

## NOTA TÉCNICA CT-GRSA nº 07/2022

**Assunto:** Análise da execução da expansão do Projeto de Renaturalização em atendimento ao item 5.1 do Eixo Prioritário 1 da ACP - Eixos Prioritários.

### 1. INTRODUÇÃO

Com intuito de solucionar os principais problemas ecológicos dos trechos impactados pela passagem de rejeitos no rio Gualaxo do Norte, após o rompimento da barragem de Fundão em Mariana, o projeto de caráter Piloto intitulado de “Renaturalização” encontra-se em desenvolvimento desde maio de 2019.

O projeto tem como objetivo a recriação de habitats diversos, para que ocorram processos ecológicos naturais que possam promover a revitalização da fauna e da flora do local. Além disso, este projeto foi incluído na Ação Civil Pública nomeada nº 69758-61.2015.4.01.3400 de Eixos Prioritários, sendo entregue pela Fundação Renova e analisado pelos órgãos do CIF nos anos de 2020 e 2021, em um relatório da 3ª e 4ª campanha de monitoramento. Ademais, o projeto mencionado obteve solicitação de expansão de sua aplicação em outras áreas dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, por meio do Item 5 e 5.1 do Eixo Prioritário 1, pelo Estado de Minas Gerais e acatado pelo Juiz da 12ª Vara Cível, responsável pela ACP Eixos Prioritários. Inicialmente, o projeto pretendia revitalizar uma área de aproximadamente 1.800 metros, ampliando mais 2.000 metros em outras áreas dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce até a UHE Risoleta Neves (Candongá).

Partindo do princípio da divisão dos eixos prioritários e dando ênfase ao eixo prioritário 1, entende-se que perante o Projeto Piloto denominado Renaturalização, têm-se estabelecido a entrega de 5 itens, sendo eles:

- 4i - Campanha de Monitoramento Ambiental 03;
- 4ii - Campanha de Monitoramento Ambiental 04;
- 4iii - Relatório final consolidado do projeto-piloto de Renaturalização realizado no rio Gualaxo do Norte nos Trechos 6 e 7;

- 5 - Cronograma detalhado para a expansão do Projeto de Renaturalização;
- 5.1 - Expansão do Projeto de Renaturalização;

Os itens 4 i, 4 ii, 4 iii e 5, já foram tratados e deliberados pelo CIF, ficando apenas o item 5.1, que trata da execução, pela Fundação Renova, de uma expansão de 2 km do referido projeto.

Com o propósito de apresentar em juízo, para fins de homologação judicial, o cronograma detalhado para efetiva “expansão do Projeto de Renaturalização em outras áreas do rio Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, a critério da Fundação Renova, desde que os novos trechos totalizam no mínimo 2 km de extensão”, em atendimento, portanto, ao Item 5 do Eixo Prioritário 1, foi apresentado pela Fundação Renova e aprovado pela CT-GRSA, por meio da Nota Técnica CT-GRSA 01/2021 e pelo CIF, por meio da Deliberação CIF 369/2019.

Já com relação ao Item 5.1, a entrega foi realizada conforme o referido cronograma atualizado, sendo assim, a Fundação Renova peticionou no dia 10 de novembro de 2021, na 12ª Vara Federal Cível/Agrária de Minas Gerais, no processo referente à ACP - Eixos Prioritários, documentação referentes à ETAPAS 01 (Elaboração do Projeto/Design) e 02 (Execução da Expansão Projeto), as quais são objetos da análise desta Nota Técnica corrente.

## **2. HISTÓRICO E CONTEXTUALIZAÇÃO**

O projeto denominado Renaturalização foi apresentado em 2017, como uma alternativa de manejo de resíduos, fazendo parte de uma proposta integrante do Programa de Manejo de Resíduos (PG 23). Tendo como contexto o fluvial intracalha, o projeto pretende amparar e acelerar a recuperação do ecossistema de forma mais natural, realizando a introdução de troncos de madeira no leito de rios alterados por atividade antrópica, produzindo benefícios ecossistêmicos que tendem a revitalizar o meio e assim aumentar a riqueza biológica do local e, conseqüentemente, a diversificação hidrológica dos habitats físicos e na melhoria da qualidade dos sedimentos e da própria água.

Atualmente o projeto encontra-se em escala piloto, é importante destacar que na 16ª Reunião Ordinária da Câmara Técnica de Gestão de Resíduos e Segurança Ambiental, ocorrida em novembro de 2017, quando houve a redefinição da malha amostral, direcionando-a aos Trechos 06 e 07 do PMR, ambos localizados no município de Mariana/MG, após a apresentação

e análise do escopo do projeto de Renaturalização. Desse modo, procedeu-se a elaboração do Plano de Trabalho de Renaturalização do rio Gualaxo do Norte pela APLYSIA, em 2018, demonstrando os resultados das análises no estudo “Aplicação do Plano de Manejo de Resíduos dos Trechos 6 e 7 - Revisão 00” (FUNDAÇÃO RENOVA e CH2M, 2018), resultando assim na Autorização nº 6/2018- COREC/CGBIO/DBFLO, referente a captura, coleta e transporte de material biológico.

Devido a ocorrência de alterações após a introdução do material lenhoso no canal fluvial, foi de extrema importância o estabelecimento de um plano de monitoramento que possibilitasse a comparação e análise dos cenários antes e depois da instalação, desde modo, na 1ª e 2ª Campanha de Monitoramento, foram levantados os diagnósticos pré-intervenção e, posteriormente, na 3ª Campanha de Monitoramento desempenhada a investigação pós-intervenção, ocorridas respectivamente nos meses de setembro e outubro de 2018 e nos meses de setembro a outubro de 2019.

As tratativas já realizadas do Item 5 e 5.1 do Eixo Prioritário 1 da ACP - Eixos Prioritários são apresentadas na Tabela 1:

**Tabela 1:** Tratativas realizadas do Projeto Renaturalização no âmbito da ACP - Eixos Prioritários

Contagem	Eventos	Data	Contextualização
I	Relatório Técnico nº12257/2019 -Revisão 02	12/2019	O relatório apresentou um comparativo em período anterior e posterior à instalação das estruturas no rio Gualaxo do Norte, a partir da avaliação de comunidades biológicas de interesse no projeto piloto de Renaturalização e de parâmetros físicos e químicos.
II	Nota Técnica CT-GRSA nº 10/2020 <sup>1</sup>	14/05/2020	Análise do documento “Relatório Técnico da 3ª Campanha de Monitoramento do Projeto de Renaturalização do Rio Gualaxo do Norte”, em atendimento ao Item 4 (i) do Eixo Prioritário 1 da ACP - Eixos Prioritários.

<sup>1</sup> <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-GRSA/2020/cif-ct-grsa-nt-2020-10.pdf>

III	Deliberação CIF nº406 <sup>2</sup>	27/05/2020	Delibera sobre a manifestação do CIF perante os documentos protocolados pela Renova sobre a Entrega 4 (i) do Eixo Prioritário 01 da Decisão Judicial Expedida em 19 de Dezembro de 2019, pela 12ª Vara Federal Cível de Minas Gerais, aprovando a Nota Técnica CT-GRSA nº 10/2020.
IV	Cronograma APL. Nº. 097/2020	12/08/2020	Atualização do cronograma de atividades referente aos serviços de aplicação da técnica de Renaturalização para os trechos longitudinais do rio Gualaxo do Norte, localizados no município de Mariana/MG.
V	Relatório Técnico nº 496/2020- Revisão 03	12/2020	O relatório apresentou um comparativo em período anterior e posterior à instalação das estruturas no rio Gualaxo do Norte, a partir da avaliação de comunidades biológicas de interesse no projeto piloto de Renaturalização e de parâmetros físicos e químicos.
VI	Nota Técnica CT-GRSA nº 01/2021 <sup>3</sup>	11/01/2021	Avaliação do Cronograma atualizado protocolado em Juízo pela Fundação Renova referentes aos itens 4 ii, 4 iii e 5.1 do Eixo Prioritário 1, no âmbito da ACP - Eixos Prioritários.
VII	Deliberação CIF nº 474 <sup>4</sup>	25/01/2021	Deliberou sobre a manifestação CIF perante os documentos protocolados pela Renova sobre as Entregas 4 ii, 4 iii e 5.1 do Eixo Prioritário 01 aprovando a Nota Técnica CT-GRSA nº 01/2021.
VIII	Nota Técnica CT- GRSA nº 08/2021 <sup>5</sup>	15/04/2021	Avaliação do relatório da campanha de Monitoramento Ambiental 04 protocolado pela Fundação Renova referente ao item 4 ii do Eixo Prioritário 1, no âmbito da ACP (Processo Judicial 69758-61.2015.4.01.34000).

