site:* http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/areaspriori.htm?l2cad6m6i9s204u543ue8vvnm0.



Parque Estadual do Sítio Rangedor
Fonte: Secretaria de governo do Estado do Maranhão

Áreas verdes urbanas – contexto normativo

A Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, em seu art. 3º, inciso XX, define "área verde urbana" como "espaços, públicos ou privados, com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais", além de estabelecer um "Regime de Proteção das Áreas Verdes Urbanas", em seu art. 25.

Por essa definição, unidades de conservação, áreas de preservação permanente e áreas de reserva legal, inseridas no ambiente urbano, podem ser consideradas áreas verdes urbanas, se previstas no Plano Diretor ou na Lei de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município ou do Distrito Federal, numa dupla afetação, porém, nem toda área verde urbana se enquadra nessas categorias de áreas legalmente protegidas.

Jardins botânicos, jardins zoológicos e hortos florestais, que antes da criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Snuc), haviam sido declarados como unidades de conservação, pela Resolução Conama n.º 11, de 3 de dezembro de 1987, também podem ser considerados áreas verdes urbanas, desde que haja previsão no Plano Diretor ou na Lei de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município ou do Distrito Federal. Não recepcionada pela Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000, a Resolução Conama nº 11, de 1987, foi expressamente revogada pela Resolução Conama n.º 428, de 17 de dezembro de 2010.

Mais recentemente, visando reduzir a impermeabilização das cidades, a Lei n.º 12.983, de 2 de junho de 2014, resultante da conversão da Medida Provisória n.º 631, de 24 de dezembro de 2013, fez incluir a identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais como conteúdo obrigatório do plano diretor a que se refere o art. 42 da Lei n.º 10.257, de 10 de julho de 2001 – Estatuto das Cidades, para os municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.

A extinção das áreas de reserva legal de imóveis inseridos no perímetro urbano, definido mediante lei municipal, somente pode ocorrer "concomitantemente ao registro do parcelamento do solo para fins urbanos,

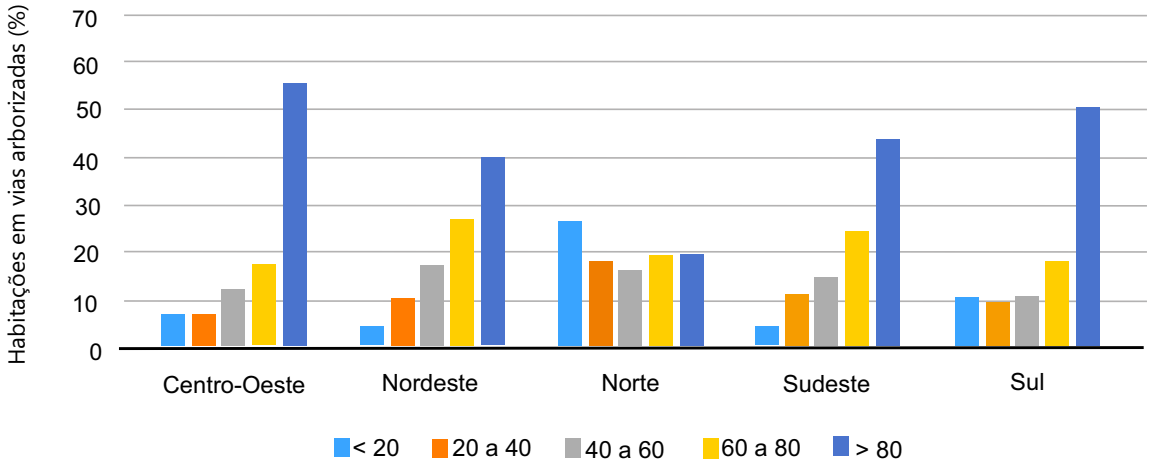
aprovado segundo a legislação específica e consoante as diretrizes do plano diretor de que trata o § 1º do art. 182 da Constituição Federal", conforme estabelece o art. 19 da Lei n.º 12.651, de 2012, sendo a sua transformação "em áreas verdes nas expansões urbanas", um dos instrumentos também previstos no art. 25 da mesma lei.

Arborização de ruas nos municípios brasileiros

A arborização de ruas é um indicador importante para a avaliação da qualidade ambiental nas cidades. Não pode ser avaliado individualmente, mas complementando indicadores de poluição do ar e da água, oscilação térmica, infraestrutura, entre outros. Considerando a grande diversidade de ambientes urbanos nos municípios brasileiros, com diferenças em população e infraestrutura, é relevante a análise dos dados referentes à presença de árvores nas faces de quadras, captados pelo município e disponibilizados pelo IBGE Cidades, para 2010. A metodologia está sendo aprimorada, visando o próximo censo. Nessa análise, foram utilizados os dados de arborização referentes a 2021 e os de população estimados para 2020 (IBGE, 2010).

A análise realizada por regiões brasileiras, considerando a proporção de municípios em cinco classes de arborização (20% ≤; 20,1 a 40%; 40,1 a 60%; 60,1 a 80% e > 80,1%) mostra que a maioria se encontra com mais de 80% de vias arborizadas, com destaque positivo para a região Centro-Oeste. A região Norte é exceção, apresentando maior deficiência de arborização urbana (Figura 12).

Figura 12 – Porcentagem de municípios distribuídos por região brasileira, considerando cinco classes (%) de vias urbanas arborizadas.



Fonte: IBGE, 2010.

Esse diagnóstico pode ser reforçado se a análise for feita pelas capitais brasileiras (Tabela 10). Pode-se destacar Campo Grande e Goiânia, com os maiores percentuais de arborização de vias públicas das capitais brasileiras. Manaus, Belém e Rio Branco, apresentaram menos de 25% de vias arborizadas.

Tabela 10 – Percentuais de arborização em vias públicas de capitais brasileiras.

Capital	Estado	Arborização de vias publicas (%)
Campo Grande	MS	96,3
Goiânia	GO	89,3
Belo Horizonte	MG	82,7
Porto Alegre	RS	82,7
Palmas	TO	79,9
João Pessoa	PB	78,4
Fortaleza	CE	74,8
São Paulo	SP	74,8
Teresinha	PI	72,3
Rio de Janeiro	RJ	70,5
Curitiba	PR	70
Macapá	AP	66
Vitória	ES	65,4
Recife	PE	60,5
Maceió	AL	57,1
Aracaju	SE	56,6
Natal	RN	44,7
Porto Velho	RO	40
Cuiabá	MT	39,6
Salvador	BA	39,5
Brasília	DF	36,9
São Luís	MA	32,3
Florianopolis	SC	32
Manaus	AM	23,9
Belém	PA	22,3
RIo Branco	AC	13,8

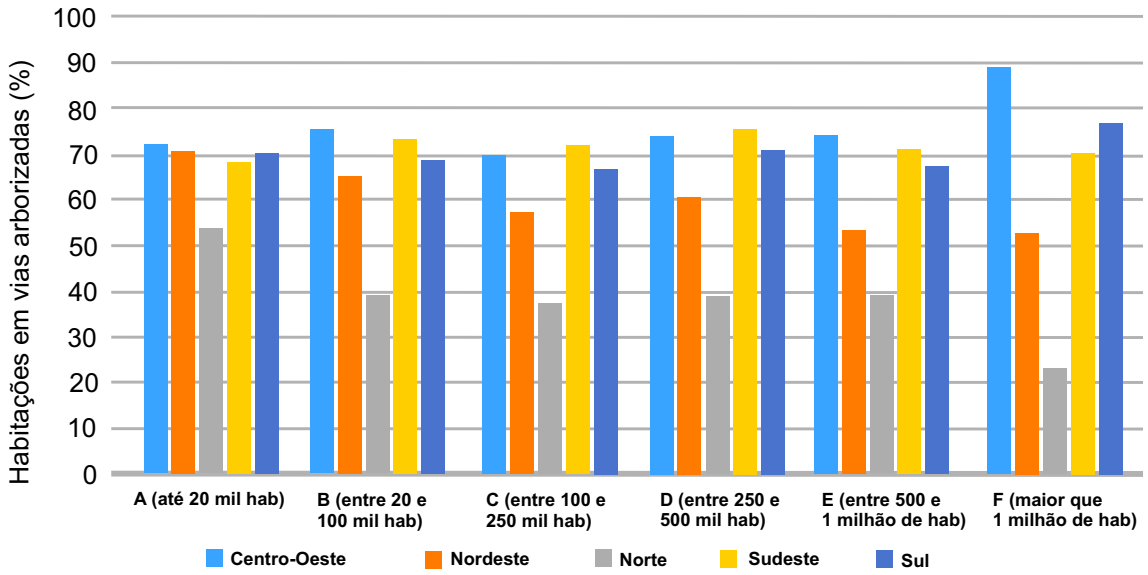
Fonte: IBGE, 2010.

Não por acaso, desde o lançamento do programa *Tree Cities of the World*, pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e pela Fundação *Arbor Day*, em 2019, Campo Grande/MS foi a única capital brasileira selecionada, compondo um grupo de 68 cidades, em 17 países. Duas outras cidades brasileiras também foram contempladas com o título, ambas situadas no estado de São Paulo: São Carlos e São José dos Campos. O programa "Cidades de Árvores do Mundo" é um esforço internacional de reconhecimento envolvendo cidades e vilas comprometidas em garantir que suas florestas e árvores urbanas sejam adequadamente mantidas e gerenciadas de forma sustentável.



O tamanho do município também pode ser considerado quando se interpreta esse indicador. Foi feita a análise por classes de número de habitantes, considerando seis categorias (até 20.000; entre 20.001 e 100.000; entre 100.001 e 250.000; entre 250.001 e 500.000; entre 500.001 e 1.000.000; e acima de 1.000.000, em cada região, com o cuidado de converter para porcentagem de municípios, por região, para efeito de comparação (Figura 13). Entre as regiões, os maiores municípios, com maior percentual de ruas arborizadas encontram-se nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste. A região Norte é a mais crítica, em todas as classes de população avaliadas, seguida da região Nordeste.

Figura 13 – Porcentagem de habitações em vias urbanas arborizadas em municípios distribuídos por classes de população e regiões brasileiras (%) no ano de 2010.



Fonte: IBGE, 2010.

ÁGUA E ESGOTO

Qualidade da água

A última projeção populacional publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indica que o Brasil tem população estimada de 211.755.692 milhões de habitantes (IBGE, 2020b). O incremento da população, sobretudo em áreas urbanizadas, que concentram 84,4% da população brasileira, desponta como fator de pressão sobre a infraestrutura nas cidades (IBGE, 2010). Entende-se o saneamento como parte dessa infraestrutura, necessária à manutenção da qualidade ambiental e de vida nas cidades. A Lei Federal n.º 14.006/2020 elenca quatro grupos de serviço e infraestrutura de saneamento, dentre esses, os de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário.

Pressões como o crescimento populacional aumentam a demanda pelos recursos ambientais, alterando a qualidade e o fornecimento desses, interferindo, por exemplo, na quantidade e na qualidade da água para consumo humano, disponível para determinada população. A água é recurso ambiental com papéis e representações diversas na sociedade, sendo insumo básico dos processos, com repercussão direta sobre a vida social, econômica e a saúde, dentro dos territórios. A média diária do volume de água

consumido por uma população oscila em função de aspectos de disponibilidade, sociais, políticos e econômicos, e deve ser definida como indicador fundamental para o estabelecimento das projeções de demanda, bem como para a compreensão do acesso em suas múltiplas acepções (MS, 2020).

Dados do último relatório publicado pelo Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (MDR, 2020) apontam que tem ocorrido redução no consumo de água nos últimos anos, em determinadas regiões, como na Sudeste e Norte. Segundo o relatório, deve-se interpretar esses valores com cautela, uma vez que são fortemente influenciados por situações específicas de cada sistema, que podem levar a mudanças de um ano para o outro. De maneira geral, a diminuição do consumo *per capita* pode estar sendo influenciada pela combinação da crise hídrica, acentuada em algumas bacias hidrográficas brasileiras, e pela crise econômica, que tem levado à redução do consumo (MDR, 2020).

A Tabela 11 mostra o consumo médio de água, por habitante, nas diferentes regiões do País. Embora na região Sudeste tenha havido oscilações e redução no consumo nos últimos anos, segue com consumo acima da média geral. A região Nordeste, caracterizada pelo clima semiárido e menor disponibilidade hídrica, apresenta o menor consumo médio *per capita,* mesmo considerando o aumento do consumo nos últimos anos.

Tabela 11 – Consumo médio *per capita* de água, por macrorregião do Brasil, em 2019, e a variação entre 2017 e 2019.

Região	Consumo médio (L/hab./dia)	Variação entre 2017 e 2019 (%)
Norte	129,1	- 2,5
Nordeste	120,6	+ 6,1
Sudeste	177,4	- 1,6
Sul	146,4	+ 0,8
Centro–Oeste	147,8	+ 1,2
Brasil	153,9	+ 0,2

Fonte: MDR, 2020.

Em relação ao déficit de saneamento, conforme definido no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) 2019[17], a questão vai além do não atendimento ou não oferta dos serviços de saneamento, compreendendo diversas situações que podem caracterizar o atendimento como precário, com potencial comprometimento à saúde humana. Quando comparados os serviços de abastecimento de água aos de esgotamento sanitário, é possível observar que o Brasil possui déficit quantitativo e qualitativo maior no componente de esgotamento do que no de abastecimento de água (Tabela 12). Em ambos os componentes, o atendimento precário contribui de forma expressiva para o déficit. Embora a ausência do serviço seja menos acentuada, é fator que merece destaque.

17 Mais informações sobre o PLANSAB podem ser obtidas no *site:* https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao_Conselhos_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Alta_-_Capa_Atualizada.pdf .

Tabela 12 – Déficit no abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil em 2017.

Serviço de saneamento	População brasileira com atendimento precário (%)	População brasileira sem atendimento (%)	População brasileira com déficit nos serviços (%)
Abastecimento de água	37,4	2,7	40,1
Esgotamento sanitário	41,9	3,3	45,2

Fonte: Plansab, 2020.

Quando tomamos como unidade de análise os municípios brasileiros e avaliamos apenas o componente quantitativo (atendimento ou não atendimento), o cenário indica que dos 5.570 municípios, um total de 5.548 (99,6%) possuíam o serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição (Tabela 13). Avaliando a evolução da oferta dos serviços de água por região brasileira, de 2000 a 2017, é possível observar que os maiores incrementos ocorreram na região Norte, justamente porque nessa região é que havia maior déficit. Pode-se notar, baseado nos dados, que os municípios das demais regiões brasileiras estariam teoricamente próximas da universalização do serviço de abastecimento de água por rede (IBGE- PLANSAB, 2000; 2008; 2017).

Tabela 13 – Percentual de municípios, por macrorregião do Brasil, com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição e com serviço de esgotamento sanitário por rede coletora (2000/2008/2017).

Macrorregião	Com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição			Com serviço de esgotamento sanitário por rede coletora		
	2000	2008	2017	2000	2008	2017
Norte	94%	98,4%	98,4%	7,1%	13,4%	16,2%
Nordeste	96,4%	98,8%	99,3%	42,9%	45,7%	52,7%
Sudeste	100%	100%	100%	92,9%	95,1%	96,5%
Sul	98,5%	99,7%	100%	38,9%	39,7%	44,6%
Centro-Oeste	98,4%	99,6%	99,6%	17,9%	28,3%	43%
Brasil	97,9%	99,4%	99,6%	52,2%	55,2%	60,3%

Fonte Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. IBGE, 2000; 2008; 2017.

Quanto ao componente de esgotamento sanitário, a abrangência segue menor que a do serviço de abastecimento de água, sendo os serviços ofertados em apenas 60,3% dos municípios brasileiros. Embora seja observada ampliação no quantitativo de municípios com oferta de serviço de esgotamento sanitário, o incremento é baixo. Segundo a PNSB-2017, tal comportamento denota que esse aumento do atendimento tem ocorrido pela expansão das áreas atendidas em municípios que já possuíam o serviço e não pelo surgimento do serviço em novas municipalidades. No geral, essa ampliação é mais heterogênea entre as Grandes Regiões, com destaque à região Centro-Oeste, onde há, dentro da série histórica, incremento mais expressivo: de 17,9%, em 2000, passou para 43,0% em 2017. É preciso destacar algumas disparidades como as observadas entre as regiões Sudeste e Norte, por exemplo: em 2000, mais de 92% dos municípios localizados na região Sudeste possuíam serviço de esgotamento sanitário; na região Norte, em 2017, o serviço estava presente em apenas 16,2% dos municípios.

É importante frisar que, historicamente, o abastecimento de água vem sendo aumentado nos municípios que ofertam o serviço (Tabela 13). Tal cenário não implica, necessariamente, ampliar a cobertura populacional e universalizar a qualidade dos serviços (Tabela 12). Dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento apontam que em 2019 o índice de atendimento urbano de água, ou seja, o percentual da população urbana atendida pelo serviço nos municípios brasileiros foi de 92,9%. Os dados do sistema permitem observar as grandes diferenças de atendimento com os serviços de distribuição de água e de coleta, bem como tratamento de esgotos, entre as regiões brasileiras (Tabela 14).

Tabela 14 – Índices de atendimento da população urbana com rede de distribuição de água e rede de coleta de esgotos, entre prestadores de serviços participantes do SNIS-2019, por macrorregião do Brasil.

Macrorregião	Índice de atendimento urbano de água (%)	Índice de atendimento urbano de coleta de esgotos (%)
Norte	70,4	15,8
Nordeste	88,2	36,7
Sudeste	95,9	83,7
Sul	98,7	53,1
Centro-Oeste	97,6	63,6
Brasil	92,9	61,9

Fonte: MDR, 2020.

Enquanto as regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste apresentam os melhores índices de atendimento urbano, com mais de 90% da população urbana atendida com redes de distribuição de água, nas regiões Norte e Nordeste esses índices são inferiores. Destaque para a região Norte, com o índice de atendimento mais baixo (70,4%). Essas disparidades são mais acentuadas para os serviços de coleta e tratamento de esgotos. Por exemplo, pouco mais de 80% da população urbana da região Sudeste tem seus esgotos coletados por redes, enquanto na região Norte apenas 15,8% da população urbana é atendida.

Em síntese, quase todos os municípios brasileiros possuem sistemas de abastecimento de água por rede, que poderiam atender, de forma adequada ou precária, a mais de 90% da população urbana em 2019, enquanto cerca de 60% dos municípios brasileiros possuem redes de coleta de esgotos, que atenderiam, de forma adequada ou precária, a 62% da população urbana brasileira.

Tanto os indicadores de déficit como os de cobertura municipal com serviços de rede de distribuição de água e de coleta de esgotos materializam um cenário em que há constante e urgente necessidade de ampliação da cobertura e melhoria qualitativa dos serviços prestados. Quando comparamos o atendimento com rede de água com a rede de coleta de esgotos (Tabela 15), ficam evidentes as escolhas históricas feitas no setor Saneamento, de priorizar o serviço de distribuição de água para consumo, considerado um serviço mais relevante e mais rentável do que os serviços de coleta e tratamento dos esgotos sanitários (IBGE - PLANSAB, 2017).

Outra forma de avaliar a cobertura dos serviços de abastecimento e esgotamento sanitário é a partir do tamanho do município, o que adiciona outra camada de informação relevante, que permite compreender, por exemplo, onde os investimentos devem ser investidos, seja para instalação de novo serviço ou ampliação da cobertura. Os dados da PNSB-2017 mostram que o número de municípios com acesso a

serviços de abastecimento de água manteve baixa variação em relação às classes de tamanho da população. O percentual de municípios de pequeno, médio e grande porte que possuem serviço de abastecimento de água por rede geral é superior a 95% em todas as classes.

A dinâmica da cobertura por serviços de esgotamento sanitário, mais uma vez, manifesta-se distinta. Dados apontam que o número de municípios atendidos por rede coletora de esgotos é maior entre as classes de maior tamanho populacional. Nos municípios com população até 5.000 habitantes, apenas 43,0% possuem rede coletora de esgotos, enquanto 97,6% dos municípios com mais de 500.000 habitantes possuem coleta de esgotamento sanitário.

Tabela 15 – Municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição e com serviço de esgotamento sanitário por rede coletora em funcionamento, conforme classes de tamanho da população dos municípios.

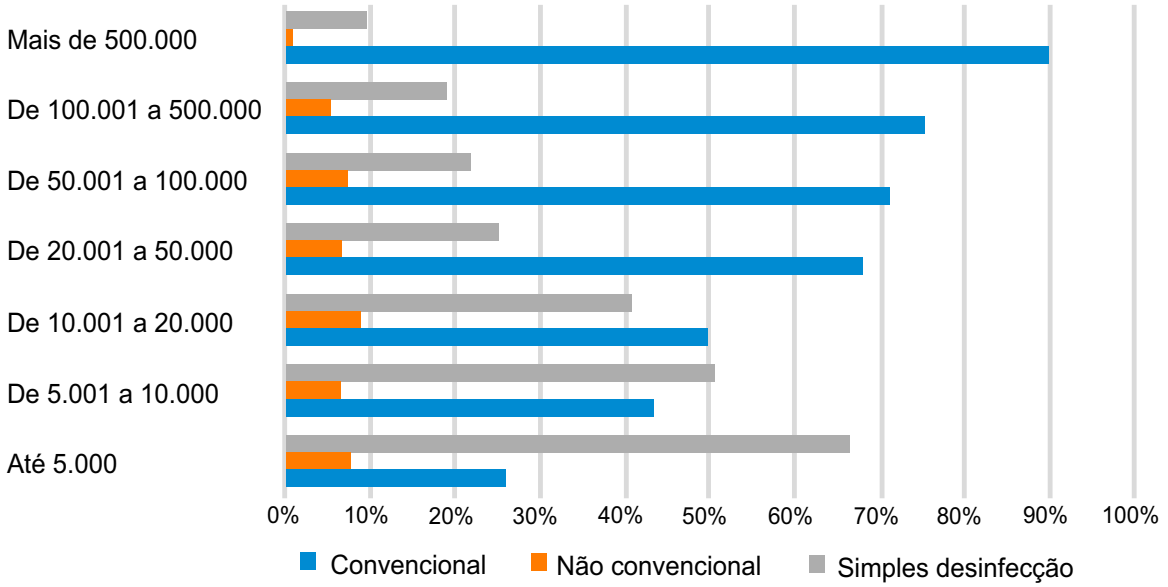
Tamanho da população dos municípios	Total		Com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição em funcionamento		Com serviço de esgotamento sanitário por rede coletora em funcionamento	
	n	%	n	%	n	%
Até 5000	1 235	22,2	1 226	99,3	532	43
De 5 001 a 10 000	1 215	21,8	1 191	98	610	50,2
De 10 001 a 20 000	1 352	24,3	1 343	99,3	763	56,4
De 20 001 a 50 000	1 103	19,8	1 092	99	731	66,3
De 50 001 a 100 000	355	6,4	355	100	280	78,87
De 100 001 a 500 000	268	4,8	268	100	249	92,9
Mais de 500 000	42	0,7	42	100	41	97,6
Brasil	5 570	100	5 517	99	3 206	57,5

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. IBGE, 2017.

O tamanho da população do município também parece influenciar no tipo de tratamento aplicado à água de abastecimento. A Figura 14 mostra que quanto mais populoso, maior o percentual de municípios onde ocorre tratamento convencional da água.

O maior percentual de ocorrência de tratamento, por simples desinfecção, ocorre nos municípios com até 5.000 habitantes. A decisão pelo tipo de tratamento passa não apenas por condicionantes econômicas e tecnológicas, mas é definida, em primeiro plano, em função das condições de qualidade da água bruta captada para tal fim. A Resolução Conama n.º 357/2005 determina que, dependendo da qualidade dos corpos hídricos captados para abastecimento humano, devem ser submetidos a diferentes tratamentos, de acordo com seus respectivos enquadramentos. Águas doces enquadradas como classe especial podem ser submetidas à desinfecção simples, apenas. Quando de classe 1, as águas devem passar por tratamento simplificado, que envolve clarificação por meio de filtração e desinfecção, e correção de pH, quando necessário. No caso das águas enquadradas como classe 2, devem ser submetidas a tratamento convencional, que corresponde à clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH. As enquadradas como classe 3 devem passar por processos avançados de tratamento.

Figura 14 – Percentual do volume de água tratada distribuída por dia, por tipo de tratamento realizado, segundo as classes de tamanho da população dos municípios em 2017.



Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. IBGE, 2017.

Em relação ao esgotamento sanitário, além dos indicadores apontados, outro que reflete bem a dinâmica do déficit quantitativo e qualitativo diz respeito à relação entre o volume de esgoto gerado, coletado e tratado (Tabela 16). De acordo com SNIS 2019, no Brasil, 78,5% do esgoto coletado é tratado. Todavia, se considerarmos o volume total de esgotos gerados, ou seja, tanto o coletado quanto o não coletado, o percentual de tratamento cai para 49,1%. Para estimar o volume de esgoto gerado, o SNIS utiliza o volume de água consumido pelos clientes abastecidos por redes de distribuição. A região Norte é a que apresenta o menor percentual de tratamento, diante do volume total de esgoto gerado, enquanto as regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentam os maiores índices de coleta e tratamento dos esgotos gerados.

Tabela 16 – Índices de coleta e de tratamento de esgoto por macrorregião do Brasil.

Macrorregião	Coleta de esgoto gerado por rede (%)	Tratamento do esgoto gerado (%)
Norte	12,3	22,0
Nordeste	28,3	33,7
Sudeste	79,5	55,5
Sul	46,3	47,0
Centro-Oeste	57,7	56,8
Brasil	54,1	49,1

Fonte: MDR, 2020[18].

18 Mais informações sobre a temática do esgotamento sanitário e tratamento de esgoto, evidenciando a evolução das taxas de coleta e tratamento ao longo dos anos, podem ser obtidas no capítulo "Água".



Fonte: Acácio Pinheiro/Agência Brasília

Para avaliar se o serviço de saneamento é adequado, ou seja, cumpre com sua função de promover a saúde, prevenindo doenças e melhorando as condições de vida da população, é necessário avaliar sua operação cotidiana e não apenas a simples existência ou disponibilidade em determinada área.

O SNIS possui alguns indicadores de qualidade dos serviços oferecidos à população, que buscam avaliar a regularidade e o atendimento a padrões de qualidade, na prestação de serviços como: quantidade de paralisações dos sistemas de distribuição de água que, individualmente, foi maior que seis horas; quantidade de extravasamentos das redes de coleta de esgotos; quantidade de reclamações pelos usuários dos serviços etc. Segundo os relatórios anuais do SNIS, os prestadores de serviço de saneamento tendem a não preencher muitas dessas informações de qualidade, quando não são obrigatórias, ou reportar números poucos prováveis ou inconsistentes, como zero ocorrência de paralisações dos sistemas de distribuição de água ou de extravasamentos das redes de coleta de esgotos (MCIDADES, 2010).

Esses fatos levaram, inclusive, ao lançamento de um projeto (Projeto Acertar) em 2018, para a adoção de boas práticas de monitoramento e consolidação dos dados do SNIS, aprimorando os processos de gestão das informações, conforme orientações do "Manual de Melhores Práticas do SNIS", que permitem certificar as informações fornecidas ao SNIS pelos prestadores de serviços. Dos indicadores de qualidade, segundo o relatório do SNIS, talvez o mais fidedigno e do qual os prestadores tenham melhor controle seja o da quantidade de reclamações ou solicitações de serviços. Praticamente todos os prestadores presentes na amostra do SNIS, de 2019, forneceram esses dados, mesmo apresentando inconsistências.

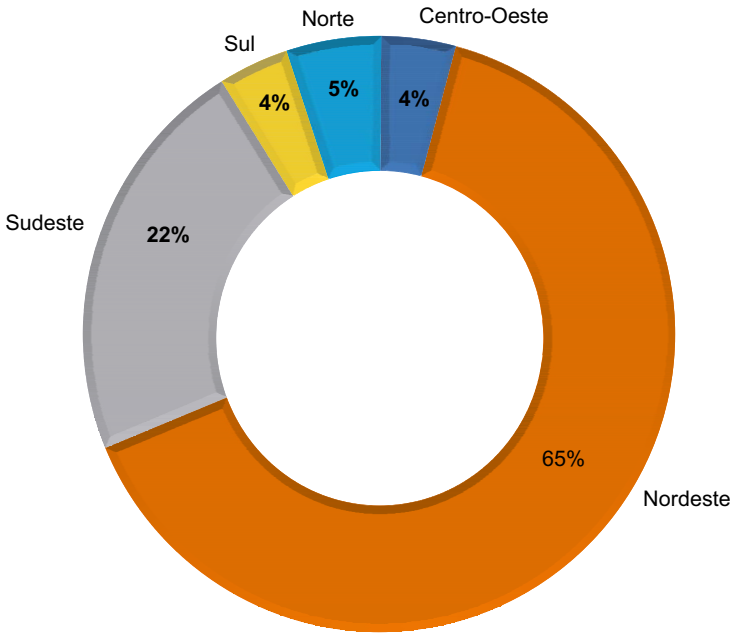
Deve-se destacar que quase 70% dos municípios atendidos pelos grandes prestadores de serviços (regionais e microrregionais) apresentaram de 1 a 1,3 reclamação ou solicitação por serviço executado. Para os prestadores de pequeno porte (serviços locais), mais de 90% dos municípios atendidos situam-se também dentro da faixa de 1 a 1,3 serviço solicitado por serviço executado. Mas é preciso considerar as possíveis imprecisões nas informações declaradas, pois existem prestadores que apresentaram razões bem diferenciadas. Isso, provavelmente, se deve à não execução ou demora na execução dos serviços reclamados, por diversos motivos, resultando na existência de várias reclamações para o mesmo problema.

Em relação à qualidade dos serviços prestados, os dados da PNAD Contínua (2017)[19] indicam que cerca de 10% dos domicílios atendidos por rede de distribuição de água tinham abastecimento irregular, com fornecimento de água restrito a alguns poucos dias da semana. A intermitência nos sistemas de abastecimento ocorreu em 44,5% dos municípios abastecidos por rede geral de distribuição, com destaque para a região Nordeste, onde 67,7% das localidades sofreram situações de interrupção por seis ou mais horas, ao longo do ano de 2017.

Em 2017, ocorreu racionamento no fornecimento de água em 1.146 municípios (20,8%) dos 5.517 dos que possuíam abastecimento por rede de distribuição. Esse fato foi mais comum, novamente, nos municípios da região Nordeste, onde cerca de 40% dos municípios sofreram algum racionamento. A seca ou estiagem, insuficiência de água no manancial e deficiência nas instalações e equipamentos de produção ou distribuição foram relatados como os principais motivos. Deve-se entender o racionamento como uma interrupção sistemática, não acidental, no fornecimento de água adotado pelo prestador de serviços, quando a demanda por água não pode ser atendida pelos recursos hídricos disponíveis (IBGE - PLANSAB, 2017).

Foi relatada a paralisação completa dos serviços de abastecimento de água por rede geral, durante todo o ano de 2017, em 68 municipalidades brasileiras, sendo 59 localizadas na região Nordeste (Figura 15).

Figura 15 – Percentual de municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição em funcionamento e com ocorrência de interrupção de todos os sistemas de distribuição, de alguma entidade, por seis horas ou mais, segundo as Grandes Regiões em 2017.



Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. IBGE, 2017.

19 Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101566_informativo.pdf. Acessado em: nov. 2021.

Outro aspecto fundamental no que concerne à qualidade do serviço prestado, diz respeito à segurança da água distribuída para o consumo. A vigilância da qualidade da água de consumo humano no Brasil é atribuição do setor Saúde, responsável por definir os padrões de potabilidade. Uma revisão dessa norma foi recentemente publicada (Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021). Esse monitoramento é realizado por ações adotadas continuamente pelas autoridades de Saúde Pública das três esferas de gestão do SUS, coordenadas pelo programa Vigiagua.

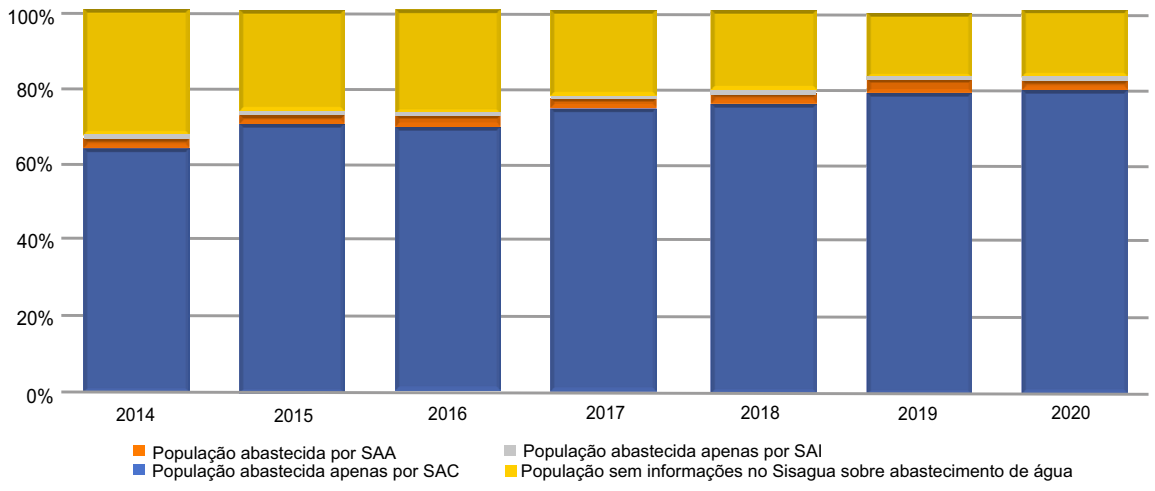
O principal instrumento de gestão do Vigiagua é o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua). A inserção dos dados no Sisagua permite caracterizar a cobertura de abastecimento de água para consumo humano no Brasil e a qualidade da água consumida pela população. Essa caracterização é importante para identificar vulnerabilidades e a gestão de riscos à saúde. O Sistema possui informações cadastrais sobre as três formas de abastecimento de água para consumo humano, preconizadas nas normas de potabilidade: Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano (SAA), Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento (SAC) e Solução Alternativa Individual (SAI).

Pode-se observar na Figura 16 a cobertura de abastecimento no Brasil pelas diferentes formas de abastecimento, no período de 2014 a 2020, segundo dados do Sisagua. Os SAA apresentaram maior crescimento para abastecimento da população. Todavia, a parcela da população atendida por essa forma de abastecimento varia bastante, dependendo da região. Por exemplo, conforme dados do Ministério da Saúde (2020), na região Norte, apenas 51,69% da população foi abastecida por SAA. Esse valor é muito inferior à média nacional de 80,07%, destacando alguns estados do Norte e Nordeste, que reforçam essa desigualdade de acesso à água por SAA no País, como Amapá (23,28%), Pará (36,28%), Maranhão (40,91%), Rondônia (48,20%), Rio Grande do Norte (48,22%) e Acre (50,10%).

Nota-se também redução da população que não possui informação sobre como se dá o abastecimento de água. Além disso, observa-se heterogeneidade em relação à população sem informação sobre a forma de abastecimento (SAA, SAC e SAI) nas diferentes regiões: as regiões Sul e Centro-Oeste apresentaram baixos percentuais (5,91% e 9,67%, respectivamente), ao passo que o Nordeste e o Norte evidenciaram grande parcela populacional, com lacunas de informação sobre esse abastecimento (21,86% e 40,12%, respectivamente); e a região Sudeste (13,43%) manteve-se abaixo da média nacional (16,7%).

Assim, em 2020, aproximadamente 80,07% da população brasileira (168.254.390 pessoas) foram abastecidas por SAA; 2,6% da população (5.423.094 pessoas) foram abastecidas apenas por SAC; e 0,7% (1.373.436 pessoas) apenas por SAI. Isso significa que pelo menos 6.796.530 de pessoas no Brasil residem em locais que não estão ligados à rede de abastecimento de água e, ainda, muitas pessoas utilizam soluções alternativas individuais para seu abastecimento, que, muitas vezes, não dispõem de tratamento de água adequado.

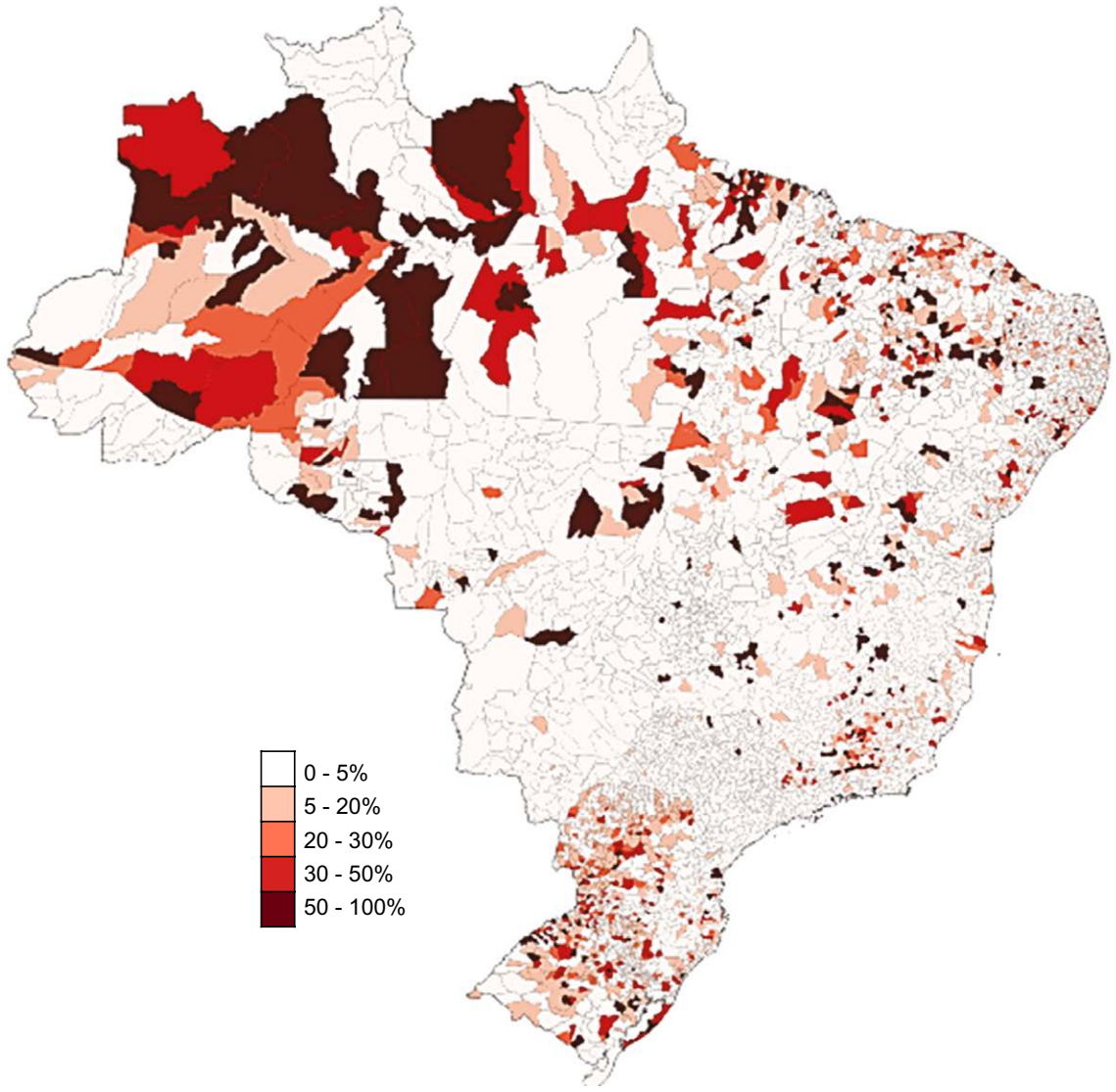
Figura 16 – População abastecida por SAA, SAC e SAI no Brasil, no período de 2014 a 2020.



Fonte: Ministério da Saúde, 2020

A atribuição do controle da qualidade da água oferecida à população é do prestador de serviço (ex.: responsável pela SAA ou SAC), conforme preconizado pela norma de potabilidade (SVS, 2006). Para as SAI, a responsabilidade pelo tratamento é do próprio cidadão. Ainda assim, segundo dados do Sisagua, algumas dessas formas de abastecimento não possuem tratamento adequado. Na Figura 17 observa-se espacialmente os percentuais populacionais de cada município que recebe água sem tratamento, seja por SAA, SAC ou SAI.

Figura 17 – Percentual da população de cada município que recebe água sem tratamento (SAA ou SAC sem tratamento, ou SAI) em 2020.



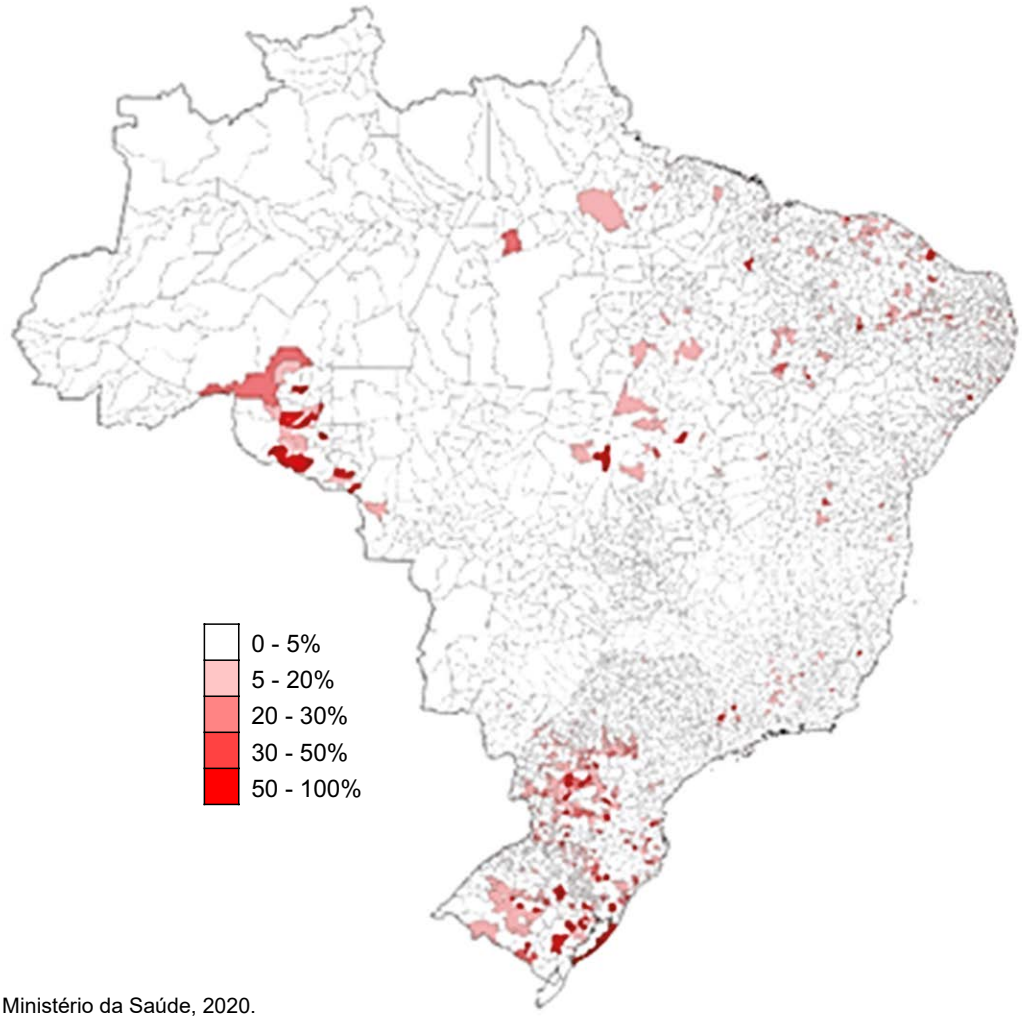
Fonte: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: https://dados.gov.br/dataset/sisagua-controle-mensal-quantitativos-de-analises/resource/97c9ccc3-9bee-4199-a900-3a68021eb541. Acessado em: nov. 2021.

A Figura 18 apresenta a distribuição espacial, por faixas percentuais da população, dos municípios brasileiros que não possuem informações sobre seu abastecimento de água.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) atribui ao abastecimento de água com qualidade adequada ao consumo humano importante papel para a promoção da saúde e redução de doenças. A sistematização das ações e inserção dos dados de monitoramento realizado pela Vigilância em Saúde Ambiental dos municípios analisados, além de permitir a avaliação da qualidade dos serviços prestados de abastecimento de água, podem contribuir para a verificação de riscos à saúde, prevenção de doenças e agravos relacionados ao abastecimento de água para consumo humano. A avaliação da qualidade microbiológica da água tem papel destacado no processo, tendo em vista o elevado número e a grande diversidade de microrganismos patogênicos, em geral de origem fecal, que podem estar presentes na água.

Os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano, e seu padrão de potabilidade, estão no Anexo XX, da Portaria de Consolidação n.º 5/2017, alterada pela Portaria GM/MS n.º 888/2021, do Ministério da Saúde. Segundo a Portaria, a água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico, no qual a ausência de *Escherichia coli* seja um dos principais parâmetros analisados.

Figura 18 – Faixa percentual da população de cada município que em 2020 não possuía informações sobre seu abastecimento de água no Sisagua.



Fonte: Ministério da Saúde, 2020.

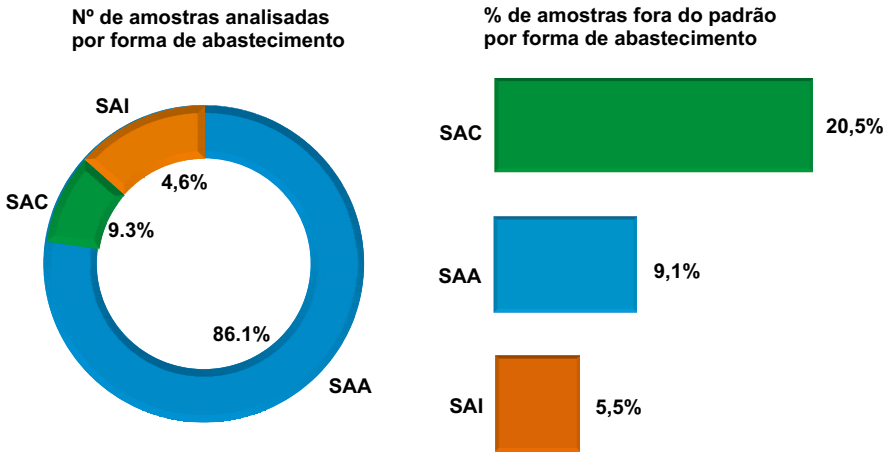
Quanto aos parâmetros microbiológicos, a Figura 19 apresenta a porcentagem de amostras fora do padrão analisadas pela vigilância, por forma de abastecimento, em 2020.