<sup>2</sup> <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/deliberacoes/2020/cif-deliberacao-406.pdf>

<sup>3</sup> <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-GRSA/cif-ct-grsa-nt-2021-01.pdf>

<sup>4</sup> <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/deliberacoes/2020/cif-deliberacao-474.pdf>

<sup>5</sup> <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-GRSA/cif-ct-grsa-nt-2021-08.pdf>

IX	Relatório Técnico n° 039/2021 Revisão 02	05/2021	Apresenta a avaliação integrada dos resultados gerados ao longo das 4 campanhas de monitoramento, visando verificar se após a instalação das estruturas, houve melhoria nas condições dos trechos renaturalizados em relação aos seus respectivos controles.
X	Nota Técnica CT-GRSA n° 19/2021 <sup>6</sup>	07/12/2021	Análise do “Relatório Final das Campanhas de Monitoramento” do Projeto Piloto da Renaturalização protocolado pela Fundação Renova em resposta ao item 4 iii do Eixo Prioritário 1, no âmbito da ACP – Eixos Prioritários.
XI	Deliberação CIF n° 566 <sup>7</sup>	20/12/2021	Deliberou sobre a manifestação do CIF acerca do “ Relatório Final das Campanhas de Monitoramento” do Projeto Piloto da Renaturalização”, protocolado pela Fundação Renova em resposta ao Item 4 iii do Eixo Prioritário 1 no âmbito da ACP - Eixos Prioritários.
XII	Entregas das ETAPAS 01 (Elaboração do Projeto/Design) e 02 (Execução da Expansão Projeto), em atendimento do item 5.1 do Eixo Prioritário 1.	29/10/2021	Peticionamento da Fundação Renova no processo da ACP -Eixos Prioritários das documentações técnicas: RELATÓRIO TÉCNICO N° 06/2021 (Plano de Trabalho); Relatório Técnico 486.2020 (Projeto/Design); Relatório Técnico n° 473/2020 (Estabilidade); Relatório Técnico n° 466/2020 (Modelagens); Relatório de Campo n° 119/2021 (Instalação); Arquivos Shapefile da Expansão e Assinatura de Responsabilidade Técnica (ART).
XIII	Ofício FEAM/CT- GRSA n° 4/2022	10/01/2022	Solicitação de análise técnica ao Ibama da documentação protocolada pela Fundação Renova referente a expansão do projeto Renaturalização.

<sup>6</sup> <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-GRSA/cif-ct-grsa-nt-2021-19.pdf>

<sup>7</sup> <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/deliberacoes/2021/cif-deliberacao-566-21.pdf>

### 3. DOCUMENTOS A SEREM ANALISADOS

Em atendimento ao item 5.1 do Eixo I da ACP - Eixos Prioritários, a Fundação Renova peticionou no processo no dia 10 de novembro de 2021, as seguintes documentações referente às entregas das ETAPAS 01 (Elaboração do Projeto/Design) e 02 (Execução da Expansão Projeto):

- 1 - Relatório Técnico nº 06/2021 (Plano de Trabalho);
- 2 - Relatório Técnico 486.2020 (Projeto/Design);
- 3 - Relatório Técnico nº 473/2020 (Estabilidade);
- 4 - Relatório Técnico nº 466/2020 (Modelagens);
- 5 - Relatório de Campo nº 119/2021 (Instalação);
- 6 - Arquivos Shapefile da Expansão;
- 7 - Assinatura de Responsabilidade Técnica (ART).

### 4. ANÁLISES DA CT-GRSA

A partir das análises do Relatório Final Consolidado do projeto Renaturalização que foi protocolado pela Fundação Renova, em atendimento ao Item 4 iii do Eixo Prioritário 1 da ACP - Eixos Prioritários, a CT-GRSA emitiu a Nota Técnica CT-GRSA nº 19/2021<sup>8</sup>, a qual culminou na Deliberação CIF nº 566<sup>9</sup>, de 20 de dezembro de 2021, sendo uma manifestação do CIF acerca deste projeto piloto. Trazendo, portanto, conclusões, diretrizes e requisições acerca deste projeto, os quais deveriam refletir, para fins de ajustes e adequações, em possíveis expansões do projeto no rio Doce, ou seja, ajustes necessários para adequar a realidade dos rios impactados pela passagem do rejeitos da Barragem de Fundão.

Vale registrar que, a pretensão inicial era que a expansão, que trata os itens 5 e, 5.1 do Eixo Prioritário 1 da ACP, fosse realizada após a análise final do projeto piloto de Renaturalização, de maneira que já se teria um resultado mais consolidado para a tomada de decisão, por parte da CT-GRSA e do CIF. No entanto, devido às intempéries, principalmente

---

<sup>8</sup> <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-GRSA/cif-ct-grsa-nt-2021-19.pdf>

<sup>9</sup> <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/deliberacoes/2021/cif-deliberacao-566-21.pdf>

diante as restrições impostas pela Pandemia do Covid-19 e, conseqüentemente impostas pela ACP - Eixos Prioritários, os cronogramas ficaram desalinhados e a execução da expansão ocorreu antes mesmo das consolidações dos resultados do projeto piloto.

Em atendimento ao cronograma definido no âmbito da ACP - Eixos Prioritários para o item 5 e 5.1, mais especificamente a este último item, a Fundação Renova protocolou no dia 10 de novembro de 2021, vários documentos que referiam às entregas das ETAPAS 01 (Elaboração do Projeto/Design) e 02 (Execução da Expansão Projeto), conforme descrito no Item acima “3. DOCUMENTOS A SEREM ANALISADOS”.

Tais documentos são objetos da análise desta nota técnica corrente, que contou com o subsídio do Ibama, por meio do documento “Informação Técnica nº 1/2022-NUBIO-MG/DITEC-MG/SUPES-MG”(Anexo 1). Para tanto, no dia 10 de janeiro de 2022, foi emitido pela CT-GRSA o ofício FEAM/CT - GRSA nº. 4/2022, solicitando parecer técnico frente aos documentos encaminhados pela Fundação Renova no intuito de dar por cumprido pela Fundação Renova as exigências impostas pelos Itens 5 e 5.1 do Eixo Prioritário 1 da ACP.

O referido parecer técnico (Anexo 1), seguiu em sua estrutura conforme documentações a serem analisadas, sendo, portanto, resumidamente as apresentações da temática contida nos relatórios da Fundação Renova. Neste sentido, quanto ao “Plano de Trabalho - RELATÓRIO TÉCNICO N 06/2021 (REVISÃO 06)”, contendo os subitens: “Caracterização da área de expansão”; “Caracterização da fauna aquática”; “Etapas, estudos e amostragens ( Macroinvertebrados bentônicos e Ictiofauna ) ” e “Cronograma”. Já no que tange ao “DESIGN DE INSTALAÇÃO - RELATÓRIO TÉCNICO Nº 486/2020 (REVISÃO 04)”, foi descrito os subitens “Modelagem Hidráulica”; “Estabilidade das Estruturas”; “Levantamento de dados físicos”; “Tipos de estruturas (Árvores do tipo LWD (Large Woody Debris), Troncos submersos (TS), Estrutura em triângulo (ET), Estrutura em "C" (EC) e Resultados )”.

Na temática “INSTALAÇÃO DAS ESTRUTURAS - RELATÓRIO DE CAMPO Nº 119/2021 (REVISÃO 04)” foi descrito: “Validação do design”; “Transporte e acondicionamento das estruturas”; “Fotografias de ponto fixo” e “ Instalação das estruturas (Árvores do tipo LWD (Large Woody Debris), Tronco submerso, Estrutura em triângulo, Estrutura em "C") ”.

Em “RELATÓRIO DA CAMPANHA INICIAL DE MONITORAMENTO DO TRECHO 9 —REVISÃO 02-FUNDAÇÃO RENOVA”, trouxe: “Delineamento amostral (Objetivo específico 1- Heterogeneidade de substrato; Objetivo específico 2 - Biodiversidade de macroinvertebrados bentônicos; Objetivo específico 3 — Abundância da ictiofauna; Hidrogeomorfologia; Hidrologia; Qualidade da água; Qualidade do sedimento)”; “ANÁLISE DE DADOS ( Foram aplicadas análises estatísticas univariadas para os resultados de cada parâmetro físico e químico da água e do sedimento)”; “RESULTADOS ( Hidrogeomorfologia, Hidrologia, Qualidade da água, Qualidade do sedimento, Macroinvertebrados bentônicos, Ictiofauna)”.

Diante ao apresentado pela Fundação Renova, o parecerista desenvolveu uma análise, conforme apresentado no item “6- ANÁLISE” do Anexo 1. Para tanto, trouxe informações importantes sobre as técnicas de Renaturalização, já que essa técnica em rios, como citado no parecer técnico, pode acelerar o tempo de recuperação de determinado ambiente por meio de técnicas específicas, como a inserção de estruturas no leito principal.

Com isso, “ O Projeto de Expansão da Renaturalização (PER) ”, utilizou a mesma metodologia empregada no “Projeto Piloto de Renaturalização (PPR)”, a qual já tinha sido avaliada e aprovada pelos órgãos ambientais, sendo utilizado diversas bibliografias internacionais sobre restauração fluvial. O design do PER foi estabelecido mediante levantamento das características físicas do rio e suas margens, a madeira utilizada foi o eucalipto e seguiu o mesmo padrão do projeto Piloto, excetuando o tipo de madeira empregada.

Com isso, as Etapas 1, 2 e 3 foram executadas de acordo com o cronograma apresentado. Foram apresentados resultados do monitoramento 50 dias após a instalação (T-0), ou seja, quando ainda não há influência das estruturas, mostrou que o substrato predominante no trecho T9- Renaturalizado é composto por seixos, enquanto no T9-Controle seixos e cascalho compõem a maior parte do leito do rio. No trecho Referência, por sua vez, o substrato predominante é o cascalho. Já os parâmetros físico-químicos da água não demonstraram nenhuma variação espacial nem violações aos padrões de qualidade, indicando condições básicas favoráveis ao desenvolvimento das comunidades aquáticas, assim como nos resultado dos sedimentos.

Os índices ecológicos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos demonstram que a composição da comunidade nos trechos T9- Controle e T9- Renaturalizado na campanha inicial (T-0) são bastante similares, o que permitirá comparações mais acuradas quanto os reais benefícios das estruturas de Renaturalização. A maioria das espécies capturadas são comuns e de ampla distribuição e com ocorrência em outras bacias do sudeste brasileiro, além disso, não foram detectadas espécies ameaçadas de extinção, raras e nem migradoras.

Um pequeno número de indivíduos capturados, segundo o parecer, foi observado também no trecho de Referência e pode estar associado às atividades antrópicas identificadas na região, como as Estruturas de garimpo que são frequentemente observadas e relatadas nos relatórios da Fundação Renova, tal atividade tem alto potencial de degradação ambiental impactando diretamente a ictiofauna.

Foi destacado pelo parecerista que ao longo do trecho de PER e do PPR, o acesso de animais (bovinos e equinos), ao leito do rio, ocorre de forma generalizada, dessa forma várias atividades de recuperação dos cursos d'água são colocadas em risco se medidas efetivas de controle não forem tomadas e com isso, as atividades de recuperação do rio Doce dificilmente surtirão os efeitos esperados.

Os indícios ecológicos mostraram uma maior similaridade para ictiofauna entre os trechos T9-Controle e T9-Renaturalizado e maior discrepância do trecho Referência. Os resultados apresentados favorecem comparações futuras quanto ao efeito das medidas de Renaturalização sobre os trechos estudados. Quanto a captura de ictiofauna, as análises refletem o padrão dos rios de pequeno porte, como o Gualaxo do Norte, sendo que a maior captura em biomassa e em número de exemplares ocorreu no trecho referência, indicando a melhor qualidade ambiental dessa região.

Por ser a primeira coleta (T-0), foi relatado que algumas informações não puderam ser exploradas, mas com o avanço do monitoramento, futuramente uma melhor apresentação e discussão poderão ser feitas. Algumas recomendações foram feitas pelo parecerista na próxima etapa de monitoramento que será realizada em setembro de 2022 e que também foram apresentadas em outros documentos e pareceres entregues a Fundação Renova que devem ser consultados para maior detalhamento, principalmente a Nota Técnica CT-GRSA 19/2021, que trouxe em anexo o Parecer Técnico da Pesquisadora Sandra Francischetti Rocha; a Nota

Técnica nº 9/ IEF/ GCFAP / 2021; o Ofício nº 57/2021- CTBio / DIBIO / ICMBio e o Relatório de vistoria - Watu - Fase XII, aprovada via Deliberação CIF nº 566, de 20 de dezembro de 2021.

Além disso, também foi sugerido estabelecer comparações entre os trechos Controle e Renaturalizado com o trecho Referência, quanto a estrutura granulométrica do sedimento acumulado e o agrupamento das diferentes frações nas classes finas. A classificação granulométrica é de grande importância para a compreensão da estrutura da comunidade de macro bentônicos, já que alterações na estrutura do leito fluvial podem afetar a vida no entorno.

É recomendado também, o uso dos protocolos US EPA (Kaufmann, 1999), para a avaliação do habitat físicos dos diferentes trechos, sendo assim é necessário um comparativo quali quantitativo dos ganhos do trecho renaturalizado frente ao trecho controle, já que são de extrema importância para o entendimento da evolução dos resultados.

Foi proposto também , uma reavaliação nos equívocos das análises e interpretações referentes aos indicadores ecológicos e estruturação das biocenose, tanto para ictiofauna quanto para os macroinvertebrados, apontados no Parecer MSc. Sandra Rocha. Além de realizar uma avaliação dos trechos a jusante dos renaturalizados, com intuito de verificar como o ambiente aquático é afetado com os impactos positivos dos trechos de montante. Com isso, o parecer técnico aponta que, até o momento, faltam dados que indiquem a influência da Renaturalização nos trechos à jusante, concomitantemente à descrição dos impactos no meio físico e bióticos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E REQUISIÇÕES**

O objetivo desta nota técnica foi analisar a entrega realizada pela Fundação Renova em atendimento do Item 5.1 do Eixo Prioritário da ACP - Eixos Prioritários, o qual, em suma, requereu a expansão do projeto denominado Renaturalização. Em atendimento, foram peticionados no processo vários documentos que referiam às entregas das ETAPAS 01 (Elaboração do Projeto/Design) e 02 (Execução da Expansão Projeto).

Diante da análise e das colocações do parecerista, por meio “Informação Técnica no 1/2022-NUBIO-MG/DITEC-MG/SUPES-MG” (Anexo 1), concluiu-se, dentre outros pontos, que houve atendimento das obrigações previstas nos itens 5 e 5.1 do Eixo Prioritário 1 da Ação Civil Pública nº 69758- 61.2015.4.01.3400, contudo sugere-se que os pontos relativos ao monitoramento, descritos no item 6 deste documento, sejam adequados que, a sua

continuidade seja assumida no âmbito do sistema CIF. Neste sentido, a ação deverá continuar sendo acompanhada pela CT-GRSA, por meio do monitoramento das ações do Plano de Manejo de Resíduos dos Trechos 6 e 7, por se tratar de uma alternativa de manejo de resíduos desses trechos.

Diante ao exposto, vale salientar as recomendações descritas pela Nota Técnica CT-GRSA nº 19/2021, que fora aprovada via a Deliberação CIF nº 566, de 20 de dezembro de 2021, as quais a Fundação Renova deverá se ater para as tratativas desta expansão do projeto Renaturalização, principalmente no que tange às suas campanhas de monitoramento.

Sugere-se ainda que sejam tomadas medidas efetivas para controle do acesso dos animais, principalmente bovinos e equinos, ao leito do rio, já que atualmente os mesmos colocam em risco a viabilidade das atividades de recuperação vigentes. Neste sentido, ações adicionais vinculadas à preservação do restauro florestal, estão sendo avaliadas por solicitação do MPMG e endereçadas à Semad/Sufis.