O consumo de água fora dos padrões de potabilidade pode oferecer riscos à saúde da população. Tradicionalmente, existe associação da incidência de doenças de veiculação hídrica com a falta de potabilidade da água consumida. Entretanto, uma abordagem mais holística associa um leque maior de agravos à saúde às condições de saneamento ambiental inadequado, as chamadas Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI). Essa classe de agravos pode ser dividida em: doenças de transmissão feco-oral; doenças transmitidas por inseto vetor; doenças transmitidas através do contato com a água; doenças relacionadas com a higiene, geo-helmintos e teníases. Essa classificação se baseia nos modos de transmissão das doenças e as principais ações ambientais para seu controle. Não é baseada nos agentes etiológicos clássicos (ex.: vírus e bactérias). A falta ou intermitência de água de consumo humano leva a população a armazená-la de forma improvisada e muitas vezes inadequada (ex.: caixas d'água mal tampadas ou baldes sem tampa), tornando o ambiente propício para a procriação do vetor *Aedes aegypti,* que dissemina a dengue, a zika e a chikungunya (FUNASA, 2010).

As doenças de transmissão hídrica são caracterizadas principalmente pela ingestão de água contaminada por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral. A degradação e a contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas, a diminuição da disponibilidade dessas águas e a degradação dos mananciais de abastecimento contribuem para a exposição humana a contaminantes de efeitos deletérios.

Informações relacionadas às doenças de transmissão hídrica podem ser coletadas em sistemas de informação, gerenciados pelo Datasus[20], e são importantes para a construção de indicadores epidemiológicos, que auxiliam na avaliação das condições de saúde de uma população.

Figura 19 – Percentual de amostras que violaram o padrão microbiológico, por forma de abastecimento, em 2020.



OBS.: SAA - Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano; SAC - Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento; e SAI - Solução Alternativa Individual.
Fonte: Portal SAGE. Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://portalsage.saude.gov.br. Acessado em: nov., 2021.

20 Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Ministério da Saúde.

Segundo o Ministério da Saúde (2021), as doenças diarreicas agudas (DDA) são consideradas a segunda principal causa de morte em crianças menores de cinco anos, no mundo. Quanto à taxa de mortalidade por DDA, em 2009 e 2013, as mortes por essas doenças foi de 2,4%. Em 2011, a menor taxa foi de 2,0%. A análise anual dos dados de mortalidade desse período revelou que o ano de 2013 concentrou o maior número de mortes e a maior taxa de mortalidade, ao passo que o ano de 2011 apresentou os menores indicadores em ambos os aspectos, com 3.992 óbitos, e taxa de 2,0%. As Tabelas 17 e 18 apresentam o número de óbitos registrados por ano e a taxa de mortalidade, respectivamente. Em relação aos números registrados pelas macrorregiões, a região Nordeste se destacou por concentrar o maior quantitativo, ao passo que a Sudeste obteve as menores taxas nacionais de mortalidade, no período.

Tabela 17 – Número de óbitos por Doenças Diarreicas Agudas (DDA) por macrorregião do Brasil, de 2009 a 2019.

Número de óbitos por DDA* no Brasil, por região, 2009 a 2019**.											
	2009	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Norte	537	449	388	405	465	480	389	460	479	464	421
Nordeste	2097	1790	1561	1626	2184	1583	1720	1830	1939	1678	1674
Sudeste	1233	1502	1332	1344	1350	1423	1451	1585	1497	1611	1695
Centro-Oeste	281	308	241	287	260	249	262	295	303	297	318
Sul	434	518	470	528	526	540	507	590	539	547	630
Brasil	**4582**	**4567**	**3992**	**4190**	**4785**	**4275**	**4329**	**4760**	**4757**	**4597**	**4738**

OBS.: * DDA - Cid 10 A00 a A09, excluindo A01, A02.1 a A02.9, A05.1, A06.1 a A06.9.

** Dados sujeitos à alteração.

Fonte: Sistema de Informação sobre Mortalidade. Ministério da Saúde, 2021.

Tabela 18 – Taxa de mortalidade por macrorregião do Brasil, de 2009 a 2019.

Taxa de mortalidade por DDA* (x 100 mil habitantes). Brasil, por região, 2009 a 2019**.											
	2009	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Norte	3,4	2,8	2,4	2,4	2,7	**2,8**	2,2	2,6	2,7	2,6	2,3
Nordeste	3,9	3,3	2,8	2,9	3,9	2,8	3,0	3,2	3,4	2,9	2,9
Sudeste	1,5	1,8	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,7	1,8	1,9
Centro-Oeste	2,0	2,2	1,7	1,9	1,7	1,6	1,7	1,9	1,9	1,8	2,0
Sul	1,6	1,8	1,7	1,8	1,8	1,9	1,7	2,0	1,8	1,8	2,1
Brasil	**2,4**	**2,3**	**2,0**	**2,1**	**2,4**	**2,1**	**2,1**	**2,3**	**2,3**	**2,2**	**2,2**

OBS.: * DDA - Cid 10 A00 a A09, excluindo A01, A02.1 a A02.9, A05.1, A06.1 a A06.9.
** Dados sujeitos à alteração.
Fonte: Sistema de Informação sobre Mortalidade. Ministério da Saúde, 2021.

Conforme a Tabela 18, as intervenções em saneamento básico se refletem diretamente na melhoria das condições de saúde pública, reduzindo a incidência de doenças de veiculação hídrica, cujas taxas têm apresentado tendência de redução em todas as regiões do Brasil. Contudo, não se pode afirmar que o aumento da cobertura de serviços de saneamento esteja atuando de modo isolado na redução de doenças relacionadas à água, tendo em vista que os determinantes são multicausais. Deve-se sempre ter em mente que os agravos à saúde são multicausais, portanto,

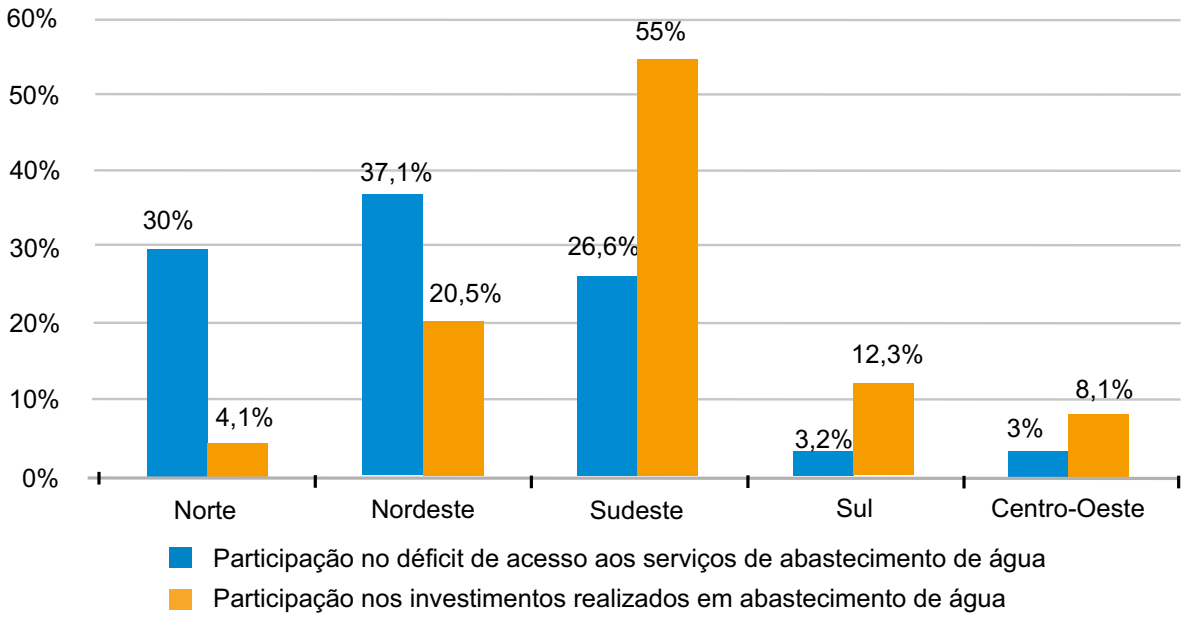
não devem responder a alterações de um único fator isolado. Outros fatores também podem desempenhar papéis relevantes na incidência das doenças, como o acesso a serviços de saúde, educação em saúde, dieta etc.

Como resposta às deficiências na oferta dos serviços de saneamento, podemos analisar se os investimentos realizados no setor são compatíveis com as necessidades existentes.

A Figura 20 apresenta os locais com maiores déficits de acesso a abastecimento de água com rede, entre as regiões brasileiras, e os respectivos investimentos feitos de 2015 a 2019, para expandir o acesso. O déficit de acesso calculado no âmbito do SNIS 2020 corresponde à população urbana que não é atendida com os serviços de água ou esgoto, ou seja, a diferença entre a população urbana total de determinada área e a população urbana atendida com o serviço nessa mesma área.

Nota-se que mais da metade dos investimentos no período foram realizados na região Sudeste, que, por sua vez, é responsável por pouco mais de 25% do déficit. As regiões Norte e Nordeste, responsáveis por mais de 60% do déficit, receberam menos de 25% dos investimentos.

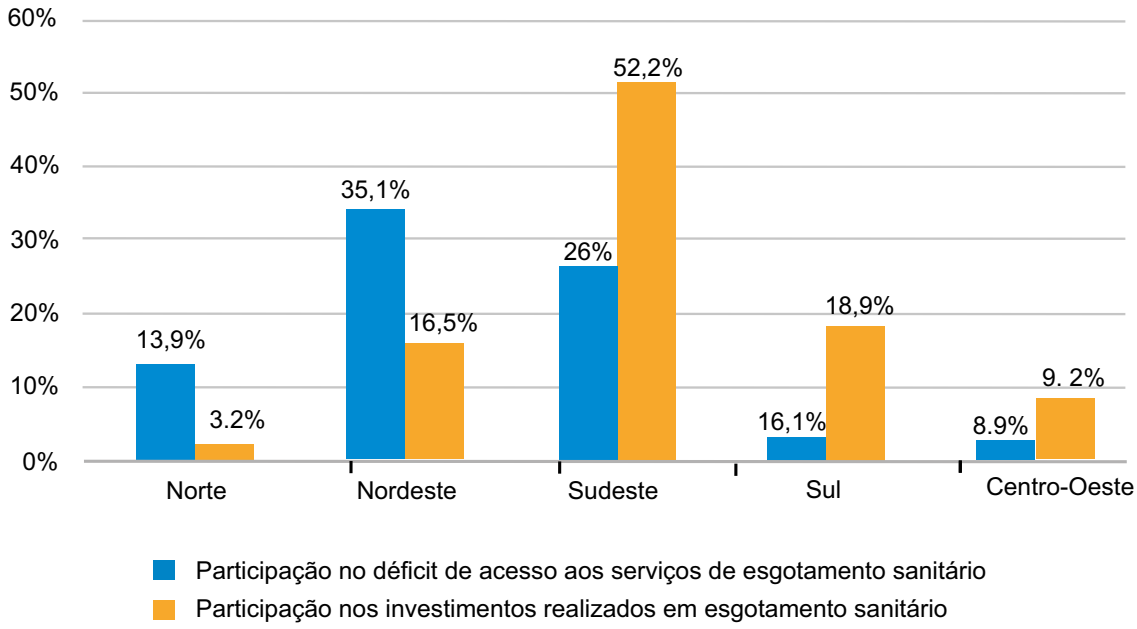
Figura 20 – Relação entre investimento e déficit de acesso, relativo a serviços de abastecimento de água, de acordo com informações dos prestadores de serviços participantes do SNIS, de 2015 a 2019, segundo a macrorregião geográfica.



Fonte: MDR, 2020.

Pode-se observar situação análoga no que se refere ao déficit de acesso ao serviço de esgotamento sanitário e aos investimentos realizados nos últimos anos (2015-2019) nas regiões brasileiras (Figura 21) (MDR, 2020). Mais da metade dos investimentos foram realizados na região Sudeste, embora essa seja responsável por apenas 26% do déficit, em comparação, por exemplo, com a região Nordeste, que concentra os maiores déficits (> 35%), mas que recebeu apenas 16% dos investimentos. Deve-se buscar, por meio de políticas e programas, corrigir as distorções nas alocações de recursos do setor saneamento, adequando-as aos déficits existentes.

Figura 21 – Relação entre investimento e déficit de acesso, relativo a serviços de esgotamento sanitário, de acordo com informações dos prestadores de serviços participantes do SNIS, de 2015 a 2019, segundo a macrorregião geográfica.



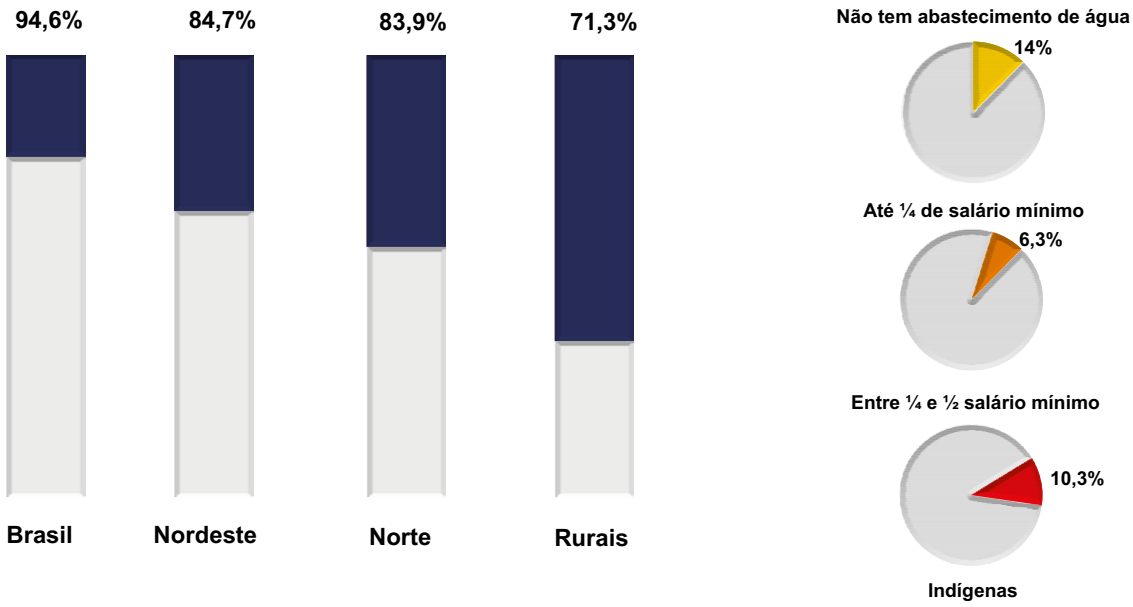
Fonte: MDR, 2020.

Independentemente da forma que se analisar os dados do setor saneamento, uma característica marcante é a iniquidade do acesso e da qualidade da prestação dos serviços. Como demonstrado ao longo do texto, existem grandes diferenças de acesso aos serviços de saneamento (ex.: água de consumo x esgotamento sanitário), entre as diferentes regiões brasileiras (ex.: região Norte x região Sudeste). Além disso, se o domicílio se encontra em ambiente rural ou urbano, e as características de renda, raça e cor de seus moradores. Na Figura 22 são apresentadas algumas desigualdades mais relevantes. Em relação aos domicílios rurais, embora tenha ocorrido aumento de 64,6% em 2010, para 71,3% em 2019, de domicílios com abastecimento por rede, poço ou nascente, esse valor é muito inferior aos domicílios urbanos que, em 2019, tinham 97,8% de acesso à água, por essas formas de abastecimento.

Em relação à renda, 14% dos domicílios com até ¼ de salário-mínimo e 6,3% entre ¼ e ½ salário mínimo não contam com abastecimento de água por rede de distribuição, poço ou nascente. Para efeito de comparação, entre 2 e 3 salários-mínimos, 0,6% dos domicílios possuem déficit de acesso, índice que cai conforme aumenta a renda das famílias. Esses dados chamam a atenção para a necessidade de políticas públicas que atendam prioritariamente essas populações mais vulneráveis.

Em relação à raça e cor de pele, chama a atenção o percentual de indígenas com déficit de acesso a essas modalidades de abastecimento: 10,3% do total. Para efeito de comparação: entre brancos, o percentual de habitantes com déficit de acesso é quase 5 vezes menor, apenas 2,1%.

Figura 22 – Iniquidade no abastecimento de água por rede de distribuição, poço ou nascente, em 2019.

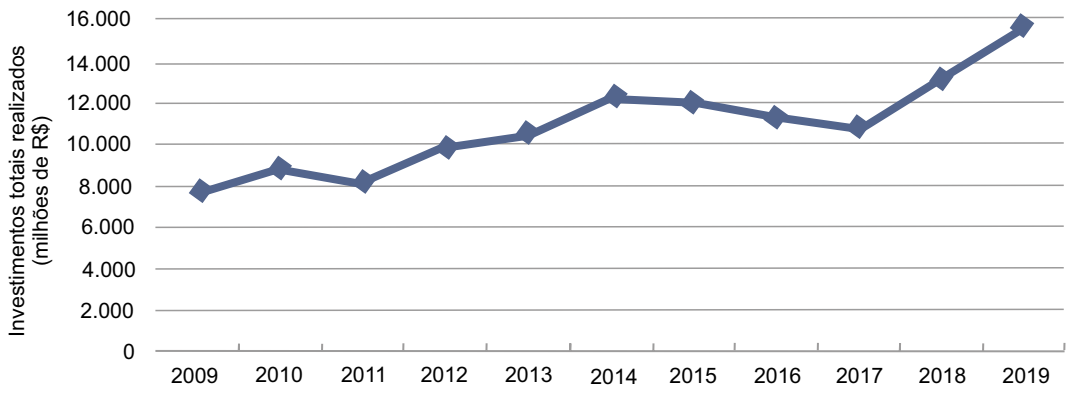


Fonte: Plansab, 2019.

Analisando a evolução dos investimentos realizados no setor, nos últimos 10 anos (Figura 23) (MDR, 2020), é possível observar um período de forte expansão de 2009 a 2014, à exceção de 2010 para 2011, ampliando de R$ 8 bilhões para mais de R$ 12 bilhões de investimentos anuais. Após 2014, houve redução nos investimentos do setor por três anos consecutivos. Essa tendência foi revertida em 2018, sendo novamente registrados aumentos de cerca de 20% anual, nos dois últimos anos, chegando a R$ 15,7 bilhões em 2019.

De qualquer forma, quando se analisa como foi a evolução dos indicadores de atendimento à população brasileira, com rede de distribuição de água e de coleta de esgotos, a ampliação foi de 81,7% para 83,7% e de 44,5% para 54,1%, respectivamente, no período de 2009 a 2019. Isso se traduz em aumentos anuais médios, no acesso à rede de distribuição de água e de coleta de esgotos, de 0,2% e 1,12% respectivamente (MDR, 2020). Esses dados evidenciam necessidade urgente de aumento das atuais taxas de crescimento no acesso aos serviços, para alcançar o quanto antes sua universalização.

Figura 23 – Investimentos realizados no setor, no período de 2009 a 2019.



Fonte: MDR, 2020.

TRANSPORTE, TRÂNSITO E MOBILIDADE URBANA

Pressões urbanas e caracterização dos sistemas de mobilidade

Com crescimento vegetativo e concentração da população em centros urbanos e metropolitanos, há aumento contínuo dos deslocamentos humanos, o que gera impacto sobre as condições de vida das pessoas e o meio ambiente. As cidades e regiões metropolitanas crescem de forma desordenada e espraiada, com avanço forte das franjas periféricas, sem infraestrutura adequada. Isso implica aumento do custo total do sistema de mobilidade, principalmente para a população com faixa de renda menor, que reside em áreas distantes dos centros mais desenvolvidos e necessita se deslocar para áreas centrais em busca de serviços, produtos e para trabalhar, além de ser determinante para a baixa produtividade dos sistemas de transporte, em função do baixo aproveitamento (adensamento) do espaço urbano (CARVALHO, 2016).

Os impactos negativos mais destacados dos sistemas de mobilidade urbana (externalidades negativas) estão associados ao aumento da poluição veicular (global e local) e dos acidentes com vítimas de trânsito (IPEA, 2015; CARVALHO, 2016).

Além do crescimento das viagens urbanas, a forma como a população realiza esses deslocamentos também influencia na quantidade das externalidades negativas geradas pelas modalidades de transporte. Quanto mais viagens motorizadas, individuais e utilizando combustíveis fósseis, maiores os impactos ao meio ambiente, especialmente no que se refere à degradação da qualidade do ar e às condições de vida da população, em termos de perda de tempo nos congestionamentos e aumento de vítimas nos acidentes.

O transporte não motorizado (a pé, bicicleta, patinetes) é a modalidade menos impactante do ponto de vista da poluição atmosférica, mas há restrições pelas distâncias percorridas, que podem impactar as atividades urbanas, como por exemplo, a demora no deslocamento. Além disso, poucas condições de segurança, na maior parte dos deslocamentos urbanos não motorizados. Já os deslocamentos motorizados permitem atingir longas distâncias, mas, dependendo do sistema de propulsão e eficiência de carregamento, geram mais ou menos externalidades. Os sistemas motorizados que utilizam energia elétrica são mais limpos do que os que utilizam combustíveis fósseis, em termos de poluição veicular atmosférica[21]. Além disso, os sistemas coletivos urbanos são mais eficientes do que os sistemas de transporte individual, tanto em termos de uso do espaço urbano quanto na emissão de poluente veicular, por passageiro transportado (IPEA, 2011; CARVALHO, 2016).

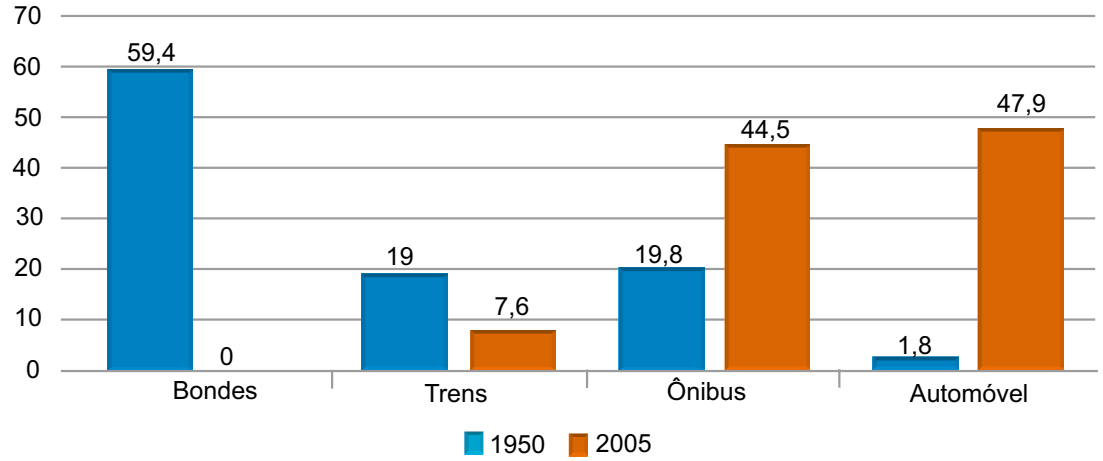
Nesse aspecto, os sistemas sobre trilhos podem trabalhar com capacidade muito maior do que os sistemas sobre pneus, o que gera uma escala de eficiência energética e de consumo de espaço urbano muito maior. Assim, pode-se delinear uma escala na qual os trens e metrôs elétricos apresentam maior eficiência do que ônibus e vans movidos a diesel, que, por sua vez, apresentam melhor desempenho em relação ao transporte motorizado individual (carros e motos).

Os grandes centros urbanos vêm se transformando, ao longo das últimas décadas, em sistemas cada vez menos sustentáveis. A

21 Isso vale especialmente no Brasil, que apresenta uma matriz energética mais limpa do que a maioria dos países desenvolvidos, por concentrar a produção na modalidade hidroelétrica.

Figura 24 apresenta as viagens urbanas na cidade do Rio de Janeiro em 1950 e em 2005. Antes, as viagens eram feitas principalmente em bondes elétricos e a pé, enquanto em 2005 ônibus e carros prevaleciam. Ou seja, o transporte urbano naquela cidade – ou qualquer outra grande cidade brasileira – se transformou de um meio elétrico, coletivo e sobre trilhos, com baixo uso do transporte motorizado individual, para um sistema predominantemente carbonizado, pneumático e com alto uso de veículos por indivíduo. Não por acaso, os acidentes de trânsito explodiram e as emissões de carbono e poluentes locais (CO, HC, SOx e material particulado, principalmente) também seguiram essa tendência (IPEA, 2010).

Figura 24 – Distribuição relativa (%) dos deslocamentos urbanos motorizados do Rio de Janeiro (1950-2005).



Fonte: Ipea, 2010.

De acordo com dados da Associação Nacional de Transporte Público (ANTP), em 2016 houve, nas cidades com população superior a 60 mil habitantes, 65,2 bilhões de viagens urbanas (Tabela 19), sendo que 41% realizadas a pé, e 59% por meios motorizados. Considerando apenas as viagens motorizadas, é possível observar que a quantidade de viagens individuais (automóvel e motocicleta) já se iguala à quantidade de viagens coletivas (ônibus e trens), com forte tendência de crescimento das individuais, o que vem acarretando aumento das externalidades negativas (ANTP, 2018).

Analisando apenas as viagens em sistemas de transporte público, observa-se hegemonia dos ônibus a diesel, com cerca de 95% de participação. Os sistemas sobre trilhos, que utilizam energia elétrica (mais limpa) e que possuem alta capacidade de transporte, portanto menos poluidores e causadores de acidentes, além de não gerar congestionamento, respondem por menos de 5% da demanda e estão restritos a poucas cidades brasileiras. Ou seja, o transporte público ainda é muito carbonizado e com baixa eficiência de transporte no Brasil.

Tabela 19 – Viagens urbanas nas cidades com população superior a 60.000 habitantes no Brasil, em 2016.

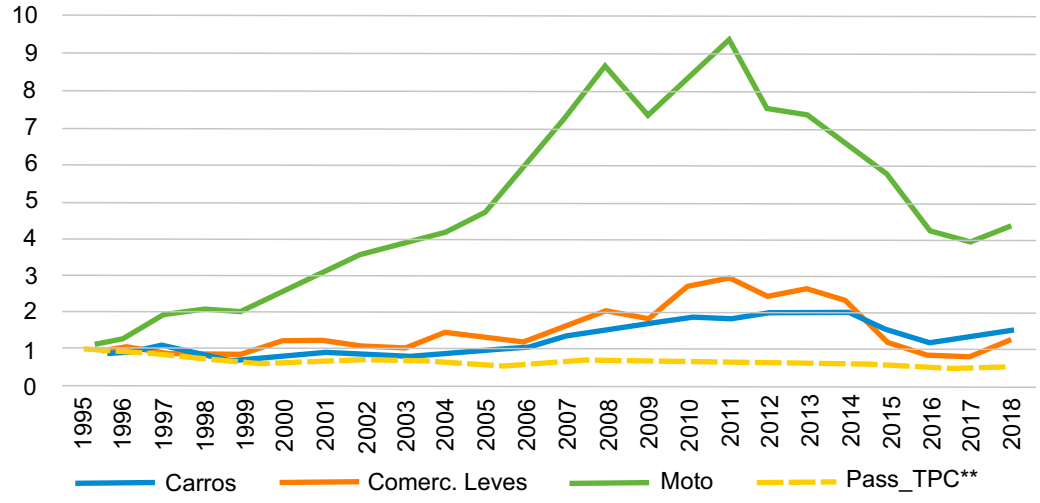
Modo		Vigens Milhões de viagens/ano	Percentual %
Transporte Coletivo	Ômibus (Municipal + Metropolitano)	15.939	24,42
	Trilhos	2.397	3,67
	Subtotal	18.336	28,09
Transporte Individual	Auto	16.229	24,87
	Moto	2.729	4,18
	Subtotal	18.959	29,05
Transporte não motorizado	Bicicleta	1.555	2,38
	A pé	26.418	40,48
	Subtotal	27.973	42,86
Total		**65.268**	**100**

Fonte: ANTP, 2018.

Os mesmos dados da ANTP mostram que os ônibus urbanos respondem por 42% das viagens motorizadas enquanto os sistemas sobre trilhos 7%. Com quase o mesmo percentual dos ônibus, cerca de 44% dos deslocamentos urbanos são realizados por automóveis e 7% em motocicletas. Considerando apenas os modos motorizados, os deslocamentos individuais (automóveis e motocicletas) superam os deslocamentos por transporte coletivo, nas cidades com população superior a 60 mil habitantes, apesar de nas grandes cidades e metrópoles (população superior a um milhão de habitantes), o transporte coletivo ainda se manter na liderança, mas com tendência de queda.

Nos últimos anos, os sistemas de mobilidade brasileiros vêm se tornando cada vez menos sustentáveis, como aumento vertiginoso do transporte motorizado individual e queda do transporte público coletivo. A Figura 25 mostra aumento das vendas de automóveis e motocicletas e queda de demanda dos sistemas de transporte por ônibus, que respondem pela maior parte da demanda pública, desde a virada do século. Somente de 2015 em diante, houve decréscimo de vendas de veículos privados devido à crise econômica, mas o sistema de transporte público coletivo urbano (TPU) também manteve tendência de queda.

Figura 25 - Índice da evolução de vendas de veículos automotores e passageiros transportados pagantes dos sistemas de TPU, em determinadas capitais do País*, no período de 1995 a 2018.



OBS.: * Média dos meses não atípicos das capitais: Belo Horizonte-MG, Curitiba-PR, Fortaleza-CE, Goiânia-GO, Porto Alegre-RS, Recife-PE, Rio de Janeiro-RJ, Salvador-BA e São Paulo-SP.

**** Pass_TPC: Transporte público coletivo urbano.

Fonte: NTU, 2020.

O Brasil vem apresentando tendência de aumento do transporte individual motorizado e redução do transporte público coletivo, o que traz aumento das externalidades negativas dos sistemas de mobilidade. Os itens a seguir aprofundam um pouco mais sobre as principais externalidades geradas nos sistemas de transportes urbanos.

Impacto da poluição do ar em capitais brasileiras

O impacto da poluição do ar na saúde da população, nas capitais, foi estimado pela mortalidade geral, atribuída ao material particulado fino $MP_{2,5}$[22]. A métrica utilizada foi a fração atribuível populacional (FAP), que mede a proporção do desfecho na população atribuída à exposição a determinado fator de risco. Isto é, exprime o percentual de mortes, por todas as causas, excluindo as mortes por causas externas, devido ao $MP_{2,5}$.

Foram avaliadas, previamente, 27 capitais, no período de 2013 a 2019. Dessas, Aracajú (SE), Florianópolis (SC), João Pessoa (PB), Maceió (AL) e Salvador (BA) apresentaram média anual de $MP_{2,5}$, abaixo do valor de referência (exposição basal) recomendado pela OMS, que é de 10µg/m^3. Para as capitais Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Campo Grande (MS), Curitiba (PR), Fortaleza (CE), Goiânia (GO), Macapá (AP), Natal (RN), Recife (PE), São Luís (MA), Teresina (PI) e Vitória (ES), os cálculos não puderam ser efetuados para todos os anos da série.

Para os cálculos foram utilizados dados de mortalidade do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM/Datasus) e as concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ foram extraídas do Sistema de Informações Ambientais Integrado a Saúde (Sisam)[23], gerido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). A ferramenta utilizada nas análises foi o *Air Q+*, desenvolvido pela OMS – Europa. Os valores da FAP podem ser conferidos na Tabela 20.

22 O $MP_{2,5}$ é um material particulado fino presente em alguns aerossóis. Esse tipo de partícula possui tamanho microscópico, por isso, quando liberado no ar, pode entrar facilmente nas vias respiratórias, causando problemas como asma, pneumonia e câncer de pulmão.
23 Disponível em: https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/sisam/v1/dados/#. Acessado em: nov. 2021.



Fonte: Vinicius Mendonça/Ibama

Tabela 20 – Fração de mortalidade geral atribuída ao $MP_{2,5,}$ em capitais brasileiras, de 2013 a 2019.

	Belém			Belo Horizonte			Boa Vista			Brasília		
Ano	FAP%	Limite Inferior	Limite Superior	FAP%	Limite Inferior	Limite Superior	FAP%	Limite Inferior	Limite Superior	FAP%	Limite Inferior	Limite Superior
2013	4,8	3,1	6,3	0,2	0,1	0,2	2,5	1,6	3,3			
2014	5,2	3,4	6,9	0,1	0,1	0,2	4,1	2,7	5,4			
2015	6,7	4,5	8,8	6,7	4,5	8,8	0,8	0,5	1	4,9	3,2	6,5
2016	6,4	4,2	8,3	0,8	0,6	1,1	4,9	3,2	6,5			
2017	6,3	4,2	8,3	1	0,6	1,3	3,7	2,4	4,9			
2018	3,9	2,6	5,1				2,1	1,4	2,8	0,7	0,4	0,9
2019	1	0,6	1,3	1	0,6	1,3	1,7	1,1	2,3			
	Campo Grande			Cuiabá			Curitiba			Fortaleza		
2013				0,8	0,5	1						
2014				1,3	0,8	1,7	0,5	0,3	0,6			
2015				4,4	2,9	5,8	0,5	0,3	0,6			
2016				2,6	1,7	3,5	0,2	0,2	0,3			
2017				4,3	2,8	5,7	0,5	0,4	0,7			
2018	0,1	0,1	0,1	4,4	2,9	5,7	2	1,3	2,6	0,7	0,5	1
2019				4,1	2,7	5,4	1,4	0,9	1,8			
	Goiânia			Macapa			Manaus			Natal		
2013				2,4	1,6	3,1	4,6	3	6			
2014				3,3	2,2	4,4	6,3	4,2	8,3			
2015	0,2	0,2	0,3	5,2	3,4	6,9	10,4	6,9	13,5			
2016				4	2,6	5,3	6,6	4,3	8,6			
2017				4	2,6	5,3	7,5	5	9,9			
2018	3,2	2,1	4,2	0,4	0,2	0,5	5,4	3,6	7,2	0,1	0,1	0,2
2019	0,4	0,3	0,6				5,2	3,4	6,8			
	Palmas			Porto Alegre			Porto Velho			Recife		
2013	1,3	0,9	1,7	3,5	2,3	4,7	3,6	2,4	4,8			
2014	2,2	1,4	2,9	4,9	3,2	6,4	10,9	7,2	14,1			
2015	6,1	4	8	4,4	2,9	5,7	22,8	15,5	29			
2016	2,9	1,9	3,8	4,8	3,1	6,3	13,9	9,3	17,9			
2017	0,3	0,2	0,4	3,9	2,6	5,1	15,7	10,5	20,2			
2018	1,7	0,1	2,2	5,9	3,9	7,7	9,5	6,3	12,4	0,4	0,2	0,5
2019	0,6	0,4	0,8	5,1	3,4	6,7	7,7	5,1	10,1			
	Rio Branco			RIo de Janeiro			São Luis			São Paulo		
2013	3	1,9	3,9	13,7	9,2	17,8	1,7	1,1	2,2	17,9	12	23
2014	3,4	2,3	4,5	14,7	9,8	19	2	1,3	2,6	18,1	12,2	23,3
2015	6	3,9	7,8	14,2	9,5	18,4	2,9	1,9	3,8	19,3	13	24,7
2016	10,9	7,2	14,1	14,4	9,6	18,6	2,8	1,8	3,7	16,8	11,3	21,6
2017	7,4	4,9	9,6	11	7,3	14,3	1,9	1,3	2,5	16,4	11	21,1
2018	7	4,6	9,2	19,9	13,4	24,3	1	0,7	1,4	12,9	8,6	16,8
2019	7,7	5,1	10,1	18,8	12,7	24,1				10,9	7,3	14,2
	Teresina			Vitória								
2013												
2014	0,3	0,2	0,4									
2015	0,5	0,3	0,6									
2016	2,2	1,4	2,9									
2017	0,4	0,3	0,6									
2018	1,6	1,1	2,1	17	1,1	2,1						
2019	0,4	0,2	0,5									

Fonte: MS - Datasus, 2019.

Acidentes de trânsito

A cada ano, mais de 30.000 pessoas são mortas no Brasil em função dos acidentes de transporte terrestre (ATT), respondendo por 3% do total de mortes. As estatísticas mostram que para cada morte em acidente de trânsito há mais de 10 vítimas com lesões graves. Segundo estimativas do Ipea (2015), os acidentes custam à sociedade cerca de R$ 50 bilhões de reais por ano, entre custos de perda de produção, hospitalares, entre outros, sendo que cerca de um terço se referem a acidentes nos ambientes urbanos.

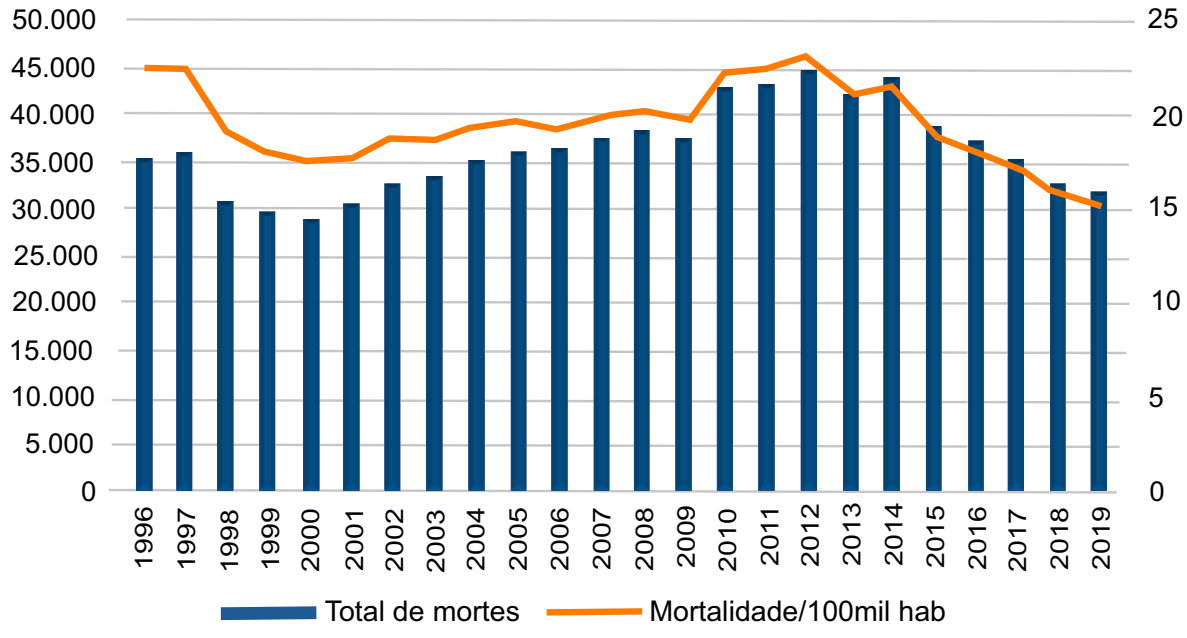
As taxas de mortalidade por ATT atingiram no ano anterior, início da crise econômica de 2015, o número de 22 mortes por 100.000 habitantes (IPEA, 2015), o que constitui índice próximo a de países africanos, muito acima da média mundial, portanto. Após esse período, houve tendência de queda da taxa de mortalidade, fruto do desaquecimento da economia. Com o reaquecimento esperado da economia, pós-pandemia, a preocupação é que sem políticas públicas efetivas de fiscalização, educação e melhoria na infraestrutura de controle e segurança de trânsito, os índices voltem aos níveis anteriores.

Com esses números, o Brasil ocupava a 5ª posição no *ranking* mundial das vítimas de trânsito, perdendo apenas para Índia, China, EUA e Rússia, segundo dados da OMS. Em 2019, a taxa de mortalidade por ATT no Brasil foi aproximadamente de 16 mortes por grupo de 100.000 hab., que é menor do que a média mundial (18 mortes por 100.000 hab.), mas muito superior às observadas na maioria dos países desenvolvidos. Essa diferença mostra o longo caminho ainda a percorrer, em termos de efetividade das políticas de redução da quantidade e letalidade dos acidentes de trânsito no País.

Existe a hipótese de que a redução da velocidade dos veículos motorizados pela intensificação de equipamentos de controle de velocidade seja um dos motivos para essa queda, além da melhoria de equipamentos de segurança, principalmente nas vias urbanas de trânsito rápido, apesar das carências de investimento nessa área.

Pelos dados do Datasus/MS, antes da crise econômica iniciada em 2015, o número de mortes chegou a 43.000 por ano, seguindo tendência de queda desde então (Figura 26). Tal efeito pode estar associado com a crise econômica, que provoca retração natural dos deslocamentos por veículos privados e de cargas rodoviárias, gerando

Figura 26 – Mortes por acidentes de transporte terrestre no Brasil, no período de 1996 a 2019.

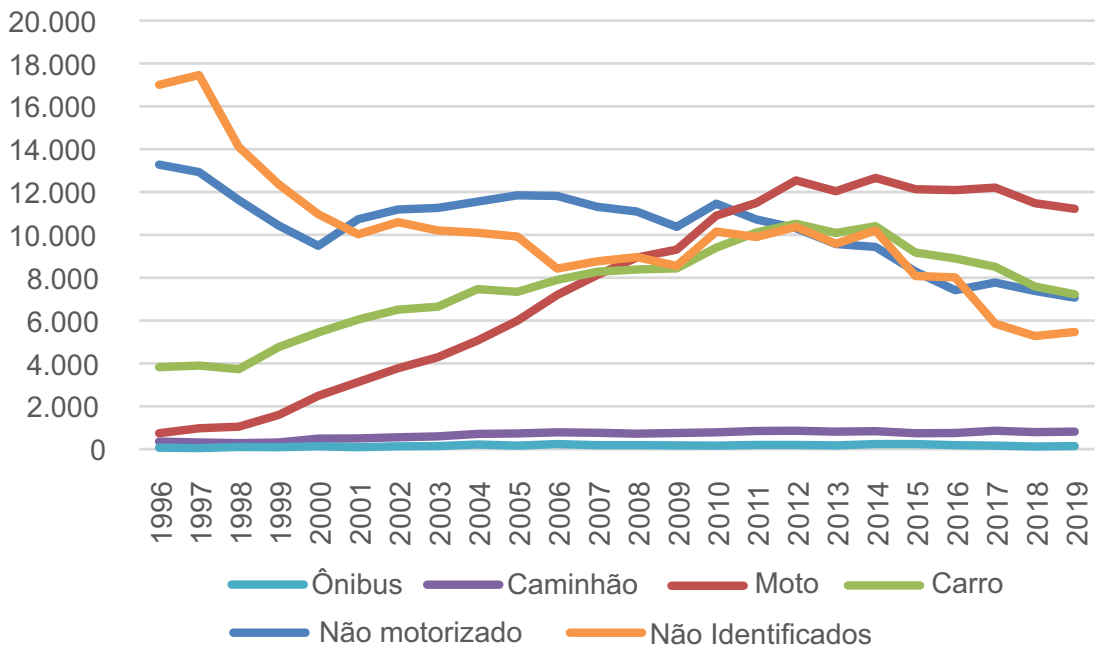


Fonte: Datasus, 2019.

queda dos índices de acidentes, não obstante a eficácia de políticas públicas adotadas no período. Em 2019, o número de mortes por ATT foi 31.945, sendo que a base de dados do Ministério da Saúde não classifica as mortes por área urbana/rural. Pode-se considerar, pelas estimativas do Ipea, que um terço das mortes ocorrem no ambiente urbano e metropolitano (IPEA, 2015).

Analisando as vítimas dos acidentes de transporte terrestre (Figura 27), é possível observar que grande parte são pessoas que se deslocam a pé ou de bicicleta, apesar desse volume de mortes apresentar tendência de queda nos últimos 20 anos. O crescimento maior de mortes se deu na categoria de usuários de motocicleta. Com o crescente aumento da frota desses veículos, as mortes dispararam no Brasil, assim como as vítimas com lesões graves. O número de vítimas de acidentes com ônibus é pequeno em comparação a outras modalidades de transporte, o que indica que está em prática uma política importante de valorização do TPU, nas grandes cidades, com vistas a atrair demanda e reduzir acidentes graves ou fatais.

Figura 27 – Mortes por acidentes de transporte terrestre no Brasil, por modalidade, no período de 1996 a 2019.



Fonte: Datasus, 2019.

Políticas Públicas para Redução de Acidentes

A queda de mortalidade em ATT depende de uma série de políticas, que deveriam ser priorizadas não só pelos governos, mas pela sociedade. Essas políticas podem ser agrupadas em duas: a primeira associada à educação no trânsito, já que questões comportamentais estão ligadas a diversas causas dos acidentes – ingestão de álcool, desatenção e direção perigosa no trânsito, falta de equipamentos de segurança etc. A outra está ligada a sistemas de gestão e fiscalização de trânsito. Estruturas adequadas (pessoal, equipamento e procedimento) com utilização intensiva de técnicas estatísticas subsidiando o planejamento operacional são fundamentais. A identificação de pontos críticos com problemas de engenharia também é importante, além da manutenção adequada das vias.

A redução da velocidade de tráfego é outro fator impactante, principalmente para a diminuição dos atropelamentos. A multiplicação de equipamentos de monitoração da velocidade proporciona queda desse tipo de acidente, bem como investimentos em infraestrutura de segurança para pedestres e ciclistas, principalmente nas áreas urbanas. A impunidade no trânsito também deve ser combatida com legislação e processos jurídicos adequados, assim como a vistoria veicular periódica, preconizada no Código de Trânsito, mas ainda pouco utilizada pelos gestores, apenas para citar algumas políticas.

Os desafios são enormes e a mobilização forte da sociedade é fundamental para que políticas públicas tenham efetividade no objetivo de reduzir esse flagelo, que atinge a população brasileira.

A mobilidade urbana está diretamente relacionada à morbimortalidade por violência no trânsito, inatividade física e qualidade do ar. Nesse sentido, o Ministério da Saúde tem buscado atuar sinergicamente com políticas de outros segmentos, "saúde em todas as políticas", a fim de acelerar a implementação de ações intersetoriais e aprimorar a vigilância ambiental em saúde e qualidade do ar.

O trabalho realizado pela Opas Brasil[24], com apoio de acadêmicos, ONG, entidades não estatais, especialistas e atores governamentais, incluindo representantes do Ministério da Saúde, culminou na publicação de um documento de referência: "Agenda Convergente, Mobilidade Sustentável e Saúde". No referido documento, "mobilidade sustentável" compreende as dimensões da mobilidade urbana (infraestrutura urbana, segurança viária, tempo e modo de deslocamento); da atividade física (deslocamento ativo, atividade física de lazer em espaços públicos); e da qualidade do ar, chamando a atenção para a necessidade de mudanças estruturais e de comportamento (OPAS, 2020).

O Ministério da Saúde, ao longo dos últimos 20 anos, realiza atividades de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade do ar (Vigiar), em consonância com os princípios do Sistema Único de Saúde (SUS). Marcadamente, em 2018, a instituição da Política Nacional de Vigilância em Saúde (PNVS) (CNS, 2018), de caráter universal, transversal e orientador do modelo de atenção nos territórios, identificando na esfera administrativa as responsabilidades da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, entre outras pactuadas, passa a direcionar o modelo de atuação do Vigiar.