Além disso, é preciso apontar a necessidade de ações de fiscalização com o objetivo de coibir o garimpo ilegal na região (localizações apontadas no item 2.1 do documento “Informação Técnica no 1/2022-NUBIO-MG/DITEC-MG/SUPES-MG”). Vale salientar que, todos os pontos que foram detectados com estas ações, foram encaminhados à Semad/Sufis para devidas providências.

Belo Horizonte, 01 de 06 de 2022.

**Equipe Técnica responsável pela elaboração desta Nota Técnica:**

- Daniel Vieira Crepaldi (Ibama);
- Gilberto Fialho Moreira (Feam/MG);
- Mayara Silva Gibosky (Feam/MG);



**Thales Del Puppo Altoé**  
**Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA/ES**  
**Coordenação da CT-GRSA**  
*Ad Referendum*

Anexo 1: Informação Técnica nº 1/2022-NUBIO-MG/DITEC-MG/SUPES-MG

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica



**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**  
SUPERINTENDÊNCIA DO IBAMA NO ESTADO DE MINAS GERAIS  
DIVISÃO TÉCNICO-AMBIENTAL - MG  
NÚCLEO DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS - MG

**Informação Técnica nº 1/2022-NUBIO-MG/DITEC-MG/SUPES-MG**

Número do Processo: 02015.000796/2022-81

Interessado: FEAM-MG Processo o nº 2090.01.0002254/2020-38

Belo Horizonte/MG, na data da assinatura digital.

**1- INTRODUÇÃO**

As ações de recuperação da bacia do rio Doce foram iniciadas em 2016 após a realização de diferentes estudos que buscaram definir a melhor estratégia de remediação dos impactos provenientes do rompimento da barragem de Fundão em Mariana- MG.

Dentre as medidas apresentadas, está o projeto de Renaturalização do rio Gualaxo do Norte que faz parte do Programa de Manejo de Resíduos (PG-23). Este Projeto, apresentado em 2017, foi primeiramente implantado em escala piloto nos trechos 6 e 7 deste rio. Seu objetivo foi de acelerar o restabelecimento das condições ambientais do rio Gualaxo do Norte por meio da instalação de troncos no leito do rio, promovendo o aumento da retenção de sedimentos, controle de erosão, melhoria da heterogeneidade do fundo, diversificação de habitats físicos e consequentemente, aumentar a abundância e diversidade de macroinvertebrados bentônicos e ictiofauna.

A partir da decisão judicial emitida pelo juízo da 12ª Vara Federal Cível e Agrária de MG, no âmbito dos itens 5 e 5.1 do Eixo Prioritário 1 da Ação Civil Pública nº 69758- 61.2015.4.01.3400, foi determinado a expansão do projeto de Renaturalização do rio Gualaxo do Norte para uma porção a jusante dos trechos 6 e 7 renaturalizados no projeto piloto. O trecho 8 não apresentou características favoráveis para os trabalhos (garimpo, acesso e dimensão), portanto o trecho 9 foi selecionado, considerando uma área de 4 km (2 km a ser renaturalizado e 2 km para controle).

O Projeto de Expansão da renaturalização (PER) foi dividido nas seguintes etapas:

Etapa 1 - Execução do projeto - avaliação de viabilidade de implementação das técnicas de renaturalização em trechos pré-definidos; seleção dos trechos viáveis e elaboração do design de instalação das estruturas.

Etapa 2 - Instalação das estruturas de renaturalização.

Etapa 3 - Monitoramento dos indicadores de eficácia do projeto: heterogeneidade do substrato, comunidades de macroinvertebrados bentônicos e ictiofauna.

As etapas 1 e 2 foram executadas e constam nos Relatórios Técnicos RENOVA n°486/2021 (Design de Instalação), n°06/2021 (Plano de Trabalho) e n°119/2021 (Instalação das Estruturas do Projeto Expansão). A etapa 3 já teve a primeira campanha de monitoramento realizada (Relatório de Campanha Inicial de Monitoramento do Trecho 9 – Revisão 02- Fundação Renova) e, de acordo com o cronograma apresentado, a segunda campanha deverá ocorrer em aproximadamente um ano após a primeira campanha do monitoramento.

A presente Informação Técnica tem por objetivo avaliar o cumprimento, pela Fundação Renova, das exigências impostas nos Itens 5 e 5.1 do Eixo Prioritário 1 da ACP, especificamente aquelas ligados às questões biológicas já acompanhados pelo IBAMA ao longo do Projeto Piloto de Renaturalização. Outras matérias como Estabilidade, Modelagem, hidrogeomorfologia e sedimentologia devem ser avaliadas por profissional capacitado para melhor análise e manifestação.

Abaixo segue o resumo de cada relatório apresentado pela Fundação Renova e a análise quanto a cumprimento das exigências impostas nos Itens 5 e 5.1 do Eixo Prioritário 1 da ACP.

*"Item 5 - Apresentar em juízo para fins de homologação judicial o cronograma detalhado para a efetiva expansão do Projeto de Renaturalização em outras áreas dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce;*

*Item 5.1 - A expansão do Projeto de Renaturalização para os novos trechos, nos termos do Item 5"*

**2 – PLANO DE TRABALHO - RELATÓRIO TÉCNICO N° 06/2021 (REVISÃO 06)**

**2.1- Caracterização da área de expansão**

De acordo com o Plano de Trabalho n° 06/2021 apresentado pela Fundação Renova, o desenho da malha amostral do PER foi definido da seguinte forma:

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra\\_...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra_...) 1/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

a) Trecho Referência (TR) - trecho que representa as condições que se tenta alcançar com o tratamento; está localizado a montante do Trecho 9, em local não perturbado pela passagem do rejeito, possui um total de 1600 metros de extensão que serão amostrados em sua extensão total. É o mesmo trecho Referência utilizado do Projeto Piloto.

b) Trecho Controle - fornece uma base comparativa entre a área a ser restaurada e as condições anteriores à restauração e serve como uma covariável para explicar a variabilidade. Um controle é tipicamente considerado como um trecho de rio ou bacia hidrográfica idêntica ao trecho a ser tratado antes da instalação das estruturas de renaturalização, sendo recomendável que o Trecho Controle esteja localizado a montante do trecho tratado. Esse trecho foi nomeado T9C do PER (Figura 1).

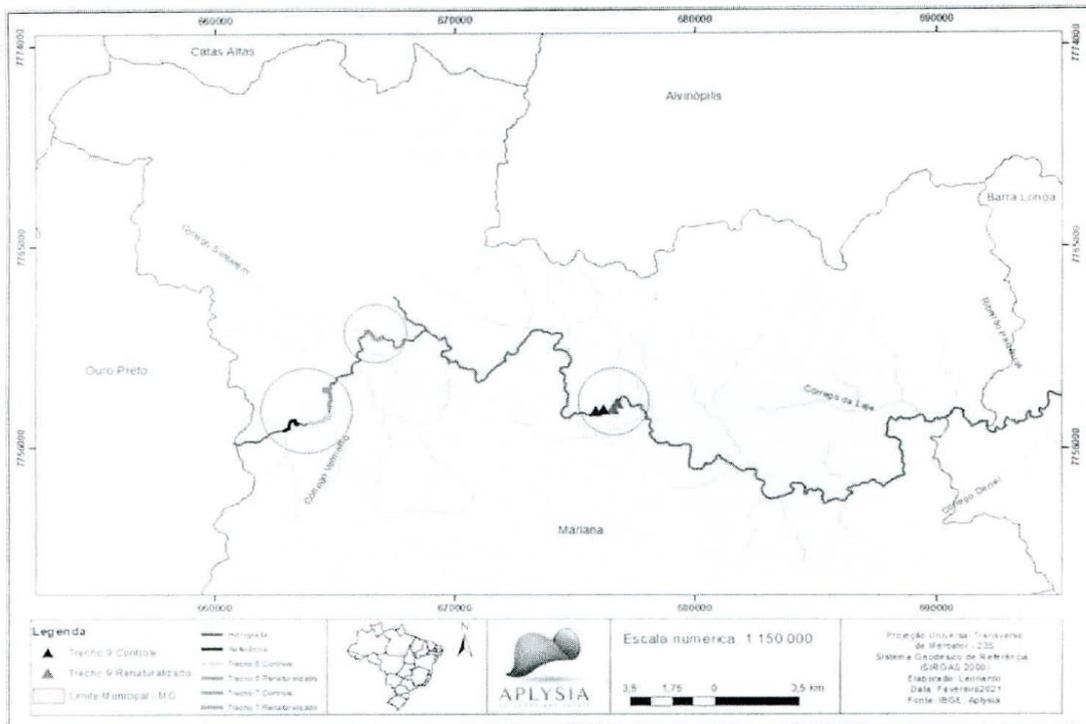
c) Trecho Renaturalizado - onde serão instaladas as estruturas de madeira no Trecho 9 do rio Gualaxo do Norte, nomeado de T9R do PER.