As ações do Vigiar têm sido direcionadas pela referida política, "com a finalidade de recomendar e adotar medidas de promoção à saúde, prevenção e monitoramento dos fatores de riscos relacionados às doenças ou agravos à saúde". São ações estruturantes e atividades do Vigiar: (i) analisar a situação de saúde ambiental; (ii) subsidiar a gestão e organização dos serviços de vigilância e atenção à saúde por meio de diretrizes institucionais; (iii) promover a intersetorialidade e interdisciplinaridade com órgãos que possuem interface com a saúde, no que tange à qualidade do ar; (iv) articular com o setor ambiental e outros setores, auxiliando na formulação e execução de estratégias de controle da poluição do ar, tendo em vista a proteção da saúde da população; (v) facilitar e orientar políticas públicas nacionais e locais, para proteção da saúde, diante dos riscos da exposição a poluentes atmosféricos; (vi) fortalecer a produção de conhecimento e inovação no tema; (vii) cooperar tecnicamente com entes federados, para implementar estratégias e ações do Vigiar; e (viii) ampliar a rede de instituições parceiras do Vigiar (SVS, 2015).

24 A Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) trabalha como escritório regional da OMS com os países das Américas para melhorar a saúde e a qualidade de vida de suas populações.

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Poluição veicular

Pode-se separar a poluição veicular atmosférica em poluentes locais e globais. No primeiro caso, há uma série de substâncias nocivas à saúde pública, que são jogadas na atmosfera pelas descargas dos veículos motorizados, fruto do processo de queima dos combustíveis, principalmente os fósseis. Geralmente, essas substâncias nocivas ficam concentradas nas imediações dos sistemas viários, principalmente as vias mais carregadas de tráfego. No caso da poluição global, é basicamente a emissão de dióxido de carbono (CO2), fruto da queima dos combustíveis fósseis, o principal elemento que provoca o efeito estufa, responsável pelo aquecimento do planeta.

Frotas veiculares

A crescente motorização da população brasileira, promovida especialmente pela deficiência dos serviços de transporte público, vem contribuindo, ao longo dos anos, para o aumento expressivo do tráfego de veículos, não só nas grandes cidades, mas nas de pequeno e médio portes. De acordo com dados do Departamento Nacional de Trânsito (Denatran, 2021), a frota veicular circulante no Brasil passou de 86.700.490, em 2014, para 110.255.577 em 2021[25], sendo os automóveis e as motocicletas os responsáveis pela maior parte da frota. Em 2014, os automóveis correspondiam a 55,3% da frota circulante, em 2021, 53,8%. Já as motocicletas representavam

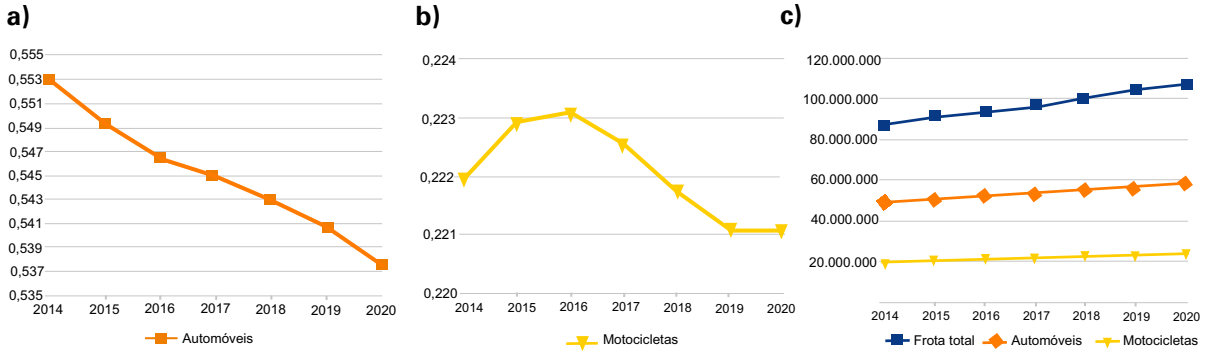
25 Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2021. Acessado em: nov. 2021.



Fonte: Pedro Ventura/Agência Brasília

22,2% e 22,14% da frota circulante em 2014 e 2020, respectivamente. Entre 2014 e 2020, foi observada queda na proporção de automóveis diante da frota total (Figura 28a), mas para as motocicletas, houve aumento até 2016, seguido de queda (Figura 28b). Ao longo dos anos, é observado aumento do número de automóveis e motocicletas (Figura 28c), correspondendo a uma taxa média de crescimento de 3,6% e 4,3%, respectivamente. Somados, os dois tipos de veículos correspondem a 77,5% e 75,52% de todos os veículos em circulação no Brasil, em 2014 e 2021, respectivamente.

Figura 28 – Frota de veículos circulantes nas grandes regiões e Unidades da Federação do Brasil de 2014 a 2020.



OBS.: Valores da frota de veículos, com placa, proporcional por tipo: a) automóveis; b) motocicletas em relação à frota de veículos total circulante no Brasil; e c) frota de veículos total, por ano (azul), frota de veículos do tipo automóvel (vermelho) e motocicleta (amarelo).
Fonte: Denatran /Ministério da Infraestrutura, 2020.

O crescimento do número de veículos individuais circulando nas cidades brasileiras tem sido associado ao cenário econômico do País, que proporcionou o aumento da renda em determinados setores da sociedade (Câmara dos Deputados, 2015). A desoneração fiscal e a redução no preço dos automóveis, ao longo dos anos, também estimularam a compra de veículos particulares. O crescimento constante da frota circulante de motocicletas, apontado pelos dados disponibilizados pelo Denatran, principalmente nos centros urbanos, se deu pelo perfil de utilização notadamente no segmento econômico de serviços de entregas, que cresceu de forma importante e teve papel fundamental no segmento, durante os primeiros meses do período da pandemia, iniciada no Brasil em 2020.

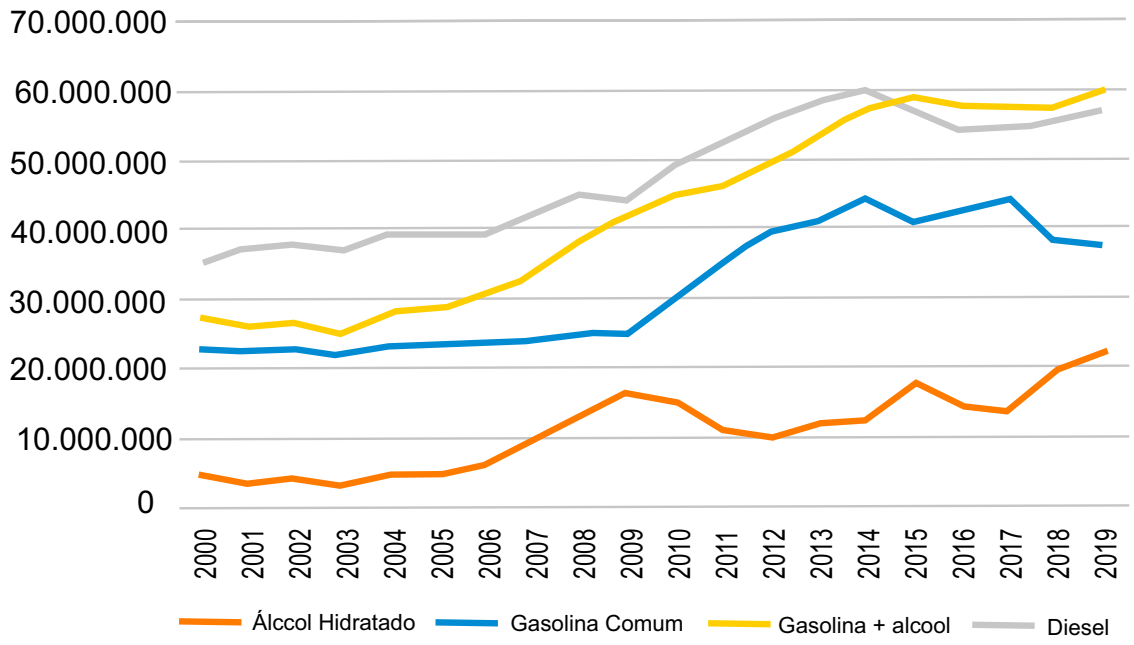
As motocicletas são notadamente um meio de transporte que contribui para a eficiência de entregas em áreas urbanas, uma vez que é uma alternativa aos grandes congestionamentos. Ao mesmo tempo, aumenta o índice de acidentes, uma vez que as motos são o veículo com maior incidência dessas intercorrências, inclusive fatais.

Poluentes globais

As fontes de emissões de CO2 são diversas, de acordo com relatório do Observatório do Clima (2019). No Brasil, as mudanças de uso do solo e a agropecuária respondem por 72% das emissões totais, o setor energético, no qual o setor de transporte se destaca, representa a importante fatia de 19% das emissões totais. De acordo com esse relatório, o Brasil é o 7º maior emissor de carbono para a atmosfera, com forte tendência de crescimento, o que demanda políticas públicas mitigadoras, em especial no setor de transporte, que hoje é muito dependente da queima de combustíveis fósseis.

As emissões veiculares de carbono são diretamente proporcionais à quantidade de combustíveis consumidos no País, sendo que a maior parte do consumo dos combustíveis veiculares ocorre em ambientes urbanos. É possível observar uma escalada crescente de consumo de combustíveis veiculares, nos últimos 20 anos, mostrando tendência de aumento das emissões. A Figura 29 mostra essa escalada, mesmo com o aumento de participação do álcool veicular, que apresenta emissão de carbono muito mais baixa do que os combustíveis fósseis. Houve avanço na participação dos biocombustíveis na matriz energética veicular, mas, mesmo assim, os combustíveis fósseis ainda são hegemônicos no mercado e o aumento do consumo mais que anulou esse efeito positivo do aumento do mercado dos biocombustíveis no Brasil. Um dos fatores que estimulou o aumento da participação dos biocombustíveis no mercado foi a obrigatoriedade, a parir de 2005, de se misturar biodiesel ao diesel, que teve início com um percentual de 3% e hoje em torno de 12%. A mistura do álcool à gasolina é anterior à do biodiesel e hoje está na faixa de 25%.

Figura 29 – Vendas de gasolina, álcool e diesel (m³) no Brasil de 2000 a 2019.

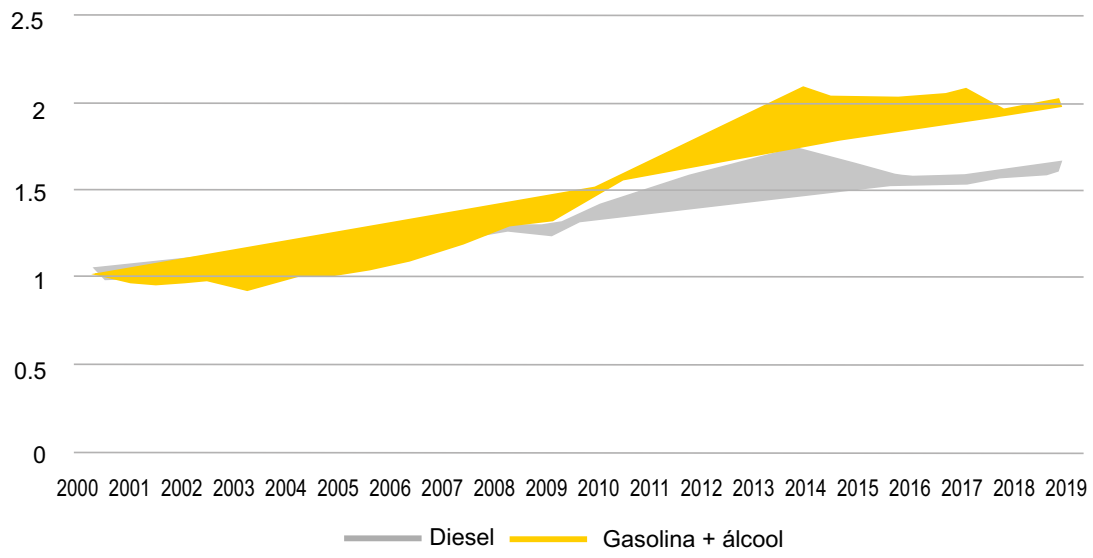


Fonte: ANP, 2021[26].

Após subir mais de 60% em relação ao ano 2000, as vendas de gasolina e de diesel tiveram queda na crise econômica iniciada em 2015, mas com níveis muito acima ao observado na década passada e com tendência de estabilização desde 2017. Essa tendência de aumento forte das vendas desses combustíveis significa escalada das emissões de CO_2. A Figura 30 mostra essa escalada verificada no comportamento do índice de emissões de carbono veicular, considerando fatores fixos de conversão da queima dos combustíveis veiculares (método *Top Down*), e observa-se que em 2019, mesmo com a crise econômica, desde 2015, as emissões de carbono provenientes da queima da gasolina e do álcool eram duas vezes maiores do que as emissões observadas em 2000. No diesel, essa relação era de 1,6, aproximadamente.

26 Dados disponíveis em: https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis. Acessado em nov. 2021.

Figura 30 – Índice de emissões totais de CO_2 originárias da queima de combustíveis veiculares, de 2000 a 2019.



Fonte: ANP, 2021

Com o início da pandemia em 2020 e a adoção de políticas de quarentena e teletrabalho, houve impacto forte no consumo de gasolina (Nota Técnica -DPG-SDB-2020-02)[27], que teve uma retração no consumo de 9% a 15% em relação ao patamar de 2019. No caso do óleo diesel, a queda da produção em 2020 é proporcionalmente menos severa que a de gasolina, contabilizando redução de 3% a 7%. O sistema de transporte de cargas ainda está muito dependente do transporte rodoviário que, por sua vez, é propulsionado pelos motores a diesel.

Poluentes locais

Os principais poluentes locais gerados no processo de queima dos combustíveis veiculares são o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de enxofre (SOx) e os materiais particulados (MP). Os poluentes locais estão associados com várias doenças que acometem principalmente crianças e idosos. A Tabela 21 mostra os impactos de cada poluente citado.

Tabela 21 – Impacto dos principais poluentes locais veiculares sobre a saúde humana.

Poluente	Impacto sobre a saúde[28]
CO	Atua no sangue reduzindo sua oxigenação, podendo causar morte.
NO_x	Formação de dióxido de nitrogênio e formação do *smog* fotoquímico e chuva ácida (precursor O_3). Provoca edemas pulmonares, penetrando nos alvéolos e podendo causar morte por asfixia.
HC	Combustíveis não queimados ou parcialmente queimado, formam o *smog*. Podem acarretar doenças respiratórias, por inalação.
MP	Pode penetrar nas defesas do organismo, atingir os alvéolos pulmonares e causar irritações, asma, bronquite e câncer de pulmão.
SO_x	É um gás tóxico que afeta, principalmente, as mucosas, agindo no sistema respiratório e nos olhos, causando irritação.

Fonte: Cetesb/SP, 2020.

27 NT-DPG-SDB-2020-02, junho de 2020, Rio de Janeiro. Reflexos na demanda de combustíveis, na oferta de derivados de petróleo, no setor de biocombustíveis, e análises sobre a arrecadação.

28 Das principais causas de mortes em decorrência da poluição atmosférica, pode-se destacar os acidentes vasculares cerebrais, doenças cardíacas e doenças respiratórias. Além disso, dados publicados mostram íntima relação entre a poluição do ar e mortes em consequência do câncer de pulmão. Outros problemas podem ser desencadeados em curto prazo, pela poluição do ar, entre eles, irritação das mucosas, da garganta e bronquite.

Pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) estimam em cerca de 4.000 mortes anuais na região Metropolitana de São Paulo (RMSP) decorrentes da poluição atmosférica veicular (SALDIVA, 2018).

Analisando apenas a poluição de origem veicular (Tabela 22), observa-se que automóveis e motocicletas são os principais responsáveis pelas emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, e apresentam emissões significativas de óxidos de enxofre. Os caminhões se destacam nas emissões de óxido nitroso, material particulado e óxidos de enxofre, em função da prevalência de veículos a diesel, fóssil. Se dividirmos as emissões de poluentes veiculares locais na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), por tipo de combustível, a gasolina é a grande responsável pelas emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, e o diesel pelos demais poluentes (Tabela 23), indicando necessidade de adoção de políticas de substituição da matriz energética, baseada principalmente nesses combustíveis fósseis altamente poluidores.

Tabela 22 – Emissões veiculares na RMSP, por modalidade de transporte em 2019.

Veículos	Poluentes				
	CO	HC	NO_x	MP	SO_x
Automóvel	76,7%	84,0%	24,5%	14,5%	30,2%
Motocicleta	17,7%	10,3%	1,6%	3,7%	1,1%
Caminhão	3,3%	3,6%	45,1%	52,8%	56,2%
Ônibus	2,3%	2,1%	28,8%	28,9%	12,5%

Fonte: Elaborado pelos autores, com dados da Cetesb, 2020.

Tabela 23 – Emissões veiculares na RMSP, por tipo de combustível, em 2019.

Tipo	Poluentes				
	CO	HC	NO_x	MP	SO_x
Diesel	6,2%	6,4%	79,9%	92,5%	81,1%
Gasolina	62,6%	58,8%	14,5%	7,5%	18,9%
Álcool	31,2%	34,8%	5,6%	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores, com dados da Cetesb, 2020.

Políticas públicas para mitigação das emissões veiculares de poluentes locais e globais

Há vários caminhos para mitigar as emissões veiculares de poluentes locais, mas o principal é o estímulo do uso de transporte público coletivo, por emitir muito menos poluente por passageiro transportado. Nessa linha, também deve-se estimular o uso de transporte não motorizado, com investimento em infraestrutura urbana de segurança para pedestres e usuários de bicicletas. Uma boa gestão da logística de cargas, estipulando horários e veículos adequados para a distribuição dos produtos na cidade também reduz emissões.

Outro caminho é o estímulo fiscal e financeiro, para a substituição da matriz energética do transporte, visando redução da dependência dos combustíveis fósseis, principalmente para frotas de ônibus e caminhões de distribuição de carga urbana. No transporte individual, já há soluções viáveis no mercado, como os veículos híbridos, que são muito mais econômicos e emitem menos poluentes, bem como os veículos

elétricos. Também deve haver uma política fiscal e creditícia, que estimule as pessoas a trocarem seus veículos por modelos mais limpos.

Proálcool

O Programa Nacional de Álcool (Proálcool), criado em 1975 (Decreto n.º 76.593/1975), tem como objetivo fomentar a produção do álcool, de forma a atender à demanda do mercado brasileiro, estimulada pela política de combustíveis automotivos, que estabelece a mistura de álcool anidro com a gasolina. No período de 1975 a 1979, houve aumento na produção de álcool anídrico, para a mistura com a gasolina, de 600 milhões de l/ano para 3,4 bilhões de l/ano (BIODIESELBR, 2006).

A partir de 1978, surgiram os primeiros carros movidos à álcool, que, em 1983, representavam mais da metade dos veículos novos comercializados no País, alcançando aproximadamente 60% da frota brasileira de veículos leves em 1991 (FRANCISCO, 2021).

A quantidade de álcool anidro adicionado à gasolina saltou de 14% em 1979 até o limite de 24% em 1988 e, em 2000, foi criado o Conselho Interministerial de Açúcar e Álcool (Cima) (Decreto n.º 3.546, de 17/07/2000), órgão responsável pelo controle da porcentagem de álcool adicionada à gasolina. Desde 2015, a gasolina comum tem acréscimo, obrigatório, de 27% de álcool anidro (Lei n.º 13.033, de 24/09/2014).

Em 2003, teve início a produção de motores *flex fuel* (ou bicombustível) – veículos movidos a gasolina, álcool ou mistura de ambos – que, em 2004, representou 22% dos veículos leves comercializados no Brasil, alcançando mais de 80% em 2011 e uma leve redução para 73% em 2017 (ANFAVEA, 2020).

De acordo com o Relatório da Frota Circulante (SINDIPEÇAS, 2021), em 2020, os veículos *flex fuel* representaram 71,4% da frota de veículos leves circulantes no País, veículos a gasolina, 17,4%, movidos a diesel, 11%. Apesar dos veículos híbridos e elétricos representarem apenas 0,1% em relação à frota total, com 37,5 mil unidades em 2020, acredita-se que haverá aumento da produção desses modelos no Brasil, decorrente do compromisso da interrupção da produção de veículos a combustão até 2050, por parte de algumas montadoras.

No período de 1975 a 2000, com o acréscimo de álcool anidro à gasolina, estima-se que houve diminuição de 110 milhões de toneladas nas emissões de gás carbônico oriunda de veículos leves[29].

Proconve/Promot

O Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), criado em 1986 (Resolução Conama n.º 18/86), e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares, criado em 2002 (Resolução Conama n.º 297/2002), têm como objetivo reduzir as emissões de poluentes de veículos novos oriundos da indústria automobilística brasileira. Essa política pública fomenta o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de veículos automotores, cujos protótipos/projetos são homologados pelo Proconve/Promot, constituindo o programa oficial do Governo Federal para a redução da poluição do ar causada por poluentes de origem veicular.

O Proconve foi elaborado com base na experiência internacional dos países desenvolvidos e exige que os veículos e motores novos atendam aos limites máximos de emissão em ensaios padronizados e com combustíveis de referência. O programa impõe ainda a certificação de protótipos e de veículos, autorização especial do órgão ambiental federal, para uso de combustíveis alternativos, recolhimento e reparo dos veículos ou motores encontrados em desconformidade com a produção ou o projeto, e proíbe a comercialização dos modelos de veículos não homologados, segundo seus critérios (PROCONVE, 2021).

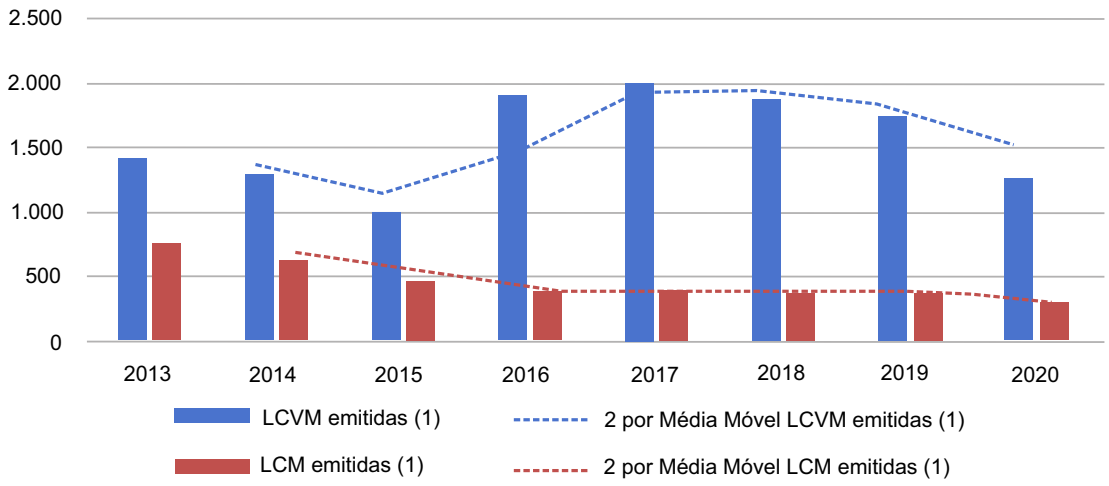
29 Disponível em: https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol. Acessado em: nov. 2021.

O programa, segundo o Ibama, tem como principal meta "promover a redução da poluição atmosférica por meio do estabelecimento de limites de emissão veicular, induzindo o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes e determinando que os veículos e motores atendam aos limites de emissões em ensaios padronizados e com combustível de referência".

O Proconve também impõe a certificação de protótipos e o acompanhamento estatístico em veículos de produção, autorização do Ibama para uso de combustíveis alternativos, recolhimento e reparo de veículos e motores encontrados em desconformidade com a produção ou projeto, e proíbe a comercialização de modelos de veículos não homologados, além da melhoria das características técnicas dos combustíveis automotivos, criação de programas de inspeção e manutenção para veículos em uso, bem como promoção da conscientização da população, com relação à poluição atmosférica originada pelos veículos, e o desenvolvimento tecnológico no País (IBAMA, 2011, 2016, 2021).

A emissão de gases tóxicos por automóveis, atualmente, é 90% menor que a registrada em 1986, quando o Proconve foi criado. Só na região metropolitana de São Paulo, a liberação de monóxido de carbono na atmosfera foi reduzida em 60%. Estima-se que 14.495 mortes tenham sido evitadas com a redução da poluição, resultando em economia de aproximadamente R$ 1,3 bilhão em assistência médica (IBAMA, 2016). A Lei n.º 8.723/93 determina que todos os veículos devem obter licença que comprove sua regularidade em relação às emissões de poluentes, sendo essas a Licença para Uso da Configuração de Veículo ou Motor (LCVM) e a Licença para Uso da Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares (LCM), ou o documento de dispensa das licenças, sendo que estas regularizam marca/modelo/versão de um veículo ou motor com validade até 31 de dezembro do ano em que foram emitidas. Essas licenças (LCVM e LCM) são documentos obrigatórios para o registro no Departamento Nacional de Trânsito (Denatran). A Figura 31 apresenta a evolução das emissões de licenças para veículos novos fabricados no Brasil ou importados, entre os anos de 2013 e 2020.

Figura 31 – Total de licenças para veículos novos (LCVM/LCM)[30] emitidas entre 2013 e 2020.



OBS.: LCVM - Licença para Uso da Configuração de Veículo ou Motor; LCM - Licença para Uso da Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares.

Fonte: Infosev. Ibama, 2021.

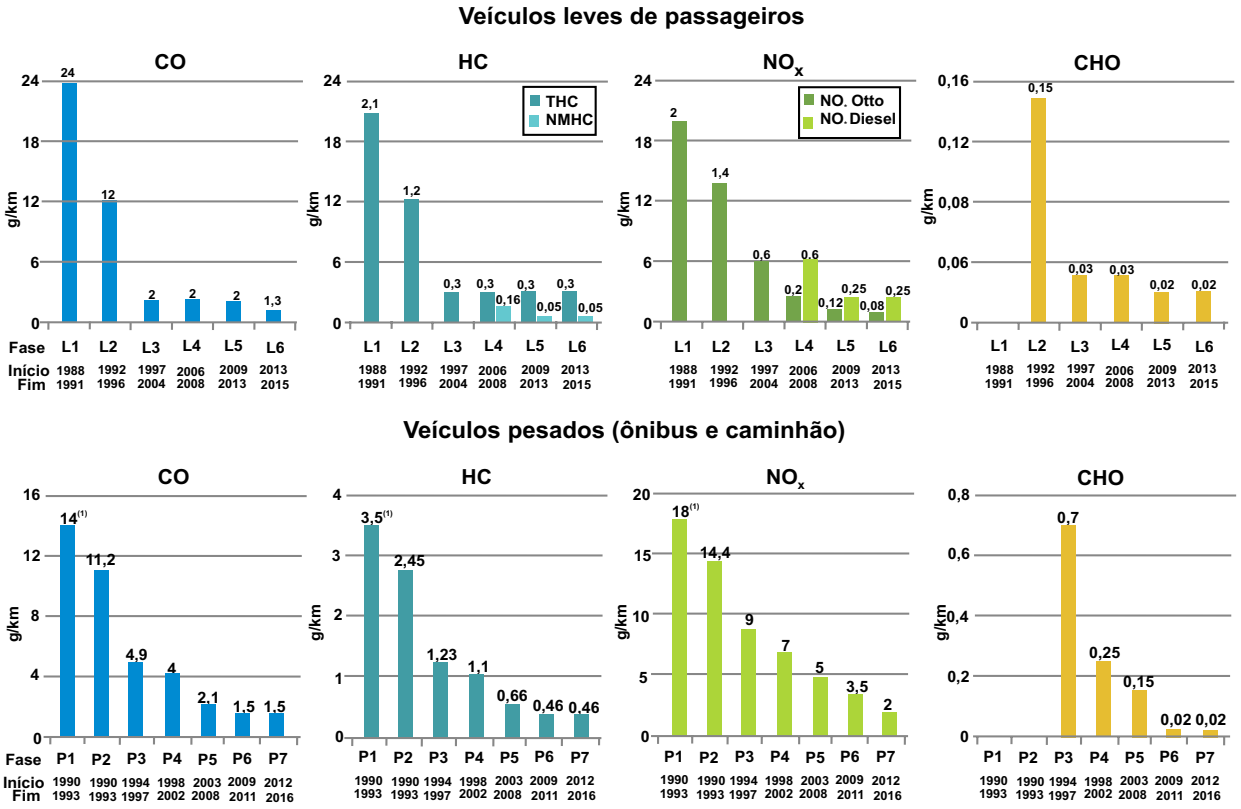
30 LCVM e LCM emitidas inclui LCVM/LCM regulares, que passam por ensaios testemunhados, e LCVM/LCM para quantidades menores às exigidas por ensaio testemunhado.

Os dados de emissão de LCVM/LCM podem ser utilizados para verificar o desempenho econômico do País como um todo, nos anos analisados, tanto para veículos leves e pesados, quanto para motocicletas. Isso por quê a indústria automobilística é uma indústria de ponta, cuja cadeia de fornecimento se inicia em uma indústria de base, grande consumidora de serviços, sendo sensível a qualquer evento macro ou microeconômico. Entre 2013 e 2017, a tendência era de alta no quantitativo de novos veículos homologados, enquanto a partir de 2018, tem tido tendência baixista do número de novos veículos que buscam homologação ou renovação.

De forma gradual, em fases (Figura 32), o Proconve determinou limites para as emissões atmosféricas e de poluentes emitidos pelos veículos automotivos leves de passageiros, ônibus, caminhões, ciclomotores, motociclos e similares.

Para ônibus e caminhões, da Fase P1 até a futura Fase P8, tem-se redução de 86% de óxidos de nitrogênio (14,4 para 0,4 g/km), de 95% para material particulado (de 0,4 para 0,01 g/km), de 90% para emissão de monóxido de carbono (CO) e de 87% para hidrocarbonetos (HC).

Figura 32 – Evolução do limite das emissões de veículos leves e pesados, estabelecida pelo Proconve.



Fonte: Proconve. Ibama, 2021.

Segundo dados do relatório da Cetesb "Emissões veiculares no estado de São Paulo – 2019", entre 2006 e 2019, no estado de São Paulo, teve aumento de 67%, enquanto as emissões de poluentes veiculares tiveram queda de 55% em monóxido de carbono (CO), 31% em óxidos de nitrogênio (NOx), 56% em material particulado (MP), 51% em hidrocarbonetos não metano (NMHC), 27% em aldeídos (CHO) e 81% no dióxido de enxofre. Os resultados demonstram acertadas as políticas públicas que alcançaram expressiva redução da contaminação atmosférica das fontes móveis.

O Proconve/Promot estabeleceu também as diretrizes gerais para que os órgãos estaduais de meio ambiente implantem os Planos de Controle de Poluição Veicular (PCPV) e o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos Uso (I/M), quando for necessário, com o objetivo de garantir a manutenção adequada dos veículos, de forma que não ultrapasse os limites de emissão de poluentes. É importante destacar que os veículos antigos são responsáveis por boa parte das emissões. Apesar de a frota total estar crescendo, as emissões são reduzidas em função da entrada de veículos mais novos em circulação. Dessa forma, pode-se afirmar que uma parcela importante dos ganhos esperados do Proconve ainda está por vir, com o sucateamento natural dos veículos antigos. Assim, a alteração dos níveis de emissões ocorre em função da substituição de veículos mais velhos (e mais poluidores) por veículos mais novos, construídos para atender às especificações do Proconve. Tal substituição dos veículos mais antigos por novos tem efeito significativo na redução das emissões.

Biocombustíveis

Os biocombustíveis são derivados de biomassa renovável e podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e de gás natural em motores a combustão ou outro tipo de geração de energia. São fontes de energia alternativa que apresentam baixo índice de emissão de poluentes.

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, os dois principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil são o etanol, obtido a partir de cana-de-açúcar, e o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais, e adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis.

Em 2004, foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) visando a introdução de biodiesel na matriz energética brasileira (Lei n.º 11.097, de 13/01/2005), para uso em motores a combustão interna, com ignição por compressão (motores ciclo diesel) ou, conforme regulamento, para a geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil. Em 2017, mereceu destaque a promulgação da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), cujo objetivo é reconhecer o papel estratégico dos biocombustíveis, na matriz energética brasileira, com relação à segurança do abastecimento e à mitigação das emissões de gases causadores do efeito estufa, no setor de combustíveis.

O RenovaBio é considerado o maior programa do mundo de descarbonização da matriz de transportes, e estabelece um mercado de créditos de descarbonização, o CBio. Cada CBio equivale a uma tonelada de emissões de gás carbônico evitada na atmosfera. A Política Nacional de Biocombustíveis determina que os distribuidores de combustíveis fósseis adquiram os CBio. Nesse sentido, em 2020, foram negociados na Bolsa de Valores de São Paulo, a B3, cerca de 14,9 milhões de CBio, gerando volume financeiro de mais de R$ 650 milhões. Assim, os distribuidores de combustíveis cumpriram cerca de 98% da meta de descarbonização estabelecida para 2020 (EPE, 2013).

Ainda em 2020, foram licenciados 2,0 milhões de veículos leves novos no Brasil, 27% a menos que em 2019 e no mesmo patamar de 2016, após três aumentos consecutivos. O impacto da pandemia ocasionou queda significativa das vendas de veículos nos primeiros meses de distanciamento social. A demanda do etanol hidratado caiu 14,7%, registrando 19,8 bilhões de litros, enquanto o consumo de gasolina C reduziu 6,5%, chegando a 36 bilhões de litros, resultando em decréscimo na demanda ciclo *Otto*[31], de 9,2%, atingindo 49,8 bilhões de litros de gasolina equivalente (EPE, 2013).

31 Criado em 1876 pelo engenheiro alemão Nikolaus August Otto, o motor ciclo Otto possui alto rendimento energético, uma vez que aproveita a energia da queima do combustível nos cilindros. Para isso, esse motor funciona em quatro tempos, que acontecem de modo sucessivo, que são: admissão, compressão, expansão e exaustão.

No período de 2005 a 2007, foi autorizado o percentual de 2% de biodiesel, em volume, no diesel combustível, dependendo da disponibilidade de oferta de matéria-prima e da capacidade de produção da indústria nacional (Resolução n.º 3, de 23 de setembro de 2005). Em 2008, passou a ser obrigatória a mistura de 3%, em volume, de adição de biodiesel no óleo diesel combustível comercializado no Brasil (Resolução CNPE n.º 2 de 13/03/2008), e em 2013, 5% (Resolução ANP n.º 7 de 19/03/2008). Em 2020, houve crescimento de 8,7% em seu uso. A capacidade instalada, 9,4%, com consumo de 6,4 bilhões de litros, fazendo do Brasil o segundo maior produtor mundial desse importante combustível renovável. São 49 unidades produtivas em operação no País. O setor de biodiesel também contribui para a inclusão social, com mais de 98% do volume comercializado proveniente de usinas com selo biocombustível social, o que exige a inclusão de agricultores familiares na cadeia produtiva.

A inserção da agricultura familiar em um programa energético constitui um modelo inovador, com aprimoramento técnico e da renda das famílias. Esse arranjo do PNPB tangencia diversos ODS, como erradicação da fome, melhoria na qualidade de vida, aumento de renda, redução de desigualdade social, desenvolvimento de agricultura mais produtiva e sustentável, além da produção de biocombustível renovável, que contribui para a mitigação de efeitos das mudanças climáticas.

O biodiesel, por possuir ponto de fulgor superior ao diesel convencional, pode ser utilizado puro em motores ciclo diesel. Estima-se uma redução de 78% na emissão de CO2 no consumo de biodiesel puro, quando comparado ao consumo de diesel convencional (LIMA, 2007).

É possível observar um balanço favorável de CO2, considerando o que é absorvido durante o desenvolvimento da planta – matéria-prima do biodiesel – superior ao que será emitido quando da queima do biodiesel. Estima-se redução de até 20% na emissão de enxofre, 9,8% de anidrido carbônico, 14,2% de hidrocarbonetos não queimados, 26,8% de material particulado e 4,6% de óxido de nitrogênio (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2004).

Com relação ao biogás, em 2020, o Brasil contou com 638 usinas em operação, que produziram cerca de 5 milhões de metros cúbicos por dia de biometano, o gás purificado do biogás. Em relação ao biometano, são três usinas em funcionamento, que produziram 330 mil metros cúbicos por dia em 2020. O Brasil atingiu a capacidade instalada em geração distribuída de 42 megawatts, tendo como insumo resíduos agroindustriais, animais e urbanos. Ademais, sua participação na oferta interna de energia (0,1%) vem apresentando crescimento de 27% ao ano, no último quinquênio. É importante destacar que a produção de biogás e de biometano utiliza como matéria-prima resíduos agroindustriais ou provenientes de aterros sanitários, de forma a contribuir para a preservação do meio ambiente e no combate ao aquecimento global (EPE, 2013).

Vários países produzem e comercializam o biodiesel como Argentina, Austrália, Canadá, EUA, Filipinas, Japão, Índia, Malásia, Taiwan e países da União Europeia (Alemanha, Itália, Reino Unido), fomentados por políticas públicas que visam diminuir emissões de gases que causam o efeito estufa (GEE) e melhorar a qualidade do ar nas metrópoles (SEBRAE, 2008).

Em 2020, a frota brasileira de veículos leves ciclo *Otto* permaneceu no mesmo patamar de 2019, totalizando 38 milhões de unidades, com a tecnologia *flex fuel* representando 80% do total. Em 2013, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) estimou que para 2021 os veículos leves *flex fuel* seriam cerca de 75% da frota (EPE, 2013).

Mesmo no cenário de convergência global, com quase 2,5 milhões veículos eletrificados vendidos em 2035, a renovação natural da frota será muito lenta. A frota circulante de leves ainda terá quase 80% de motores *flex*

(gasolina/etanol), enquanto praticamente 90% dos caminhões e ônibus nas ruas continuarão consumindo diesel. Logo, a demanda por etanol e álcool anidro (presente em 27% na gasolina) exigirá altos investimentos da indústria sucroalcooleira, algo em torno de R$ 50 bilhões, em 15 anos. O mesmo raciocínio vale para os produtores de diesel e biodiesel. Além disso, serão necessários investimentos significativos e mandatórios na produção de HVO (diesel de origem vegetal) para a frota circulante (ANFAVEA, 2020).

No período de 1975 a 2000, com o acréscimo de álcool anidro à gasolina, estima-se diminuição de 110 milhões nas emissões de gás carbônico oriundas de veículos leves[32].

Segundo a União Brasileira de Biodisel e Bioquerosene (Ubrabio), o Brasil ocupa a segunda colocação no *ranking* mundial de produtores de biodisel, sendo o 1º lugar ocupado pelos EUA e o 3º pela Alemanha[33].

De acordo com o estudo *Global Energy Transformation*, publicado em 2019, os biocombustíveis têm potencial de reduzir em 70% as emissões globais de CO2 até 2050 (IRENA, 2019).

Programa Inovar-Auto

O Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto) é um programa automotivo do Governo Federal, que tem como objetivo criar condições para o aumento de competitividade no setor automotivo, produzir veículos mais econômicos e seguros, investir na cadeia de fornecedores, em engenharia, tecnologia industrial básica, pesquisa e desenvolvimento, e capacitação de fornecedores. Criado pela Lei n.º 12.715/2012, o programa esteve em vigência no período de 2013 a 2017.

Ao mirar em veículos mais econômicos, o programa tratou da eficiência energética, cabendo às empresas incorporar novas tecnologias e elevar o padrão nacional, com produtos de maior valor agregado. Com veículos mais eficientes, as emissões atmosféricas diminuem, pois a queima eficiente de combustível favorece tanto a eficiência energética, quanto a menor emissão de poluentes atmosféricos.

Conforme relatório do Grupo de Acompanhamento do Inovar-Auto (MDIC, 2019), os principais resultados do Inovar-Auto são apresentados na Tabela 24.

É preciso destacar investimentos em pesquisa e desenvolvimento, incluindo engenharia, realizados pelas empresas habilitadas, que alcançaram a média de R$ 5,3 bilhões/ano, representando 3,19% do faturamento da indústria automotiva. A média de inovação na indústria de manufatura era de 0,68% da receita líquida e da indústria automotiva, de 1,39%. Ou seja, as empresas habilitadas ao Programa investiram mais do que o dobro da média do setor e mais de quatro vezes a média da indústria manufatureira. Apenas em patentes, as empresas habilitadas depositaram no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi) 58 pedidos. Nos 5 anos anteriores ao programa, haviam sido registrados, pelos mesmos CNPJ, apenas 9 pedidos.

A exigência de aumento de etapas fabris também desencadeou investimento por parte das empresas habilitadas, principalmente quanto à modernização da etapa fabril de tratamento e pintura, e de fabricação de motores. A atração dessas novas etapas para o País fortaleceu as competências locais e gerou novos empregos no setor automotivo.

32 Disponível em: https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol. Acessado em nov. 2021.
33 Disponível em: http://www.ceisebr.com. Acessado em nov. 2021.

Tabela 24 – Resultados obtidos no Programa do Inovar-Auto.

Indicador	Linha de base	Meta	Resultado alcançado
Novos investimentos (R$)	zero	R$ 4,7 bilhões	R$ 6,7 bilhões*
Aumento da capacidade produtiva instalada – número de veículos	4,2 milhões un.	-------	5,05 milhões un.
Eficiência energética – incremento	2,07 MJ/Km	1,80 MJ/Km (+12,08%)	+15,46%
Pesquisa e desenvolvimento – % ROB	Menos de 0,05%	0,5%	0,60%
Engenharia e TIB – % ROB	Menos de 0,5%	1,0%	2,27%
Etapas fabris do processo produtivo no País – número de etapas	Entre 7 e 8 etapas	10 etapas	Mais de 10 etapas
Desenvolvimento sustentável da indústria – número de adesão de empresas fornecedoras de insumos estratégicos e ferramentaria, no Sistema de Acompanhamento do Programa Inovar-Auto	zero	700	846
Desenvolvimento sustentável da indústria – % de anuências de fornecedores de insumos estratégicos e ferramentaria no Sistema de Acompanhamento do Programa Inovar-Auto	zero	95%	97,5%

OBS.: * O valor refere-se a projetos de investimento aprovados.
Fonte: MDIC, 2019.

Os investimentos realizados pelas empresas, na evolução dos motores e dos veículos, bem como os benefícios financeiros concedidos a partir de 2018, às empresas que atingiram as metas, foram traduzidos em ganhos econômicos aos consumidores, que passaram a ter, à sua disposição, veículos mais eficientes, econômicos e menos poluentes. Observou-se, ainda, nos últimos 5 anos, nítida elevação do padrão tecnológico dos veículos, com claro ganho para os consumidores. Tecnologias antes presentes apenas em veículos de luxo, agora são encontradas em veículos de entrada, por exemplo, pneus de baixa resistência, tecnologia *start-stop*, *downsizing* de motores, motorizações multicomando, injeção direta de combustíveis, direção elétrica, entre outros.

Há evidências suficientes para argumentar que o Inovar-Auto foi bem-sucedido e contribui para o fortalecimento da indústria nacional, atingindo o objetivo de apoiar o desenvolvimento tecnológico, a inovação, a segurança, a proteção ao meio ambiente, a eficiência energética e a qualidade dos veículos e das autopeças. Foi nítida a evolução do padrão tecnológico entre os veículos produzidos em 2013 dos produzidos em 2017, ao término do Programa.

Programa Rota 2030

O Programa "Rota 2030: Mobilidade e Logística", é parte da estratégia elaborada pelo Governo Federal, para o desenvolvimento do setor automotivo, e compreende regramentos de mercado – o regime automotivo sucessor do Programa Inovar-Auto, encerrado em 31 de dezembro de 2017 – e um regime tributário especial, para a importação de autopeças sem produção nacional equivalente. O Programa Rota 2030 foi elaborado em um contexto no qual o setor automotivo mundial sinaliza profundas transformações nos veículos e na forma de usá-los, bem como na forma de produzi-los.

Diante das tendências citadas, o Rota 2030: Mobilidade e Logística tem como objetivo ampliar a inserção global da indústria automotiva brasileira, por meio da exportação de veículos e

autopeças. A proposta é que este movimento de inserção global seja progressivo, permitindo que, ao final da vigência, o País esteja inserido no estado das artes da produção global de veículos automotores.

O Programa também possui como pressupostos princípios de sustentabilidade ambiental e cidadania. De forma complementar, as políticas de estímulo à pesquisa e desenvolvimento (P&D) visam dotar as empresas de instrumentos para que possam alcançar as metas a serem estabelecidas, além de lhes conferir condições de competitividade para que tais atividades possam ocorrer no País.

Não se trata de ampliar a competitividade somente via redução de custos, mas também por meio da diferenciação tecnológica. A importância das políticas de estímulo justifica-se pelo fato de que o desenvolvimento da indústria automotiva brasileira está atrelado às grandes montadoras globais, cujos centros de decisões estão em suas matrizes, fora do Brasil. Além disso, o investimento em desenvolvimento tecnológico e inovação é peça-chave para a sobrevivência das companhias no mercado mundial, além de conferir vantagem competitiva às empresas aqui estabelecidas.

Assim, o Programa visa solucionar dificuldades enfrentadas pela indústria automotiva nacional, tais como:

- baixa competitividade da indústria automotiva nacional, que resulta em integração passiva às cadeias globais de valor;
- defasagem tecnológica, especialmente em eficiência energética e desempenho estrutural, e tecnologias assistivas à direção do produto nacional, diante das novas tecnologias em fase de implementação nos grandes mercados desenvolvidos;
- risco de transferência das atividades de P&D para outros polos, com consequente perda de postos de trabalho de alta qualificação;
- risco de perda de investimentos no País, com a não aprovação de novos projetos, pelas matrizes das empresas instaladas no País;
- existência de capacidade ociosa na indústria, que precisa ser direcionada para o mercado global;
- risco de perda de conhecimento no desenvolvimento de tecnologias que utilizam biocombustíveis, com impactos na cadeia produtiva.

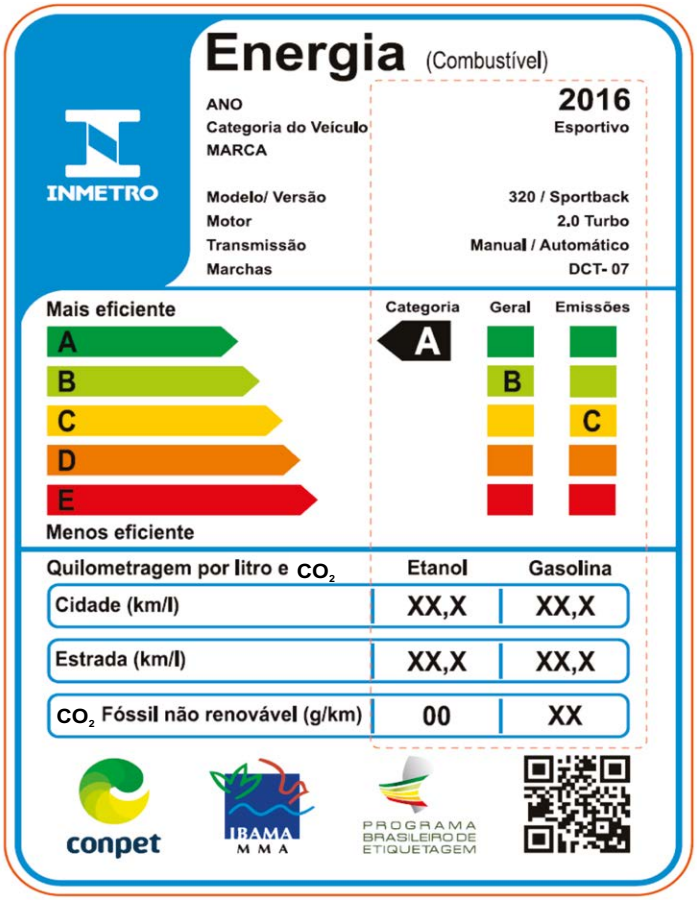
O Programa Rota 2030 tem como público-alvo o setor automotivo (montadoras e importadores de veículos, fabricantes de autopeças e os trabalhadores do setor). Entretanto, seus resultados serão externados à toda sociedade, especialmente pelo aumento da eficiência energética e a segurança dos veículos comercializados no País, com consequente redução do impacto ambiental, pelos novos veículos na frota nacional.

Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV)

O Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) foi criado em 2008, com a adesão de apenas 3 marcas, no total de 10 modelos. Atualmente, 12 anos depois, fazem parte do Programa, 36 marcas, no total de 1.034 modelos/versões, reunidos em 15 categorias. Com a adesão de todos os fabricantes nacionais e importadores, 100% dos carros comercializados no País são etiquetados – isso significa uma frota nacional de mais de 40 milhões de veículos, que recebem do Inmetro a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence).

Automóveis que são mais eficientes e obtêm melhores classificações em sua categoria e no *ranking* geral serão contemplados adicionalmente com o "Selo Conpet" de Eficiência Energética (Figura 33), concedido pela Petrobras, parceira do Inmetro no PBEV.

Figura 33 – Selo Conpet do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV).



Fonte: Inmetro, 2021[34].

Ao atingir os 100% de adesão de fabricantes e importadores, o PBEV atende a uma das metas do Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística, cujas diretrizes incentivam o ganho de eficiência energética, desempenho estrutural e disponibilidade de tecnologias inovadoras à automação dos veículos comercializados no Brasil. A contrapartida é a concessão de incentivos fiscais às empresas do setor que investem em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e inovação.

O PBE-V é integrante do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Inmetro. A partir da lei publicada em 17 de outubro de 2001, Lei nº 10.295, Lei de Eficiência Energética, o Inmetro, que de forma voluntária estabelecia programas de etiquetagem, passou a ter a responsabilidade de estabelecer programas de avaliação da conformidade compulsórios, na área de desempenho energético. O PBE estimula a competitividade da indústria, que deve fabricar produtos cada vez mais eficientes.

34 Mais informações sobre o PBEV podem ser obtidas no site: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/etiqueta_pbe_veicular.pdf.

Implementação de políticas públicas para a normatização de emissões atmosféricas

O Ministério da Saúde, ao longo dos últimos 20 anos, executa atividades de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade do ar (Vigiar), em consonância com os princípios do Sistema Único de Saúde (SUS). Especificamente, em 2018, a instituição da Política Nacional de Vigilância em Saúde (PNVS) (MS, 2018), de caráter universal, transversal e orientador do modelo de atenção nos territórios, identificando na esfera administrativa as responsabilidades da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, entre outras pactuadas, passa a direcionar o modelo de atuação do Vigiar.

As ações do Vigiar têm sido direcionadas com a finalidade de recomendar e adotar medidas de promoção à saúde, prevenção e monitoramento dos fatores de riscos relacionados às doenças ou agravos à saúde. São ações estruturantes e atividades correntes do Vigiar: (i) análise de situação de saúde ambiental; (ii) subsídio à gestão e organização dos serviços de vigilância e atenção à saúde, por meio de diretrizes institucionais; (iii) intersetorialidade e interdisciplinaridade com órgãos que possuem interface com a Saúde, no que tange à qualidade do ar; (iv) articulação com o setor ambiental e outros setores, auxiliando na formulação e execução de estratégias de controle da poluição do ar, tendo em vista a proteção da saúde da população; (v) facilitação e orientação de políticas públicas nacionais e locais, para a proteção da saúde diante dos riscos da exposição a poluentes atmosféricos; (vi) fortalecimento da produção de conhecimento e inovação no tema; (vii) cooperação técnica com entes federados, na implantação e implementação de estratégias e ações do Vigiar; (viii) ampliação da rede de instituições parceiras.



Fonte: Andre Borges/Agência Brasília

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente urbano possui complexidades e características próprias, cujas interações com o meio e com as pessoas que ali habitam afetam diretamente a saúde pública e a qualidade de vida nas cidades. O ordenamento desse ambiente e a compatibilização entre a convivência humana e a sustentabilidade ambiental passam pelo planejamento urbano e implementação de políticas públicas voltadas para ampliar a qualidade ambiental.

O desenvolvimento de programas e políticas públicas com o objetivo de ampliar o acesso da população aos recursos ambientais nas áreas urbanas tem o potencial de melhorar a qualidade de vida, reduzir os índices de poluição, causados pela geração de resíduos, ordenar o crescimento da cidade, organizar o trânsito de veículos e pessoas, além da conscientização sobre a importância de se preservar o ambiente. O conjunto dessas ações, quando implementadas de forma correta e sistemática, pode levar a uma situação de sustentabilidade ambiental.

Além da implementação de políticas públicas, conforme Teodoro (2015), a teoria e a prática da sustentabilidade devem ser fundamentadas na complexidade dos debates ecológicos, sociais e econômicos. Somente assim, a sociedade transforma-se a partir do ajuste de seu padrão de produção-consumo e da legitimação de seus distintos ritmos sociais, na apropriação dos recursos naturais.



Fonte: Vinicius Mendonça/Ibama

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Petróleo (ANP). Vendas de derivados de petróleo e biocombustíveis, 2021. Disponível em:

Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTP). Sistema de informações da mobilidade. 2018. Disponível em: www.antp.org.br. Acesso em 12 de julho de 2021.

Andressa Teixeira Japiassú, L., & Dulce Barbosa Lins, R. (2014). AS DIFERENTES FORMAS DE EXPANSÃO URBANA. *Revista Nacional De Gerenciamento De Cidades*, *2*(13).

ANTENOR, S.; & SZIGETHY, L. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. 2020. Acesso em: 04 de junho de 2021.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 22 de abril de 2021.

Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE). 2020. Atlas da Destinação Final de Resíduos – Brasil 2020. Disponível em: <http://abetre.org.br/atlas-da-destinacao-final-de-residuos-brasil-2020/>. Acesso em: 03 de junho de 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro-RJ, 2004. https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf. Acesso em 28 de abril de 2021.

Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos Anuário (NTU): 2019-2020. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos - Brasília: NTU, 2020.

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). Coletiva de Imprensa: A ANFAVEA defende o PROCONVE, 2020. Disponível em: https://anfavea.com.br/docs/apresentacoes/apresentacao_dezembro_2020_PROCONVE.pdf. Acesso em 17 de setembro de 2021.

BIODIESELBR. PróAlcool - Programa Brasileiro de Álcool, 2006. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol. Acesso em 29 de novembro de 2021.

BRASIL, Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Marco Legal do Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 de julho de 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União, Brasília, 03 de agosto de 2010.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União, Brasília, 03 de agosto de 2010.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. O desafio da mobilidade urbana. Centro de Estudos e Debates Estratégicos, Consultoria Legislativa; relator Ronaldo Benedet ; consultores legislativos Antônia Maria de Fátima Oliveira (coord.) ... [*et al.*]. – Brasília : Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2015. 352 p.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Centro de Documentação e Informação. Coordenação de Biblioteca. O Biodiesel e a Inclusão Social. consultores legislativo Paulo César Ribeiro Lima. Brasília : Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2004. 36 p.

CARVALHO, CARLOS H. R. Mobilidade urbana sustentável: conceitos, tendências e reflexões. TD Ipea. 2016. Desafios da mobilidade urbana. TD Ipea. 2016.

Centro Nacional das Indústrias do setor Sucroenergético e Biocombustíveis (CEISE-BR). Brasil é o segundo maior produtor de biodiesel do planeta, 2019. Disponível em <http://www.ceisebr.com/conteudo/brasil-e-o-segundo-maior-produtor-de-biodiesel-do-planeta.html#:~:text=O%20n%C3%Bamero%20%C3%A9%20da%20Uni%C3%A3o,%2C%20no%20teor%20de%202%25>. Acesso em 03 de agosto de 2021.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Emissão Veicular. 2020. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/veicular/. Acesso em: 29 de novembro de 2021.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Emissões Veiculares no Estado de São Paulo, Edição 2019. 2019. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2020/11/Relatorio-Emissoes-Veiculares-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf. Acesso em: 29 de novembro de 2021.

DENATRAN. Frota de Veículos, 2021. Disponível em: *https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2021*. Acesso em: 10 de junho de 2021.

DOS SANTOS, Carlos Alberto Frantz, Grupo de Pesquisa em Sustentabilidade e Inovação – GPS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2019. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/gps/pesquisa/rsu>. Acesso em 26 maio 2021.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Avaliação do Comportamento dos Usuários de Veículos *Flex Fluel* no Consumo de Combustíveis no Brasil, 2013. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-250/topico-296/EPE-DPG-SDB-001-2013-r0[1].pdf. Acesso em 08 de junho de 2021.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira. "Proálcool"; Brasil Escola. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/brasil/proalcool.htm. Acesso em 08 de junho de 2021.

Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado / Fundação Nacional de Saúde – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2010. 246p Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/estudosPesquisas_ImpactosSaude.pdf. Acesso em 13 junho 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Séries históricas e estatísticas: temas e subtemas – população e demografia - indicadores demográficos – taxa de urbanização. 2010. Disponível em: https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=10&op=0&vcodigo=POP122&t=taxa-urbanizacao. 02 de junho de 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2018. Síntese de indicadores sociais uma análise das condições de vida da população brasileira: 2018 /IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. 151 p. (Estudos e pesquisas. Informação demográfica e socioeconômica, ISSN 1516-3296; n. 39). Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101629.pdf. Acesso em: 04 de junho de 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2019a. Economia - PIB per capita. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama. Acesso em: 25 de maio de 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Tabela 6579 - População Residente Estimada, 2019b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579#resultado>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Tabela 6784 - Contas Nacionais Anuais - Tabela 6784 - Produto Interno Bruto, Produto Interno Bruto per capita, População residente e Deflator, 2019c. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6784. Acesso em: 25 de maio de 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades e Estados - PIB per capita. in: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados, 2020a. Acesso em: 25 de maio de 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da População: Estimativas de população publicadas no DOU. Tabelas de estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2020. 2020b. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados Acesso em 02 de junho de 2021.

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores — Proconve/ Promot/Ibama, 3 ed. — Brasília: Ibama/Diqua, 2011. 584 p. (Coleção Meio Ambiente. Série Diretrizes — Gestão Ambiental, nº 3**)**

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Avaliação dos impactos econômicos e dos benefícios socioambientais do PROCONVE, 2016. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/LIVROPROCONVEDIGITAL.pdf. Acesso em 12 de setembro de 2021.

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Programa de Controle de Emissões Veiculares (PROCONVE), 2021. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve. Acesso em 12 de setembro de 2021.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). Selo Conpet de Eficiência Energética. 2021. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/etiqueta_pbe_veicular.pdf. Acesso em 29 de novembro de 2021.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). A mobilidade urbana no Brasil. *In*: Infraestrutura social e urbana no Brasil: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Brasília: Ipea, 2010.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Poluição atmosférica veicular. 2011. (Comunicados do Ipea, n. 113).

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Radar IDHM: evolução do IDHM e de seus índices componentes no período de 2012 a 2017. Brasília: IPEA/PNUD/FJP, 2019. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190416_rada_IDHM.pdf. Acesso em: 04 de junho de 2021.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Estimativa dos Custos Dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores o IPEA. Brasília, 2015.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Atlas do Desenvolvimento Humano tem nova plataforma. Brasília: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), IPEA e Fundação João Pinheiro (FJP), 2021. Disponível em: https://atlasbrasil.org.br/>. Acesso em: de 04 junho de 2021.

International Renewable Energy Agency (IRENA). Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050 (2019 Edition). 2019. Disponível em: https://www.irena.org/publications/2019/Apr/Global-energy-transformation-A-roadmap-to-2050-2019Edition. Acesso em: 29 de novembro de 2021.

KAZA, S., YAO, L., BHADA-TATA, P., WOERDEN, F. V. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.* Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. 2018. DOI:10.1596/978-1-4648-1329-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.

LIMA, P. C. R. "O Biodiesel no Brasil e no Mundo e o Potencial do Estado da Paraíba", Estudo Técnico da Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2007.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. SENATRAN. Frota de Veículos 2020. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2020. Acesso em: 29 de novembro de 2021.

Ministério da Saúde (MS). Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS). Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em 02 de agosto de 2021.

Ministério da Saúde (MS). Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS). Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluição Atmosférica - VIGIAR. 2015. Disponível em: https://antigo.saude.gov.br/images/pdf/2017/agosto/30/Instrutivo-IIMR-VIGIAR.pdf. Acesso em 29 novembro 2021.

Ministério da Saúde (MS). Conselho Nacional de Saúde (CNS). Resolução Nº 588, de 12 de julho de 2018. Política Nacional de Vigilância em Saúde Disponível em: http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2018/Reso588.pdf. Acesso em 17 junho 2021.

Ministério da Saúde (MS). Óbitos por Causas Externas – BRASIL. 2019. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/ext10uf.def. Acesso em: 29 de novembro de 2021.

Ministério da Saúde (MS). Sistema de Informação sobre Mortalidade SIM/Datasus. 2019. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obt10uf.def. Acesso em: 29 de novembro de 2021.

Ministério da Saúde (MS). Curso Básico de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. MÓDULO IV: Informações Sobre Qualidade da Água Para Consumo Humano. 2020. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basiso_vigiliancia_qualidade_agua_modulo_IV.pdf. Acesso em 29 novembro 2021.

Ministério da Saúde (MS). Sistema de Informação sobre Mortalidade. Sistema de Vigilância em Saúde. 2021. Disponível em: http://svs.aids.gov.br/dantps/centrais-de-conteudos/paineis-de-monitoramento/mortalidade/. Acesso em: 29 de novembro de 2021.

Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). Grupo de Acompanhamento do Programa Inovar-Auto: Avaliação de Impacto do Programa Inovar-Auto. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/images/REPOSITORIO/sdci/InovarAuto/Avaliacaoa_dea_Impactoa_-a_Inovar-Auto.pdf. Acesso em: 29 de novembro de 2021.

Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Logística Reversa, MDR, 2018. Disponível em: <https://sinir.gov.br/logistica-reversa>. Acesso em: 05 de junho de 2021.

Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2018. Brasília, MDR, SNSA, 2019(a). Disponível em: http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018. Acesso em: 22 de abril de 2021.

Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento: 24º DIAGNÓSTICO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTOS – 2019(b). Brasília. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS/MDR. 2020. 183 p.

Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2019. Brasília, MDR, SNSA, 2020. Disponível em: http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2019. Acesso em: 22 de abril de 2021.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana: Programa Nacional Lixão Zero. – Brasília, DF: MMA, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero>. Acesso em: 05 de junho de 2021.

NORBERTO, A.S, *et al*. Estudo da relação entre a geração de resíduos sólidos urbanos e o Produto Interno. Research, Society and Development, v.10, n.1, e3910111429, 2021.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa. SEEG 2019. São Paulo. 2019. Disponível em: https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2019/11/OC_SEEG_Relatorio_2019pdf.pdf. Acesso em: 22 de setembro de 2021.

Organização Panamericana de Saúde (OPAS). Agenda Convergente Mobilidade Sustentável e Saúde. Documento de Referência, 2020. Disponível em: https://www.paho.org/pt/documentos/agenda-convergente-mobilidade-sustentavel-e-saude-documento-referencia . Acesso em: 17 de junho de 2021.

PLANSAB. Pesquisa nacional de saneamento básico 2000: Abastecimento de água e esgotamento sanitário / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

PLANSAB. Pesquisa nacional de saneamento básico 2008: Abastecimento de água e esgotamento sanitário / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=resultados. Acesso em: 29 de novembro de 2021.

PLANSAB. Pesquisa nacional de saneamento básico 2017: Abastecimento de água e esgotamento sanitário / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

PLANSAB. Plano Nacional de Saneamento Básico. Relatório de Avaliação Anual, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab. Acesso em: 03 de abril de 2021.

PLANSAB. Plano Nacional de Saneamento Básico: Mais Saúde com Qualidade de Vida e cidadania**.** Ministério do Desenvolvimento Regional Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília, 2019. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao_Conselhos_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Alta_-_Capa_Atualizada.pdf. Acesso em: 02 de junho de 2021.

SALDIVA, P. Vida urbana e saúde: Os desafios dos habitantes das metrópoles. São Paulo: Contexto, 2018.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). Biodiesel, 2008. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/NT00035116_000gihb7tn102wx5ok05vadr-1szzvy3n.pdf . Acesso em: 08 de junho de 2021.

Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (SINDIPEÇAS/ABIPEÇAS). Relatório da Frota Circulante, Edição 2021. Disponível em: https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2021/RelatorioFrotaCirculante_Marco_2021.pdf. Acesso em: 29 de novembro de 2021.

TEODORO, T. H. M. Sustentabilidade, Espaço Urbano e Complexidade, Boletim Gaúcho de Geografia, v. 42, n.1: 23-43, jan., 2015.

Tribunal de Contas do Estado de São Paulo (TCE SP). Manual - Marco Legal do Saneamento Básico, 2021. Disponível em: <https://www.tce.sp.gov.br/publicacoes/manual-marco-legal-saneamento-basico-2021>. Acesso em: 28 de maio de 2021.

United Nations Development Programme (PNUD). United Nations Development Programme. Human Development Report 2020: The next frontier Human development and the Anthropocene, 2020. Disponível em: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2020.pdf . Acesso em: 02 de junho de 2021.

8 Economia Verde



Fonte: Carla Wosniak / Licença: CC BY 2.0

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Júlio César Roma - Ipea
Ana Carla Leite de Almeida - MMA

Redação

Adriana Maria Magalhães de Moura - Ipea
Alvim Borges da Silva Filho - Ufes
Amaro Olímpio Pereira Junior - UFRJ
Ana Carla Leite de Almeida - MMA
Andrea Regina Lopes Ache - ME
Antônio Paulo Barea Coutinho - ME
Demetrios Christofidis - ME
Fernanda Ishibiva Espindola - MMA
Helena Araújo Costa - UnB
Janaina Soares e Silva Araújo - Brasília Ambiental
Júlio César Roma - Ipea
Luana Magalhães Duarte - MMA
Luciana Stocco Betiol - FGV/EAESP
Marcelo Augusto Boechat Morandi - Embrapa Meio Ambiente
Marco Aurelio Pavarino - Mapa
Mário Jorge Cardoso de Mendonça - Ipea
Paulo Sérgio Muçouçah
Pedro Gerhard - Embrapa Meio Ambiente
Peter Herman May - UFRRJ
Priscila Rayane de Menezes Silva Machado - ME
Sandra Regina Afonso - SFB
Teresa Villac - AGU
Vanessa Pozzi Zoch - ME
Zilda Veloso - Ibama

Colaboração

Aguinaldo Nogueira Maciente - OIT
Arnaldo Freitas de Oliveira Junior - Cefet-MG

ODS relacionados ao capítulo



INTRODUÇÃO

Conforme evidenciado nos demais capítulos deste RQMA, as forças motrizes, pressões e impactos causados sobre o meio ambiente decorrem, em grande parte, de fatores de origem antropogênica, isto é, do uso econômico insustentável dos recursos naturais e das transformações realizadas no território brasileiro. Dessa forma, a solução e a prevenção dos problemas ambientais requerem, necessariamente, que sejam feitas adequações – sob os pontos de vista econômico, social e ambiental – ao modelo econômico adotado pelo País, em consonância com o conceito de Desenvolvimento Sustentável[1].

No Brasil, algumas iniciativas têm buscado um caminho para atingir a sustentabilidade, o que, entretanto, demanda tempo. Este capítulo tem por objetivo relatar avanços ocorridos ao longo dos últimos anos, rumo à adoção de atividades econômicas mais sustentáveis, quando comparadas a outras que são causadoras dos impactos ambientais observados.

Um dos arcabouços teórico-conceituais que vêm sendo utilizados nessa transição rumo à sustentabilidade é o da Economia Verde, objeto deste capítulo, cuja inserção no RQMA brasileiro ocorre pela primeira vez, a partir desta edição. Optou-se pela adoção do conceito de Economia Verde cunhado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) (UNEP, 2010; 2011), cuja origem e definição podem ser encontradas na caixa de texto em destaque. A análise se concentrou em sete temas, com potencial de alavancar a transição para uma Economia Verde, incluindo: Agropecuária Sustentável, Economia Circular, Bioeconomia, Empregos Verdes, Transição Energética, Contratações Públicas Sustentáveis e Turismo Sustentável.

Economia Verde: breve origem do conceito adotado neste capítulo

Há controvérsias quanto à origem do conceito de Economia Verde. Enquanto alguns autores o atribuem a Pearce *et al.* (1989), no livro *Blueprint for a Green Economy,* Merino-Saum *et al.* (2020), por sua vez, informam que a primeira tentativa de conceitualizar a Economia Verde deu-se dois anos mais tarde, por Jacobs (1991), em seu livro *The Green Economy*. O conceito permaneceu pouco pesquisado por quase duas décadas, até ganhar novo impulso do PNUMA, que lançou a Iniciativa Economia Verde, em 2008, quando o mundo enfrentou múltiplas crises – de preços de combustíveis, de alimentos e financeira – que resultaram na pior recessão econômica, desde a Grande Depressão dos anos de 1930. No ano seguinte, o PNUMA publicou o relatório intitulado *Rethinking the Economic Recovery: A Global Green New Deal,* de autoria de Barbier (2009). Nesse relatório, está proposta a adoção de um "Novo Acordo Global Verde", isto é, um conjunto de políticas capazes de estimular a recuperação e, ao mesmo tempo, melhorar a sustentabilidade da economia mundial, por meio da criação de milhões de empregos, da melhoria dos meios de subsistência de populações pobres do mundo e da canalização de investimentos para setores econômicos dinâmicos. Posteriormente, o PNUMA definiu Economia Verde como "aquela que resulta na melhoria do bem-estar humano e da equidade social, ao mesmo

1 Conforme definição da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991), desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991).

tempo que reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica" (UNEP, 2010; 2011), conceito adotado neste capítulo. Ainda de acordo com a definição do PNUMA, uma economia verde pode ser definida, em sua expressão mais simples, como a que é pouco intensiva em carbono, eficiente no uso dos recursos e socialmente inclusiva. Adicionalmente, são características de uma economia verde o crescimento da renda e de emprego, resultantes de investimentos públicos e privados que reduzam as emissões de carbono e a poluição, aumentem a eficiência energética e de recursos e impeçam a perda da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos[2] (UNEP, 2011). Em outras palavras, uma economia verde deve considerar, simultaneamente, não apenas eficiência econômica e equidade/inclusão social, mas também sustentabilidade ambiental de longo prazo.

O Brasil possui o enorme desafio de aumentar sua produção agropecuária enquanto promove a regularização ambiental e a conservação dos recursos naturais, de modo a garantir a segurança alimentar e climática. De fato, o futuro da produção agropecuária brasileira depende da adoção efetiva de práticas sustentáveis, garantindo a manutenção e a conectividade de habitats para as espécies, reduzindo a erosão, o escoamento superficial, a poluição e as emissões de poluentes (CARNEIRO-FILHO; COSTA, 2016). O balanço entre a produção e a conservação de recursos naturais deve considerar as demandas crescentes por: (1) fontes de proteína animal – concomitantemente com a segurança sanitária e a rastreabilidade de origem e processamento; (2) emprego de novas práticas agropecuárias mais intensivas – com mínima expansão das áreas de cultivo e pastagens; e (3) uso eficiente e sustentável de recursos naturais.

A transição energética para um modelo mais sustentável é outro desafio para o desenvolvimento de uma economia verde no País. As fontes renováveis podem substituir as fontes fósseis na geração de eletricidade, no aquecimento de água, no condicionamento de ambientes, no setor de transportes e em atividades agrícolas, como a secagem de grãos. De acordo com a REN21[3] (REN21, 2020), em 2018, as fontes renováveis representavam, no mundo, 26,4% da geração de eletricidade, 3,3% no setor de transporte e 10,1% em usos térmicos em geral. O Brasil, nesse aspecto, tem situação bem mais favorável, graças à forte participação da hidroeletricidade e do uso de biocombustíveis. Segundo a EPE (2020), em 2019, as fontes renováveis representavam 83,0% da geração de eletricidade, 25,0% no setor de transportes e 46,1% na matriz energética nacional.

Da mesma forma, a redução na geração dos resíduos e a não geração de rejeitos são outros grandes desafios do desenvolvimento sustentável e ocupam posição central no modelo de economia circular, englobando questões ambientais, sociais e econômicas. Do ponto de vista de oportunidades econômicas, em 2017, o mercado global de gestão de resíduos foi avaliado em US$ 300 bilhões, com expectativas de ampliação (PATIL, DOSHI; BAUL, 2019). O crescimento desse mercado tem sido impulsionado por diversos fatores, entre eles, o desenvolvimento de novas tecnologias, as oportunidades de geração de novos empregos e renda, e a destinação ambientalmente adequada de um volume cada vez maior de resíduos sólidos. No Brasil, o mercado de resíduos sólidos envolve os setores público e privado, dentro do princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Essa corresponsabilidade tem crescido com os municípios brasileiros aplicando

2 O conceito de "serviços ecossistêmicos" consolidou-se e tornou-se amplamente disseminado a partir da Avaliação Ecossistêmica do Milênio, que os definiu simplesmente como sendo "os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas" (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Para melhor compreensão do conceito e de sua relação com a biodiversidade, consultar Roma (2014).

3 A REN21 é uma comunidade global de instituições que atuam no setor de energias renováveis, que congrega organizações governamentais e não governamentais, científicas e acadêmicas, e associações do setor industrial. Mais informações podem ser obtidas no site: https://www.ren21.net/.

cada vez mais recursos nas suas atividades de coleta e demais serviços de limpeza urbana, o que movimentou R$ 25 bilhões em 2019 (R$ 10/habitante/mês), diante de R$ 17,65 bilhões (R$ 8/habitante/mês) aplicados em 2010 (ABRELPE, 2020).

É importante ressaltar que o conceito de economia circular ganhou maior popularidade nos últimos anos e está relacionado ao conceito de economia verde e ao de bioeconomia. Apesar de existirem sinergias e complementaridade entre os conceitos de economia verde, economia circular e bioeconomia, os pressupostos e as estratégias de operacionalização de cada um deles são distintos. Em termos de conteúdo, enquanto o conceito de economia circular se concentra em processos urbanos industriais para desacoplar o uso de recursos e a produção econômica, o conceito de bioeconomia está mais focado na inovação baseada em recursos biológicos e práticas de uso da terra. Já o conceito de economia verde é o mais amplo e envolve uma perspectiva mais abrangente para um desenvolvimento socioambiental equilibrado. Em última análise, os três conceitos representam oportunidade de transição das economias globais para uma trajetória mais sustentável, mas nenhum trata dos limites potenciais para o crescimento (D'AMATO *et al.*, 2017).

Apesar de o Brasil já implantar iniciativas relacionadas à bioeconomia há alguns anos, o tema ainda se apresenta como um novo paradigma para o desenvolvimento sustentável e uma oportunidade real para o País se desenvolver e gerar riquezas em bases sustentáveis. Para tanto, é necessário ampliar investimentos, estimular cadeias produtivas e fomentar novos negócios da bioeconomia. O Governo pode incentivar o mercado de bioprodutos, por exemplo, a partir do uso do seu poder de compra, por meio das Contratações Públicas Sustentáveis, que impulsiona setores econômicos e gera sustentabilidade nos setores público e privado.

Vale destacar que neste relatório foi aplicada a metodologia Forças Motrizes-Pressões-Estado-Impactos e Respostas, de forma completa, a todos os temas relacionados à economia verde, sempre que possível, o que requer uma adaptação quanto à forma em que foi aplicada nos demais capítulos deste RQMA. Enquanto nos demais capítulos a metodologia foi utilizada para evidenciar forças motrizes e pressões que estariam causando problemas e impactos ambientais negativos, relatando também respostas adotadas para mitigá-los, neste capítulo foi adotado o oposto, ou seja, foram buscadas evidências de forças motrizes e pressões que estão conduzindo o País rumo a uma economia verde (portanto, à sustentabilidade), bem como do estado atual dos impactos resultantes e das respostas adotadas, no sentido de maximizar seus efeitos positivos e reduzir eventuais efeitos negativos das atividades econômicas.

A seguir, são apresentados os resultados para cada um dos temas incluídos neste capítulo.



Fonte: Vanderlei Tacchio/Eletrosul

AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

A agropecuária sustentável é definida como o manejo e a conservação da base de recursos naturais e a orientação das mudanças tecnológicas, de forma a assegurar o alcance e a satisfação contínuas das necessidades humanas do presente e das futuras gerações (FAO, 1988, *apud* FAO, 2014). A agropecuária sustentável compreende sistemas integrados de práticas que, ao longo do tempo, garantem a qualidade ambiental e os recursos naturais dos quais sua própria economia depende; promovem o uso mais eficiente dos recursos, integrando, onde for apropriado, os ciclos e os controles biológicos naturais; sustentam a viabilidade econômica dos processos agrícolas; e melhoram a qualidade de vida dos produtores e da sociedade (EMBRAPA, 2018). Para isso, o desenvolvimento agropecuário em bases sustentáveis deve garantir a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos dos quais depende, como polinização de culturas, manutenção do solo e da água e controle de pragas. Além disso, a regulação climática – um serviço fornecido por ecossistemas conservados em larga escala – exerce papel essencial na capacidade produtiva do setor.

As iniciativas que se alinham ao conceito da agropecuária sustentável visam aliviar as pressões sobre os ecossistemas naturais, alterando seus estados de forma positiva e reduzindo os impactos da atividade agropecuária, apresentados nos capítulos anteriores deste relatório. De fato, diversas pressões contemporâneas atuam para que uma agricultura mais sustentável seja colocada em prática, entre as quais:

- Necessidade de aumentar a produtividade agropecuária, sem a abertura de novas áreas, reduzindo impactos ambientais negativos e mantendo serviços ecossistêmicos em longo prazo;
- Necessidade de proteger os recursos naturais e os benefícios fornecidos por estes demandam restauração ecológica dentro e fora de propriedades rurais;
- Garantia da segurança alimentar, paralelamente à redução de perdas/desperdícios ao longo de toda a cadeia produtiva, demandam cadeias produtivas e logística otimizadas, além de investimento em PD&I;
- Pressão dos mercados consumidores, que demandam processos produtivos enxutos, limpos e de tecnologia verde.

O conjunto destacado acima determina a execução de diversas ações sobre a forma de produzir, de gerenciar o espaço rural e de garantir a restauração e a conservação de recursos naturais, ecossistemas e biodiversidade nativos. Atualmente, duas ações se destacam na promoção da agropecuária sustentável e são avaliadas a seguir.

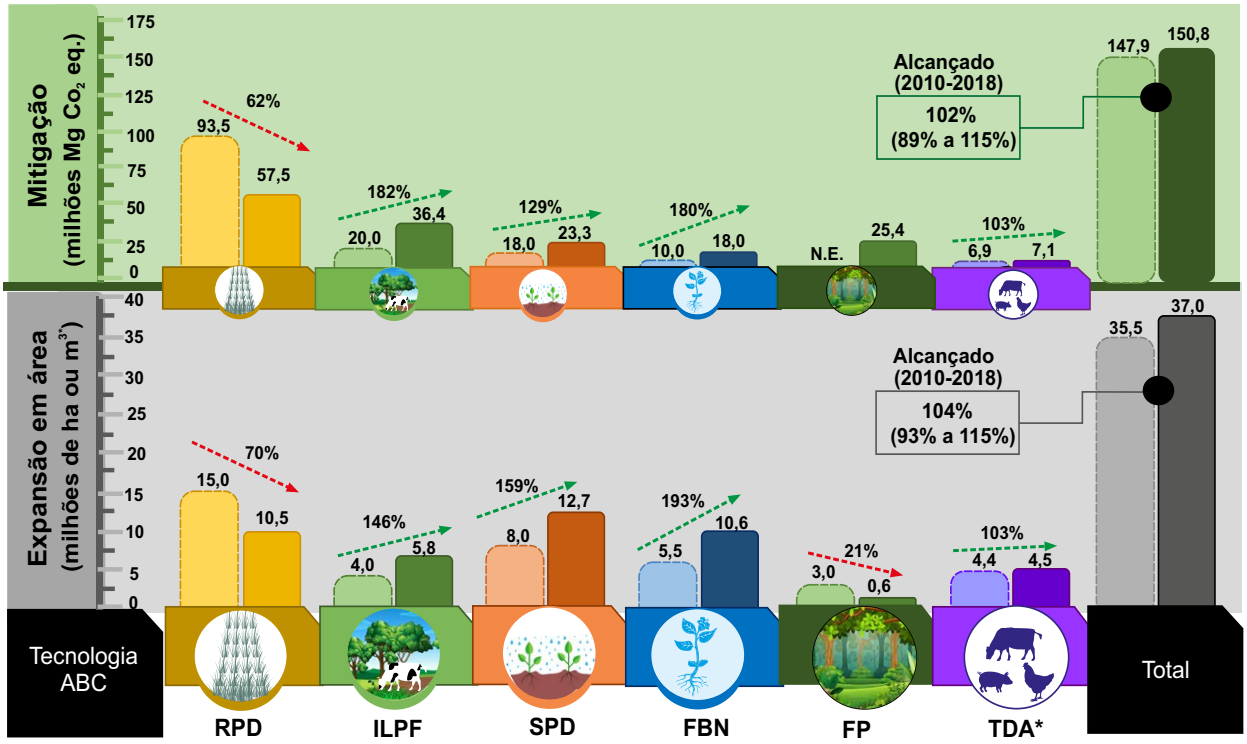
Tecnologia poupa-terra e de baixa emissão de carbono

O Brasil conta com uma série de sistemas e tecnologias sustentáveis, que podem ser considerados estratégias poupa-terra em franca adoção. A "tecnologia poupa-terra" é a que permite incrementos sustentáveis na produção total em uma mesma área e que, graças ao seu uso, evita a abertura de novas áreas para a produção agropecuária (TELHADO; CAPDEVILLE, 2021). O Plano ABC – Agricultura de Baixa Emissão de Carbono[4] é um exemplo de política poupa-terra. Esse Plano, que integra a Política Nacional sobre Mudança do Clima

4 Mais informações sobre o Plano ABC podem ser obtidas no capítulo "Terra".

(PNMC), tem sido essencial para a expansão da produção agrícola, por meio de práticas sustentáveis (ASSUNÇÃO; SOUZA, 2018), pelo fomento às tecnologias de baixa emissão de carbono, como: recuperação de pastagens degradadas; integração lavoura-pecuária-floresta; sistema de plantio direto; fixação biológica de nitrogênio; florestas plantadas e tratamento de dejetos animais. A Figura 1 ilustra as metas do Plano ABC, além de suas realizações no período entre 2010 e 2018. Como pode ser observado, houve expansão da produção agrícola, por meio de práticas sustentáveis de cerca de 40 milhões de hectares (ha), evitando a emissão de mais de 167 milhões de toneladas de gás carbônico equivalente (CO_{2eq}).

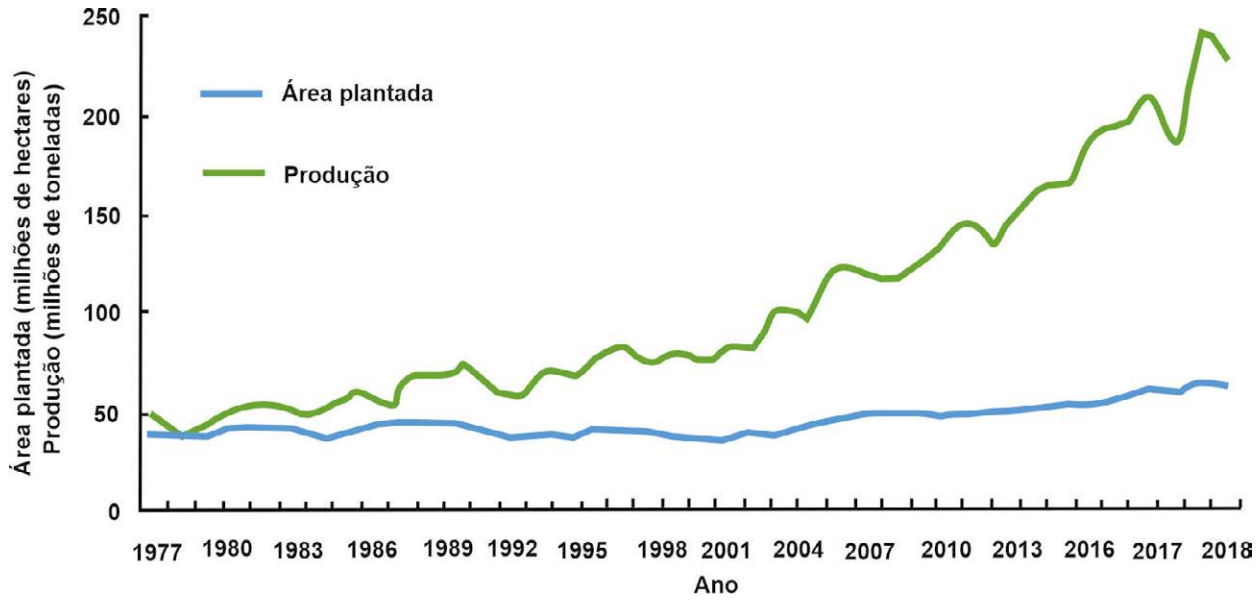
Figura 1 – Metas voluntárias, estimativas de expansão da adoção (milhões de ha) e mitigação de emissões de Gases de Efeito Estufa (milhões Mg CO_{2eq}) decorrentes do fomento às tecnologias de baixa emissão de carbono no Plano ABC.



OBS.: RPD= Recuperação de Pastagens Degradadas; ILPF= Integração Lavoura-Pecuária-Floresta; SPD= Sistema Plantio Direto; FBN= Fixação Biológica de Nitrogênio; FP= Florestas Plantadas; TDA*= Tratamento de Dejetos Animais (*em milhões de m³). Barras com bordas pontilhadas são metas estabelecidas e barras com linhas contínuas são os resultados alcançados no período 2010-2018. As porcentagens sobre as barras indicam a proporção dos resultados alcançados em relação às metas estabelecidas.
Fonte: Manzatto *et al.*, 2020.

Nos últimos anos, a tendência da agropecuária brasileira tem sido de crescimento sistemático da produção, com ganhos constantes de produtividade (Figura 2). Entre 1977 e 2017, a produção de grãos, que era de 47 milhões de toneladas, cresceu mais de cinco vezes, atingindo 237 milhões de toneladas, quanto à área plantada, aumentou apenas 60% (EMBRAPA, 2018).

Figura 2 – Área e produção de grãos no Brasil, no período de 1977 a 2018.



Fonte: Conab, 2018; Adaptado de Embrapa, 2018.

Boas práticas de pecuária implantadas de forma piloto, no campo, incluem renovação e rotação de pastos e melhoria nutricional e genética, que permitem aumentar as taxas de lotação (até 4 unidades animal/ha) e reduzir o prazo de engorda, mas demandam investimento, conhecimento e adaptabilidade da cadeia produtiva (VALLE, 2011; ERMGASSEN *et al.*, 2018)

Além da implementação de sistemas de produção mais sustentáveis, a Moratória da Soja[5], em seus quase 15 anos de existência, tem sido bastante eficaz em reduzir o desmatamento direto para cultivo da soja na Amazônia (ABIOVE; AGROSATÉLITE, 2019; HEILMAYR *et al.*, 2020).

Regularização ambiental

Uma série de iniciativas relacionadas à prática da 'agropecuária sustentável' trata também da otimização do uso da terra na propriedade rural, em nível estadual, regional e nacional. Além de orientar e definir áreas para a produção agropecuária, também preveem a reabilitação ou restauração de ecossistemas nativos. Por exemplo, a Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012 (Lei de Proteção da Vegetação Nativa – LPVN, também conhecida como Novo Código Florestal Brasileiro), reforça a importância da conservação de ecossistemas terrestres e abre caminho para viabilizar a recuperação em larga escala. Essa lei estabelece a obrigatoriedade do Cadastro Ambiental Rural (CAR), que condiciona a ocupação do solo de propriedades rurais, permitindo a manutenção e o monitoramento de remanescentes de vegetação nativa e mapeamento, quanto ao uso da terra, e o Programa de Regularização Ambiental (PRA), que direciona o plano de conservação de ecossistemas na propriedade. Segundo dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (Sicar), elaborado e mantido pelo Serviço Florestal Brasileiro, ao final de 2020 haviam sido cadastrados aproximadamente 7 milhões de imóveis rurais no Brasil[6].

5 Pacto ambiental firmado entre as entidades representativas da agroindústria de soja no Brasil, ONG e Governo, prevendo a adoção de medidas contra o desmatamento da Amazônia (ABIOVE; AGROSATÉLITE, 2019).

6 Mais informações sobre o CAR podem ser obtidas nos capítulos "Terra" e "Florestas".

As iniciativas analisadas neste relatório apresentam impactos diversos sobre as condições ambientais, a produção, a produtividade e a renda dos produtores rurais. Os dados mais consistentes são os avanços nas áreas de restauração florestal, estimativas de áreas poupadas de desmatamento e estimativas de sequestro de carbono.

O Observatório da Restauração e do Reflorestamento[7] mapeou, recentemente, 79 mil hectares em restauração, 11 milhões de hectares em regeneração natural e 9,4 milhões de hectares de reflorestamento (COALIZÃO BRASIL CLIMA, FLORESTAS E AGRICULTURA, 2021). O Atlas da Mata Atlântica, desenvolvido pela Fundação SOS Mata Atlântica e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), encontrou 220 mil hectares de ganhos florestais entre 1985-2015 e o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica estima que entre 673.510 e 740.555 hectares de florestas foram restaurados no bioma entre 2011 e 2015 (CROUZEILLES; SANTIAMI *et al.*, 2019), usando diferentes métodos de restauração. No bioma Amazônia foram registradas 2.773 iniciativas de restauração de paisagens florestais, somando 113,5 mil hectares (ALIANÇA PELA RESTAURAÇÃO NA AMAZÔNIA, 2020). Não há estimativa disponível de áreas de recuperação para ecossistemas não florestais no Brasil (JOLY *et al.*, 2019).

Simulações do Plano ABC demonstram efeitos da implementação de apenas duas metas do programa, recuperação de pastagens e integração lavoura-pecuária-floresta, que possibilitaram o aumento de 5% do rebanho bovino, sem necessidade de abertura de novas áreas, aumento da oferta de grãos e expansão da área florestal e de vegetação natural (OBSERVATÓRIO ABC, 2017), o que representa ganhos ambientais e econômicos (MMA, 2019a).

Marcos legais, planos e políticas públicas

Uma série de políticas públicas estão sendo adotadas no País, direcionando tanto a preservação/conservação dos recursos naturais, em propriedades rurais, quanto a produção sustentável de alimentos e de bioenergia. Em destaque, a citada Lei de Proteção da Vegetação Nativa, que regulamenta o uso e a proteção de terras públicas e privadas no Brasil, que exige que os proprietários rurais mantenham uma porcentagem da área de sua propriedade sob cobertura florestal, na forma de Reserva Legal (RL)[8], com o objetivo de conservar remanescentes de vegetação nativa em terras rurais e conservar a biodiversidade. Além disso, a lei define Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Uso Restrito (AUR), que impõem limites sobre a cobertura do solo em áreas ribeirinhas (ripárias) de alta declividade, topos de morro, entre outras, e que devem ser preservadas como forma de proteger o solo e a água.

A Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg) (Decreto Federal n.º 8.972/2017), por intermédio do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg), propõe uma estratégia de ação integrada que visa ampliar e fortalecer políticas públicas, incentivos financeiros, mercados, boas práticas agropecuárias e outras medidas necessárias para a recuperação da vegetação nativa de 12 milhões de hectares, até 2030, principalmente em áreas de preservação permanente e reserva legal, mas também em áreas degradadas com baixa produtividade. Um avanço importante em termos de mecanismos financeiros inovadores, para incentivar a recuperação da vegetação nativa, ocorreu por meio de ajuste realizado

7 O Observatório da Restauração e do Reflorestamento é uma plataforma desenvolvida pela Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura (http://www.coalizaobr.com.br/home/), que reúne dados de restauração, reflorestamento e regeneração natural no Brasil: https://observatoriodarestauracao.org.br/app/dashboard.

8 Segundo a Lei n.º 12.651/2012, devem ser observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel: I - localizado na Amazônia Legal: a) 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas; b) 35% (trinta e cinco por cento), no imóvel situado em área de Cerrado; c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campos gerais; II - localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento).

no Plano Safra 2018/2019, que possibilitou o financiamento para aquisição de insumos para a recuperação de APP e RL na modalidade custeio (MMA, 2018a).

Recentemente, foi instituída a Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais (PNPSA) (Lei n.º 14.119, de 13 de janeiro de 2021), com o objetivo de estimular a manutenção, recuperação ou melhoria dos ecossistemas, em todo o território nacional. A política também busca a preservação do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado, a regulação do clima e a redução do desmatamento e da degradação florestal, entre outros. O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) está previsto também na Lei n.º 12.651/2012 (LPVN, artigos 41 e 58), estabelecendo um programa de apoio e incentivo à conservação do meio ambiente.

Um importante marco legal faz referência à PNMC, instituída pela Lei n.º 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que apresenta compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. O Brasil assumiu o compromisso de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9%, em comparação com as emissões projetadas até 2020, conforme consta no art. 12 da Lei n.º 12.187/2009. Para auxiliar no alcance das metas de redução, foram estabelecidos planos setoriais de mitigação e adaptação, entre os quais destacam-se o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM) e o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado)[9].

A prioridade de ações para a recuperação da vegetação nativa também foi destacada pelo Brasil em sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC)[10], na Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (COP-21, em Paris), com indicação de recuperar 12 milhões de hectares de florestas até 2030. O País se comprometeu a reduzir as emissões em 37% até 2025 e 43% até 2030, tendo como referência os níveis registrados em 2005. Adicionalmente, assumiu a meta de recuperar mais 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e adotar sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) em 4 milhões de hectares, até 2030. O Brasil também se comprometeu em aumentar a participação da bioenergia sustentável, na matriz energética brasileira, para 18%, aumentando a participação dos biocombustíveis na matriz de transporte.

No âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, do inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change*), foi criado um mecanismo para compensar financeiramente os países pela redução de emissão de gases de efeito estufa provenientes do desmatamento e da degradação florestal, considerando o papel do manejo sustentável de florestas, da conservação e do aumento de estoque de carbono florestal (REDD+, do inglês *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*, isto é, Redução de Emissões Decorrentes do Desmatamento e da Degradação de Florestas)[11].

O Brasil tem sido um grande protagonista do instrumento REDD+ devido à significativa redução do desmatamento na Amazônia, no período de 2004 a 2018. No total, foram recebidos mais de R$ 3,4 bilhões de pagamento por resultados decorrentes dessa redução, por meio do Fundo Amazônia e de iniciativas dos governos dos estados do Acre e do Mato Grosso, por meio do Programa *Global REDD Early Movers* (REM) (REDD para pioneiros, pela sigla em inglês).

---

9 Mais informações sobre a PNMC e as ações adotadas pelo Brasil, a fim de mitigar as emissões de gases de efeito estufa, podem ser obtidas no capítulo "Atmosfera".

10 A NDC brasileira está disponível no *site*: www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Party.aspx?party=BRA.

11 No Brasil, o REDD+ é coordenado pelo MMA. Mais informações podem ser obtidas no site: http://redd.mma.gov.br/pt/.



Integração lavoura-pecuária
Fonte: Gabriel Rezende/Embrapa Agrossilvipastoril

No âmbito do Fundo Verde do Clima (*Green Climate Fund* – GCF), o Brasil foi o primeiro país a ter sua proposta aprovada no Programa-Piloto de Pagamentos por Resultados de REDD+ do GCF, lançado em outubro de 2017. Essa aprovação foi um resultado histórico, que demonstra o reconhecimento ao esforço do País na implementação de políticas públicas florestais relacionadas à REDD+ nas últimas décadas (MMA, 2019b).

A proposta brasileira divide o uso dos recursos em dois principais componentes, ou *outputs*: i) Desenvolvimento de um Programa-Piloto de Incentivo a Serviços Ambientais para Conservação e Recuperação de Vegetação Nativa (Programa Floresta+); e ii) Fortalecimento da implementação da Estratégia Nacional para REDD+ (ENREDD+), por meio de melhorias em sua governança, estrutura e sistemas (MMA, 2019b).

O Programa Floresta+ (Portaria n.º 288, de 2 julho de 2020) é uma iniciativa para fomentar e consolidar o mercado de serviços ambientais, visando a conservação e a recuperação da vegetação nativa. O Projeto Floresta+ Amazônia possui recursos do GCF no valor de US$ 96 milhões, para pagamentos diretos a agricultores familiares, na Amazônia Legal, que possuam excedente de vegetação nativa em relação ao estabelecido em lei ou estejam em processo de recuperação de APP.

Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)

O PSA é um instrumento econômico que busca recompensar todo aquele que, em virtude de suas práticas de conservação, proteção, manejo e recuperação de ecossistemas, mantém ou incrementa o fornecimento de um ou mais serviços ecossistêmicos (FGB *et al.*, 2017).

Essas ações possuem importante papel para a polinização e a formação do solo, que contribuem para maior rentabilidade de culturas agrícolas. Por exemplo, 76% das plantas utilizadas para a produção de alimentos no Brasil são dependentes do serviço ecossistêmico de polinização. Em 2018, o valor econômico desse serviço para a produção de alimentos no Brasil foi estimado em R$ 43 bilhões, sendo que aproximadamente 80% dessa quantia está associada a cultivos de soja, café, laranja e maçã (JOLY *et al.*, 2019).

Ações de restauração florestal podem contribuir também para melhorar a qualidade da água, minorar crises hídricas e, ao mesmo tempo, promover eficiência econômica, em consonância com o conceito de Infraestrutura Verde. Um estudo do *World Resources Institute* (WRI, na sigla em inglês) aponta que a restauração de 4 mil hectares de florestas em áreas prioritárias na bacia do Cantareira, em São Paulo, poderia reduzir em até 36% o aporte de sedimentos em reservatórios. Isso representa redução de custos com tratamento de água e dragagem, resultando em um benefício líquido de R$ 219 milhões (ou US$ 69 milhões à época em que o estudo foi desenvolvido), em um período de 30 anos (OZMENT *et al.*, 2018).

Infraestrutura Verde: breve conceito

Há uma série de definições para o conceito de Infraestrutura Verde (IV). A Diretoria-Geral de Meio Ambiente da Comissão Europeia (DGE-EC), por exemplo, adotando a definição proposta por Naumann *et al.* (2011, p. 142), considera a IV como "a rede de áreas naturais e seminaturais, características e espaços verdes nas áreas rurais e urbanas, terrestres, de água doce, costeiras e marinhas, que, juntos, melhoram a saúde e a resiliência do ecossistema, contribuem para a conservação da biodiversidade e beneficiam as populações humanas por meio da manutenção e do aprimoramento dos serviços ecossistêmicos". A IV pode ser reforçada por meio de iniciativas estratégicas e coordenadas, que se concentram na manutenção, restauração, melhoria e conexão das áreas e características existentes, bem como na criação de novas áreas e características.

Infraestruturas cinzas, por sua vez, são infraestruturas artificiais. Sua denominação decorre do cimento e demais materiais preponderantes utilizados na constituição das massas de concreto, asfalto, entre outras, por serem, em sua grande maioria, de coloração predominantemente cinza, podendo também ser constituídas por diversos materiais (metais, plásticos, entre outros) e colorações.

Uma das principais características das IV é a sua multifuncionalidade, ou seja, sua capacidade de executar diversas funções e proporcionar diversos benefícios, na mesma área espacial. Essas funções podem ser ambientais, como conservar a biodiversidade ou adaptar-se às mudanças climáticas; sociais, como a drenagem de água ou espaço verde; e econômicas, como o fornecimento de empregos e a elevação dos preços dos imóveis (NAUMANN *et al.*, 2011). No entendimento de Brandão e Crespo (2016, p. 59), a Infraestrutura Verde busca imitar a natureza "através de uma engenharia suave, trabalhando com a paisagem e se aproveitando dela para dar soluções multifuncionais e sustentáveis de longo prazo", diferentemente das infraestruturas convencionais (ou cinzas), que são implantadas para amenizar os impactos ocasionados pela urbanização, que modifica completamente a cobertura, a morfologia e a permeabilidade do solo, alterando, dessa forma, processos e fluxos naturais e originais das bacias hidrográficas.

As IV, atuando em sincronia com as diversas iniciativas setoriais e ecossistêmicas, e em conjunto com as infraestruturas cinzas, potencializam a realização de inúmeros benefícios. Destacam-se, principalmente, o conjunto de 'Soluções baseadas na natureza para a gestão da água', proposto por um estudo da Unesco (UNESCO, 2018). Nos argumentos favoráveis à adoção das IV, o documento explica que as "Soluções Baseadas na Natureza (SbN) são inspiradas e apoiadas pela natureza e usam, ou simulam, processos naturais, a fim de contribuir para o aperfeiçoamento da gestão da água" (UNESCO, 2018, p. 2). Dessa forma, por vezes, Infraestruturas Verdes são denominadas também como 'infraestruturas naturais'.

São inúmeros os benefícios apresentados pelas IV, seja trabalhando de forma conjunta com as infraestruturas cinzas ou até mesmo de forma isolada. Conforme destaca Unesco (2018, p. 4),

> "a infraestrutura verde (voltada para os recursos hídricos) usa sistemas naturais ou seminaturais, como as SbN, para oferecer opções de gestão da água, com benefícios que são equivalentes

> ou similares à tradicional infraestrutura hídrica cinza (construída/física). Em algumas situações, as abordagens baseadas na natureza podem oferecer a principal ou a única solução viável (por exemplo, a recuperação de paisagens para combater a degradação do solo e a desertificação)".
>
> Nesse contexto, a infraestrutura urbana verde é usada, por exemplo, para mitigar e reduzir os impactos derivados do escoamento urbano, por meio de diferentes tipologias e escalas de aplicação, como paredes e tetos verdes, bacias de detenção e retenção, jardins de chuva, entre outros, todos com a finalidade de reduzir o escoamento superficial das águas pluviais e melhorar a qualidade da água, reduzindo e mitigando os impactos sobre as águas.

Diversas iniciativas de PSA em escala local, envolvendo a recuperação da vegetação nativa, vêm sendo implementadas, entre elas o Programa Produtor de Água, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Programa Reflorestar, do Governo do Espírito Santo, o Programa Conservador de Águas, dos municípios de Extrema e Igarapé, ambos em Minas Gerais, e, mais recentemente, o Programa Floresta+, do Ministério do Meio Ambiente (MMA). A expansão do interesse em PSA no Brasil tem gerado um crescente número de políticas públicas em âmbito regional e local. Até 2018, foram mapeadas 14 normativas estaduais e 40 normativas municipais relacionadas à PSA, incluindo leis, decretos e outros instrumentos infralegais. Esses programas e iniciativas encontram-se em diferentes estágios de implementação (FGB *et al.*, 2017) e demonstram que os ganhos econômicos, por meio da conservação e da recuperação da vegetação nativa, podem estimular não só a adequação ambiental, mas também consolidar uma fonte de renda alternativa para proprietários rurais, com a valorização do ativo florestal.

O Programa Produtor de Água promove capacitação, facilita parcerias regionais e oferece Pagamento por Serviços Ambientais (PSA hídrico) como forma de remunerar e ou compensar os produtores rurais pelos serviços ambientais promovidos em suas propriedades e estimular a adoção de ações de manejo correto em áreas produtivas e de conservação. Entre as ações apoiadas, destacam-se recuperação da vegetação nativa, criação de bacias de infiltração e conscientização das comunidades locais (MMA, 2019a).

O Programa Reflorestar[12] é uma iniciativa do Governo do Espírito Santo, que visa promover a restauração do ciclo hidrológico, por meio da conservação e recuperação da cobertura florestal, com geração de oportunidades e renda para o produtor rural, estimulando a adoção de práticas de uso sustentável dos solos. O Reflorestar inclui seis modalidades de incentivo: i) conservação da floresta em pé; ii) regeneração natural; iii) recuperação com plantio; iv) sistemas agroflorestais (SAFs); v) sistemas silvipastoris; e vi) floresta manejada. O Reflorestar também conduz um sistema de monitoramento responsável por acompanhar 285 mil hectares de florestas em estágio inicial de regeneração natural e estimula a adoção de práticas que conciliam recuperação florestal com geração de renda, como os sistemas agroflorestais. Os investimentos por propriedade rural são da ordem de R$ 20 mil reais (CROUZEILLES, RODRIGUES *et al.*, 2019).

O município de Extrema/MG criou, em 2005, por meio da Lei Municipal n.º 2.100, o Projeto Conservador das Águas, que se tornou a primeira lei municipal no Brasil a regulamentar o PSA relacionado com a água. Esse projeto

12 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.es.gov.br/programa-reflorestar.

agrega diversas entidades de Governo, iniciativa privada, comitê de bacias hidrográficas, unidades de conservação, ONG, centros e universidades de pesquisas científicas. Em 2015, o Projeto Conservador das Águas foi replicado em três municípios pertencentes à Área de Proteção Ambiental Fernão Dias (MG). Essa experiência motivou o desenvolvimento de um plano mais amplo de recuperação florestal, para toda a região de influência da Serra da Mantiqueira, que abriga nascentes de rios importantes para a produção de energia elétrica nas maiores regiões metropolitanas do Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro. Serão 284 municípios com potencial de recuperação da vegetação nativa de mais de 1,2 milhão de hectares, representando 10% da meta assumida pelo Brasil na COP-21 em Paris (CROUZEILLES, RODRIGUES *et al.*, 2019).

Títulos Verdes ligados à agropecuária

Muitas práticas e tecnologias utilizadas na agricultura brasileira já são verdes, o que amplia oportunidades para investimentos sustentáveis. O desafio tem sido transformar essas oportunidades em investimentos atraentes para investidores, principalmente no âmbito internacional. O financiamento verde pode ajudar a impulsionar o investimento rumo a essas oportunidades (CBI, 2020). Devido ao histórico de pressão internacional para conservar suas florestas, diversos setores no Brasil já adotaram padrões internacionais e programas de certificação em toda a cadeia de suprimentos agrícolas, que promovem a sustentabilidade, e podem ser usados para alavancar as finanças verdes. Nesse cenário, o Brasil tem o potencial de servir como exemplo global de como a crescente demanda por produtos verdes pode impulsionar a produção agrícola sustentável.

O Acordo de Paris[13] tornou urgente a adoção de iniciativas e políticas relacionadas às mudanças climáticas, acelerando a busca por investimentos desse mercado, especialmente os ligados à infraestrutura verde. Em âmbito mundial, o mercado de dívida sustentável alcançou pela primeira vez o volume de US$ 1 trilhão, se somadas as emissões entre 2010 e 2019. Somente em 2019, foram emitidos US$ 319,8 bilhões. Os títulos verdes[14] (*green bonds*) são os ativos mais populares. De 2010 a 2019, foram emitidos US$ 788 bilhões, correspondente a 77% do mercado verde. Desde 2014, América Latina e Caribe lançaram cerca de US$ 18 bilhões em títulos verdes, chegando ao recorde de transações em 2019. Diferentemente de outras regiões do mundo, onde a maior parte desses investimentos é feita por instituições financeiras, no Brasil empresas do setor produtivo são os emissores mais ativos até agora. O País se tornou o segundo maior mercado da região, atrás do Chile, com quase US$ 6 bilhões de debêntures verdes emitidas desde 2016 (GIZ, 2020). Para reforçar esse protagonismo, foi publicado o Decreto n.º 10.387, de 5 de junho de 2020, que cria as debêntures verdes incentivadas e inclui entre os projetos prioritários os que oferecem benefícios ambientais ou sociais relevantes.

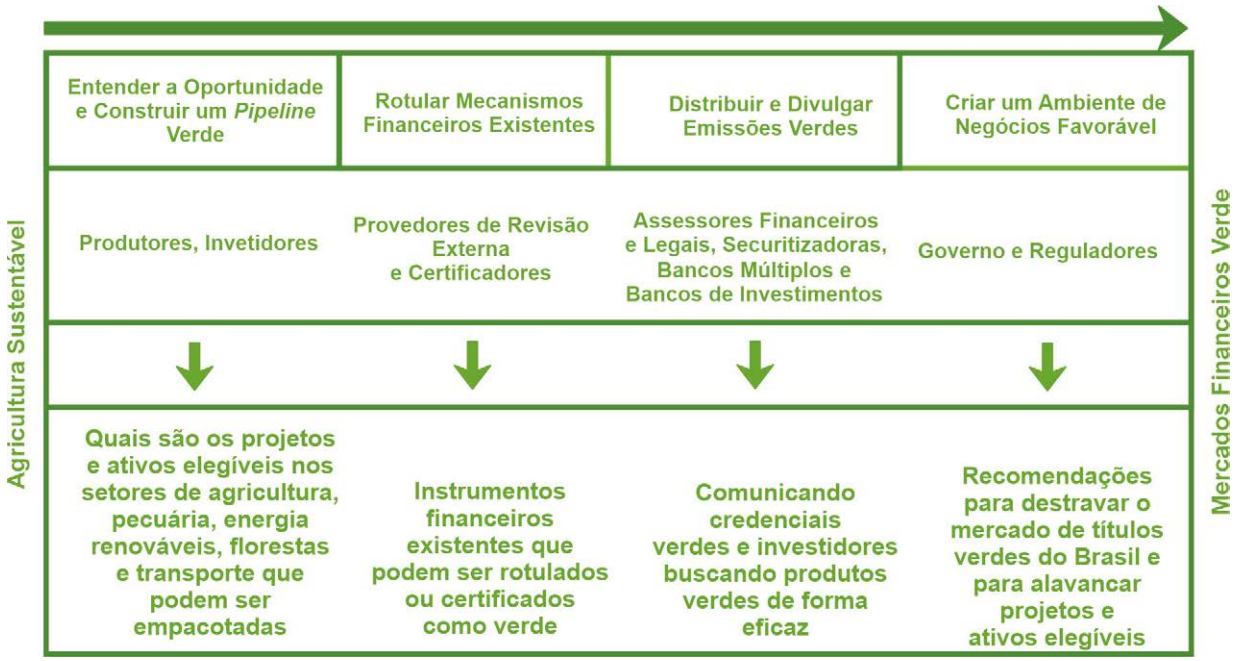
O Plano de Investimento para Agricultura Sustentável (CBI, 2020), elaborado pela *Climate Bonds Initiative* (CBI), em parceria com o Subcomitê de Agricultura do Brasil, fornece amplo entendimento e visibilidade sobre o cenário de oportunidades existentes de investimento verde no agronegócio brasileiro, bem como propõe a criação de um *pipeline* de projetos financiáveis, por meio da emissão de títulos verdes ou outros instrumentos de dívida rotulados (Figura 3). Os setores do agronegócio abordados no Plano de Investimento foram selecionados com base em sua participação na economia brasileira

13 O Acordo de Paris é um tratado global adotado em dezembro de 2015 pelos países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, acrônimo em inglês), durante a 21ª Conferência das Partes (COP21). Esse acordo rege medidas de redução de emissão de dióxido de carbono, a partir de 2020, e tem por objetivos fortalecer a resposta à ameaça da mudança do clima e reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos gerados por essa mudança.

14 Títulos verdes (green bonds) são títulos emitidos para a captação de recursos para investimentos em projetos de sustentabilidade, que visam a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Fonte: https://www.florestal.gov.br/component/content/article?id=1850

e em seu alinhamento à transição para uma economia resiliente e de baixo carbono. Além das oportunidades apresentadas por setor, o Plano de Investimento também explora os instrumentos financeiros mais aderentes para cada segmento do agronegócio e que podem receber um rótulo verde.

Figura 3 – Roteiro de construção do Plano de Investimento para Agricultura Sustentável para desenvolver o mercado de títulos verdes agrícolas do Brasil



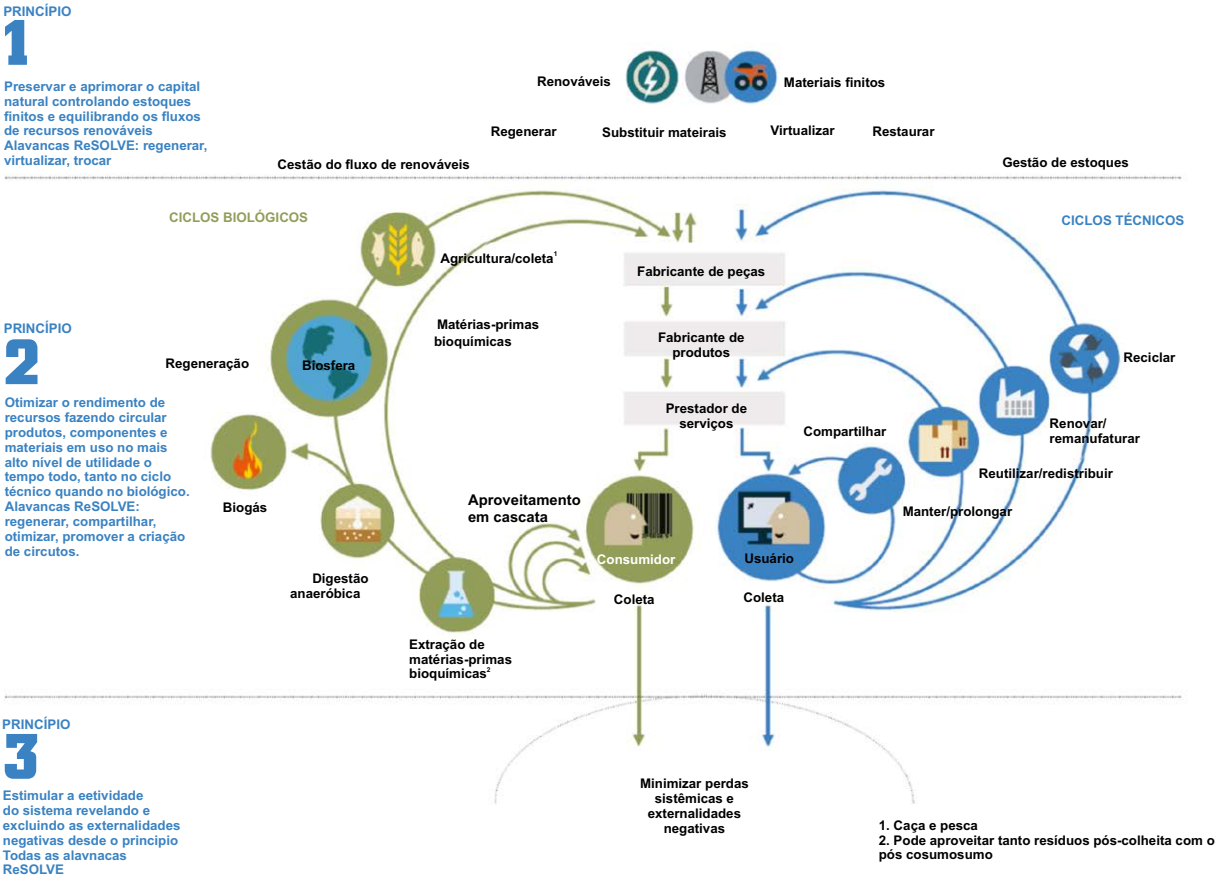
Fonte: Adaptado de CBI, 2020.

ECONOMIA CIRCULAR

O conceito de economia circular tem se transformado criando possibilidades e perspectivas para as atividades econômicas. A expressão economia circular não é nova, surgiu nos anos de 1970 e ganhou corpo nos anos de 1990 como economia de *performance*. Nos últimos anos, com a necessidade de políticas ambientais economicamente sustentáveis, além da questão das mudanças climáticas, estamos experimentando uma economia circular cada vez mais presente nas estratégias públicas e privadas.

A Fundação Ellen MacArthur defende que a economia circular seja uma abordagem para eliminar resíduos e a poluição, de forma a manter os materiais em uso e estimular a regeneração dos sistemas naturais, como demonstrado na Figura 4 (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013; 2017). Outras abordagens consideram a economia circular como um modelo econômico que distingue o crescimento econômico da necessidade de utilização de recursos naturais, ou ainda, um modelo que troca o conceito de produtos, no final da vida útil, por uma abordagem de 4R (redução, reúso, reciclagem e recuperação) para os materiais tanto em nível micro das empresas e dos consumidores, como em nível macro de cidades ou regiões (GARTNER. 2019; KIRCHHERR, REIKE; HEKKERT, 2017).

Figura 4 – Diagrama e definições do sistema de economia circular.



Fonte: Ellen MacArthur Foundation, 2017.

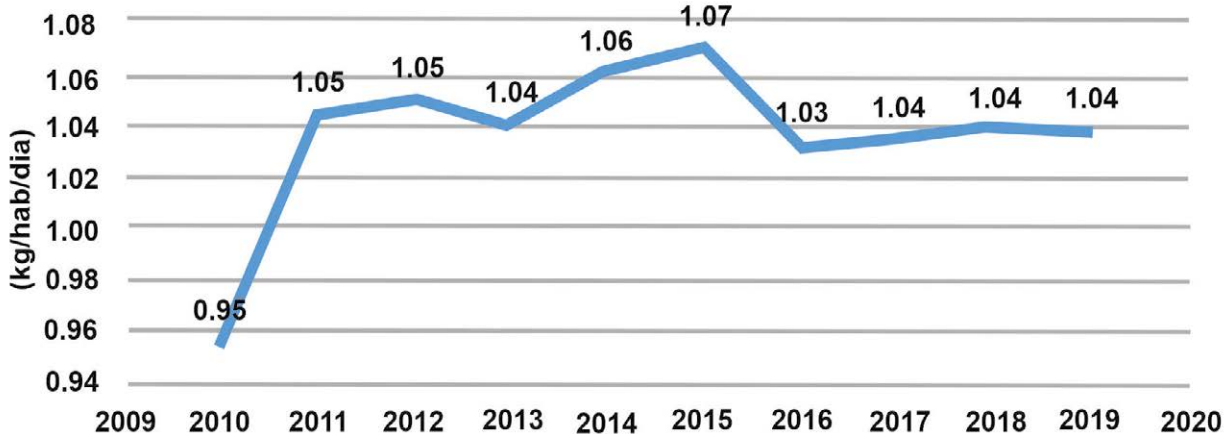
Neste relatório, a abordagem de economia circular adotada prioriza as iniciativas atualmente operacionalizadas pelos diversos entes do sistema econômico nacional, com enfoque na destinação ambientalmente adequada dos resíduos, sobretudo a motivada pela política nacional de resíduos sólidos, publicada em 2010. Também foram incluídas outras iniciativas específicas com alcance mais restrito a algumas regiões. Tais ações são impulsionadas por motivações emergentes na sociedade atual, como a preocupação com o consumo, e com a correspondente geração de resíduos, além da abordagem ESG (do acrônimo em inglês para meio ambiente, sustentabilidade e governança) para a gestão empresarial.

A ideia da economia circular vai muito além da gestão ambientalmente adequada dos resíduos. Reduzi-la somente às questões de resíduos não oferece avanços ao debate, mas é um ponto de partida para exigir a redução de desperdício, processos de reciclagem mais robustos e medidas que rompam com as tradicionais práticas lineares de produzir-usar-descartar.

Outro ponto central da economia circular diz respeito ao padrão de consumo e aos materiais utilizados na fabricação dos produtos. O modelo de crescimento econômico adotado no Brasil, nas últimas décadas, foi caracterizado pelo incentivo ao consumo. Houve aumento nas despesas de consumo das famílias brasileiras e mudança na estrutura de consumo, gerando quantidades crescentes de resíduos que necessitam de sistema de logística reversa específico (VAZ; HOFFMANN, 2021). Como exemplo, tem-se a geração de uma quantidade cada vez maior de resíduos eletroeletrônicos, motivada pela expansão das novas tecnologias de informação e comunicação (TIC) tanto no uso doméstico como em diversos sistemas produtivos.

Em relação aos resíduos sólidos urbanos (Figura 5), a taxa de geração é de, aproximadamente, 1,04 kg/pessoa/dia e tem se mantido estável desde 2016 (ABRELPE, 2020).

Figura 5 – Evolução da taxa de geração per capita de resíduos sólidos urbanos.



Fonte: ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2020.

Além da pressão devido ao aumento na geração de tipos distintos de resíduos, a emergência de novos padrões de governança para as empresas tem demandado a adoção de modelos de responsabilidade, com otimização dos recursos naturais na produção e na redução da geração de resíduos. O padrão de governança ESG, aos poucos, vai assumindo o protagonismo na gestão empresarial e, com ele, a economia circular passa a ser a referência básica de gestão (MARANESI; DE GIOVANNI, 2020).

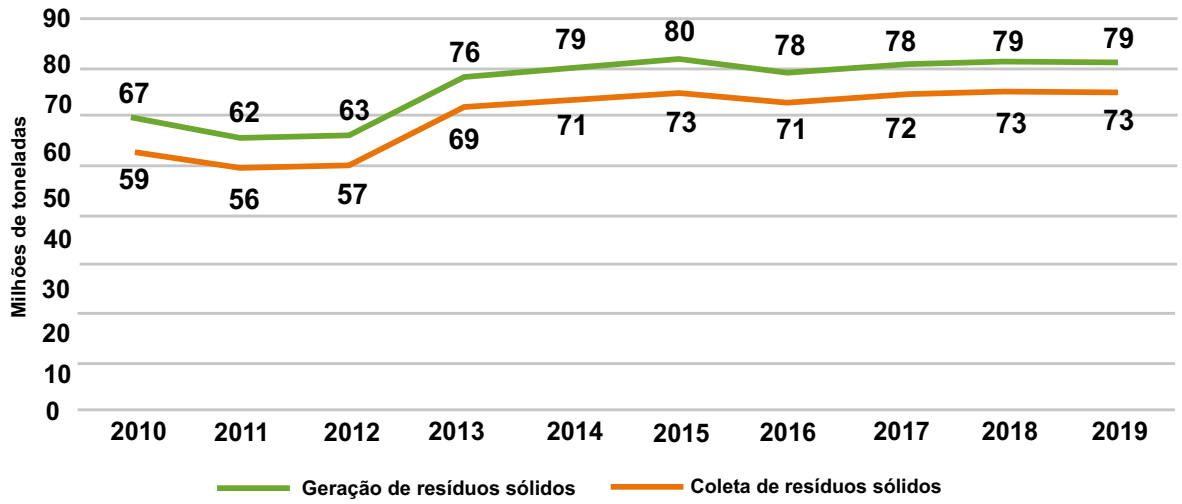
O setor agrícola, o setor de construção civil e o mercado brasileiro de eletroeletrônicos foram considerados como tendo alto potencial para alavancar a transição para um modelo circular no Brasil (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). No caso da agricultura, algumas iniciativas circulares já se encontram descritas neste capítulo, como o desenvolvimento da bioeconomia e de bioprodutos. Historicamente, a maior experiência de uso da biomassa no Brasil diz respeito à produção de biocombustíveis, mais especificamente do etanol e do biodiesel. Outra oportunidade para a expansão do uso da biomassa no País diz respeito à produção de bioenergia.

O setor de construção civil é um dos setores que busca a implementação do ESG e um dos grandes geradores de resíduos em suas operações. O setor estima que sejam gerados 0,65 kg/habitante/dia de resíduos. Ou seja, gera-se, aproximadamente, 290 toneladas de entulho diariamente. Desse total, somente 21% são reciclados.

Em relação aos resíduos eletrônicos, essa é a categoria de resíduos domésticos que mais cresce no mundo. Um recorde de 53,6 milhões de toneladas foi gerado em todo o mundo em 2019 (FORTI *et al.*, 2020). O Brasil é um grande consumidor e gerador de resíduos eletrônicos, ocupando o 6º lugar no mercado mundial de celulares e a 10ª posição no mercado mundial de computadores pessoais (CNI, 2017).

Em termos de resíduos sólidos urbanos (RSU), estima-se que nos últimos 10 anos a geração cresceu 20%, ou seja, aumento superior à taxa de crescimento populacional urbano (Figura 6).

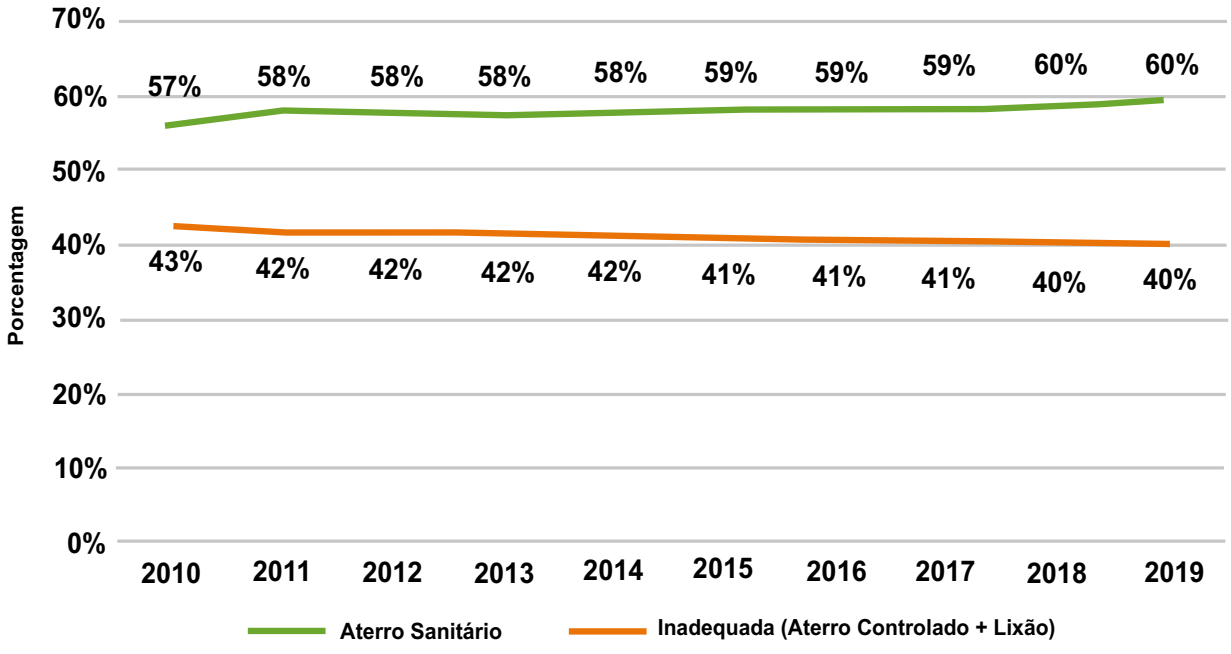
Figura 6 – Evolução da geração e coleta de resíduos sólidos no Brasil.



Fonte: ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2020.

Apesar do crescimento na geração ter sido acompanhado pelo aumento na coleta, a taxa de recuperação dos resíduos sólidos é baixa, com cerca de 40% dos resíduos coletados sendo destinados de forma inadequada em lixões e aterros controlados (Figura 7).

Figura 7 – Evolução da destinação final de resíduos sólidos urbanos.



Fonte: ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2020.

A baixa taxa de recuperação dos RSU se deve, entre outros fatores, a um sistema de coleta seletiva ineficiente que ainda não abrange todos os municípios do País (Tabela 1). Grande parte do RSU coletado é composto por materiais recicláveis, principalmente plástico, que poderiam ser reutilizados no processo produtivo, reduzindo a pressão sobre a extração de novas matérias-primas e minimizando a poluição ambiental. Essa ineficiência limita fortemente o reaproveitamento econômico dos resíduos e, por consequência, afeta a expansão da economia circular.

Tabela 1 – Abrangência da coleta seletiva por região.

Região	2010	2019
Norte	44%	64%
Nordeste	34%	55%
Centro-Oeste	26%	49%
Sudeste	79%	90%
Sul	76%	91%
Brasil	**57%**	**73%**

Fonte: ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2020.

O Brasil possui o grande desafio de inclusão social e econômica dos catadores de materiais recicláveis no processo produtivo. O Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) estima que existam no Brasil cerca de 800 mil catadores envolvidos em diferentes elos da cadeia de reciclagem. Porém, outros estudos apontam para um número de, aproximadamente, 400 mil (DAGNINO; JOHANSEN, 2017). A PNRS define um papel central e prioritário para os catadores no desenvolvimento de políticas públicas e organização do setor de reciclagem. Além disso, reconhece o resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda, e como promotor de cidadania. O Decreto n.º 7.404, de 2010, prevê a possibilidade de inclusão de cooperativas ou associações de catadores de materiais recicláveis no gerenciamento de resíduos, mas determina que tal inclusão seja feita somente se essas instituições tiverem capacidade técnica e operacional, além de demonstrarem viabilidade econômica e condições de segurança operacional para o empreendimento.

Os primeiros passos em direção a uma economia circular no Brasil foram dados a partir da instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto n.º 7.404, de 23 de dezembro de 2010. A PNRS estabelece as diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, incorporando alguns princípios que dão sustentação para a transição para uma modelo circular. Entre eles, destaca-se o princípio da Responsabilidade Compartilhada, definido como um conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

Apesar de ainda não existir no País uma estratégia para a transição para uma economia circular, algumas iniciativas com potencial de ganhos econômicos, sociais e ambientais já estão sendo implementadas com a parceria do setor privado. Na Indústria, segundo pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), em 2019, 76,5% das indústrias já adotam algum tipo de iniciativa circular na produção, sendo as mais comuns a otimização de processos produtivos, o uso de insumos circulares e a recuperação de recursos (CNI, 2020).

O desenvolvimento de uma logística reversa que mantenha o equilíbrio entre a qualidade e o custo do produto é um dos princípios da economia circular, que já está sendo implementado no País de forma incipiente. Atualmente, encontram-se em implementação no Brasil, por meio de acordos setoriais, onze sistemas de logística reversa. A cadeia de economia circular é operacionalizada

pela logística reversa, podendo ser dividida em dois grupos: i) produtos com logística reversa obrigatória; e ii) produtos que não têm ainda estabelecida uma logística reversa obrigatória (grande maioria).

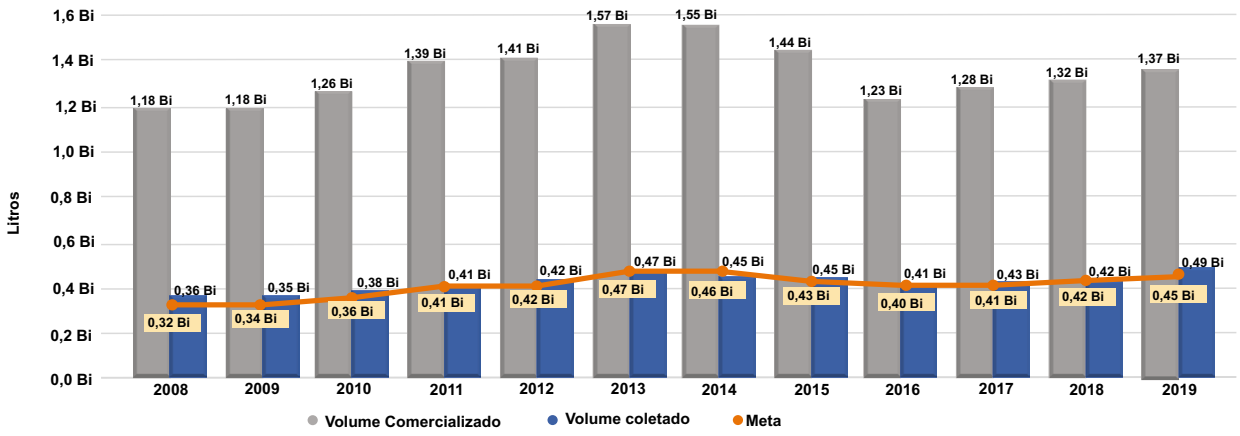
No grupo dos produtos com logística reversa obrigatória, encontram-se resíduos classificados como perigosos ou com alto poder de contaminação pelo volume gerado, que são:

- Embalagens de defensivos agrícolas;
- Embalagens de óleos lubrificantes;
- Embalagens de aço;
- Embalagens em geral;
- Lâmpadas fluorescentes (vapor de sódio e mercúrio e luz mista);
- Medicamentos;
- Pilhas e baterias;
- Pneus;
- Produtos eletroeletrônicos e seus componentes;
- Baterias de chumbo-ácido.

Algumas das cadeias de logística reversa obrigatórias são anteriores à publicação da PNRS, como os óleos lubrificantes, pneus e embalagens de agrotóxicos. Para essas cadeias, é possível avaliar a evolução da destinação ambientalmente adequada, como demonstrado nas Figuras 8, 9 e 10.

Óleos lubrificantes usados ou contaminados (Oluc): produtores e importadores de óleos lubrificantes devem coletar, ou garantir a coleta, e dar destinação final a óleos lubrificantes usados ou contaminados, respeitando as metas definidas pelo MMA e o Ministério de Minas e Energia (MME).

Figura 8 – Destinação ambientalmente adequada dos óleos lubrificantes usados ou contaminados (Oluc).

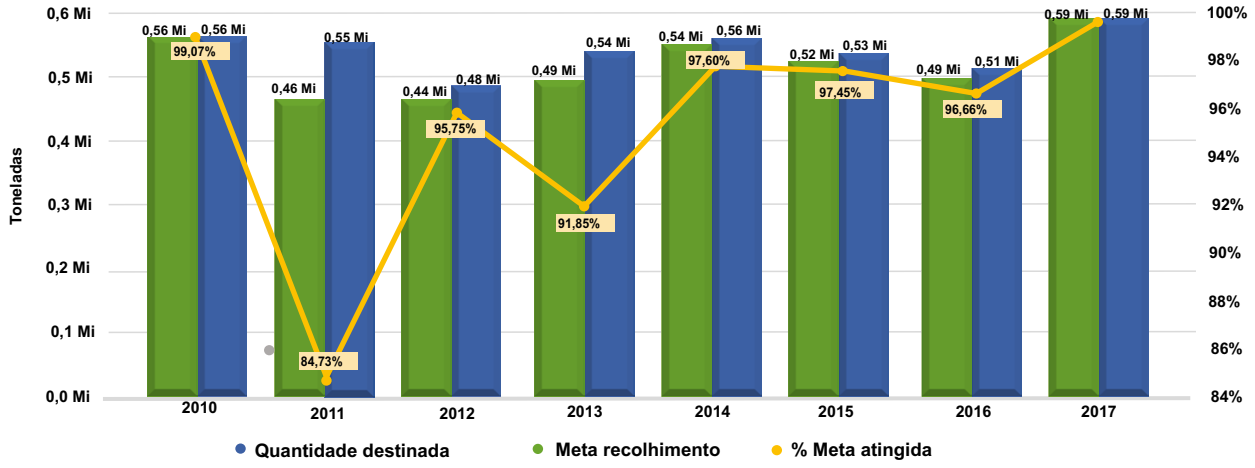


Fonte: MMA, 2021a.

Pneus inservíveis: as empresas fabricantes ou importadoras devem dar destinação adequada a um pneu inservível para cada pneu novo comercializado, para o mercado de reposição. Os fabricantes e importadores de pneus novos devem declarar ao Ibama a destinação adequada dos pneus inservíveis.

Embalagens de agrotóxicos: os usuários de agrotóxicos (ABRELPE, 2020) e afins devolvem as embalagens vazias, e respectivas tampas, aos estabelecimentos comerciais onde o produto foi adquirido. Os estabelecimentos comerciais recebem e armazenam as embalagens vazias para serem recolhidas pelas empresas titulares do registro, produtoras e comercializadoras, que são as responsáveis pela destinação final das embalagens.

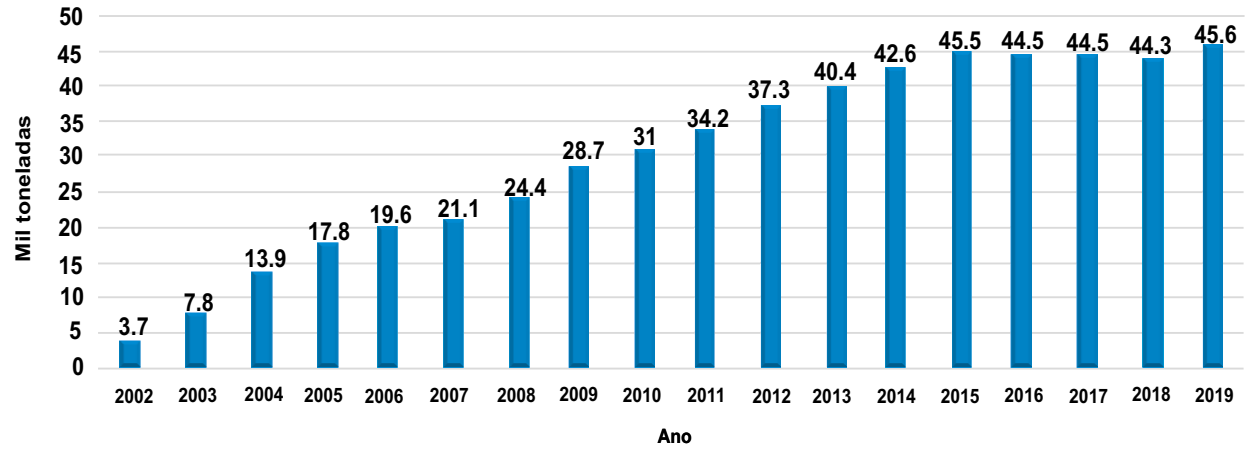
Figura 9 – Destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis.



Fonte: MMA, 2021b.

No caso de pilhas e baterias, apesar da logística reversa ter se iniciado em 2008, houve necessidade de ajustes em 2012, para a adequação ao novo ordenamento da PNRS. Os dados mostram que até 2020, aproximadamente 1.800 toneladas de pilhas haviam sido coletadas em, aproximadamente, 4.500 pontos de coleta em todo o Brasil (MMA, 2020).

Figura 10 – Quantidade de embalagens de agrotóxicos destinadas pelo Sistema Campo Limpo[15].

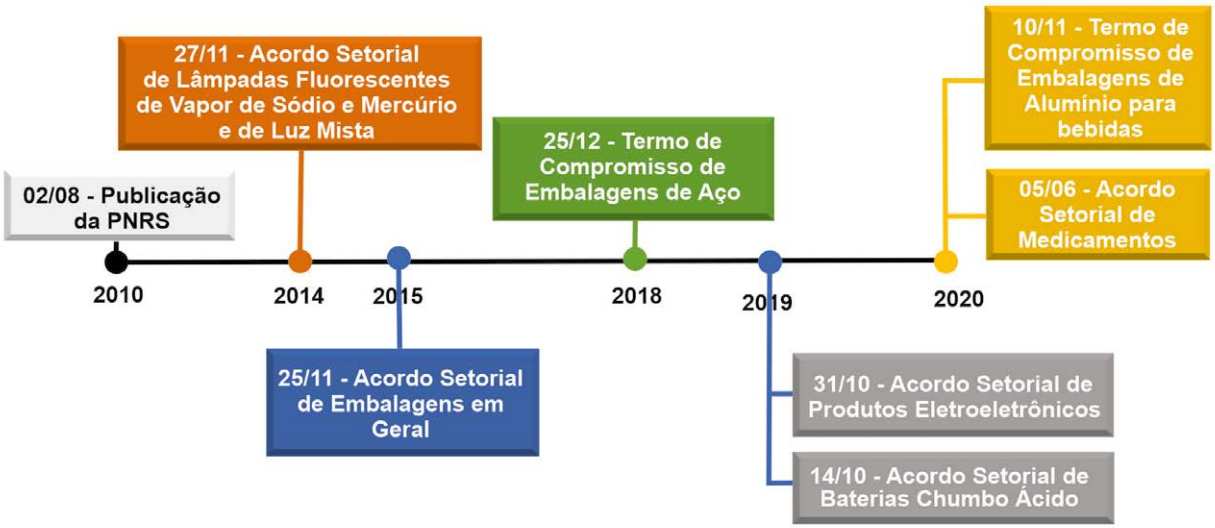


Fonte: inpEV, 2021.

A Figura 11 mostra as demais categorias de produtos que tiveram acordos setoriais assinados após a publicação da PNRS. Mais informações sobre a implementação dos acordos setoriais e logística reversa podem ser obtidas acessando os dados do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir).

15 Sistema Campo Limpo é o nome do programa brasileiro de logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas. Abrange todas as regiões do País e tem como base o conceito de responsabilidade compartilhada: agricultores, indústria fabricante, canais de distribuição e Poder Público têm papéis e responsabilidades específicas no fluxo de funcionamento do programa, definidas por lei. **Fonte**: https://www.inpev.org.br/sistema-campo-limpo/sobre-sistema/.

Figura 11 – Implementação dos Sistemas de Logística Reversa.



Fonte: MMA, 2020.

Os resíduos objeto de acordos setoriais são considerados perigosos ou com alto impacto negativo pela sua destinação inadequada (quer pela periculosidade dos materiais ou pela quantidade gerada). Além desses resíduos, outras iniciativas avançam para melhorar o quadro da reciclagem no Brasil, como o caso dos resíduos da construção civil. A gestão desses resíduos, especialmente os gerados em pequenas obras, está no bojo das atividades dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos. Estima-se que no Brasil sejam gerados aproximadamente 300 kg/m² de obra (MONTEIRO *et al.*, 2001). Em 2019, foram coletados 44,5 milhões de toneladas, perfazendo uma quantidade per capita de 213,5 kg/habitante/ano (ABRELPE, 2020). Esse montante não contempla a geração de resíduos em obras privadas de grande porte (responsáveis diretamente pela sua disposição), o que leva a uma estimativa de geração de 510 kg/habitante/ano (MMA, 2020). Esses valores mostram a relevância do resíduo da construção civil e a importância de expandir a abordagem da economia circular para outras cadeias de resíduos.

Como as iniciativas de economia circular ainda são incipientes no Brasil, não há muitos dados sistematizados sobre os impactos decorrentes dessas iniciativas. No entanto, a abordagem da economia circular tem potencial para criar oportunidades de desenvolvimento econômico para o País, ampliando a oferta de produtos ambientalmente amigáveis e gerando novos empregos e renda. Ressalta-se ainda a contribuição da economia circular para a realização do ODS 12 e atingimento da Meta 12.5, que trata da redução da geração de resíduos por meio da prevenção, redução e reciclagem.