Os trechos Controle e Renaturalizado possuem um total de aproximadamente 2000 metros de extensão cada. No entanto, a extensão total de amostragem em cada trecho será de 1600 metros, pois não serão realizadas coletas nos 266 metros iniciais e nos 133 metros finais. Também será delimitado uma zona neutra de 300 metros entre os trechos Controle e Renaturalizado. O objetivo do espaçamento é minimizar a interferência que um pode exercer sobre o outro, principalmente o deslocamento da ictiofauna.

Cada trecho será subdividido em 4 seções (S1, S2, S3 e S4) de aproximadamente 400 metros cada. A localização do início e fim de cada trecho está disponível na Tabela 6 do Relatório Técnico nº06/2021 (pag 21).

Para avaliar se a restauração foi bem sucedida, o delineamento amostral seguiu a metodologia sugerida por Chapman (1999), onde os trechos restaurados e de controle, serão comparados com o Trecho Referência.

A Figura 1 apresenta o rio Gualaxo do Norte e as áreas objeto do Projeto de Expansão da Renaturalização (PER).



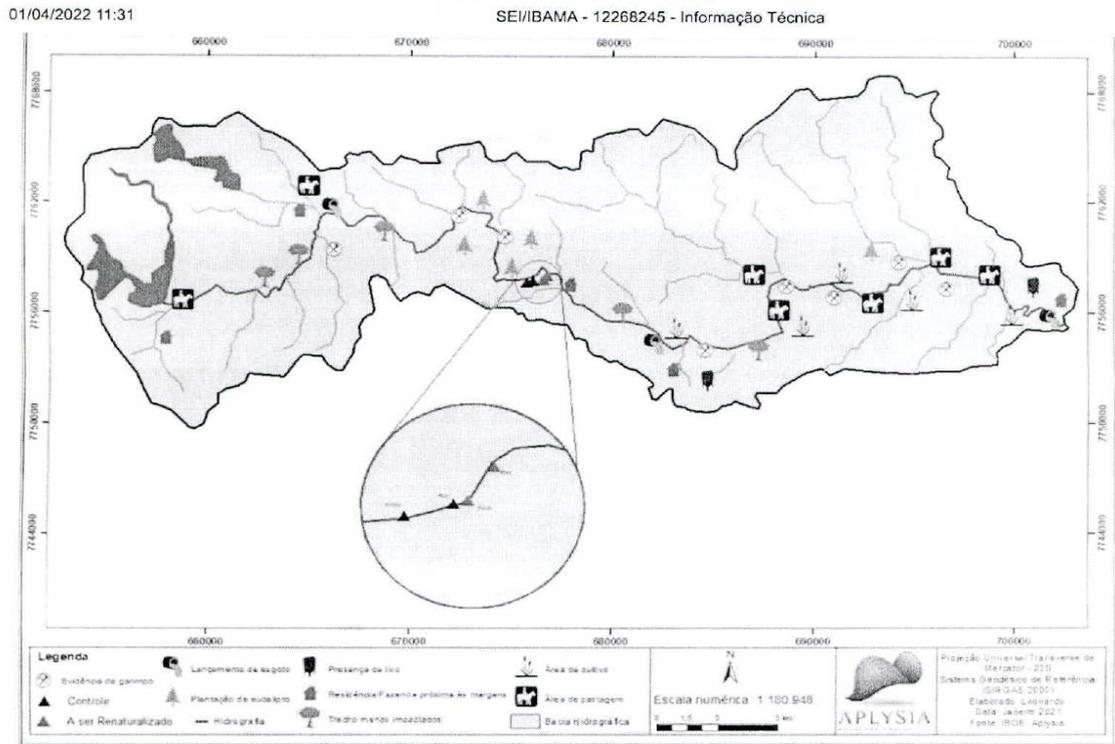
Fonte: Aplysia, 2021.

A atividade antrópica mais comum nas proximidades dos trechos de estudo (T9 – Controle e T9 – a ser renaturalizado), é a silvicultura de eucalipto. Há também presença de fazendas próximas à área de renaturalização. Ressalta-se, de acordo com o Relatório apresentado, foram observadas estruturas de garimpo para a extração de ouro à montante dos T9C e T9R (Figura 2).

Figura 2: Principais atividades antrópicas observadas ao longo do rio Gualaxo do Norte. A localização do Trecho 9 a ser renaturalizado está representada no círculo vermelho.



[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra\\_...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra_...) 2/21



Fonte Aplysia, 2021.

## 2.2- Caracterização da fauna aquática

Para a caracterização da fauna aquática foram utilizados dados e resultados parciais do Programa de Monitoramento de Ictiofauna do rio Doce nos estados de MG e ES (Econservation, 2017 apud Jacobs CH2M, 2018). Os resultados apresentados são referentes às amostragens realizadas em maio e outubro de 2017 a montante do Trecho 9, no próprio trecho e no rio do Carmo. Do mesmo modo, foi utilizado também o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) Integrado do Complexo Germano elaborado pela Amplo (Amplo, 2017 apud Jacobs CH2M, 2018). Também foram utilizados dados do estudo acústico de peixes e habitat aquático do rio Doce e tributários, realizado pelas empresas Hydrobiology e Econservation (Hydrobiology e Econservation, 2017 apud Jacobs CH2M, 2018).

## 2.3- Etapas, estudos e amostragens

Para implantação do PER, foram definidas as seguintes etapas:

- Planejamento: Delineamento do projeto, definição do Trecho e elaboração do Design
- Aplicação da Técnica de renaturalização (instalação das madeiras).
- Realização da primeira campanha de monitoramento logo após a instalação das estruturas (Tempo inicial = Ti).
- Manutenção das estruturas e Fotografias de ponto fixo.
- Realização da segunda campanha de monitoramento (1 ano pós-instalação) .

A tabela 1 traz os estudos a serem realizados ao longo do PER no Gualaxo do Norte.

Tabela 1 – Descrição dos tipos de estudo a serem realizados no Projeto de Expansão da Renaturalização do Trecho 9 e os objetivos de cada um.

Tipo do Estudo	Objetivo
Hidrologia: pluviosidade, vazão	Determinar as características hidrológicas do período da coleta;
Hidrogeomorfologia: mapeamento de fundo	Avaliar se aumentou a heterogeneidade do fundo do rio, propício a macrofauna bentônica.

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra\\_...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra_...) 3/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

Fotografias de ponto fixo	Acompanhar qualitativamente mudanças nas características do rio em diferentes aspectos, como controle de erosão, colonização pela vegetação e acúmulo de sedimento nas margens.
Qualidade de sedimento: granulometria, matéria orgânica e nutrientes	Analisar se ocorreu mudança na composição granulométrica, concentração de nutrientes e percentual de matéria orgânica do sedimento.
Qualidade da água: medição de parâmetros <i>in situ</i> (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, potencial de oxido redução e condutividade)	Avaliar se a qualidade da água é fator limitante ou não para o desenvolvimento da biota.
Macroinvertebrados bentônicos	Avaliar se o Renaturalize aumentou a diversidade de bentos.
Ictiofauna	Avaliar se o Renaturalize aumentou a abundância de peixes.

Fonte Aplysia, 2021.

Após o final de cada campanha está prevista a entrega dos seguintes produtos:

- 01 Relatório referente à primeira campanha de monitoramento (até 60 dias pós-instalação). Documento entregue (Relatório da Campanha Inicial de Monitoramento do Trecho 9 - Revisão 02)
- 01 Relatório referente à segunda campanha de monitoramento (1 ano pós-instalação).