Em termos de redução de impactos ambientais, as iniciativas de economia circular estabelecidas com a logística reversa obrigatória das embalagens de agrotóxicos evitou, no período de 2002 a 2020, a emissão de 823 mil toneladas de CO_{2eq}, o que corresponde à emissão de mais de 15,5 mil viagens em torno da Terra, de caminhão. Se essa emissão tivesse acontecido, seria necessário plantar quase 6 milhões de árvores para capturá-la da atmosfera (INPEV, 2020).

Além disso, outros sistemas de logística reversa realizaram a destinação ambientalmente adequada de uma grande quantidade de resíduos perigosos, evitando graves impactos ambientais pela contaminação do solo e da água. No caso dos eletroeletrônicos, 384,5 toneladas foram recolhidas em 2019 e 258 pontos de coleta instalados. Em relação às lâmpadas, o sistema de logística reversa recolheu 644 toneladas, até 2019, e instalou 1.930 pontos de coleta em 429 municípios (MMA, 2020).

As respostas para a dinamização da economia circular no Brasil seguem diferentes estratégias. Algumas estratégias têm avançado com maior velocidade e outras estão iniciando a implementação. No entanto, é a complementaridade dessas estratégias e a incorporação de outras, que se mostram vantajosas em cada estágio, que permitirão a incorporação da economia circular como elemento do desenvolvimento sustentável. Dessa forma, este relatório mostra os elementos atualmente mais relevantes para a implementação de estratégias de economia circular.

Legislação

A PNRS (Lei n.º 12.305/10) define como um de seus princípios o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania. Possui os instrumentos iniciais necessários à implementação da economia circular, que passam pela redução da utilização de matérias-primas, reciclagem, até a destinação ambientalmente adequada de resíduos, citando que há de se fazer um esforço para a inserção dos resíduos no ciclo produtivo. No entanto, há uma carência de recursos financeiros necessários à implementação de suas ações, que abrangem múltiplos atores.

Adicionalmente, são princípios da PNRS, entre outros, a prevenção e a precaução e o poluidor-pagador. Dessa forma, conforme estabelece a Lei n.º 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais), causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora, é crime passível de reclusão, de um a quatro anos, e multa. Esse crime, porém, é agravado caso a poluição ocorra por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, sendo a pena aumentada, nesses casos, para um a cinco anos de reclusão.

Aos resíduos sólidos aplicam-se, além do estabelecido nas Leis n.º 12.305/10, 11.445/07, 9.974/00 e 9.966/00, as normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa) e do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

Inclusão dos catadores de materiais recicláveis

Para garantir a inclusão socioeconômica dos catadores, um conjunto de normas foi publicado e várias ações foram realizadas ao longo dos últimos anos. O primeiro avanço foi o registro da atividade dos catadores no Código Brasileiro das Ocupações (CBO). Em 2003, foi criado o Comitê Interministerial de Inclusão dos Catadores de Lixo, para dar apoio aos empreendimentos de catadores de materiais recicláveis. O passo mais significativo foi dado com a alteração da Lei do Saneamento Básico (Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007) e a possibilidade de contratação das cooperativas e associações de catadores pelos municípios. Para auxiliar no processo de inclusão dos catadores, o Governo Federal implementou uma série de iniciativas e programas, entre eles o Programa Pró-Catador e o Cataforte. Foram investidos mais de R$ 500 milhões na promoção da reciclagem, por meio de cooperativas de catadores de materiais recicláveis (SANT'ANA; METELLO, 2016). O desafio agora é dar continuidade a essas iniciativas e expandir a reciclagem no Brasil, garantindo a inclusão econômica e social dos catadores de materiais recicláveis.

Programa Nacional Lixão Zero

É um instrumento para a implementação da PNRS, que foi elaborado contendo alguns princípios relacionados à transição para uma economia circular. O programa tem como objetivos: i) realizar a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos; ii) fortalecer a logística reversa; iii) potencializar a geração de energia, a partir dos resíduos sólidos; iv) fortalecer a gestão municipal; v) fortalecer os consórcios públicos intermunicipais; vi) sistematizar informações sobre os resíduos sólidos (Sinir); e vii) elaborar o plano nacional de resíduos sólidos.

Financiamento sustentável para a Economia Circular

O Banco Central e as instituições financeiras brasileiras têm atuado para adaptar as operações do setor financeiro ao paradigma da sustentabilidade. Essa adaptação, direta e indiretamente, alavanca as operações da economia circular, pois incluem nas diretrizes para as operações das instituições financeiras referências para o gerenciamento do risco social, ambiental e climático, como previsto nos editais de Consulta Pública n.º 85 e n.º 86, de 2021. Da mesma forma, a Federação Brasileira de Bancos (Febraban) tem trabalhado para implementar os Princípios para Responsabilidade Bancária (PRB). Estes são semelhantes aos Princípios para Investimento Sustentável (PRI), que têm mais de 200 signatários mundiais, como os grandes gestores de investimentos, entre os quais dois brasileiros, Sul América e Fama Investimentos. Os PRB foram criados pela ONU e assinados por 130 grandes bancos mundiais, incluindo os brasileiros Bradesco e Itaú, contando com o apoio da Febraban. Os PRB preconizam que os princípios incorporem a sustentabilidade em todas as suas ações, de forma a gerar capacidade para que os bancos atuem na "economia sustentável" ou "nova economia".

Relatórios de sustentabilidade

A economia circular pode ser inserida nos princípios da responsabilidade corporativa, auxiliando as empresas a avançarem nas questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável. Os relatórios de sustentabilidade são ferramentas utilizadas por algumas empresas para dar transparência às iniciativas que estão sendo implementadas e que podem auxiliar no acompanhamento do progresso em direção à economia circular. Segundo os dados da Pesquisa de Inovação 2017 (Pintec 2017) (IBGE, 2017), 4.378 empresas das indústrias extrativa e de transformação e 4.822 empresas do setor de eletricidade e gás e dos serviços selecionados, publicaram relatórios de sustentabilidade.

Práticas ESG (meio-ambiente, sustentabilidade e governança)

Grande número de empresas tem buscado incluir práticas ESG na sua produção. Não existe uma regra sobre como incluir ou excluir um investimento no âmbito dos critérios ESG. Algumas ferramentas de sustentabilidade corporativa como o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE B3) já incorporam princípios da economia circular. Esse índice tem, em sua composição, para 2021, 46 ações de 39 empresas, em 15 setores. Essas empresas têm um valor de mercado de R$ 1,8 trilhão e representam 38% do valor de mercado total das ações negociadas na B3. Segundo o último relatório do *Global Sustainable Investment Alliance* (GSIA) de 2018, o mercado ESG tem em torno de US$ 30 trilhões em ativos.

BIOECONOMIA

Desde o surgimento, na década de 1960, o termo bioeconomia tem se transformado a partir de duas dimensões conceituais: substituição de combustíveis fósseis e inovação biotecnológica (BIRNER, 2018). A partir de 2000, o conceito se expandiu e, atualmente, encontra-se bastante difundido em nível global. No documento elaborado por profissionais da União Europeia, *Bioeconomy Strategy* (EUROPEAN COMMISSION, 2018), o conceito de bioeconomia abrange todos os setores que dependem de recursos biológicos, suas funções e princípios. Isso inclui os ecossistemas terrestres e marinhos e os serviços por estes fornecidos, bem como todos os setores de produção primária que utilizam e produzem recursos biológicos, e os setores econômicos e industriais que se utilizam de recursos e processos biológicos na produção ou oferta de serviços.

O Brasil ainda não desenvolveu uma estratégia de longo prazo para a bioeconomia, o que dificulta alavancar o potencial que o País possui. Entretanto, o termo passou a ser incorporado nas políticas públicas, a partir de 2018, com o estabelecimento do Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Bioeconomia (Pacti Bioeconomia) (MCTIC; CGEE, 2018). Para fins desse plano, o termo bioeconomia é definido como o conjunto de atividades econômicas baseadas na utilização sustentável e inovadora de recursos biológicos renováveis (biomassa), em substituição às matérias-primas fósseis, para a produção de alimentos, rações, materiais, produtos químicos, combustíveis e energia produzidos por meio de processos biológicos, químicos, termoquímicos ou físicos, promovendo a saúde, o desenvolvimento sustentável, o crescimento nacional e o bem-estar da população.

Pelo fato de o Brasil abrigar cerca de 13% de todas as espécies de seres vivos existentes no planeta (LEWINSOHN; PRADO, 2006), muitas existentes apenas em território brasileiro (as chamadas espécies endêmicas), o que o torna o mais relevante entre os 17 países megadiversos (MITTERMEIER, ROBLES-GIL; MITTERMEIER, 1997), a bioeconomia envolve grande potencial de uso da biodiversidade brasileira e engloba a obtenção tanto de novas fontes de biomassas vegetais quanto de microrganismos. Nesse contexto, ao abordar o uso da biodiversidade, é necessário ressaltar que o Brasil apresenta a segunda maior área de florestas do mundo, sendo que cerca de 59% do seu território, quase 500 milhões de hectares, é coberto por florestas naturais e plantadas (SFB/MAPA, 2019).

A necessidade de garantir segurança hídrica, energética e alimentar, bem como de promover a saúde e o bem-estar da população, respeitando a diversidade sociocultural do País, aponta para a bioeconomia como uma alternativa capaz de promover o desenvolvimento de forma sustentável. De fato, é possível identificar alguns argumentos contundentes para que a bioeconomia seja efetivamente desenvolvida no Brasil, entre os quais destacam-se:

- Diminuição da dependência de matérias-primas fósseis em diversos processos industriais e a substituição por biomassas;
- Desenvolvimento de sistemas produtivos mais eficientes, que promovam o uso racional de insumos;
- Desenvolvimento de processos produtivos menos danosos ambientalmente, que contribuam para a diminuição de emissão de Gases de Efeito Estufa, auxiliando inclusive o País a atender compromissos internacionalmente firmados;
- Reconhecimento de sistemas agrícolas tradicionais com foco no uso sustentável dos recursos naturais, segurança alimentar e geração de renda para as comunidades;
- Promoção do uso sustentável da biodiversidade e dos recursos e serviços ofertados pelas florestas, levando em consideração os aspectos sociais e culturais associados a estes.

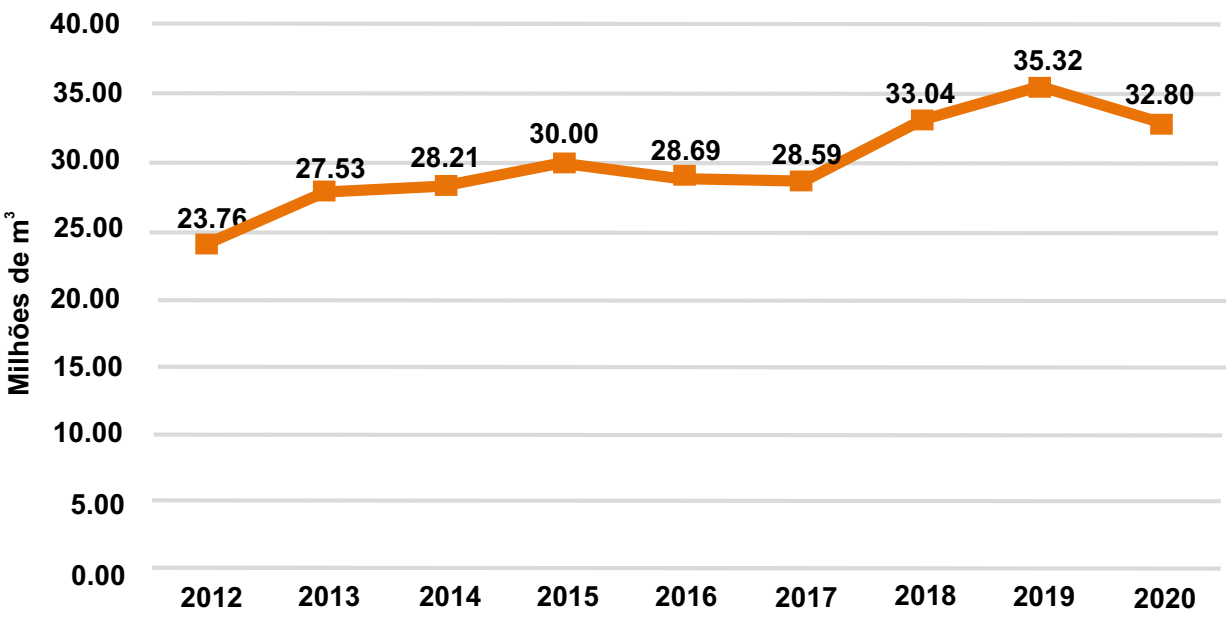
Adicionalmente, pode-se dizer que os compromissos internacionais assumidos na Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), no Acordo de Paris, bem como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), também são fatores de pressão para o desenvolvimento da bioeconomia no Brasil.

A produção e conversão da biomassa em bioprodutos é um componente essencial da bioeconomia. Como mencionado, apesar de não existir estratégia nacional para a bioeconomia, os progressos científicos e tecnológicos do País foram expressivos nas últimas décadas, especialmente na produção e no aproveitamento de biomassas por processos biológicos, químicos, termoquímicos e físicos, na produção de bioprodutos. Além disso, o Brasil dispõe de vasto parque industrial em condições de se adaptar às novas tecnologias, para o aproveitamento integral de diversas biomassas.

Historicamente, o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) é considerado como o primeiro referencial de desenvolvimento da bioeconomia no País. O programa foi criado em 1975, como resposta à crise do petróleo de 1973, e tinha foco na substituição de combustíveis fósseis, especialmente da gasolina. A Figura 12 mostra a produção do etanol nos últimos anos, com recorde de produção em 2019.

Atualmente, a perspectiva de desenvolvimento da bioeconomia no País se alterou e não se restringe apenas à produção de bioenergia, mas abrange uma transição tecnológica com o uso intensivo de novos conhecimentos científicos. A própria cadeia de valor da cana-de-açúcar, por exemplo, é considerada como subutilizada diante do grande potencial para o desenvolvimento de novos bioprodutos de maior valor agregado (SCHEITERLE *et al.*, 2018)

Figura 12 - Produção de etanol anidro e hidratado (m^3) no Brasil.

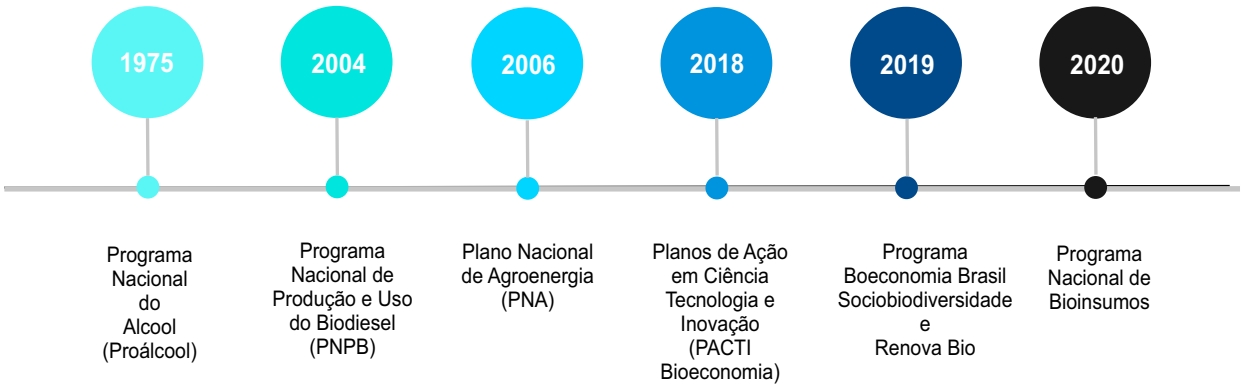


Fonte: ANP, 2021a.

Além do Proálcool, outras iniciativas relacionadas ao desenvolvimento da bioeconomia foram implementadas nos últimos anos, como destacado na Figura 13.

O Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011 (PNA) (MAPA, 2006) é um marco referencial para a produção de energia de biomassa e os Planos de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação foram construídos a partir das diretrizes definidas pela Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022 (Encti) (MCTIC, 2016).

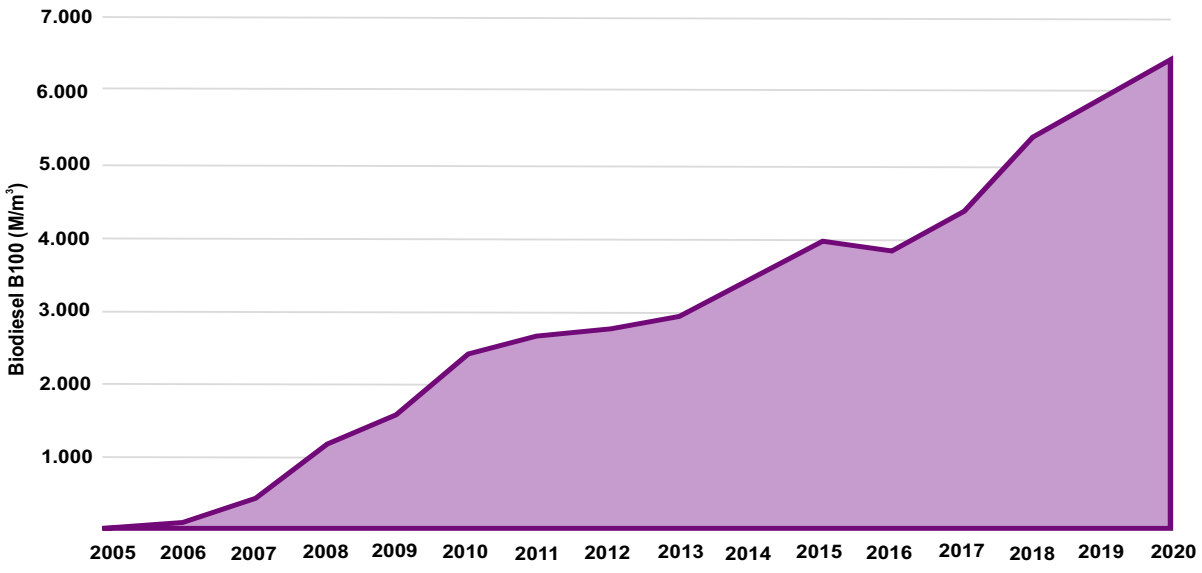
Figura 13 – Principais iniciativas normativas relacionadas ao desenvolvimento da bioeconomia no Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) busca implementar, de forma sustentável, a produção e o uso do biodiesel, por meio da inclusão produtiva da agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável. O biodiesel é um combustível renovável, incluído na matriz energética do Brasil por meio da Lei n.º 11.097, de 13 de janeiro de 2005, e a sua produção tem crescido, como mostra a Figura 14. Em 2020, com o intuito de fortalecer a participação dos agricultores familiares no PNPB, o Selo Combustível Social, instituído em 2004, foi renomeado para Selo Biocombustível Social e suas regras aperfeiçoadas. Esse instrumento prevê a disponibilização de assistência técnica aos agricultores familiares, além de estabelecer um percentual mínimo de aquisições de matéria-prima da agricultura familiar e a celebração de contratos prévios com esse público, efetivando seu acesso aos mercados. Em 2019 e 2020, o Selo beneficiou, anualmente, mais de 60 mil famílias da agricultura familiar, com aquisições de matéria-prima oriundas da agricultura familiar, para a produção de biodiesel de mais de R$ 5 bilhões. É importante ressaltar que a produção de biodiesel tem crescido a cada ano no País.

Figura 14 - Produção de biodiesel B100 (m³) no Brasil.



Fonte: ANP, 2021b.

A partir de 2008, o percentual de mistura de biodiesel ao óleo diesel passou a ser obrigatório. Entre janeiro e junho de 2008 a mistura de biodiesel ao óleo diesel fóssil foi de 2%, entre julho de 2008 e junho de 2009 foi de 3%, entre julho e dezembro de 2009 foi de 4% e entre janeiro de 2010 e junho de 2014 foi de 5%. Entre julho e outubro de 2014, o teor de mistura de biodiesel ao óleo diesel foi de 6%, e entre novembro de 2014 e fevereiro de 2017, foi de 7%. Entre março de 2017 e fevereiro de 2018, o teor de mistura de biodiesel ao óleo diesel foi de 8% e, entre março de 2018 e agosto de 2019, foi de 10%. Entre setembro de 2019 e fevereiro de 2020, o teor de mistura de biodiesel ao óleo diesel foi de 11%. A partir de março de 2020, a mistura passou a ser de 12%, em volume, conforme a Lei n.º 13.263, de 23 de março de 2016. Uma exceção à obrigatoriedade da mistura é o óleo diesel para uso aquaviário. De acordo com a Resolução ANP n.º 52/2010, a ANP determinará a adição obrigatória de biodiesel aos combustíveis aquaviários, quando as condições técnico-operacionais para o uso seguro da mistura estiverem estabelecidas.

O 'Pacti Bioeconomia' tem como objetivo produzir e aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos para a promoção de benefícios sociais, econômicos e ambientais, preenchendo lacunas de conhecimento essenciais, fomentando a inovação e provendo condições para a inserção estratégica da bioeconomia brasileira, dentro do cenário global.

Ainda em relação às iniciativas normativas, é importante acrescentar a elaboração dos Planos Nacionais de Energia e dos Planos Decenais de Expansão de Energia, que não foram inseridos na Figura 14. Esses planos, elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a partir de diretrizes do MME, subsidiam a formulação de estratégias de expansão da oferta de energia, de forma econômica e sustentável, segundo uma perspectiva de longo prazo.

Apesar de algumas iniciativas já implantadas, o Brasil ainda aproveita muito pouco de seu potencial. Toda a riqueza da biodiversidade brasileira está distribuída nos seis biomas brasileiros e, de forma geral, associada a uma imensa diversidade sociocultural. Essa diversidade sociocultural é representada por diversos povos e comunidades tradicionais como indígenas, quilombolas, ribeirinhos, marisqueiros, pescadores artesanais, caiçaras, sertanejos, pantaneiros, entre outros, que possuem forte relação com a biodiversidade do ambiente em que vivem e são guardiões de enorme acervo de conhecimentos tradicionais (saberes, crenças e costumes) sobre seu uso e conservação (MMA, 2018b).

Efetivamente, o Brasil necessita buscar alternativas para a promoção e estruturação de sistemas produtivos, baseados no uso sustentável da biodiversidade e nos sistemas agrícolas tradicionais, praticados pelos povos e comunidades notadamente reconhecidos por suas práticas.

No que se refere às florestas naturais, o manejo florestal também se apresenta como grande potencial para o desenvolvimento da bioeconomia, tanto em relação à produção madeireira quanto de produtos não madeireiros. É o que podemos chamar de bioeconomia da floresta. Em relação aos produtos não madeireiros, as florestas brasileiras oferecem enormes oportunidades de utilização, seja por meio de sistemas extrativos ou agroextrativistas, contribuindo para a segurança alimentar, geração de renda e melhoria da qualidade de vida para os povos e comunidades tradicionais, que, usualmente, vivem nessas áreas. Nesse contexto, temos a bioeconomia relacionada a produtos da sociobiodiversidade[16].

16 O Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade (PNPSB) define produtos da sociobiodiversidade como "bens e serviços (produtos finais, matérias-primas ou benefícios) gerados a partir de recursos da biodiversidade, voltados à formação de cadeias produtivas de interesse dos povos e comunidades tradicionais, e de agricultores familiares, que promovam a manutenção e valorização de suas práticas e saberes, e assegurem os direitos decorrentes, gerando renda e promovendo a melhoria de sua qualidade de vida e do ambiente em que vivem" (MMA, MDA; MDS, 2009).

Programa Bioeconomia Brasil Sociobiodiversidade

Em 2019, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) lançou, por meio da Portaria n.º 121, de 18 de junho de 2019[17], o Programa Bioeconomia Brasil Sociobiodiversidade, com o objetivo de fomentar o apoio à estruturação das cadeias produtivas de produtos e processos da sociobiodiversidade e do extrativismo. O Programa é estruturado em cinco eixos temáticos, com objetivos específicos em cada um deles, conforme exposto a seguir:

- Estruturação Produtiva das Cadeias do Extrativismo (Pró-Extrativismo): promover a estruturação de cadeias produtivas do extrativismo em todos os biomas brasileiros, com preponderância para a Amazônia, e contribuir para o desenvolvimento sustentável, a inclusão produtiva e a geração de renda;

- Ervas Medicinais, Aromáticas, Condimentares, Azeites e Chás Especiais do Brasil: promover alianças produtivas, tendo os setores de alimentos e saúde como promotores do desenvolvimento local articulado com políticas públicas, visando ampliar o acesso aos mercados nacional e internacional;

- Roteiros da Sociobiodiversidade: valorizar a diversidade biológica, social e cultural brasileira e apoiar a estruturação de arranjos produtivos e roteiros de integração em torno de produtos e atividades da sociobiodiversidade, de forma a contribuir para a geração de renda e inclusão produtiva;

- Potencialidades da Agrobiodiversidade Brasileira: promover a conservação da agrobiodiversidade por meio do reconhecimento de sistemas agrícolas tradicionais e fomento de ações para a conservação dinâmica desses sistemas, com foco no uso sustentável de seus recursos naturais, visando a geração de renda, agregação de valor e manutenção da diversidade genética de sementes e plantas cultivadas;

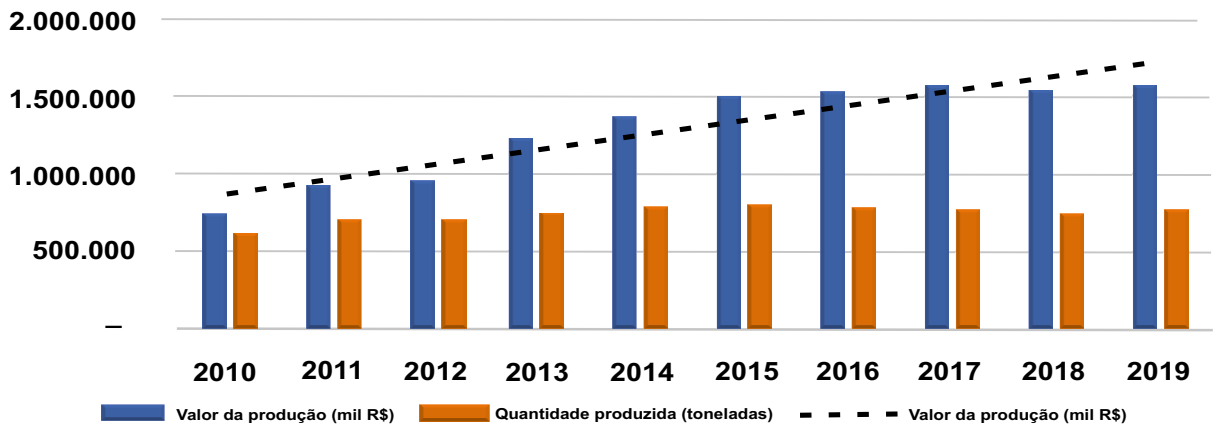
- Energias Renováveis para a Agricultura Familiar: promover a geração e o aproveitamento econômico e produtivo das fontes de energias renováveis, em especial a solar fotovoltaica, tanto para autoconsumo quanto para a geração distribuída, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, geração de renda e inclusão produtiva no meio rural.

A estratégia para a implementação do Programa está focada na articulação de parcerias entre o Poder Público e o setor privado, buscando promover a estruturação de sistemas produtivos baseados no uso sustentável dos recursos da sociobiodiversidade e do extrativismo, o acesso a mercados institucionais e privados, além do fomento à produção e utilização de energia a partir de fontes renováveis

Apesar da criação recente do Programa, algumas cadeias da sociobiodiversidade já estão em desenvolvimento há algum tempo e contam com algum apoio institucional, como o caso da Política de Garantia de Preços Mínimos para produtos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio). A análise da série histórica dos dados dos últimos 10 anos da bioeconomia, oriunda da extração de produtos da sociobioversidade, demonstra tendência crescente no valor de produção, como mostra a Figura 15. O somatório dos valores arrecadados atinge R$ 13 bilhões, apresentando valores anuais crescentes a partir de 2010, até 2015, quando se estabiliza.

17 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-121-de-18-de-junho-de-2019-164325642.

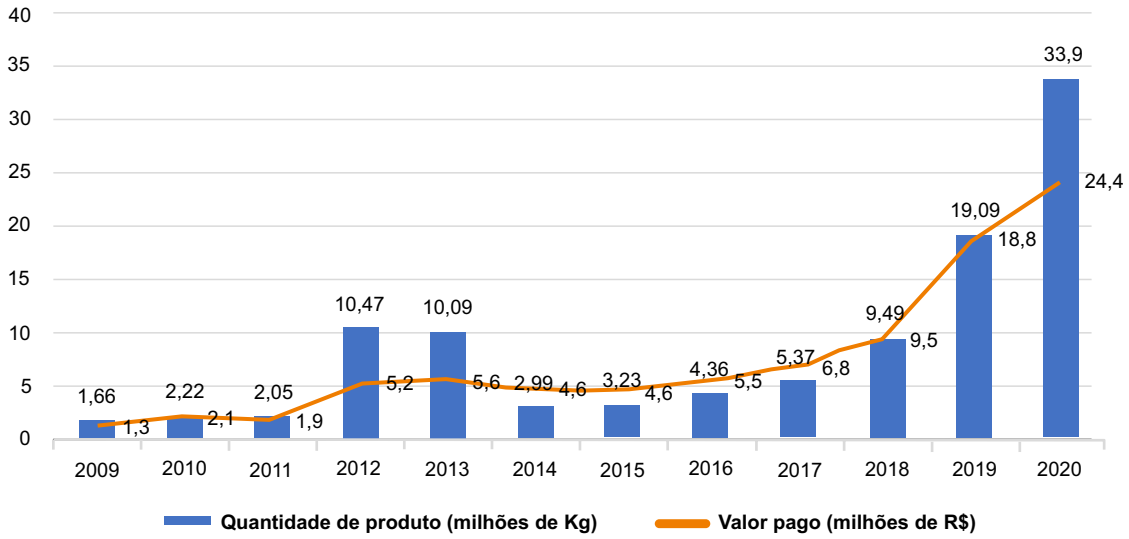
Figura 15 – Evolução da produção de produtos da sociobiodiversidade.



Fonte: IBGE, 2021. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (2010-2019). Disponível em https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289.

Destaca-se, porém, que ao analisar os dados da Figura 16, em 2019, nota-se que apenas sete produtos são responsáveis por 93,4% dos valores arrecadados com produtos da sociobiodiversidade, quais sejam: fruto de açaí, erva mate, pó de carnaúba, castanha-do-brasil, amêndoa de babaçu, pinhão da araucária e fruto do pequi. No que se refere à exportação, conforme o Boletim do Sistema Nacional de Informações Florestais de 2020, destacam-se ainda outros produtos como a castanha de caju, as ceras vegetais, o cacau e os óleos essenciais[18].

Figura 16 – Evolução da Execução da Política de Garantia de Preços Mínimos para produtos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio).



OBS.: Quantidade de produto subsidiado 'em azul' e valores repassados 'em vermelho'.
Fonte: Conab, 2020b.

18 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Boletim_SNIF_ed1_2020_vfinal.pdf.

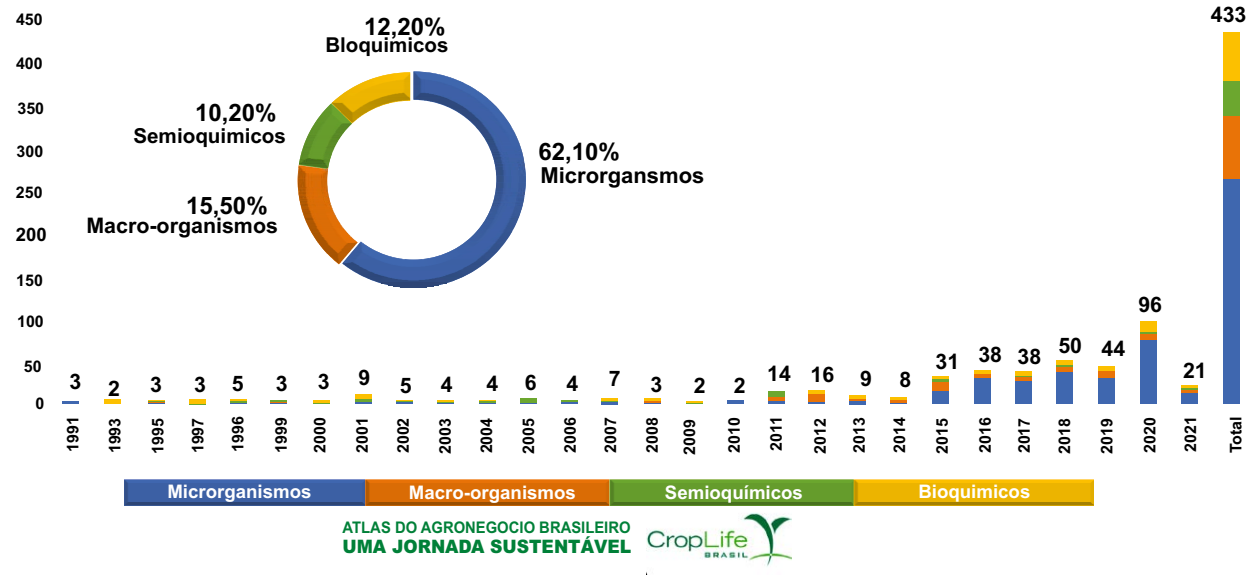
A Política de Garantia de Preços Mínimos para produtos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio) é uma iniciativa que subsidia a comercialização de 17 produtos extrativistas: açaí, andiroba, babaçu, baru, borracha extrativa, buriti, cacau extrativo, castanha-do-brasil, carnaúba, juçara, macaúba, mangaba, murumuru, pequi, piaçava, pinhão e umbu. O apoio às comunidades tradicionais ocorre por meio de subvenção direta, com o pagamento de um bônus, quando os extrativistas comprovam a venda de produto extrativo por preço inferior ao mínimo fixado pelo Governo Federal. Em 2019, a PGPM-Bio completou dez anos de operação, com mais de R$ 65 milhões repassados a milhares de extrativistas em todo o País, principalmente os localizados nos biomas Cerrado e Amazônia (CONAB, 2020a). O volume de produtos subsidiados e o valor do repasse cresceram significativamente nos últimos anos, como demonstra a Figura 16 (CONAB, 2020b).

Programa Nacional de Bioinsumos

Finalmente, o Programa Nacional de Bioinsumos, instituído pelo Decreto n.º 10.375, de 26 de maio de 2020, é coordenado pelo Mapa e visa atender à crescente demanda do setor produtivo e da sociedade, que buscam alternativas de insumos de base biológica aos sistemas agropecuários e produtos cada vez mais sustentáveis.

O mercado de Bioinsumos no Brasil tem crescido a taxas expressivas, especialmente nos últimos anos. Atualmente, há no Brasil 433 produtos registrados, sendo que 35% foram registrados nos últimos três anos (Figura 17). Segundo dados da CropLife Brasil, o mercado chegou a dobrar de tamanho na safra 2019/2020, em comparação com a safra de 2017/2018 e tem uma projeção de crescimento de 33% no ciclo 2020/2021.

Figura 17 - Produtos biológicos para o controle fitossanitário registrados no Brasil desde 1991.



Fonte: CropLife Brasil, 2021.

EMPREGOS VERDES

O PNUMA define empregos verdes como os que "reduzem o impacto ambiental de empresas e de setores econômicos para níveis que, em última análise, sejam sustentáveis'' (PNUMA *et al.*, 2008, p. 5). Para a Organização Internacional do Trabalho (OIT), os empregos verdes "são postos de trabalho decentes em atividades econômicas que contribuem significativamente para reduzir emissões de carbono e/ou para melhorar/conservar a qualidade ambiental" (MUÇOUÇAH, 2009, p. 11).

Os Empregos Verdes no Brasil dos últimos 15 anos

A ampliação e atualização da série histórica construída pelo estudo da OIT com base nos dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged), até 2020, indicam, entretanto, que a tendência de crescimento de empregos verdes não se manteve ao longo da última década, como pode ser observado na Tabela 2.

A primeira observação a fazer sobre esses dados é que a participação do total de empregos verdes no mercado de trabalho formal não manteve o ritmo de crescimento apresentado na primeira metade da série histórica. Especialmente entre 2015 e 2018, a variação anual da oferta de empregos verdes foi ainda mais negativa do que a variação da oferta de empregos formais. Isso parece indicar que a crise econômica em que o País mergulhou a partir de 2014 atingiu mais fortemente o mercado de trabalho das atividades potencialmente geradoras de empregos verdes do que o das outras atividades.

Entretanto, ao analisarmos a evolução anual da participação no mercado de trabalho formal de cada uma das atividades econômicas potencialmente geradoras de empregos verdes, encontramos diferenças bastante significativas no decorrer desses 15 anos. Enquanto as atividades 2 e 5 aumentaram sua participação no mercado de trabalho formal, as atividades 1 e 3 experimentaram sensível diminuição do seu peso relativo na oferta desse tipo de empregos. A despeito de algumas pequenas oscilações anuais ao longo de todo o período, as atividades 4 e 6 contribuem com percentuais muito semelhantes para a oferta de empregos verdes entre o início e o fim dessa série histórica.

Tabela 2 – Participação dos empregos oferecidos em atividades econômicas potencialmente geradoras de empregos verdes, no total de empregos formais existentes no mercado de trabalho.

Atividades econômicas	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1. Geração e distribuição de energias renováveis	1,37%	1,34%	1,39%	1,36%	1,32%	1,32%	1,28%	1,21%	1,17%	1,17%	1,14%	1,13%	1,16%	1,15%	1,14%
2. Manutenção, reparação e recuperação de produtos e materiais	1,03%	1,08%	1,10%	1,09%	1,13%	1,18%	1,21%	1,18%	1,19%	1,18%	1,18%	1,18%	1,18%	1,17%	1,14%
3.Produção e manejo florestal	0,38%	0,39%	0,35%	0,32%	0,34%	0,34%	0,31%	0,28%	0,28%	0,28%	0,29%	0,28%	0,29%	0,29%	0,28%
4.Saneamento, gestão de resíduos e de riscos ambientais	0,79%	0,78%	0,77%	0,79%	0,76%	0,71%	0,75%	0,78%	0,78%	0,79%	0,78%	0,77%	0,79%	0,80%	0,80%
5.Telecomunicações e teleatendimento	0,87%	0,99%	1,09%	1,05%	1,10%	1,19%	1,26%	1,29%	1,36%	1,35%	1,36%	1,38%	1,38%	1,45%	1,36%
6.Transportes coletivos e alternativos ao rodoviário e aeroviário.	2,09%	2,02%	2,02%	1,99%	1,95%	1,96%	1,99%	2,00%	2,01%	2,01%	1,98%	1,91%	1,85%	1,84%	2,04%
Observações															
Participação total dos empregos potencialmente verdes	6,52%	6,61%	6,73%	6,60%	6,60%	6,70%	6,81%	6,75%	6,79%	6,77%	6,73%	6,65%	6,65%	6,70%	6,78%
Variação anual da oferta de empregos formais	–	6,98%	4,88%	4,48%	6,94%	5,09%	2,48%	3,14%	1,27%	-3,05%	-4,16%	0,48%	0,76%	1,98%	-0,19%
Variação anual da oferta de empregos potencialmente verdes	–	8,34%	6,77%	2,51%	6,87%	6,81%	4,09%	2,19%	1,98%	-3,35%	-4,71%	-0,72%	0,65%	2,76%	1,05%

Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados da Rais e do Caged, 2021.

Fatores que influenciam atividades econômicas potencialmente geradoras de empregos verdes

Pode-se formular algumas hipóteses para tentar explicar as discrepâncias de comportamento entre as atividades econômicas potencialmente geradoras de empregos verdes, no que se refere à oferta de postos de trabalho no período analisado. A primeira diz respeito às diferenças entre os impactos da crise econômica sobre cada uma dessas atividades. O bom desempenho das atividades 2 e 5, certamente se deve, em grande medida, à redução de custos que proporcionam para as empresas e para as famílias, especialmente num contexto de crise econômica. Já as atividades 4 e 6 dependem de investimentos públicos em infraestrutura, que se tornaram bastante escassos nos últimos anos. O mesmo se aplica à atividade 1, uma vez que a geração e a distribuição de energias renováveis pressupõem sobretudo a construção de grandes usinas hidrelétricas e suas respectivas linhas de transmissão.

A sensível queda verificada na participação da atividade 1 (Produção e manejo florestal) na oferta de empregos formais, por sua vez, dificilmente pode ser atribuída aos efeitos diretos da crise econômica. É provável que esteja mais relacionada ao aumento da informalidade e da ilegalidade, que historicamente caracterizaram essas atividades e que se intensificaram bastante nos últimos anos. De qualquer forma, a redução relativa da oferta de empregos formais nesse setor representa sério entrave para o processo de transição da economia brasileira, no sentido da sua sustentabilidade ambiental, tendo em vista que o desmatamento e as mudanças de uso da terra continuam sendo as principais fontes de emissão de gases de efeito estufa no País.



Coleta de castanha do Para no sul do estado do Amapá
Fonte: Maurício de Paiva / Disponível em: https://intra.sema.ap.gov.br/

Medidas para retomar a transição

O fortalecimento dos órgãos de comando e controle aparece como condição básica para a implementação efetiva das políticas nacionais relativas ao meio ambiente, que foram bastante negligenciadas nos últimos anos. Entre elas, destacam-se o novo Código Florestal, os planos ABC e de Agroecologia, a Política Nacional de Mudança do Clima, a Política Nacional de Saneamento Básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Nos setores de energia e de transporte, há que se restabelecer a ênfase dada anteriormente à geração e distribuição de energias renováveis e aos modais ferroviário e aquaviário, bem como aos transportes coletivos urbanos.

Para tanto, torna-se indispensável um plano de investimentos públicos que contemple inclusive incentivos ao capital privado, a fim de direcioná-lo para as atividades econômicas ambientalmente sustentáveis. Esse plano poderia representar também importante porta de saída da crise econômica em que o País ainda se encontra, gerando empregos e renda suficientes para combater as consequências sociais mais imediatas dessa crise.

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

O modelo de desenvolvimento econômico adotado pelos países desde a Revolução Industrial, que teve como base o uso de fontes fósseis de energia, tem se revelado insustentável pela pressão que exerce sobre o meio ambiente, com destaque para o esgotamento dos recursos naturais, o buraco na camada de ozônio e as mudanças climáticas.

O final da década de 1980 trouxe várias mudanças regulatórias nos setores de energia, seguindo um movimento neoliberal iniciado no Reino Unido. Entretanto, foram as pressões ambientais no mesmo período que, efetivamente, induziram o início da transição energética. Eventos como a Conferência de Estocolmo, em 1972, mostraram que o modelo de desenvolvimento adotado pelos países desde a Revolução Industrial não era mais sustentável. Tal movimento gerou várias medidas adotadas por todas as nações no mundo, conforme mencionado anteriormente.

Em 1992, a Conferência do Rio reuniu representantes de 178 países do mundo, para definir medidas de redução da degradação ambiental e garantir a existência das futuras gerações. Das medidas propostas para reduzir os impactos ambientais, causados pelas atividades econômicas, destaca-se o uso de fontes renováveis de energia, tais como energia eólica, energia solar e biocombustíveis, em substituição às fontes fósseis como carvão mineral, gás natural e derivados de petróleo.

Em 2002, o Brasil ratificou o protocolo de Quioto e se comprometeu a adotar medidas contra as mudanças climáticas. Desde então, várias medidas foram propostas, que resultaram na PNMC, instituída pela Lei n.º 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Entre elas, pode-se destacar o fomento ao aumento sustentável da participação de biocombustíveis na matriz de transportes nacional e, ainda, atuação com vistas à estruturação de um mercado internacional de biocombustíveis sustentáveis.

Em 2015, no âmbito do Acordo de Paris, o Brasil se comprometeu a:

- Aumentar a participação de bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para, aproximadamente, 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, aumentando a oferta de etanol, inclusive por meio do aumento da parcela de biocombustíveis avançados (segunda geração), e aumentando a parcela de biodiesel na mistura do diesel;
- Alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030;

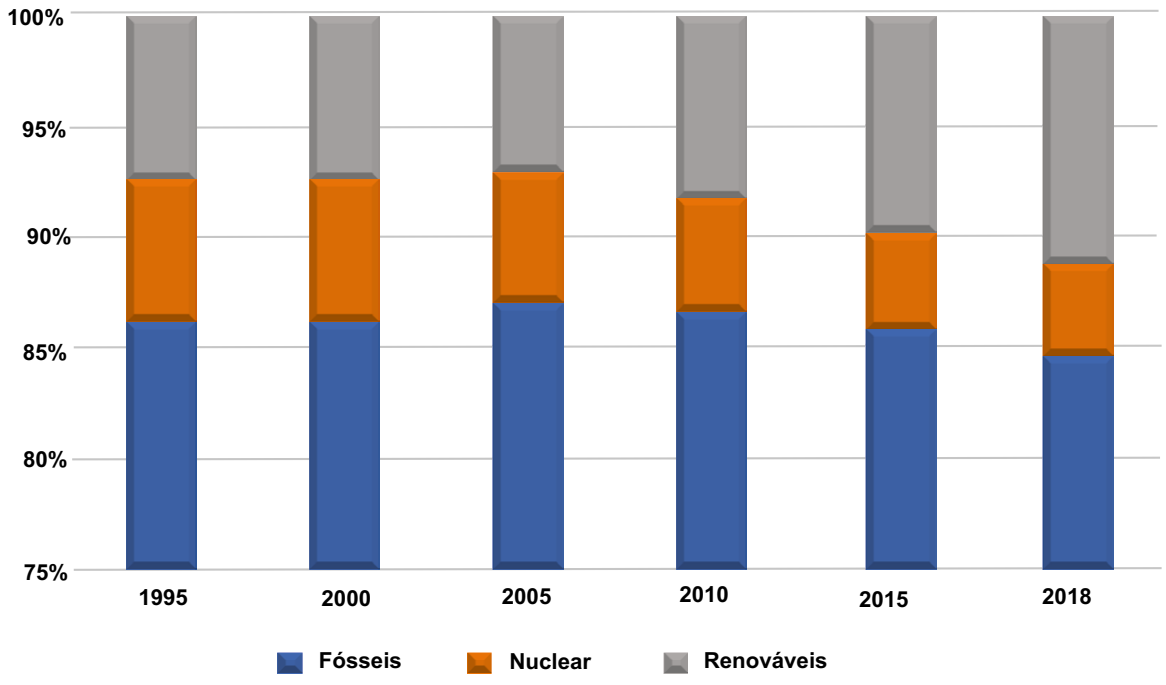
- Obter ao menos 66% de participação da fonte hídrica na geração de eletricidade, em 2030, não considerando a autoproduzida;
- Expandir o uso de fontes renováveis, além da hidráulica, na oferta interna de energia, para uma participação de 28% a 33% até 2030;
- Expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis (além da hidráulica) no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, considerando o aumento da participação de eólica, biomassa e solar;
- Alcançar 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico até 2030.