A Tabela 2 apresenta o detalhamento do escopo com enfoque espacial (número de pontos e trechos) e temporal (número de campanhas e duração das campanhas em dias).

Tabela 2: Detalhamento espacial (número de pontos e trechos) e temporal (número de campanhas e duração das campanhas em dias).

Tipo de Estudo	Pontos amostrais por trecho	Esforço por trecho/campanha (dias)	Número de campanhas	Total de amostragens (Campanha 1 + Campanha 2)	Observação
Hidrologia	16 + 12 (Rnt)	2	2 (1 por ano)	120	Total de 3 trechos
Hidromorfologia	**	4	2 (1 por ano)	-	**Avaliação de todo o comprimento dos 3 trechos
Fotografias de ponto fixo	-	7	6 (6 bimestrais em 1 ano)	-	-
Qualidade do sedimento	16 + 12 (Rnt)	2	2 (1 por ano)	120	Total de 3 trechos
Qualidade da água	16 + 12 (Rnt)	2	2 (1 por ano)	120	Total de 3 trechos
Macroinvertebrados bentônicos	16 + 12 (Rnt) + 6 (Est)	2	2 (1 por ano)	132	Total de 3 trechos
Ictiofauna	4	6 *	2 (1 por ano)	24	Total de 3 trechos * serão consideradas 2 equipes

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra\\_...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra_...) 4/21

Legenda: Rnt – pontos amostrais exclusivos de trechos renaturalizados; Est – pontos amostrais nas estruturas pelo método de raspagem. (Fonte: Aplysia, 2021)

As campanhas de monitoramento serão executadas após a instalação das estruturas de madeira no período de seca (de julho a setembro). A primeira campanha foi realizada em setembro de 2021 e a segunda aproximadamente um ano após a primeira campanha do monitoramento. Desta forma, a metodologia aplicada será de acordo com o modelo Impact-control (IC), que determina amostragens pós-instalação com replicação espacial em locais que são física e biologicamente semelhantes, permitindo a repetibilidade espacial em vez de temporal.

O delineamento do monitoramento será realizado em duas escalas espaciais de esforço amostral, uma com o objetivo de avaliar o alcance dos efeitos da renaturalização (desenho amostral 1), e outra para avaliar as alterações dos processos ou condições do rio na escala das unidades de habitat formados em função da instalação das estruturas de renaturalização (desenho amostral 2).

Para o primeiro desenho amostral serão coletados um total de 48 pontos, sendo 16 no Trecho Referência, 16 no Trecho Controle e 16 no Trecho Renaturalizado, de forma equidistantes (espaçamento com cerca de 110 metros entre cada ponto amostral) ao longo de cada trecho. Desta forma serão coletadas 4 amostras em cada seção (total de 4 seções por trecho). A sequência de amostragem será realizada de forma alternada entre margem esquerda, calha e margem direita, com o intuito de amostrar a maior variedade das características físicas e de micro-habitat do rio.

As metodologias de avaliação que serão aplicadas neste desenho amostral são: medidas de qualidade de água e velocidade de escoamento (uma medida); coleta de sedimento para análises físicas, químicas e comunidade de macrobentônica.

Para o segundo delineamento, serão coletadas 12 amostras exclusivamente no Trecho Renaturalizado em locais onde há influência das estruturas de renaturalização. A área de influência de cada estrutura deverá ser validada em campo. Serão 4 amostras em troncos marginais (TMM), 4 nas estruturas de triângulo (ET) e 4 nas estruturas em “C”. As amostras serão divididas pelas seções pré-estabelecidas, onde serão coletadas 3 amostras por seção, sendo uma para cada tipo de estrutura instalada (troncos marginais, triângulo e “C”).

As metodologias de avaliação que serão aplicadas neste desenho amostral são: medidas de qualidade de água; coleta de sedimento para análises físicas, químicas e comunidade de macrobentônica.

### 2.3.1 Macroinvertebrados bentônicos

As amostragens serão realizadas de forma a captar a diversidade em diferentes biótopos presentes nos trechos (lama, areia, cascalho, seixo e folhíço). Em cada ponto de amostragem serão tomadas as características de fluxo (ex.: rápido, corredeira, piscina) e a composição predominante do sedimento (ex.: areia, cascalho, folhíço, etc).

O esforço amostral será realizado no sentido jusante-montante. Em cada ponto as amostras de sedimento serão coletadas com surber de malha de 250 µm e área previamente conhecida (0,09 m<sup>2</sup>). O material coletado será lavado *in situ* em saco bentônico, utilizado para a separação dos organismos do restante do material sedimentar.

Considerando que após a instalação, as próprias estruturas de madeira podem propiciar substrato adicional para a comunidade bentônica, serão tomadas 3 amostras da superfície da madeira de um total de 6 estruturas no Trecho Renaturalizado. A amostragem será realizada a partir da raspagem da superfície com uma espátula para liberar os organismos aderidos sem danos aos tecidos e estruturas. Para isso, o surber será posicionado contra a correnteza, para que os organismos sejam retidos durante a raspagem.

Todas as amostras serão acondicionadas em potes de aproximadamente 1,5 kg devidamente identificados (data, responsável pela coleta, coordenadas geográficas, ponto amostral e outros), fixadas com formol a 4% e enviadas ao laboratório. Em laboratório os organismos serão triados e identificados ao menor nível taxonômico possível.

Os índices ecológicos utilizados para avaliação da estrutura da comunidade bentônica serão: abundância (N), riqueza (S), diversidade de Shannon-Weaver ( $H' \log_2$ ), equitabilidade ( $J'$ ) e dominância (D).

### 2.3.2 Ictiofauna

As coletas de ictiofauna serão realizadas em quatro seções de aproximadamente 400 m cada, totalizando 1600 metros por trecho.

Serão utilizados diferentes petrechos de pesca (rede de espera, tarrafa, peneira e covo) com padronização previamente estabelecida (área e/ou tempo) e aquisição conforme oferta do mercado (considerando pequenas variações nas especificações entre fabricantes, principalmente para as tarrafas). A aplicação de cada arte de pesca nas parcelas será realizada considerando as características do habitat físico. As redes de espera e os covos serão armados ao entardecer e retirados na manhã seguinte simultaneamente em dois trechos (um a ser renaturalizado e outro controle) do Trecho 9. Após esse período, será amostrado o Trecho Referência.

Os organismos coletados serão identificados em campo e registrados em planilhas (espécie, petrecho de pesca, data, responsável pela coleta, coordenadas geográficas, ponto amostral e outros), com posterior soltura. Os peixes que morrerem nas capturas ou que não suportarem a manipulação, serão sacrificados conforme Diretriz da Prática da Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). Esses espécimes que não resistirem ao método de captura ou manuseio para identificação/contagem e aqueles que não forem identificados em campo serão coletados, colocados em sacos plásticos devidamente identificados, fixados em formalina 10% e levados para avaliação em laboratório, seguido de tombamento. Do total amostrado, pelo menos um exemplar de cada táxon será armazenado para composição de material testemunho, que será depositado em coleção científica do Centro de Coleções Taxonômicas (CCT) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais.