Apesar do grande potencial para a expansão do uso de fontes renováveis, ainda há predominância de fontes fósseis devido aos preços mais competitivos. Ademais, grandes economias emergentes têm abundância de recursos fósseis, como a China e a Índia, que têm crescimento econômico fortemente baseado no carvão mineral. É notável também que vários países ainda mantêm subsídios ao uso de derivados de petróleo, principalmente, o diesel.

A pandemia do coronavírus reduziu o ritmo de crescimento econômico mundial e aliviou um pouco a extração de recursos naturais e a degradação ambiental. Mas o período pós-pandemia trará o problema de volta, com a retomada do crescimento e o aumento das emissões de gases de efeito estufa. Alguns países já discutem novos modelos de retomada do crescimento, com mais sustentabilidade e neutralização das emissões desses gases, que são provocadas, principalmente, pela queima de combustíveis fósseis.

Vários países vêm implementando uma ou um conjunto das medidas acima citadas. Com isso, nota-se crescimento significativo do uso de fontes renováveis, como mostra a Figura 18.

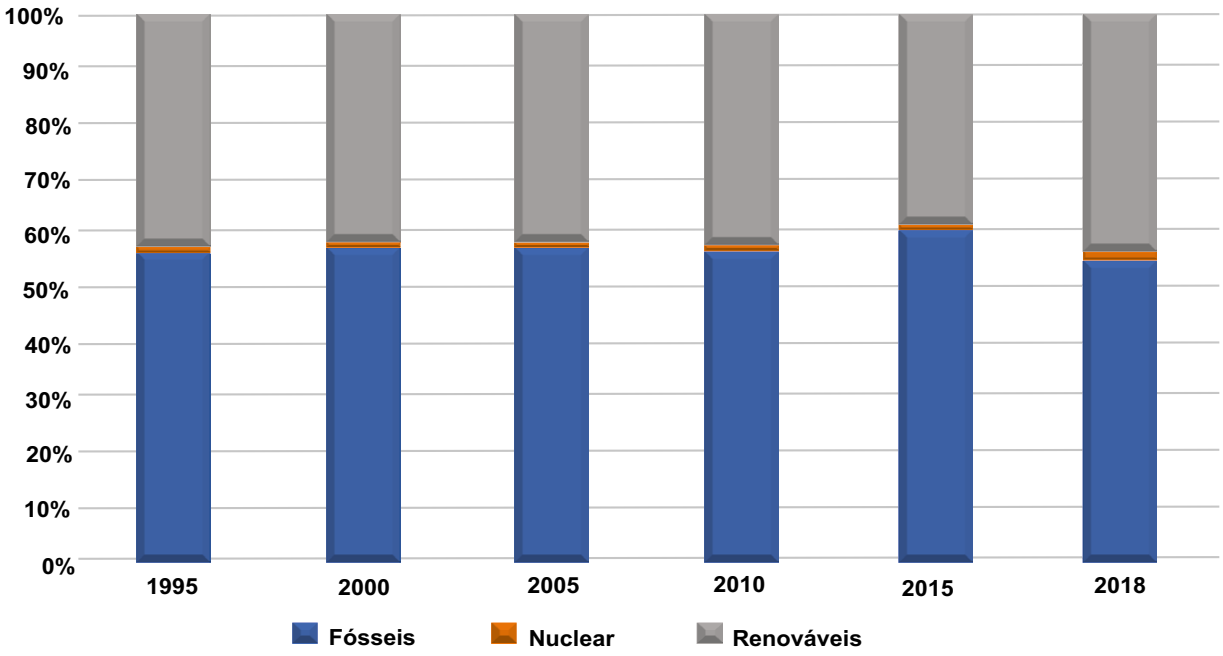
Figura 18 - Evolução da participação de fontes renováveis na matriz energética mundial.



Fonte: BP, 2019.

O Brasil é beneficiado por ter grande variedade de recursos naturais e isso se reflete na matriz energética, conforme ilustra a Figura 19. Segundo BP (2019), que levanta dados em nível mundial, em 2018 mais de 40% da oferta interna de energia advinham de fontes renováveis, como destaque para a geração hidrelétrica e para o uso de biocombustíveis.

Figura 19 – Evolução da participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira.



Fonte: BP, 2019.

Os dados da EPE (2020) indicam que em 2019 as fontes renováveis representavam 46,1% na matriz energética nacional, 25,0% no setor de transportes e 83,0% na geração de eletricidade. A escolha pela hidrelétrica se deu por fatores geográficos, que favorecem a complementaridade de geração das diferentes bacias hidrográficas brasileiras. No caso dos biocombustíveis, com destaque para o etanol, foi uma reação aos choques do petróleo na década de 1970 e se tornou o programa mais bem-sucedido no mundo, de aproveitamento comercial de biomassa energética. Ou seja, nenhuma das duas medidas, quando foram gestadas, estavam relacionadas às questões ambientais.

O programa do biodiesel, além de ser alternativa à dependência dos derivados do petróleo, também tem como objetivo o combate contra as mudanças climáticas. O programa é um mecanismo de quota que define uma mistura de 10% de biodiesel no diesel. O volume de biodiesel para atender essa quota é contratado por leilões.

Atualmente, merece destaque a expansão de energia eólica e solar fotovoltaica, que são contratadas também por meio de leilões de energia exclusivos para tais fontes. A contratação de geração distribuída, sobretudo a energia solar fotovoltaica de telhados, é regulamentada por resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).



Fonte: Vanderlei Tacchio/Eletrosul

Além das já mencionadas, outras medidas vêm sendo implementadas para a promoção das fontes renováveis no Brasil. Entre elas, destacam-se:

Tarifas fixas (*Feed-in Tariffs* – FIT)*:* regulamenta o acesso à rede elétrica aos produtores de energia, a partir de um preço fixo de energia corrigido por um índice de preços, com prazo do contrato de fornecimento de energia suficientemente longo, para garantir a remuneração dos investidores. Alguns países, em vez de oferecer um preço fixo, oferecem um prêmio à energia renovável acima da tarifa de mercado. No Brasil, este mecanismo foi adotado no Programa de Incentivos a Fontes Alternativas (Proinfa).

Políticas ou obrigações de quotas mínimas (*Renewable Portfolio Standards* – RPS)*:* mecanismo em que se define uma quantidade mínima ou percentual mínimo de energia gerada elétrica ou de capacidade instalada proveniente de energia renovável. O RPS pode ser imposto aos geradores de energia convencional, obrigando-os a instalar um percentual mínimo de capacidade instalada renovável, em relação à capacidade instalada convencional, que eles estejam pleiteando autorização governamental. Dessa forma, para cada MW (megawatt) que um investidor pretenda instalar de geração, a partir de fonte não renovável, ele se obriga a instalar um percentual em MW de geração renovável. Este mecanismo é comumente adotado na definição de misturas de biocombustíveis em combustíveis fósseis, como no caso da mistura do etanol na gasolina e do biodiesel no diesel.

Subsídios ao investimento ou recursos não reembolsáveis (*Capital Subsidies or Grants* – KS)*:* recursos oferecidos em uma única parcela, para reduzir o custo do investimento. Este mecanismo tem sido muito utilizado para subvencionar a instalação de sistemas de aquecimento solar e de sistemas fotovoltaicos. É também muito utilizado no financiamento de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Desoneração tributária, ou crédito tributário, ao investimento (*Investment Tax Credits* – ITC): permite que os investimentos em fontes renováveis sejam totalmente ou parcialmente desonerados de obrigações tributárias ou imposto de renda, no caso de consumidor final (pessoa física) que realiza o investimento ou no caso de pessoa jurídica se beneficiando do mecanismo de depreciação acelerada dos ativos relativos ao sistema de geração renovável.

Desoneração tributária na comercialização (*Sales Tax or VAT Exemptions* – STE): aplicada quando há desoneração de tributos que incidem no consumo de energia. É um mecanismo comumente adotado por governos estaduais brasileiros, que reduzem a incidência de ICMS sobre a produção de fontes renováveis.

Certificados verdes negociáveis (*Green Certificate Trading ou Tradable Renewable Energy Certificates* – REC): quotas de consumo ou de produção de energia que são convertidas em certificados, de forma que os que estão produzindo (consumindo) acima da meta podem oferecer os certificados excedentes aos que necessitam. Cada certificado representa a geração certificada de uma unidade de geração renovável. O certificado é um meio pelo qual se pode realizar uma negociação, para atingir a meta de obrigação de produção ou consumo de energia. O certificado pode ser também um meio de consumir indiretamente, de forma voluntária, energia verde.

Créditos tributários durante a operação (*Direct Energy Production Payments or Tax Credits* – PTC): subvenções que o produtor de energia recebe durante o funcionamento da planta de geração de energia renovável, em função da quantidade produzida.

Medição líquida (*Net Metering* - NM): sistema que permite que o fluxo de energia possa ser medido de forma bidirecional, ou seja, mede-se tanto o fluxo de energia que a distribuidora fornece ao consumidor quanto o fluxo de energia que um consumidor, com instalações de geração de energia renovável intermitente, fornece à rede elétrica. O consumidor paga apenas a energia líquida consumida da rede elétrica. A vantagem desse sistema para o consumidor é que ele tem uma energia garantida da rede, quando seu sistema não está operando, e o preço de venda de sua energia renovável e de compra de energia da rede é o mesmo. Este mecanismo foi adotado no Brasil para viabilizar a geração distribuída, principalmente, de energia solar fotovoltaica.

Investimento ou financiamento público (D*irect Public Investment or Financing* – DPI): quando o setor público realiza os investimentos em energia renovável ou oferece crédito em condições mais favoráveis aos investidores em energia renovável.

Leilões públicos de compra de energia (P*ublic Competitive Bidding* - PCB): leilões de compra de energia renovável também são formas usuais de aumentar a participação de fontes renováveis na matriz energética. Geralmente, governos determinam uma quantidade de energia renovável (podendo a quantidade ser divulgada ou não previamente ao leilão) e os produtores que ofertarem o menor preço vencem a licitação. No Brasil, a compra de energia elétrica proveniente de fontes renováveis e a compra de biodiesel é contratada a partir desse mecanismo.



Fonte: PAC

Vale ressaltar a criação da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída pela Lei n.º 13.576, de 26 de dezembro de 2017, que é um bom exemplo de medida de promoção de renováveis, que nasceu da preocupação com as mudanças climáticas. O RenovaBio foi desenhado para introduzir mecanismos de mercado que reconheçam a capacidade de cada biocombustível para reduzir emissões em seu ciclo de vida, individualmente, por unidade produtora. Os principais instrumentos do programa são o estabelecimento das metas nacionais de redução das emissões, a certificação da produção e a emissão dos créditos de descarbonização (CBios).

Por meio do RenovaBio foi criado um mercado de carbono, remunerando as externalidades positivas da redução de emissões de gases de efeito estufa, pela substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, tendo já em seu primeiro ano de execução emitido mais de 14 milhões de créditos de descarbonização e movimentado em torno de R$ 650 milhões (MME, 2021).

As metas nacionais de redução de emissões para a matriz de combustíveis são estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), para um período de 10 anos. A meta atual prevê para 2030 redução de 11% em relação ao valor de referência de 74,25 g CO_{2eq}/MJ, que corresponde à intensidade de carbono média da matriz nacional de combustíveis em 2017. As metas estabelecidas até 2030 (CNPE, Resolução n.º 8, de 18 de agosto de 2020) podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Metas nacionais de geração de Créditos de Descarbonização por Biocombustíveis (CBios).

Ano	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Meta Anual (milhões de CBIO)	34,17	42,35	50,81	58,91	66,49	72,93	79,29	85,51	90,67
Limite Superior	42,67	50,85	59,31	67,41	74,99	81,43	87,79	94,01	99,17
Limite Inferior	25,67	33,85	42,31	50,41	57,99	64,43	70,79	77,01	82,17

Fonte: CNPE, Resolução n.º 8, de 18 de agosto de 2020.

As metas são importantes para trazer previsibilidade em termos de necessidade volumétrica de combustíveis fósseis e renováveis e, assim, permitir que os agentes privados façam seus planejamentos e análises de investimento em um ambiente com menos incerteza. As metas nacionais são desdobradas em metas individuais, anualmente, compulsórias para todos os distribuidores de combustíveis, conforme sua participação no mercado de combustíveis fósseis.

CONTRATAÇÕES PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS (CPS)

Na condição de consumidor de grande porte, o setor público pode impulsionar diretamente o desenvolvimento de um mercado de bens e serviços sustentáveis. As contratações públicas representam, em média, 12% do Produto Interno Bruto (PIB) dos países que fazem parte da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e até 30% do PIB dos países em desenvolvimento (UNFSS, 2020).

No Brasil, estima-se que o mercado de compras governamentais movimente 12,5% do PIB (RIBEIRO; INÁCIO JÚNIOR, 2019). Estudo realizado para avaliar o mercado de compras governamentais no Brasil, no período de 2006 a 2017, demonstra que as despesas com aquisições de bens e serviços pela Administração direta representou, em média, 0,71% do PIB, enquanto os gastos da mesma natureza, pela Administração indireta federal, representaram, em média, 6,1% do PIB (RIBEIRO; INÁCIO JÚNIOR, 2019).

Verifica-se grande potencial para ampliação e transformação do mercado de forma permanente e estável, por meio da realização das CPS, que são um processo pelo qual as organizações públicas suprem suas necessidades de bens, obras e serviços públicos, com bom custo-benefício ao longo de todo o ciclo de vida, gerando benefícios tanto para a organização quanto para a sociedade e a economia, e reduzindo significativamente os impactos negativos sobre o meio ambiente (UNEP, 2017). Neste sentido, é importante ressaltar que as CPS não se limitam à inserção de critérios ambientais, mas contemplam as dimensões sociais, econômicas e culturais.

As CPS não são um fim em si mesmas, mas assumem papel estratégico para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável, ao sinalizar para o mercado a preferência por padrões sustentáveis de produção e consumo. A contratação pública é um processo que envolve várias etapas e a sustentabilidade pode atingir distintos estágios do ciclo de vida da contratação (Figura 20).

Figura 20 - Ciclo de vida da contratação pública



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Com o avanço dos debates sobre a necessidade de conter os impactos negativos no meio ambiente, decorrentes da ação humana, verificou-se a necessidade de prever princípios, regras e diretrizes que norteassem as compras públicas para um consumo mais sustentável, a fim de apoiar a busca do progresso econômico sem comprometer o bem-estar social, e primando por um meio ambiente sadio.

Em escala global, as iniciativas visando um consumo mais sustentável começaram como resultado da Rio-92. Uma das iniciativas mais importantes foi o Processo de Marrakesh. O Brasil aderiu a esse processo em 2007, o que o levou ao desenvolvimento do Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (PPCS), lançado em novembro de 2011 (MMA, 2011). O PPCS definiu as Compras Públicas Sustentáveis como uma das seis estratégias prioritárias para avançar em direção a práticas mais sustentáveis de produção e consumo.

Em 2015, a adoção da Agenda 2030 – Transformando Nosso Mundo – fortaleceu as iniciativas de consumo sustentável, especialmente por meio do ODS 12, meta 12.7, que estabelece que os países promovam práticas de compras públicas sustentáveis, de acordo com as políticas e prioridades nacionais. A realização dessa meta

demanda ações estratégicas, eficientes e integradas, com a parceria do setor empresarial e das organizações da sociedade civil.

No entanto, existem obstáculos a serem superados para o avanço das contratações públicas sustentáveis. Couto e Ribeiro (2011) indentificaram que aspectos mercadológicos, ausência de novas práticas e indicadores, falta de capacitação dos servidores e imposições da legislação são alguns dos fatores que dificultam a implementação das CPS. Em 2012, pesquisa promovida pela Fundação Getulio Vargas (FGV) e pelo Iclei Brasil, sobre sustentabilidade na gestão de compras públicas e empresariais, junto a quase 50 organizações públicas e privadas instaladas no Brasil (BETIOL *et al.*, 2012), identificou três entraves à CPS:

- Estrutural/gerencial, dando conta da falta de apoio e de diretrizes institucionais;
- Financeiro, quando os fatores de custo superam a consideração sustentável;
- Informacional, remetendo ao grau de familiaridade dos operadores de compras, com as políticas sustentáveis, bem como a falta de banco de dados claros e transparentes.

Integrar o desenvolvimento sustentável nas contratações públicas é um grande desafio. Nesse processo, desde 2010, o Governo Federal tem buscado imprimir o princípio do desenvolvimento nacional sustentável, de forma integrada e sistêmica, às fases do processo de contratação pública. A Secretaria de Gestão do Ministério da Economia, órgão central do sistema de serviços gerais, no uso de sua competência regulamentar das atividades de gestão e logística sustentável, tem procurado introduzir regras e procedimentos que levem o gestor público à observância da sustentabilidade em todo o ciclo de vida da contratação pública.

Com a recente publicação do novo ordenamento jurídico de licitações no Brasil, a Lei n.º 14.133, de 1º de abril de 2021, ocorreu uma remodelagem dos procedimentos administrativos envolvidos no processo de licitação e contratação pública nacional, agregando inúmeras vantagens como a simplificação de procedimentos, redução de gastos, maior celeridade, busca pela inovação, aumento da competitividade e da transparência, entre outros. Tal transformação impactará todos os poderes e esferas de Governo (União, Estados, Distrito Federal e Municípios) nos próximos anos.

O novo regramento permitirá superar certas limitações ou lacunas que o ordenamento vigente possuía, como por exemplo:

- A consideração dos custos indiretos relacionados ao impacto ambiental no cômputo do menor dispêndio para a Administração, se objetivamente mensurável;
- A prova da qualidade do produto ou do processo de fabricação, por meio de certificação, laudo laboratorial ou documento similar que possibilite a aferição da qualidade e da conformidade do produto ou do processo de fabricação, emitido por instituição oficial competente ou por entidade credenciada;
- A remuneração varia de acordo com o desempenho do contratado, com base nos critérios de sustentabilidade ambiental.

Quanto às licitações de obras e serviços de engenharia, a nova lei reforça o cumprimento das normas relativas à disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos gerados, à mitigação por condicionantes e compensação ambiental, à avaliação do impacto de vizinhança, à acessibilidade e ao uso de produtos e equipamentos com menor consumo de energia, entre outros.

A inclusão de critérios de sustentabilidade (econômicos, sociais e ambientais) nas contratações públicas, em nível global, tem aumentado ao longo dos anos e é um instrumento essencial para torná-las capazes de promover produção e consumo sustentáveis (UNFSS, 2020).

Cada vez mais, as empresas fornecedoras de bens e serviços públicos devem estar preparadas para atender a um mercado mais exigente, com compromissos sociais e ambientais. A crescente conscientização e demanda dos consumidores por bens produzidos de forma sustentável podem influenciar a busca por mercados sustentáveis competitivos. Nesse contexto, as CPS podem, potencialmente, se constituir em uma alavanca adicional para a transformação do mercado.

Adicionalmente, na condição de consumidor consciente, o Governo, por meio das CPS, pode melhorar a qualidade dos serviços governamentais, reduzir os impactos sociais e ambientais negativos e promover melhor alocação de recursos em toda a economia. Destacam-se as oportunidades para a redução de desperdícios de recursos naturais e destinação adequada dos resíduos sólidos gerados.

Nesse cenário, nasce uma nova concepção na qual as CPS devem ser regra, e não exceção, pois trata-se de um ato legal, eficiente e que atende ao interesse público, ao considerar e integrar critérios de sustentabilidade em todos os estágios possíveis do ciclo de vida de uma contratação. Com o amadurecimento desse entendimento, prevê-se uma evolução na implementação do aspecto da sustentabilidade nas contratações públicas, passando de simples opção do gestor, para ser efetivamente inserida na rotina de contratações públicas, visto emanar de mandamento constitucional.

Com o intuito de implementar as CPS da forma mais efetiva possível, um conjunto de medidas vêm sendo desenvolvidas nos últimos anos, como discutido a seguir.

Legislação e estrutura de governança

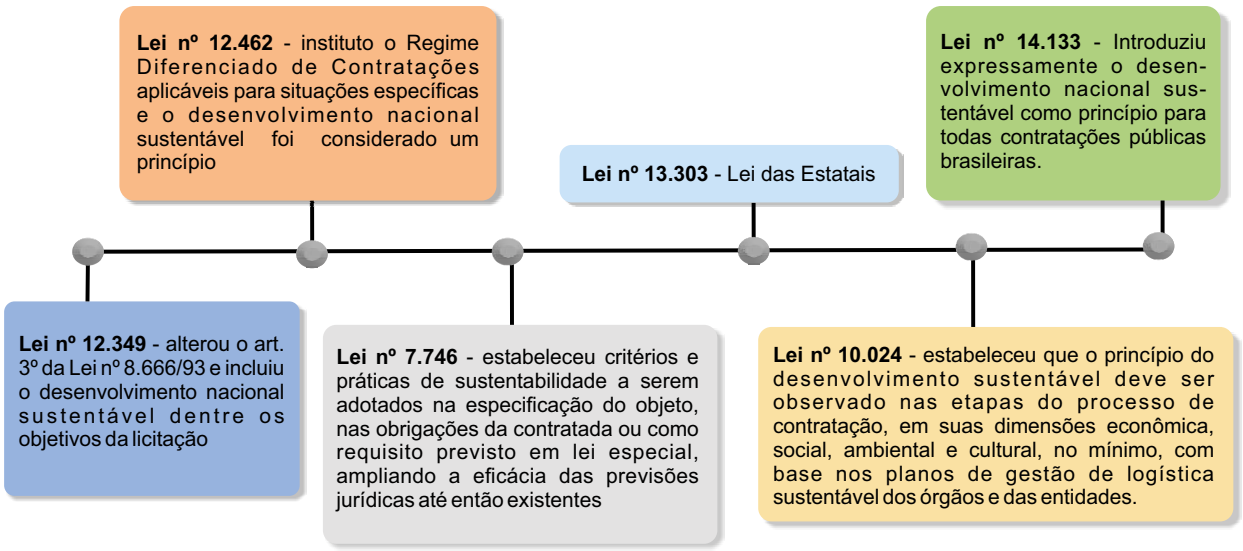
No Brasil, o fundamento para as CPS está na Constituição Federal, artigo 225, *caput*, que estabelece como dever do Estado a defesa e a preservação do meio ambiente para as presentes e futuras gerações. No artigo 170, a defesa do meio ambiente reaparece como um dos princípios da ordem econômica. O inciso VI do *caput* determina a sua observação, inclusive mediante tratamento diferenciado, conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação.

Nesse compasso, a Lei Complementar n.º 123/2006 avança na dimensão socioeconômica, estabelecendo a previsão de tratamento diferenciado e simplificado para as microempresas e empresas de pequeno porte, objetivando a promoção do desenvolvimento econômico e social no âmbito municipal e regional, a ampliação da eficiência das políticas públicas e o incentivo à inovação tecnológica, além de licitações destinadas exclusivamente à participação de microempresas e empresas de pequeno porte.

Até 2010, o regramento jurídico de licitações e contratos vigente, a conhecida Lei n.º 8.666/93, não previa o desenvolvimento nacional sustentável como princípio norteador das compras públicas. Dessa forma, as contratações públicas, em sua grande parte, tinham como foco a obtenção do menor preço, sem uma preocupação efetiva sobre os impactos decorrentes do consumo governamental. Considerando o grande alcance das atividades relacionadas à logística pública, que vão desde a administração de prédios públicos, transporte, comunicações administrativas, suprimento de materiais, obras e serviços gerais, fica claro a importância de a Administração Pública atuar como consumidor responsável e consciente do impacto negativo que suas ações podem causar.

Desde a Instrução Normativa n.º 01/2010, considerada como o marco das CPS no Governo Federal, até a publicação da nova lei de licitações, em abril de 2021, várias iniciativas foram implementadas para promover a sustentabilidade na Administração Pública. As principais estão destacadas na Figura 21.

Figura 21 - Principais alterações normativas para promover a sustentabilidade na Administração Pública.



Fonte: Elaborado pelos autores (compilação de normas legais), 2021.

O Decreto n.º 7.746/2012 cria uma estrutura de governança para inserir a sustentabilidade na Administração Pública, por meio da Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública (Cisap), que funcionou regularmente durante o período de 2012 a 2018, sendo extinta formalmente em 2019. Por meio do referido decreto, também foram instituídos os Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS), que integram diversas iniciativas existentes à época: Projeto Esplanada Sustentável (PES); Programa de Eficiência do Gasto (PEG); Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P); Coleta Seletiva Solidária e Contratações Públicas Sustentáveis.

Atualmente, a Rede Nacional de Compras Públicas (RNCP), criada pela Portaria MPOG n.º 165, de 18 de junho de 2018, tem promovido a interação e a cooperação entre as unidades de compra no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, visando modernização, eficiência, inovação e aprimoramento de modelos e processos.

Ferramentas de apoio para a implementação das CPS

Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS): foram criados pelo Governo Federal como instrumentos de governança aptos a estimular e garantir a aplicação do princípio do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações e na logística dos órgãos e entidades. Para isso, cada instituição deve elaborar seu próprio plano de ação, visando a implementação de práticas de sustentabilidade e racionalização de gastos e processos, por meio do estabelecimento de objetivos, metas, ações e responsáveis, prazos de execução e mecanismos de monitoramento e avaliação.

Catálogos de serviços (Catser) e de materiais (Catmat): são instrumentos para facilitar a inclusão de critérios de sustentabilidade nas compras, especialmente, critérios ambientais. Esses catálogos são um banco digital, periodicamente revisado, que permite a padronização com inclusão de atributos de sustentabilidade. Atualmente, conta com 1.094 itens classificados

como sustentáveis. Os catálogos contribuem para o alcance da sustentabilidade, transparência e legalidade.

Sistema ETP digital: disponibilizado em 2020, promete se tornar uma base sólida de informações sobre os estudos técnicos realizados pelos gestores de compras, quando da análise da solução mais adequada à necessidade da Administração. No âmbito federal, os órgãos e entidades, ao descrever os requisitos necessários e suficientes à escolha da solução, devem prever critérios e práticas de sustentabilidade, além de possíveis impactos ambientais e respectivas medidas de tratamento, conforme os incisos II e XII do art. 7º da IN Seges n.º 40, de 22 de maio de 2020. Os governos estaduais e municipais também podem usar a ferramenta, bastando celebrar um termo de adesão. As informações incluídas no sistema podem ser visualizadas por todos os usuários, tornando-se uma grande fonte de consulta e de disseminação de boas práticas.

Reúse.Gov: solução tecnológica que conecta interessados ao dar publicidade às ofertas de bens móveis e serviços para a Administração Pública, pelos próprios órgãos de Governo, ou oferecidos por particulares ou empresas. Inicialmente, a plataforma disponibilizava apenas bens da Administração Pública, sem uso, e com potencial de reaproveitamento por outros órgãos e entidades, o que facilita a comunicação entre quem oferta e quem precisa, além de fomentar a economia circular e otimizar a gestão do recurso público, alongando seu tempo de vida útil, por meio do reaproveitamento. Atualmente, esta plataforma também é utilizada como prateleira virtual, onde cidadãos e empresas podem doar bens e serviços, com ou sem ônus ou encargos.

Plano Anual de Contratação: com o intuito de desenvolver uma cultura de planejamento das contratações na Administração Pública federal, em 2018, foi publicada a Instrução Normativa Seges n.º 1, que estabelece a obrigatoriedade dos órgãos e entidades elaborarem, anualmente, um plano com todas as contratações e renovações que pretendem realizar no ano seguinte. Esse foi um importante passo para que os gestores reflitam sobre suas reais necessidades e ponderem suas prioridades, contribuindo para o desenvolvimento de um consumo mais consciente.

Com a elaboração dos Planos Anuais de Contratações vislumbram-se diversas vantagens para a Administração: fortalecimento da gestão e da governança das contratações, ampliação das possibilidades de contratações conjuntas, possibilidade de sinalizar preferências ao mercado fornecedor, que pode se preparar com antecedência, aumento da transparência e do controle pela sociedade, entre outros ganhos institucionais.

A partir da elaboração dos planos, a Central de Compras do Ministério da Economia pode qualificar melhor os objetos a serem incluídos em seu portfólio de ações, devido ao acesso a dados agregados em termos de volume e de principais necessidades da Administração, trazendo, além de economia processual, meios de implementar a sustentabilidade em modelos padronizados de compras, de grande alcance.

TaxiGov: serviço de transporte de servidores e colaboradores da Administração Pública em deslocamento a trabalho, com uso de táxis. Foi iniciado em 2017 e, desde 2019, o projeto tem se expandido para outras localidades do Brasil, alcançando várias capitais. A iniciativa, além de melhorar a oferta de serviços de transporte administrativo ao servidor, promove uma mudança de paradigma na Administração Pública, ao implementar a cultura da substituição de aquisição de bens por contratação de serviços.

A substituição de produto por serviço, denominada economia funcional ou do acesso (*servicising*), é um tema que tem entrado na agenda das organizações, com o intuito de criar o maior valor de uso possível, pelo maior tempo possível, com menor consumo de recursos materiais e energia. Essa economia funcional, abordagem produto-serviço ou economia do acesso, promove a redução do uso de recursos naturais (SANNE, 2002) É, portanto, consideravelmente mais sustentável, ou desmaterializada, do que a economia atual, que se concentra na produção como seu principal meio de criação de riqueza e fluxo de materiais (STAHEL, 1997).

O que ocorre neste modelo não é a venda do produto em si, mas a venda do uso, ou seja, o cidadão recebe um resultado ou solução e não algo físico. O contratante paga pela utilização e funcionalidade e não pela aquisição, reduzindo riscos, responsabilidades e custos tradicionais associados à posse, já que esta é de responsabilidade da empresa que oferece o serviço. O que se busca é trabalhar com *leasing* ou locação de produtos, transformando a necessidade de compra num contrato de prestação de serviços (BETIOL, 2013).

Nessa perspectiva, o TaxiGov reduz a demanda da Administração, por novos veículos, e otimiza a utilização de prédios e espaços públicos. Até maio de 2021, a iniciativa havia gerado economia de R$ 29 milhões aos cofres públicos.

Almoxarifado Virtual Nacional: solução para suprimento de materiais de escritório, disponível para todos os órgãos e entidades públicas de todo o País. O serviço começou em 2018, no Distrito Federal, mas está sendo expandido para todo o Brasil, em etapas graduais de implantação. Baseia-se no atendimento sob demanda, evitando o desperdício de produtos decorrentes de uma projeção mal estimada ou de flutuações no próprio consumo, que levam ao acúmulo de estoques, que se tornam obsoletos com o tempo, e que requerem frequente controle e espaço físico. A contratação centralizada prevê, conforme Termo de Referência, uma cesta inicial de produtos compostos por materiais reciclados ou recicláveis, e de menor impacto ambiental, podendo, posteriormente, serem incluídos outros, conforme a necessidade de cada contratante.

De acordo com dados publicados no sítio do Ministério da Economia (2021), desde a implementação do projeto-piloto, em 2018, a iniciativa reduziu em 78,9% os custos de transação e os administrativos, relacionados a processos de compras de materiais de consumo (deixaram de ser realizados no período, aproximadamente, 130 processos licitatórios). A iniciativa promoveu, ainda, uma otimização no uso dos espaços em prédios públicos (1.105 m² de estoque desocupados). Espera-se que com a implantação total do serviço, a economia gerada em toda a Administração Pública federal chegue a R$ 78 milhões anuais.

Compras Compartilhadas: estratégia adotada por diversas instituições públicas no País, de forma a fomentar e incentivar as CPS. Possibilita que instituições que têm dificuldade em realizar as CPS, individualmente, participem de processos colaborativos. A primeira compra compartilhada sustentável ocorreu em 2010, foi realizada por algumas instituições públicas federais no Rio de Janeiro e gerenciada pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro, para aquisição de material de expediente. Essa iniciativa é modelo para várias instituições no País.

AntecipaGov: programa de antecipação de recebíveis do Governo Federal, em que as empresas com contrato ativo com a Administração Pública podem solicitar empréstimos e financiamentos em instituições financeiras credenciadas pelo Ministério da Economia, na ordem de até 70% do valor total do contrato. Por meio do Portal de Crédito, os fornecedores podem, de forma simples e prática, utilizar seus contratos administrativos como garantia e acompanhar suas solicitações. Mostra-se, portanto, como uma iniciativa de sustentabilidade econômica, que visa promover oportunidades de crédito e fomentar o mercado. Trata-se de ferramenta de extrema relevância para o empreendedor brasileiro, principalmente neste momento de crise financeira decorrente da pandemia.

SEI: o Sistema Eletrônico de Informações (SEI), desenvolvido pelo Tribunal Regional Federal da 4ª Região (TRF-4), é uma ferramenta de gestão de documentos e processos eletrônicos que tem como objetivo promover a eficiência administrativa e reduzir a demanda por materiais de escritório, principalmente papel. Sua implantação no executivo federal teve início em 2012 e, atualmente, o principal desafio é a integração dos sistemas eletrônicos de informação de toda a Administração Federal – processo conhecido como barramento.

O uso do SEI reduziu consideravelmente a tramitação de documentos físicos, a utilização de espaços reservados a arquivos, a demanda por

materiais de escritório e a circulação de pessoas envolvidas na distribuição de correspondências e documentos oficiais. Os impactos positivos gerados pela implantação do SEI alcançam dimensões ambientais, sociais e econômicas, sendo considerado um marco na gestão documental e da informação na Administração Pública.

Treinamento e capacitação

Escolas de Governo: têm papel essencial na implementação das CPS, por meio da capacitação de servidores. Nos últimos anos, vários cursos sobre elaboração de planos de gestão de logística sustentável, conceituação de critérios de sustentabilidade e sua utilização em procedimentos licitatórios e sobre outros assuntos relacionados foram promovidos por escolas como a Escola Nacional de Administração Pública (Enap), a Escola da Advocacia-Geral da União (Eagu) e o Instituto Serzedello Corrêa (ISC).

Programa Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P): promove a responsabilidade socioambiental nas instituições públicas e tem como um de seus eixos de atuação as Compras Públicas Sustentáveis. Trata-se de um mecanismo de incentivo e disseminação da CPS na Administração Pública. Como a A3P é um programa de adesão voluntária pelas instituições públicas e existe há mais de 20 anos, consegue alcançar inúmeras instituições e promover a pauta em todas as esferas de Governo. De 2012 a 2018, a A3P promoveu uma série de cursos presenciais em todos os estados e um dos tópicos dos cursos foi a CPS. Esses cursos contaram com a participação de mais de 5.000 gestores públicos. Em 2021, foi lançado o curso de EaD da A3P, que também aborda a CPS em seu conteúdo. Esse curso conta com 1.914 inscritos até o momento. O sistema de monitoramento *online* da A3P, o Ressoa, também auxilia as instituições, com adesão ao programa, a verificarem seu desempenho em relação à CPS.

É importante destacar que a A3P era parte integrante do PES e foi utilizada como base na concepção do PLS, que incorporou os eixos de atuação do programa. A A3P atua em parceria com várias instituições, como a AGU, para a promoção da CPS no País, bem como realiza e participa de eventos que promovem a CPS. Outra ferramenta de disseminação e divulgação da CPS é o Portal da A3P. Além disso, a A3P promove o Fórum e o Prêmio da A3P, que auxiliam na divulgação e disseminação da CPS.

Projeto de Edifícios Públicos Sustentáveis: no campo das contratações de obras e serviços de engenharia, merece destaque o material produzido pela Rede Legislativo Sustentável:

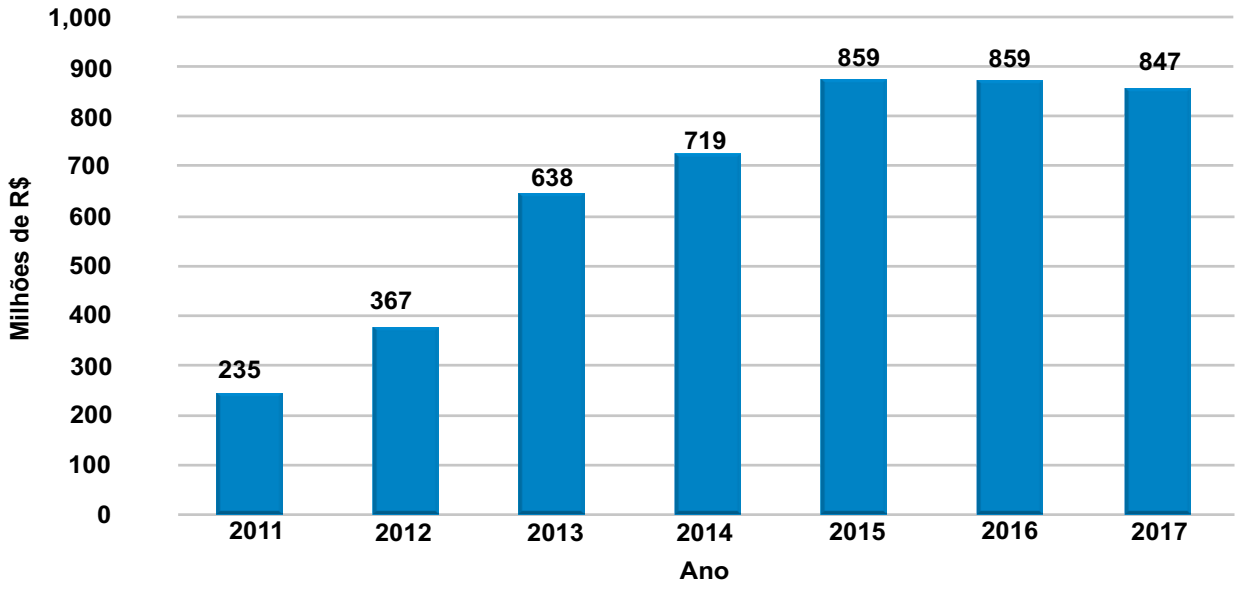
> "A obra apresenta uma análise do método de projeto para esses edifícios, a partir de quatro abordagens: cultural, econômica, ambiental e arquitetônica, retratando, com centenas de ilustrações, exemplos conceituais concebidos por arquitetos de todo o mundo. A aplicação desses conceitos significa nova percepção para questões quase sempre subestimadas no planejamento dos ambientes públicos, e daí os impactos que esses novos preceitos tendem a trazer ao nosso dia a dia" (VIGGIANO, 2019, p. 6).

Guia Nacional de Contratações Sustentáveis da AGU: disponível para livre acesso no sítio eletrônico da Instituição, apresenta um modelo de edital de coleta seletiva solidária para a inclusão de associações cooperativas de catadores de materiais recicláveis (Decreto n.º 5.940/2006). O Guia Nacional de Contratações Sustentáveis da AGU oferece segurança jurídica aos gestores públicos, na implementação das CPS, com orientações gerais sobre o tema e detalhamento das normas obrigatórias a serem inseridas nos editais, de acordo com cada objeto contratual. Trata-se de iniciativa da Advocacia-Geral da União, por sua Câmara Nacional de Sustentabilidade/Consultoria-Geral da União.

Iniciativas de uso do poder de compra do Estado

Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE): a aquisição de gêneros alimentícios da agricultura familiar, por meio do PNAE, é um exemplo eficaz do uso do poder de compra do Estado, para promover o desenvolvimento sustentável. Desde junho de 2009, por meio da Lei n.º 11.947/2009, 30% do total dos recursos financeiros repassados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) passaram a ser investidos na compra direta de produtos da agricultura familiar, estimulando o desenvolvimento econômico e sustentável das comunidades. De 2011 a 2017, foram utilizados R$ 4,5 bilhões na compra de gêneros alimentícios diretamente da agricultura familiar (Figura 22).

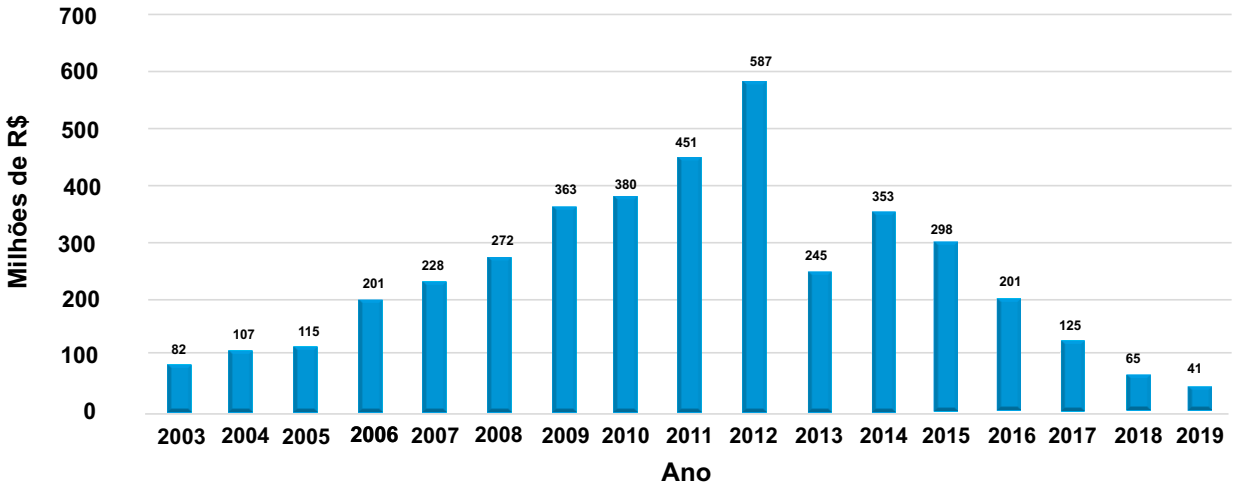
Figura 22 – Valores investidos na aquisição de gêneros alimentícios diretamente da agricultura familiar para o PNAE.



Fonte: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Planilhas com dados de aquisições da agricultura familiar, anos 2011 a 2017. Disponível em: http://www.fnde.gov.br/index.php/programas/pnae/pnae-consultas/pnae-dados-da-agricultura-familiar. Acessado em julho de 2021.

Programa de Aquisição de Alimentos (PAA): criado pelo art. 19 da Lei n.º 10.696, de 2 de julho de 2003, tem como finalidades promover o acesso à alimentação e incentivar a agricultura familiar. É executado por meio de seis modalidades: i) compra com doação simultânea; ii) compra direta; iii) apoio à formação de estoques; iv) incentivo à produção e ao consumo de leite; v) compra institucional; vi) aquisição de sementes. Desde a sua execução, o programa tem contribuído para gerar renda, sustentar os preços aos agricultores familiares e promover a segurança alimentar e nutricional das populações urbanas e rurais. De 2003 a 2019, foram aplicados mais de R$ 4 bilhões no PAA (Figura 23).

Figura 23 - Recursos repassados à Conab para operacionalização do PAA.



Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Sumários Executivos de Execução do PAA, anos 2003 a 2015, e Compêndios de Execução do PAA, anos 2016 a 2019. Disponíveis em: https://www.conab.gov.br/agricultura-familiar/execucao-do-paa?view=default. Acessado em julho de 2021.

TURISMO SUSTENTÁVEL

A expressão turismo sustentável indica um esforço em busca de soluções e inovações, em favor de um turismo mais orientado para a sustentabilidade. Não se trata, portanto, de um segmento ou nicho do turismo, mas de um processo em constante construção, em busca de um turismo desejável, ou seja, que soma esforços no caminho para a sustentabilidade de suas atividades (COSTA, 2013). Pode-se dizer que o turismo sustentável se manifesta em ações para maior eficiência energética, nos meios de hospedagem, até a promoção de conhecimentos em experiências turísticas junto a povos tradicionais. Nesse contexto, sob a perspectiva de experiências associadas à sustentabilidade do turismo, pode-se citar como exemplos iniciativas de turismo responsável, o turismo de aventura, o turismo ecológico/ecoturismo e o turismo de base comunitária.

Há, no entanto, algumas definições, como a adotada pelo Ministério do Turismo, que considera o turismo sustentável como "a atividade que satisfaz as necessidades dos visitantes e as necessidades socioeconômicas das regiões receptoras, enquanto os aspectos culturais, a integridade dos ambientes naturais e a diversidade biológica são mantidas para o futuro" (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2016, p. 7). Isso revela que o conceito busca integrar dimensões ecológicas, sociais e econômicas no turismo, dentro de uma perspectiva de longo prazo (NASCIMENTO; COSTA, 2018).

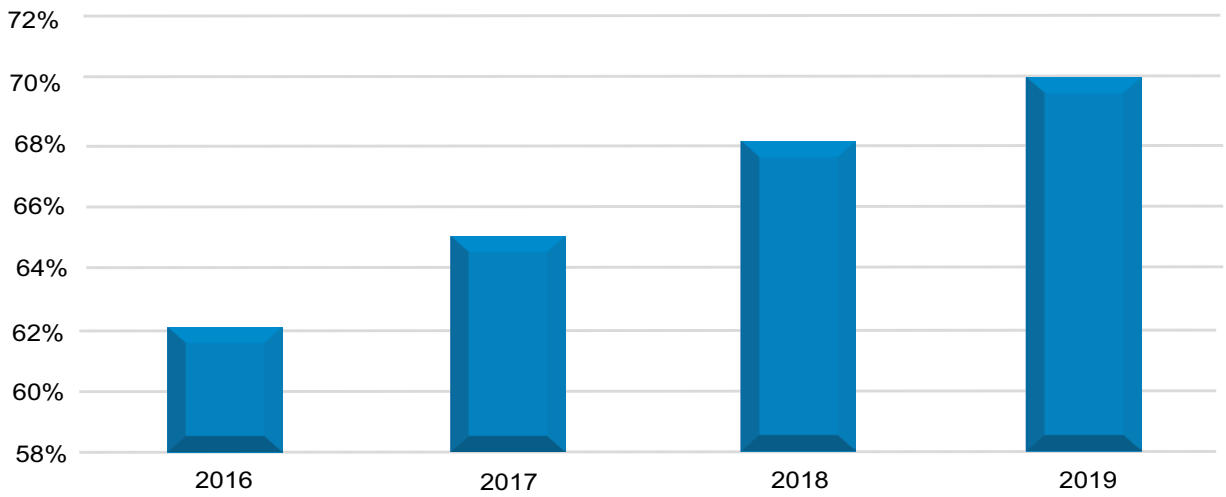
A Organização Mundial do Turismo, por sua vez, indica que o turismo sustentável deve ser o que contribui para a realização dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, abrindo novas possibilidades de interpretação, estudo e implementação de políticas públicas e iniciativas de turismo sustentável pelo setor privado (OMT, 2019). Entende, assim, que o turismo pode se fortalecer como atividade que contribui, especialmente, para objetivos como a produção e o consumo responsáveis, a proteção aos ecossistemas marinhos e terrestres, o trabalho decente, a redução de desigualdades, a atenção a questões climáticas, entre outros aspectos contemplados nos ODS.

Em geral, o turismo é um setor no qual as atividades e serviços têm uma complementariedade entre as empresas, a sociedade e os diversos níveis de Governo. Cabe ao setor privado, predominantemente, a oferta de hospedagem e de serviços de alimentação e experiências gastronômicas. O setor público,

por sua vez, está envolvido com a manutenção e operação de alguns atrativos (como praias, unidades de conservação, museus etc.) e outras ações como a divulgação cultural, promoção de destinos, além da infraestrutura para a balneabilidade das praias, gestão de resíduos, segurança, entre outras funções atribuídas a órgãos estatais. A construção e implementação de políticas públicas voltadas ao turismo também é ação de Governo, com impacto na sustentabilidade do setor. Nesse sentido, pode-se dizer que a promoção e a expansão do turismo sustentável dependem da articulação e integração de muitos setores distintos, ou seja, há maiores chances de se alcançar a sustentabilidade quando há efetiva governança entre esses atores.

Na prática, a expansão da sustentabilidade no turismo tem ocorrido, em grande parte, devido ao aumento na demanda por serviços relacionados a essa perspectiva. Em 2019, uma pesquisa encomendada pela *Booking.com*[19], envolvendo um total de 18.077 entrevistados, em 18 países, incluindo o Brasil, demonstra que o interesse dos turistas por acomodações mais sustentáveis/ecológicas tem aumentado nos últimos anos, como mostra a Figura 24.

Figura 24 – Demanda por reserva de acomodações mais sustentáveis/ecológicas.



Fonte: *Booking.com*, 2019.

Em relação ao turismo internacional, a publicação Demanda Turística Internacional, do Ministério do Turismo[20], realizada pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe), considerando o ano de 2019, mostra que 54,3% dos turistas internacionais que visitaram o Brasil, cerca de 3,35 milhões de visitantes, tiveram como motivo principal de sua viagem o lazer. Desses, 64,8% (2,24 milhões) indicaram sol e praia como o atrativo maior; 18,6% (642 mil) escolheram o País por conta da natureza, ecoturismo ou turismo de aventura, e 13,4% (462 mil) vieram por conta de motivos culturais. Todos esses turistas, em alguma medida, vieram ao Brasil por causa de aspectos associados e dependentes da sustentabilidade da atividade turística. Em média, permaneceram no País 11,2 dias e gastaram US$ 52,12/dia. Assim, também, em média, cada turista internacional foi fonte de entrada de US$ 583,74. No total, os

19 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://partner.booking.com/en-gb/click-magazine/sustainable-tourism-becomes-priority-72-global-travellers.

20 Disponível em: http://www.dadosefatos.turismo.gov.br/2016-02-04-11-54-03/demanda-tur%C3%ADstica-internacional.html. Assessado em setembro de 2021.

recursos trazidos pelo turismo de lazer, em 2019, foram de US$ 1,96 bilhão, aproximadamente. Os turistas internacionais que declararam diretamente interesse em natureza, ecoturismo ou aventura somaram, aproximadamente, 642 mil, o que ressalta a importância de ativos bem conservados, para que se ofertem experiências singulares e de alta qualidade no turismo brasileiro (COSTA; NASCIMENTO, 2021).

Ainda no que diz respeito às motivações para o turismo sustentável, em âmbito nacional, de acordo com o Módulo sobre Turismo, da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (Pnad Contínua), os turistas domésticos definiram "cultura e turismo de natureza" como as principais razões para 52,8% das viagens de lazer (IBGE, 2020).

O grande apelo da biodiversidade brasileira e os esportes de aventura também se destacam entre as razões que levam os turistas a viajarem. Em 2016, o Brasil foi considerado o primeiro destino do mundo para o turismo de aventura, de acordo com pesquisa divulgada no Fórum Econômico de Davos[21]. Isso acontece também devido à maior oferta de serviços de hospedagem, que promovem a valorização da biodiversidade e da vida silvestre e, ainda, devido a um novo tipo de hospedagem mais comprometida com a conservação e a sustentabilidade. Em 2020, o Fórum Econômico Mundial, com base na oferta de atrativos naturais, classificou o Brasil como o segundo destino do mundo. Em 2021, pelo sexto ano consecutivo, o Brasil foi considerado o primeiro país no mundo na oferta de turismo de aventura, bem como as praias e o Carnaval do Rio de Janeiro constam como alguns dos destaques (USNEWS, 2021).

A riqueza e a diversidade cultural têm impacto positivo na demanda por serviços turísticos sustentáveis no Brasil, criando possibilidades de desenvolvimento das comunidades locais e redução da pobreza, a partir de novas fontes de renda para as populações.

O grande potencial para criar oportunidades de desenvolvimento econômico e social é uma característica do setor de turismo, quando aliado ao compromisso da sustentabilidade. No entanto, na perspectiva da sustentabilidade, a pressão exercida pelo turismo é decorrente, principalmente, do setor de transportes e expansão das viagens, especialmente as aéreas, do alcance e do número de turistas, sempre crescentes, até a pandemia iniciada em 2020. A Tabela 4 demonstra a expansão das viagens aéreas nos últimos 20 anos.

Tabela 4 - Movimento nacional de passageiros em aeroportos do Brasil – embarques (voos regulares e não regulares).

Ano	Passageiros
2000	27.977.330
2005	38.481.711
2010	68.766.042
2015	96.366.863
2019	96.619.689

Fonte: Ministério do Turismo, 2021a.

Nesse contexto, pode-se dizer que a emissão de gases de efeito estufa está entre uma das pressões exercidas sobre o meio ambiente, associadas ao turismo. Os destinos de aventura ou de natureza, num país com a dimensão do Brasil, frequentemente são acessíveis após um deslocamento dos turistas, muitas vezes, por centenas de quilômetros. A emergência climática é hoje um dos maiores desafios para o turismo, e não só no Brasil. A emissão de gases causadores de efeito estufa em toda a cadeia de serviços turísticos é objeto de atenção e pode ser um fator diferenciador nos produtos oferecidos, a começar das viagens e de sua pegada ambiental.

Também entre os impactos ambientais estão aqueles derivados da presença dos turistas e de seus comportamentos. Segundo estudo publicado pela Fundação Heinrich Böll, a população flutuante nas cidades de nosso litoral

21 Disponível em http://www.semco.com.br/2016/01/31/brazil-is-the-worlds-top-country-in-adventure-tourism/. Acessado em setembro de 2021.

pode aumentar em até 500% e, no período de maior atividade turística, a produção de lixo em cidades costeiras mais do que duplica. Ainda segundo essa mesma publicação, o aumento da concentração de lixos em praias, na região Sul, pode levar a perdas entre US$ 880 mil a US$ 8,5 milhões em âmbito municipal. A avaliação do impacto econômico do lixo na atividade turística, considerando o País todo, não foi realizada, mas o dado que alcança um município oferece uma dimensão do quanto expressivo é esse impacto (FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL, 2021).

Ainda que não causada diretamente pela atividade turística, outras formas de pressão comprometem ou desafiam a sustentabilidade do setor. Entre essas, tem destaque o aumento no número das queimadas em regiões associadas ao turismo de natureza, como é o caso do Pantanal e da Amazônia. Acidentes com a exploração de petróleo e a derivação de manchas de óleo pelo mar, alcançando a costa brasileira, também são restrições à sustentabilidade no setor de turismo.

Algumas regiões de grande atração de turistas também são marcadas por grande desigualdade social. Este cenário propicia a existência de um desafio para a sustentabilidade social do turismo, que é a exploração sexual de jovens e adolescentes. O Ministério do Turismo tem tratado do assunto por meio de várias iniciativas, como é o caso do Código de Conduta, elaborado para o setor. Em junho de 2021, foi realizada uma rodada de reuniões para aprimorar a segurança turística no País. Na ocasião, foram propostas ações para prevenir a exploração de crianças e adolescentes, além de outras, como segurança urbana e epidemiológica (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2021b).

A escalada da violência urbana, com repercussão internacional, pela qual tem passado o País nos últimos anos, também ressalta outro desafio para o setor de turismo, relacionado à sustentabilidade social, que é a segurança dos turistas. Em várias cidades já foram estabelecidas as delegacias para atendimento específico aos turistas, o que ameniza, mas não remove, uma percepção negativa que pode subtrair possibilidades de desenvolvimento do setor e prejudicar a imagem do País perante potenciais viajantes.

Conflitos no uso da terra e, por vezes, apropriação ou uso irregular de territórios indígenas ou de povos tradicionais também estão entre as pressões que a expansão do turismo acarreta, e que desafiam sua sustentabilidade. São muitos os conflitos registrados e não só na orla marítima, como é o caso daquele que se dá entre a pesca esportiva e os pescadores artesanais e populações ribeirinhas no Rio Negro. As ditas "terras de ninguém" (da União), por exemplo, têm sido ocupadas oportunisticamente por empreendimentos da pesca desportiva e do turismo associado (LEME DA SILVA, 2011).

Pode-se dizer que a qualidade e a preservação ambientais associadas à atividade turística não estão relacionadas apenas aos desafios de combater a degradação ambiental, mas envolve desafios sociais e econômicos de viabilização da atividade. Os benefícios da valorização das paisagens, da biodiversidade e dos conhecimentos tradicionais, em suas múltiplas expressões, podem aumentar a pressão ambiental resultante de uma maior produção de resíduos e eventuais perdas de biodiversidade e tensão social, como é o caso dos grandes empreendimentos turísticos, que trazem mão de obra qualificada de outros lugares, não permitindo a inserção da população local em novos postos de trabalho. Em contraposição, existem também iniciativas autogestionadas por comunidades locais, que valorizam a natureza, distribuem benefícios e fortalecem os laços sociais.

Nesse contexto, o desenvolvimento do setor do turismo depende hoje, em boa parte, de que sua rota em direção à sustentabilidade seja bem evidente aos olhos dos consumidores dos serviços de turismo e dos produtores da atividade.

O setor do turismo vem respondendo de formas muito diversas ao desafio da sustentabilidade, em uma combinação de iniciativas que vêm ora exclusivamente do setor privado, ora do Setor Público e, por vezes, em parcerias entre esses setores. Uma dessas iniciativas é a da certificação de produtos e

serviços, que garantem maior atratividade aos destinos turísticos. É o caso da região do Serro, em Minas Gerais, que passou a ter sua região de produção secular de queijos reconhecida com um selo de origem, o que ajuda na divulgação do turismo na região, especialmente depois de premiações internacionais para a produção local (PREFEITURA DE SERRO, 2018).

A criação de premiações tem sido uma maneira de divulgar boas práticas, dando visibilidade a casos de sucesso no turismo. São vistas como um estímulo, para que organizações continuem praticando ações mais sustentáveis, e como um mecanismo, sobretudo para aumentar a credibilidade na comunicação com clientes. Como exemplo, há o Prêmio Braztoa, de sustentabilidade, lançado em 2012, que é o primeiro do mundo a receber a chancela da Organização Mundial do Turismo (OMT). Trata-se de uma parceria da Associação Brasileira das Operadoras de Turismo com o Ministério do Turismo, que promove projetos que impactam o setor a partir de boas práticas ambientais, econômicas e socioculturais. Os premiados estão indicados em um mapa (Ministério do Turismo) e estudos indicam que receber o prêmio tende a fortalecer práticas de sustentabilidade entre esses empreendimentos (SANTOS, COSTA; ALFINITO, 2019).

O turismo de base comunitária, por sua vez, compõe o conjunto das respostas ao desafio da sustentabilidade no turismo. Envolve especialmente comunidades tradicionais, que moram nas unidades de conservação, que têm no turismo uma alternativa de renda e oportunidade de valorizar a própria cultura. Há várias iniciativas distintas, que alcançam desde a experiência do modo de vida local até o turismo de sol e praia. As unidades de conservação que têm registro desse tipo de turismo são: Reservas Extrativistas como Marinha do Soure, Prainha do Canto Verde, Unini e Chico Mendes; Florestas Nacionais como Tapajós e Purus; e até mesmo Parques Nacionais como Jaú e Chapada Diamantina (ICMBIO, 2017).

A Acolhida na Colônia é outro projeto de muita afinidade com o turismo e sua sustentabilidade. É uma associação criada no Brasil, em 1999, que soma cerca de 200 famílias de agricultores, que têm o agroturismo ecológico como orientação. É integrada à



Cachoeira do Véu de Noiva - Chapada dos Guimarães/MT
Fonte: Flávio André/Ministério do Turismo

Rede Accueil Paysan, atuante na França desde 1987 (ACOLHIDA NA COLÔNIA, 1999). Seu aspecto mais marcante é a valorização da cultura e da tradição rural, além da cooperação entre os pequenos empreendimentos.

Os Planos Nacionais de Turismo[22] e o "Guia Turismo e Sustentabilidade: orientações para prestadores de serviços turísticos" (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2016) estão entre iniciativas de Governo que procuram responder ao desafio da sustentabilidade do turismo, na medida que trazem documentos norteadores da ação pública e privada. Iniciativas como o Passaporte Verde e Xingu Sustentável também estão entre as ações governamentais para o setor.

A experiência do turismo no município de Bonito/MS, muito premiada nacional e internacionalmente, exemplifica um caso de sucesso em ecoturismo, com paisagens naturais e rios de águas cristalinas, cachoeiras e grutas. A regulação da visitação, o respeito à capacidade de suporte dos atrativos, evitando o turismo predatório, aliados a uma forte governança local, explica o sucesso de Bonito e sua manutenção como destino turístico de destaque.

A redução ou compensação na emissão de gases de efeito estufa em todo o conjunto das atividades que compõem o turismo, apesar de ser um dos desafios mais importantes hoje na pauta do turismo, é também uma das principais oportunidades para o Brasil, especialmente quando são consideradas as vastas extensões de terra agrícolas de baixo rendimento no País, especialmente pastagens. Alguns segmentos que fazem uso intensivo de combustível fóssil, como a aviação e os cruzeiros, tendem a ser mais afetados por mudanças nesse aspecto e podem contribuir mais fortemente para a solução.

Há que se ressaltar também que as várias iniciativas de Governo se ressentem da falta de indicadores de sustentabilidade do turismo confiáveis e com séries históricas consistentes metodologicamente. Assim sendo, algumas descontinuidades e falta de avaliação resultam em muitas dúvidas quanto à efetividade das iniciativas, para a promoção do turismo sustentável.

Efeitos da pandemia sobre o setor do turismo

O setor do turismo foi um dos mais fortemente atingidos pela pandemia de Covid-19, que se iniciou em 2020 e provocou quedas abruptas na atividade turística em todo o mundo. Em janeiro de 2021, a OMT registrou queda de 74% das chegadas internacionais, resultando em perda de US$ 1,3 trilhão em receitas de exportação. Um estudo da FGV realizado em 2020, por sua vez, estimou que as perdas econômicas do setor de turismo no Brasil seriam significativas. Estas seriam da ordem de 38,9% em 2020 e 4,2% em 2021, em comparação ao PIB do setor em 2019. Dessa forma, a perda total do setor turístico brasileiro foi estimada em R$ 116,7 bilhões no biênio 2020-2021, o que representa perda de 21,5% na produção total do período (BARBOSA *et al.*, 2020). Segundo dados do Banco Central do Brasi[23], no primeiro trimestre de 2021, houve receita cambial, associada às viagens, de US$ 693 milhões, contra US$ 1, 54 bilhão em 2020, registrando queda de 55%. As despesas de viajantes brasileiros no exterior, de acordo com o mesmo critério, tiveram queda ainda maior, de 71%. Caíram de US$ 2,93 bilhões no primeiro trimestre de 2020 para US$ 860 milhões para o mesmo período de 2021.

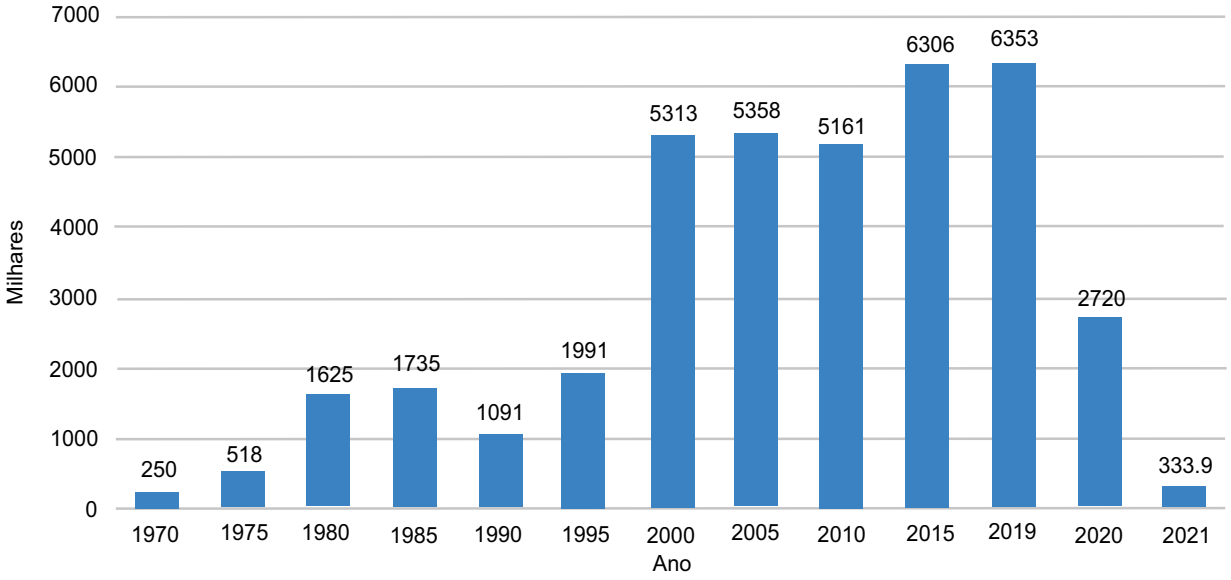
Outra indicação do impacto da pandemia diz respeito ao número total de desembarques de voos internacionais, que incluem viajantes nacionais e estrangeiros. Em relação aos turistas internacionais, segundo dados da Agência

22 Mais informações podem ser obtidas no *site:* Disponíveis em https://www.gov.br/turismo/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/plano-nacional-do-turismo.

23 Receita e despesa cambial turística no Brasil, segundo dados do Banco Central do Brasil. Disponíveis em: http://www.dadosefatos.turismo.gov.br/estat%C3%ADsticas-e-indicadores/receita-cambial.html.

Nacional de Aviação Civil e do Ministério do Turismo[24], como mostra a Figura 25, 333,9 mil estrangeiros desembarcaram no País no primeiro trimestre de 2021, registrando queda histórica de 87,7% diante do mesmo período de 2020, quando os desembarques internacionais somaram 2,72 milhões.

Figura 25 – Chegada de turistas internacionais ao Brasil.



OBS.: Os dados relativos aos anos de 2020 e 2021 referem-se apenas ao primeiro trimestre de cada ano.
Fonte: ANAC e Ministério do Turismo. Dados disponíveis em: http://basededados.turismo.gov.br/. Acessado em setembro de 2021.

Em perspectiva de longo prazo, fica revelada a importância crescente dos turistas internacionais, ainda que nos últimos anos seu número tenha estacionado em um patamar perto de 6 milhões de visitantes ao ano. Esse número tem sido difícil de ser superado, apesar da intenção inscrita nas políticas públicas, buscando favorecer o aumento significativo no número de visitantes estrangeiros. O Plano Nacional de Turismo 2018-2022 tem como meta quase uma duplicação no número de visitantes estrangeiros, passando de 6,5 milhões para 12 milhões no período de sua vigência (MINISTÉRIO DO TURISMO E CONSELHO NACIONAL DO TURISMO, 2018), o que fica dificultado diante da circunstância atual da pandemia.

No entanto, há que se ressaltar que na perspectiva da sustentabilidade, a pandemia não causou apenas impactos negativos. Durante a pandemia, por exemplo, os destinos naturais e isolados surgiram como eventual boa opção de lazer, descanso e isolamento. A isto somou-se a impossibilidade de turistas brasileiros viajarem para destinos internacionais, em razão de fronteiras fechadas e da desvalorização cambial.

Uma nova pesquisa divulgada da *Booking.com* (2021)[25], contendo percepções coletadas de

24 Desembarque de passageiros em voos internacionais regulares e não regulares para o período janeiro a março de 2020 e 2021, baseado em dados coletados pela Agência Nacional de Aviação Civil. Disponível em: http://dadosefatos.turismo.gov.br/estat%C3%ADsticas-e-indicadores/desembarques-internacionais.html.

25 Mais informações podem ser obtidas no *site:* https://globalnews.booking.com/bookingcoms-2021-sustainable-travel-report-affirms-potential-watershed-moment-for-industry-and-consumers/.

mais de 29.000 viajantes, em 30 países, sugere que a pandemia foi o ponto de inflexão para os viajantes finalmente se comprometerem com sua própria jornada sustentável, com 72% dos viajantes globais acreditando que precisam agir agora para salvar o planeta para as gerações futuras. Dados do Relatório de Viagem Sustentável da *Booking.com* (2021) demonstram que 61% dos entrevistados afirmam que a pandemia os influenciou a desejar viajar de forma mais sustentável no futuro, e quase metade (49%) admitiu que a pandemia trouxe mudanças positivas em suas vidas diárias, como a reciclagem (49%) e a redução do desperdício de alimentos (42%).

Finalmente, considerando a perspectiva de retomada do turismo, a partir de 2022, há grandes oportunidades para o desenvolvimento do turismo sustentável. O setor é responsável por muitos empregos e, ao mesmo tempo, é uma atividade que já tem os seus investimentos realizados, com uma oferta disponível que ficou subutilizada na queda histórica de movimento durante a pandemia e que deve contar com uma recuperação relativamente rápida em futuro próximo. Cenário que renova as chances do Brasil rumo à sustentabilidade do turismo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente capítulo, incluído pela primeira vez no RQMA brasileiro, foi aplicada a metodologia Forças Motrizes-Pressões-Estado-Impactos-Respostas, conhecida pelo acrônimo em inglês DPSIR, para evidenciar como o Brasil vem buscando uma transição para a Economia Verde. A análise se concentrou em sete temas com potencial de alavancar essa transição, incluindo: Agropecuária Sustentável, Economia Circular, Bioeconomia, Empregos Verdes, Transição Energética, Contratações Públicas Sustentáveis e Turismo Sustentável.

Essas áreas temáticas apresentam graus variados de maturidade e de resultados relacionados à transição para uma Economia Verde. A agropecuária Sustentável, por exemplo, apresentou vários avanços nas últimas décadas, buscando um modelo de produção mais eficiente e produtivo, que produz mais e ocupa cada vez menos área. Ao longo dos últimos anos foram desenvolvidas, também, políticas públicas que buscam mitigar a emissão de gases de efeito estufa, em tempos nos quais os efeitos negativos advindos pelas mudanças climáticas causadas pela humanidade já se fazem presentes. Isso inclui não apenas a chamada agricultura empresarial, voltada principalmente para a exportação, mas também a agricultura familiar, que apresenta uma dinâmica completamente diferente e requer políticas públicas próprias.

Em relação à economia circular, cabe destacar os acordos setoriais voltados para a implementação de sistemas de logística reversa que já apresentam bons resultados. O País, porém, ainda apresenta baixos índices de reciclagem de produtos, o que demonstra que é necessário avançar em programas de separação de resíduos sólidos, coleta seletiva, conscientização e participação da população brasileira.

A presente análise também indicou que o Brasil está longe de atingir o seu potencial de geração de bens e serviços a partir da Bioeconomia. Algumas políticas públicas e ações relevantes encontram-se em curso, mas ainda necessitam ser aprofundadas e aperfeiçoadas. A obtenção de fármacos, cosméticos e novos produtos nutricionais, por exemplo, ainda são uma fronteira a ser explorada. Para tanto, é necessário que o País amplie investimentos em ciência e tecnologia, além de buscar parcerias com investidores, laboratórios, e grupos de pesquisa internacionais que possam repartir essa imensa tarefa de gerar valor por meio de usos que conservem a biodiversidade brasileira. Ademais, é necessário que os usos sustentáveis da biodiversidade gerem benefícios econômicos que possam ser repartidos com povos e comunidades (indígenas, quilombolas, raizeiros, ribeirinhos etc.) detentores de um imenso legado de conhecimento tradicional.

Em relação aos chamados Empregos Verdes, ou seja, postos de trabalho decentes em atividades econômicas que contribuem significativamente para reduzir emissões de carbono e/ou para melhorar/conservar a qualidade ambiental, não houve ampliação dos números ao longo dos últimos quinze anos, sobretudo a partir de 2018. Isso ocorre não apenas devido a crises econômicas que o País e o mundo enfrentaram no período, mas também pelo grau de informalidade de alguns setores econômicos. De qualquer maneira, a redução relativa da oferta de empregos formais representa um sério entrave para o processo de transição da economia brasileira rumo a um modelo mais sustentável. A solução para isso está no fortalecimento de órgãos de comando e controle, na adoção de instrumentos econômicos que favoreçam o uso sustentável do capital natural brasileiro e na criação de um plano de investimentos públicos que contemple incentivos ao capital privado, a fim de direcioná-lo para as atividades econômicas ambientalmente sustentáveis. Esse plano poderia representar uma importante porta de saída da crise econômica em que o País ainda se encontra, gerando empregos e renda suficientes para combater as desigualdades sociais mais imediatas da crise.

No que se refere à Transição Energética, o País há décadas tem adotado uma matriz que apresenta índices de sustentabilidade elevados, quando comparados aos níveis internacionais. Isso é resultado de investimentos na geração de energia a partir de hidrelétricas, o uso de biocombustíveis no transporte e, mais recentemente, o fomento a investimentos na geração de energia elétrica a partir biomassa, de parques eólicos e na geração de energia fotovoltaica, tanto em escala industrial como de autogeração de pequenos produtores/consumidores. No entanto, há que se considerar que o modelo de geração de energia elétrica primariamente a partir de hidrelétricas pode estar com os dias contados devido a uma maior imprevisibilidade climática advinda das mudanças climáticas globais. É necessário, portanto, acelerar os investimentos nas energias renováveis, substituindo rapidamente a exploração e consumo de combustíveis fósseis como carvão mineral e petróleo.

No caso do uso do poder de compra do Estado para promover o desenvolvimento sustentável, por meio das CPS, é necessário que as contratações não sejam vistas como uma política isolada e que o setor produtivo seja integrado ao processo, a fim de se criar um mercado de produtos "verdes" ou sustentáveis. Esse mercado envolve desde a extração da matéria prima, passando pelo uso de técnicas de produção mais limpas, gestão ambiental nas indústrias, manufatura dos produtos, até a reciclagem ou disposição final dos rejeitos. A criação de um mercado de produção sustentável requer estímulos e políticas econômicas específicas (por exemplo, redução de taxas e disponibilidade de financiamento para novas tecnologias) para estimular seu desenvolvimento, bem como o investimento em novas tecnologias.

A implementação das CPS também se constitui em tarefa complexa que levanta importantes questões relativas à necessidade de quantificação dos benefícios e dos custos decorrentes de sua adoção, de modo a compensar eventuais diferenças de preço para os produtos sustentáveis, mantendo o mercado competitivo. Muitos dos benefícios das CPS são intangíveis ou perceptíveis apenas a médio ou longo prazos. Para estimular a prática, é importante uma avaliação sistêmica das vantagens e benefícios gerados pela compra de produtos sustentáveis vis-à-vis os produtos tradicionais do mercado.

Há, ainda, que se considerar a possibilidade de o governo brasileiro estabelecer metas para CPS nas aquisições federais. Segundo o PNUMA, mais de 50% dos países que praticam CPS já estabelecem metas mandatórias para as licitações sustentáveis (MOURA, 2013). A disseminação da prática para estados e municípios também deve ocorrer, de forma gradual e planejada, permitindo tanto aos setores responsáveis pelas compras públicas no governo quanto aos agentes do setor privado a necessária adaptação para implementá-las de forma bem-sucedida.

No que diz respeito ao Turismo Sustentável, não se trata de um segmento ou nicho do turismo, mas de um processo em constante construção em busca de um turismo desejável, ou seja, que soma esforços no caminho para a

sustentabilidade de suas atividades. Ressalta-se ainda que na perspectiva de retomada do turismo a partir de 2022, há grandes oportunidades para o desenvolvimento do turismo sustentável no Brasil. O setor é responsável por muitos empregos e, ao mesmo tempo, é uma atividade que já tem os seus investimentos realizados, com uma oferta disponível que ficou subutilizada na queda histórica de movimento durante a pandemia e que, ainda, deverá contar com uma recuperação relativamente rápida em futuro próximo. Cenário que renova as chances do Brasil rumo à sustentabilidade do turismo.

Por fim, cabe ressaltar que o texto do presente capítulo representa uma amostra de atividades que têm proporcionado ao Brasil sua transição rumo à Economia Verde e à sustentabilidade, mas certamente não são as únicas. Espera-se que novas atividades possam ser inseridas em versões futuras do RQMA.



Floresta Amazônica
Fonte: SFB

REFERÊNCIAS

ABIOVE; AGROSATÉLITE. Moratória da Soja: Monitoramento por imagens de satélites dos plantios de soja no bioma Amazônia. Safra 2017/18. p. 36, 2019.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE**, p. 51, 2020.

ACOLHIDA NA COLÔNIA. **Acolhida na Colônia: Quem somos**, 1999. Disponível em: <https://acolhida.com.br/sobre/>. Acesso em: 8 jun. 2021.

ALIANÇA PELA RESTAURAÇÃO NA AMAZÔNIA. **Panorama e caminhos para a restauração de paisagens florestais na Amazônia**. [s.l: s.n.], 2020.

ANP. **Produção de etanol anidro e hidratado por Unidade da Federação - 2012-2021 (m3)**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos/de/pb/producao-etanol-m3-jul21.xls>. Acesso em: 15 ago. 2021a.

___. **Produção de biodiesel - B100 por estado e produtor - 2005-2021 (m³)**. Disponível em: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.gov.br%2Fanp%2Fpt-br%2Fcentrais-de-conteudo%2Fdados-estatisticos%2Fde%2Fpb%2Fproducao-biodiesel-m3-2.xls&wdOrigin=BROWSELINK>. Acesso em: 20 set. 2021b.

ASSUNÇÃO, J.; SOUZA, P. **Financial Challenges and Proposals for Sustainable Production in Brazil**. Rio de Janeiro, RJ: [s.n.], 2018.

BARBIER, E. B. **Rethinking the Economic Recovery: A Global Green New Deal**. [s.l.] United Nations Environment Programme, 2009.

BARBOSA, L. G. M; COELHO, A. M; MOTTA, F. A. T; GUIMARAES, I. L. B. Impacto Econômico do Covid-19: Propostas para o Turismo Brasileiro. **FGV - Projetos EBAPE**, v. 1, p. 1-24, 2020.

BETIOL, L. S.; UEHARA, T. H. K.; LALOE, F.; APPUGLIESE, G. A.; ADEODATO, S.; RAMOS, L.; NETO, M. P. M. **Compra Sustentável: A força do consumo público e empresarial para uma economia verde e inclusiva**. 1ª ed. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania, 2012.

___. **Contratações públicas como indutoras de sustentabilidade: a perspectiva do consumo sustentável. Avanços e desafios no cenário jurídico brasileiro**. São Paulo: Tese (Doutorado em Direito): Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2013.

BIRNER, R. Bioeconomy Concepts. In: LEWANDOWSKI, I. (Ed.). . **Bioeconomy Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy**. Stuttgart: Springer International Publishing, 2018. p. 17-38.

BP. **Statistical Review of World Energy**. Disponível em: https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html. Acesso em 28.07.21.

BRANDÃO, F. C. A. DOS S.; CRESPO, H. DE A. **Diretrizes Relacionadas À Implantação Da Infraestrutura Verde Para Aumentar a Resiliência Urbana Às Mudanças Climáticas**. [s.l.] Rio de Janeiro: UFRJ, 2016.

CARNEIRO-FILHO, A.; COSTA, K. A expansão da soja no Cerrado - caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. **Agroicone**, p. 30, 2016.

CBI. **Destravando o Potencial de Investimentos Verdes para Agricultura no Brasil**. London, UK: Climate Bonds Initiative, 2020.

CNI. **A Indústria Elétrica e Eletrônica Impulsionando a Economia Verde e a Sustentabilidade**. Brasília: Confederação Nacional da Indústria, 2017.

___. Pesquisa Sobre Economia Circular: 2019. **Pesquisa Sobre Economia Circular**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2020.

COALIZÃO BRASIL CLIMA, F. E A. **Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura**. Disponível em: <https://observatoriodarestauracao.org.br/app/home>. Acesso em: 12 mar. 2021.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2ª edição ed. Rio de Janeiro, RJ: FGV, 1991.

CONAB. **Safras**. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>. Acesso em: 4 abr. 2018.

___. Sociobiodiversidade: Interação do Homem, Mercado e Natureza. **Compêndio de Estudos Conab**, v. 25, p. 24, 2020a.

___. Boletim da Sociobiodiversidade. **Boletim da Sociobiodiversidade**, v. 4, n. 3, p. 1-52, 2020b.

COSTA, H. A. **Destinos do turismo: percursos para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora FGV (Coleção FGV de bolso, 23, Série Turismo), 2013.

COSTA, H. A.; NASCIMENTO, E. P. DO. Turismo. **Brasil em Números**, v. 29, p. 337-351, 2021.

COUTO, H. L. G. DO; RIBEIRO, F. L. Compras Públicas Sustentáveis: Mecanismo para a Promoção do Consumo Sustentável no Brasil. **Anais do IX Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, v. IX, p. 151, 2011.

CROPLIFE BRASIL. **Atlas do Agronegócio Brasileiro: Uma jornada sustentável**. São Paulo: CropLife Brasil, 2021.

CROUZEILLES, R.; SANTIAMI, E.; ROSA, M.; PUGLIESE, L.; BRANCALION, P. H.; RODRIGUES, R. R.; ... PINTO, S. There is hope for achieving ambitious Atlantic Forest restoration commitments. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 2, p. 80-83, 2019.

CROUZEILLES, R.; RODRIGUES, R. R.; STRASSBURG, B. B. N.; BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; CHAVES, R. B.; ... TAVARES, R. N. **BPBES/IIS: Relatório Temático sobre Restauração de Paisagens e Ecossistemas**. São Carlos: Editora Cubo, 2019.

D'AMATO, D.; DROSTE, N.; ALLEN, B.; KETTUNEN, M.; LAHTINEN, K.; KORHONEN, J., ... TOPPINEN, A. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 716-734, 2017.

DAGNINO, R. S.; JOHANSEN, I. C. Os catadores no Brasil: características demográficas e socioeconômicas dos coletores de material reciclável, classificadores de resíduos e varredores a partir do censo demográfico de 2010. **Mercado de trabalho: Conjuntura e análise.**, n. 62, p. 115-125, 2017.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition**. [s.l.] Ellen MacArthur Foundation, 2013.

___. **Uma Economia Circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial**. [s.l.] Ellen MacArthur Foundation, 2017.

EMBRAPA. **Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EPE. **Balanço Energético Nacional 2020: Relatório Síntese/ Ano Base 2019**. Rio de Janeiro, RJ: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment**. Bruxelas: European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, 2018.

FAO. **Building a common vision for sustainable food and agriculture: principles and approaches**. Rome: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2014.

FGB; TNC; MMA; GIZ. **Guia para a Formulação de Políticas Públicas Estaduais e Municipais de Pagamento por Serviços Ambientais**. Brasília, DF: Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza (FGB), The Nature Conservancy do Brasil (TNC), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017.

FORTI, V.; BALDE, C. P.; KUEHR, R.; BEL, G. **The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential**. Bonn/Geneva/Rotterdam: United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), 2020.

FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL. **A maré alta de plástico e a ressaca do turismo**. Disponível em: <https://br.boell.org/pt-br/2021/01/19/mare-alta-de-plastico-e-ressaca-no-turismo>.

GARTNER. **Gartner Predicts Circular Economies Will Replace Linear Economies in 10 Years**. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-09-26-gartner-predicts-circular-economies-will-replace-line>. Acesso em: 28 mar. 2020.

GIZ. **O Mercado Emergente de Finanças Verdes no Brasil: Principais participantes, produtos e desafios - versão resumida**. Brasí: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2020.

HEILMAYR, R.; RAUSCH, L. L.; MUNGER, J.; GIBBS, H. K. Brazil's Amazon Soy Moratorium reduced deforestation. **Nature Food**, v. 1, n. 12, p. 801–810, 2020.

IBGE. **Pesquisa de Inovação 2017 - PINTEC 2017**. Disponível em: <https://pintec.ibge.gov.br/>.

___. Turismo 2019. In: **Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios Contínua**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2020. p. 8.

ICMBIO. Turismo de Base Comunitária em Unidades de Conservação Federais: Princípios e Diretrizes 2018. Brasília, DF: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2017.

INPEV. **Relatório de Sustentabilidade 2020**. São Paulo: Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias - inpEV, 2020.

___. **Sistema Campo Limpo em Números**. Disponível em: <https://www.inpev.org.br/sistema-campo-limpo/em-numeros/>. Acesso em: 15 ago. 2021.

JACOBS, M. **The Green Economy: Environment, Sustainable Development and the Politics of the Future.** London, UK: Pluto Press, 1991.

JOLY, C. A.; SCARANO, F. R.; SEIXAS, C. S.; METZGER, J. P.; OMETTO, J. P.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PADGURSCHI, M. C. G.; PIRES, A. P. F.; CASTRO, P. F. D.; GADDA, T.; TOLEDO, P. (EDS.). **1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**. São Carlos: Editora Cubo, 2019.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, n. April, p. 221-232, 2017.

LEME DA SILVA, A. Entre tradições e modernidade: conhecimento ecológico local, conflitos de pesca e manejo pesqueiro no rio Negro, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Humanas**, v. 6, n. 1, p. 141-163, 2011.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. Síntese do conhecimento atual da biodiversidade brasileira. In: **Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira. Biodiversidade, Vol. 1**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 21-109.

MANZATTO, C. V.; DE ARAUJO, L. S.; ASSAD, E.; SAMPAIO, F.; SOTTA, E.; VICENTE, L.; ... VICENTE, A. Mitigação das emissões de Gases de Efeitos Estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais. **Documentos**, n. 122, p. 36, 2020.

MAPA. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. 2ª edição ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

MARANESI, C.; DE_GIOVANNI, P. Modern circular economy: Corporate strategy, supply chain, and industrial symbiosis. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 22, p. 1-25, 2020.

MCTIC. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2016.

MCTIC; CGEE. **Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Bioeconomia**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2018.

MERINO-SAUM, A; CLEMENT, J.; WYSS, R.; BALDI, M. G. Unpacking the Green Economy concept: A quantitative analysis of 140 definitions. **Journal of Cleaner Production**, v. 242, p. 118339, 2020.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis**. Washington, DC.: World Resources Institute, 2005.

MINISTÉRIO DO TURISMO. **Turismo e Sustentabilidade: Orientações para prestadores de serviços turísticos**. Brasília: Ministério do Turismo, 2016.

___. **Anuário Estatístico de Turismo 2020 - Ano Base 2019**. 2ª ed. Brasília, DF: Ministério do Turismo, 2021a. v. 47

___. **MTur debate ações de combate à exploração sexual de crianças e adolescentes**. Disponível em: <https://www.gov.br/turismo/pt-br/assuntos/noticias/mtur-debate-acoes-de-combate-a-exploracao-sexual-de-criancas-e-adolescentes-no-setor>.

MINISTÉRIO DO TURISMO; CONSELHO NACIONAL DO TURISMO. **Plano Nacional de Turismo 2018-2022**. Brasília: Ministério do Turismo, 2018.

MITTERMEIER, R. A.; ROBLES-GIL, P.; MITTERMEIER, C. G. **Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations**. Mexico City: CEMEX/Agrupación Sierra Madre, 1997.

MMA. **Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis - PPCS**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

___. **Infoveg nº 01/2018**. Disponível em: <https://mailchi.mp/7d13b0e87f0a/infoveg=-n1–conaveg?e-cb1dd37489>. Acesso em: 10 out. 2018a.

___. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: Plantas para o Futuro - Região Nordeste**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade, 2018b.

___. **Brasil: 6º Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade, 2019a.

___. **Brasil dá um grande passo na implementação de REDD+ e receberá US$ 96 milhões do GCF**. Disponível em: <http://redd.mma.gov.br/pt/noticias-principais/1031-brasil-da-um-grande-passo-na-implementacao-de-redd-e-recebera-us-96-milhoes-do-gcf>. Acesso em: 3 ago. 2019b.

___. **Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR**. Disponível em: <https://sinir.gov.br/>. Acesso em: 15 ago. 2021.

___. **Painel Descarte Legal, Logística Reversa: Óleo Lubrificante**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMzgzMWJhZDAtMzNlMS00ZWNkLTk1ZmItNmUwZGFhMzI0Yjg3IiwidCI6IjM5NTdhMzY3LTZkMzgtNGMxZi1hNGJhLTMzZThmM2M1NTBlNyJ9>. Acesso em: 8 out. 2021a.

___. **Painel Descarte Legal, Logística Reversa: Pneus**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjdjNTAzZGEtNzcyYy00ZTBiLTgzNWYtODYzNTg5NDY4MDI1IiwidCI6IjM5NTdhMzY3LTZkMzgtNGMxZi1hNGJhLTMzZThmM2M1NTBlNyJ9>. Acesso em: 9 jun. 2021b.

MMA; MDA; MDS. **Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome, 2009.

MME. **Biocombustíveis apresentam resultados expressivos em 2020**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/05/biocombustiveis-apresentam-resultados-expressivos-em-2020>. Acesso em: 28 maio. 2021.

MONTEIRO, J. H. P. FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X.; ALMEIDA, T. P. F.; MANSUR, G. L. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, RJ: IBAM, 2001.

MOURA, A. M. M. DE. As Compras Públicas Sustentáveis e Sua Evolução no Brasil. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v. 07, n. 1, p. 23–33, 2013.

MUÇOUÇAH, P. S. **Empregos Verdes no Brasil: Quantos são, onde estão e como evoluirão nos próximos anos**. Brasília, DF: Organização Internacional do Trabalho - OIT, 2009.

NASCIMENTO, E. P. DO; COSTA, H. A. (EDS.). **Turismo e sustentabilidade: verso e reverso**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2018.

NAUMANN, S.; DAVIS, M.; KAPHENGST, T.; PIETERSE, M.; RAYMENT, M. Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. Final report to the European Commission, DG Environment. **Service Contract No. 070307/2010/577182/ETU/F.1**, n. March, p. 142, 2011.

OBSERVATÓRIO ABC. **Impactos econômicos e ambientais do Plano ABC: Sumário Executivo**. [s.l.] FGV, GVAgro e EESP, 2017.

OMT. **Turismo e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <http://antigo.turismo.gov.br/images/pdf/Publicações/2020/Turismo-e-os-Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentável-Final-WEB.PDF>.

OZMENT, S.; FELTRAN-BARBIERI, R.; HAMEL, P.; GRAY, E; RIBEIRO, J. B.; BARRÊTO, S. R.; PADOVEZI. A.; VALENTE, T. P. **Infraestrutura Natural Para Água No Sistema Cantareira, São Paulo**. São Paulo: World Resources Institute, 2018.

PATIL, A.; DOSHI, Y.; BAUL, S. **Global Waste Management Market: Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2018-2025**. Portland, United States: [s.n.], 2019.

PEARCE, D.; MARKANDYA, A.; EDUARD B. BARBIER. **Blueprint for a Green Economy**. 1st. ed. London, UK: Earthscan, 1989.

PNUMA; OIT; OIE; CSI. **Empregos Verdes: Trabalho decente em um mundo sustentável e com baixas emissões de carbono**. Brasília, DF: Worldwatch Institute, 2008.

PREFEITURA DE SERRO. **Queijo do Serro na rota turística e gastronômica**. Disponível em: <https://www.serro.mg.gov.br/portal/noticias/0/3/899/queijo-do-serro-na-rota-turistica-e-gastronomica>. Acesso em: 27 ago. 2021.

REN21. **Renewables 2020 Global Status Report**. Paris: REN21 Secretariat, 2020.

RIBEIRO, C. G.; INÁCIO JÚNIOR, E. O Mercado de compras governamentais brasileiro (2006-2017): Mensuração e análise. **Texto para Discussão**, n. 2476, p. 31, 2019.

ROMA, J. C. Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos: Uma Agenda Positiva para o Desenvolvimento Sustentável. In: MONASTERIO, L. M.; NERI, M. C.; SOARES, S. S. D. (Eds.). . **Brasil em Desenvolvimento 2014 : Estado, Planejamento e Políticas Públicas**. Brasília, DF: Ipea, 2014. p. 41–59.

SANNE, C. Willing consumers - or locked-in? Policies for a sustainable consumption. **Ecological Economics**, v. 42, n. 1, p. 273–287, 2002.

SANT'ANA, D. DE; METELLO, D. Reciclagem e Inclusão Social no Brasil: Balanço e Desafios. In: PEREIRA, B. C. J.; GOES, F. L. (Eds.). . **Catadores de Materiais Recicláveis: um encontro nacional**. Rio de Janeiro, RJ: IPEA, 2016. p. 21–44.

SANTOS, L. S. DOS; COSTA, H. A.; ALFINITO, S. Sustentabilidade premiada: mudanças observadas entre organizações vencedoras do Prêmio Braztoa de Sustentabilidade em Turismo. **REVISTA ACADÊMICA OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO DO TURISMO**, v. 13, n. 1, p. 1-24, 2019.

SCHEITERLE, L.; ULMER, A.; BIRNER, R.; PYKA, A. From commodity-based value chains to biomass-based value webs: The case of sugarcane in Brazil's bioeconomy. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3851-3863, 2018.

SFB/MAPA. **Bioeconomia da Floresta: A Conjuntura da Produção Florestal Não Madeireira no Brasil**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ Serviço Florestal Brasileiro, 2019.

STAHEL, W. R. The Functional Economy: Cultural and organizational change. In: **The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management**. Washington, DC: The National Academies Press, 1997. p. 91-100.

TELHADO, S. F. P. E; CAPDEVILLE, G. DE (EDS.). **Tecnologias poupa-terra 2021**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

UNEP. **Green Economy - Developing Countries Success Stories**. [s.l: s.n.], 2010.

UNEP. **Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers**. [s.l: s.n.], 2011.

UNEP. **Global Review of Sustainable Public Procurement**. Nairobi: United Nations Environment Programme. [s.l: s.n.], 2017.

UNESCO. **Soluções baseadas na natureza para a gestão da água**. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Resumo Executivo - Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação dos Recurso Hídricos. Unesco, Genebra, 2018, 12 p. Disponível em: http://portalods.com.br/wp-content/uploads/2018/03/261594por.pdf. Acesso em: 16 set. 2021.

UNFSS. **Scaling up Voluntary Sustainability Standards through Sustainable Public Procurement and Trade Policy: 4th Flagship Report of the United Nations Forum on Sustainability Standards (UNFSS)**. Leuven: United Nations Forum on Sustainability Standards, 2020.

USNEWS. **Adventure: The best countries to fulfill your wanderlust - Popular travel destinations such as Brazil and Italy top the list.**https://www.usnews.com/news/best-countries/adventure-rankings, , 2021.

VALLE, E. R. DO (ED.). **Boas Práticas Agropecuárias, Bovinos de Corte: Manual de Orientações**. 2ª ed. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2011.

VAZ, D. V.; HOFFMANN, R. Evolução do padrão de consumo das famílias brasileiras entre 2008 e 2017. **Economia e Sociedade**, v. 30(1), n. 71, p. 163–186, 2021.

VIGGIANO, M. H. S. **Projeto de edifícios públicos sustentáveis: Uma abordagem cultural, econômica, ambiental e arquitetônica**. Brasília, DF: Rede Legislativo Sustentável, 2019.

ZU ERMGASSEN, E. K. H. J.; ALCANTARA, M. P. D.; BALMFORD, A.; BARIONI, L.; NETO, F. B.; BETTARELLO, M. M., ... LATAWIEC, A. Results from on-the-ground efforts to promote sustainable cattle ranching in the Brazilian Amazon. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 4, 2018.









IBAMA
MMA

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL