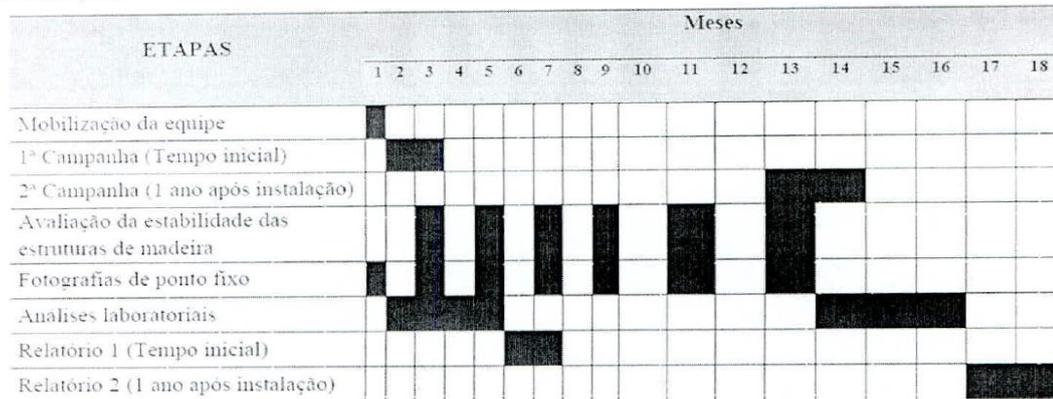
A partir dos dados brutos serão calculados índices ecológicos e realizadas análises estatísticas. A composição da ictiofauna será apresentada em tabelas (total e por trecho), indicando para todas as espécies: nome científico, nome popular, tipo de petrecho de captura e locais de amostragem. As espécies serão categorizadas como raras, endêmicas, ameaçadas de extinção, migradoras, reofílicas, comerciais (consumo e ornamental), alóctones ou exóticas invasoras. Com base nos dados acumulados nas duas campanhas de monitoramento será construída a curva cumulativa de capturas (curva do coletor) utilizando técnicas disponíveis em Colwell & Coddington (1994) para estimativas da riqueza total.

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

Serão utilizados índices de abundância relativa das espécies, em número e peso (Magurran, 1988), de Diversidade de Shannon-Weaver e Equitabilidade (Smith & Wilson, 1996). A constância de ocorrência (C) das espécies será determinada com base no percentual e períodos em que cada uma ocorre. Coeficientes de similaridade/dissimilaridade adequados aos dados serão utilizados para comparação entre localidades e tratamentos da renaturalização (Magurran, 1988).

#### 2.4 Cronograma



**Legenda:** Cronograma estabelecido em função do recebimento da Abio: Prevista 01 (uma) campanha com aproximadamente 30 a 60 dias após a instalação; Previstas 01 (uma) campanha um ano após a intervenção.  
**Fonte:** Aplysia, 2021.

### 3- DESIGN DE INSTALAÇÃO - RELATÓRIO TÉCNICO Nº 486/2020 (REVISÃO 04)

A compreensão dos objetivos do design de renaturalização torna-se essencial para o entendimento do funcionamento, aplicabilidade e benefícios a serem gerados por cada estrutura. Para o PER no rio Gualaxo do Norte foram definidos os seguintes objetivos:

- Atenuação do fluxo para criação de refúgios para peixes e macroinvertebrados bentônicos;
- Aprimoramento da sequência pool-riffle;
- Criação de áreas de deposição como sumidouros de sedimento a longo prazo;
- Criação de sequência de meandros para otimizar a estabilidade do canal a longo prazo;
- Restituição de processos naturais para criação de um ambiente estável, *flood-friendly*, heterogêneo e biodiverso.

Para a realização da primeira fase do projeto de expansão (levantamento de dados e instalação das estruturas), após avaliação de imagens aéreas públicas (Google Earth) e dados secundários da área de estudo disponibilizados pela Fundação Renova (planialtimetria, batimetria e informações fundiárias), 04 alternativas foram pré-selecionadas para serem vistoriadas em campo e para confirmação dos dados, ao longo dos trechos 8 e 9 do rio Gualaxo do Norte.

A área de estudo selecionada para renaturalização (alternativa 4) está localizada no rio Gualaxo do Norte, que tem cabeceira a nordeste do município de Ouro Preto e a noroeste do município de Mariana-MG. Esse rio segue na direção leste com sua confluência com o rio do Carmo, nas proximidades do município de Barra Longa- MG. Para a seleção dessa área, levou-se em consideração dados obtidos em campo em setembro de 2020, tais como: largura e profundidade média do rio e observação visual do entorno (presença de planície de inundação, presença de lagoas marginais, vias de acesso para veículos, locais para estocagem de madeiras e áreas de vivência). Maiores detalhes dessa etapa estão descritos no Relatório de Campo Aplysia nº 436-rev02 (Aplysia, 2020).

A Esperança S.A. é a empresa proprietária do terreno localizado na margem, fator positivo visto que a FUNDAÇÃO RENOVA já possui autorização de acesso.

A porção selecionada (alternativa 4) do Trecho 9 apresenta o maior comprimento dentre as opções visitadas, com aproximadamente 4,05 Km de comprimento e largura média de aproximadamente 17,5 m. A profundidade média estimada em campo foi de 0,6 m. Portanto, o PER ocorrerá em aproximadamente 4 Km, onde, 2 Km serão o controle e os outros 2 Km serão renaturalizados com as estruturas de madeira.

O desenho amostral foi desenvolvido com base no padrão BACI (*Before-After-Control-Impact*), amplamente utilizado em estudos internacionais de restauração de rios a partir da instalação de troncos de madeira. O conceito BACI considera avaliações de habitats físicos e biota antes e depois da intervenção, e incorpora um trecho controle e/ou referência como comparativo.

O conceito do PER está apoiado sobre a premissa de replicar atributos e efeitos naturais de um ecossistema lótico tropical sobre trechos afetados pela passagem da pluma. Para tanto, o design de instalação e a própria etapa de instalação das estruturas têm como propósito o uso de árvores do tipo *Large Woody Debris* (LWD) e outros recursos (troncos submersos, estrutura em "C" e estrutura em triângulo) para reestabelecer o processo geomorfológico natural e as características do habitat físico que favoreçam a biodiversidade.

Um princípio importante no contexto da renaturalização é o de enriquecimento fluvial *flood-friendly*, que busca dispor as estruturas durante a instalação considerando as características, o comportamento e reflexos naturais do rio (Reclamation and U.S. Army Corps of

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra\\_...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra_...) 6/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

Engineers, 2012).

Em setembro de 2020, foi realizado levantamento batimétrico nos 2Km selecionados para renaturalização do trecho 9 com o objetivo modelar a calha fluvial (leito e adjacências) para subsidiar a etapa de modelagem hidráulica das estruturas que seriam instaladas no leito do rio Gualaxo do Norte. Foram levantados pontos batimétricos abaixo do nível d'água a fim de se estimar o perfil longitudinal de cada um dos 43 transectos levantados. Os detalhes sobre o estudo de batimetria estão no documento Relatório Técnico nº 466-rev 03 (Aplysia, 2020).

Após o estudo batimétrico, foram realizados pela equipe de engenharia da Aplysia estudos que tiveram como finalidade avaliar a influência das estruturas de madeira a serem instaladas no PER, que são:

### **3.1 Modelagem Hidráulica**

A modelagem consistiu na simulação da passagem de cheias com tempos de recorrência de 2, 25 e 50 anos para as condições com e sem estruturas instaladas. Os resultados obtidos indicaram aumento nas velocidades apenas em regiões pontuais nas extremidades das estruturas. Essas velocidades incrementais podem ocasionar erosões localizadas e conseqüentemente algum grau de instabilidade nas estruturas e, portanto, foi dimensionado um sistema de fixação que levou em consideração este fenômeno. Ademais, o PER assim como o PPR contará com campanhas de inspeção e manutenção periódica dessas estruturas, mitigando assim possíveis mecanismos de falha.

Para mais detalhes sobre a modelagem hidráulica ver documento Relatório Técnico nº 466-rev 03 (Aplysia, 2020).

### **3.2 Estabilidade das Estruturas**

Dada a instalação das estruturas nas margens e na calha do rio, elas estarão submetidas à esforços solicitantes desestabilizadores provenientes do escoamento, como a força de arraste exercida pela velocidade do fluxo e a força de empuxo dado o fato da densidade da madeira utilizada ser menor do que a da água.

Portanto, procedeu-se o dimensionamento do sistema de fixação dos troncos com estacas cravadas e amarração com cordas de sisal, de forma a estabilizar o sistema contra esforços de cisalhamento, flexão, deslizamento, flutuação e descalçamento. Os resultados do dimensionamento definiram uma quantidade mínima de pares de estaca para cada estrutura dada uma profundidade mínima de cravação de 1,0 m. De forma geral, a favor da segurança, considerou-se que todas as estruturas poderiam perder um par de estacas por completo por descalçamento da fundação e mesmo assim ainda estariam estáveis.

Para mais detalhes sobre a estabilidade das estruturas ver documento Relatório Técnico nº 473-rev 03 (Aplysia, 2020).

### **3.3 Levantamento de dados físicos**

A caracterização do habitat físico foi realizada seguindo a metodologia proposta nos manuais da Agência de Proteção Ambiental Americana (United States Environmental Protection Agency – US-EPA) e nos protocolos para Avaliação de Habitat Físico definidos no Programa de Monitoramento e Avaliação Ambiental (Environmental Monitoring & Assessment Program, EMAP) (OLSEN; PECK, 2008). O objetivo foi avaliar em detalhes os aspectos físicos do habitat, baseados em critérios previamente estabelecidos, visando determinar as condições ambientais do rio capaz de dar suporte à biota aquática.

O Protocolo de Avaliação de Habitat foi aplicado no período seco, no mês de setembro de 2020. Para os 2 km de trecho a serem renaturalizados no PER foram definidos 2 subtrechos para a aplicação do protocolo. O comprimento amostrado foi de 40 vezes a largura molhada, onde cada subtrecho tinha 300 metros, divididos em 11 transectos transversais (A – K) de 30 metros cada um, com 10 seções equidistantes (KAUFMANN et al., 1999). Em cada seção transversal foram levantados os seguintes dados: profundidade do canal; tipos de substrato predominante e imersão (0 a 100%); inclinação das margens; margem escavada; largura molhada; largura sazonal; altura sazonal e altura da incisão; presença de barras no canal (ilhas, de acordo com KAUFMANN et al., 1999). Ainda, foram avaliados em uma área de 10 m<sup>2</sup> nas margens esquerda e direita, nas porções anterior e posterior à seção, a presença e diversidade de abrigos para organismos aquáticos, a cobertura vegetal da zona ripária e a influência humana.

Abaixo está o resumo dos principais componentes do protocolo aplicado para este estudo.

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra\\_...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra_...) 7/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

<b>PERFIL LONGITUDINAL</b>	Mede-se a profundidade do canal, classifica-se o habitat aquático, determina-se a presença de sedimentos finos nos pontos onde é medido o talvegue, e a largura molhada em cada seção e no ponto intermediário entre duas seções.
<b>SEÇÕES TRANSVERSAIS</b>	Mede-se a largura da seção; a profundidade em três pontos ao longo da linha perpendicular ao escoamento, sendo dois marginais e no meio do canal; altura da margem; o ângulo da margem; e a cobertura ripária.
	Estima-se visualmente a classe granulométrica do substrato nos mesmos pontos onde é medida a profundidade.
<b>VAZÃO</b>	Observa-se as estruturas de contenção e a sua proximidade com o canal entre eles: muros/diques/revestimentos, construções, pavimentação, estradas/ferrovias; canalizações; lixo/entulho, parques/gramados; agricultura; pastagens; ações que envolvem troncos das árvores, atividades de mineração.
	Foi medida a velocidade (fluxômetro) e a profundidade (bastão graduado) em uma seção uniforme subdividida em uma quantidade de 10 intervalos.

Fonte: Aplysia, 2020.

#### 3.4 Tipos de estruturas

Ao todo foi prevista a instalação de cento e cinquenta estruturas de madeira ao longo dos aproximadamente 2 km de trecho a ser renaturalizado no PER. Foi utilizada madeira de reflorestamento das espécies *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus grandis*. Abaixo segue a descrição dos tipos de estruturas utilizadas.

##### - Árvores do tipo LWD (Large Woody Debris):

Troncos de árvores ancorados nas margens com o objetivo de auxiliar na criação de refúgios para invertebrados e peixes, contribuir para o acúmulo de sedimentos, formação de meandros, aprimoramento de sequências *pool-riffle* e controle da erosão. As estruturas são dispostas em zonas de deposição de sedimento existentes, a fim de alterar o fluxo local e aumentar os depósitos em áreas específicas, criando novos locais de acúmulo (Figura 3). As estruturas LWD podem ser de dois tipos:

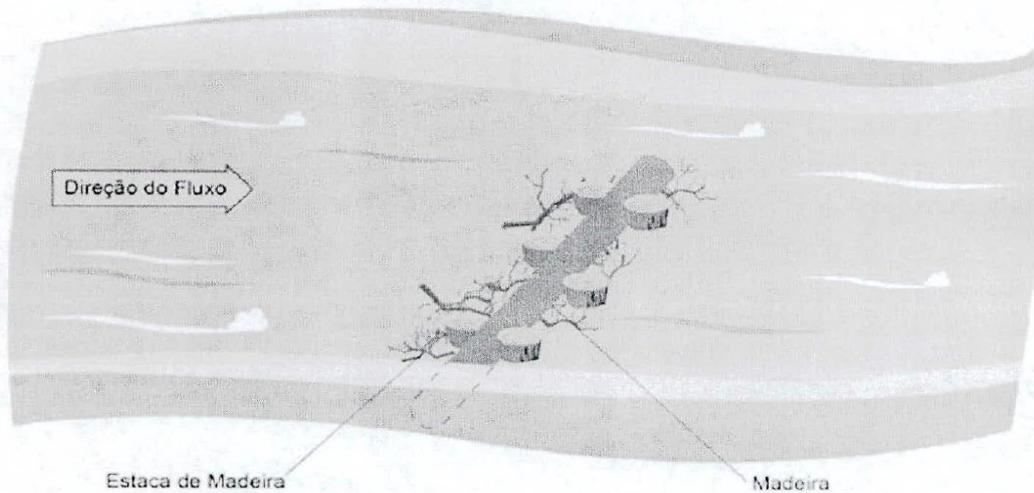
1. TMM – Tronco posicionado na margem do rio com o objetivo de criação de meandros, retenção de sólidos e criação de habitat. Essa estrutura tem diâmetro médio de 0,3 m, comprimento de 25% a 35% da largura do rio no local a ser instalada e ângulo aproximadamente de 45° com a direção da margem.
2. TME – Tronco posicionado na margem do rio com o objetivo de ajudar no combate a erosões nas margens, retenção de sólidos e criação de habitat. Essa estrutura tem diâmetro médio de 0,3 m, comprimento aproximado de 15% da largura do rio no local a ser instalada e ângulo de aproximadamente 30° com a direção da margem.

Figura 3: Representação gráfica da estrutura LWD na margem (TMM e TME).

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra\\_...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra_...) 8/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

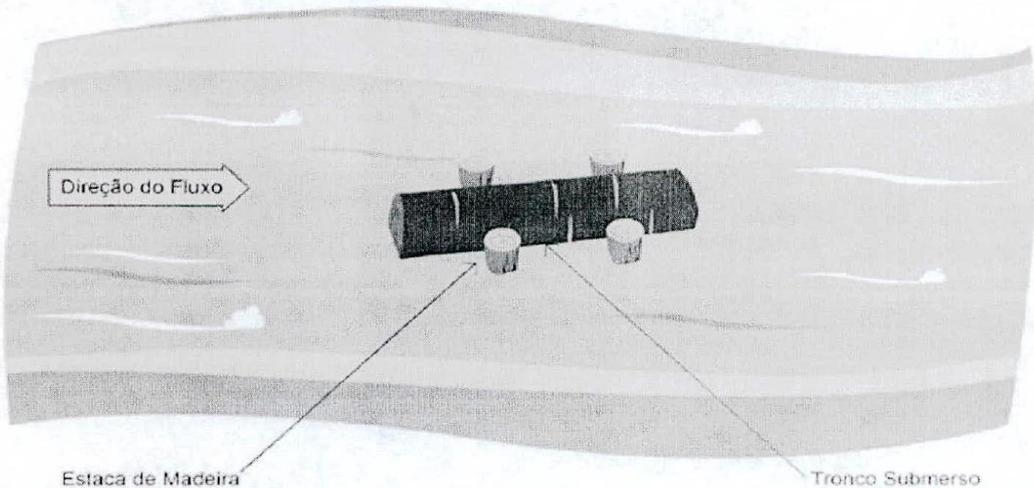


Fonte: Aplysia, 2020.

**- Troncos submersos (TS)**

Tronco submerso na calha do rio com o objetivo de promover complexidade de fluxo. Essa estrutura tem diâmetro médio de 0,3 m e comprimento aproximado de 1,0 m. O ângulo dessa estrutura pode variar com a direção do fluxo (Figura 4).

Figura 4 – Representação gráfica da estrutura de Tronco Submerso (TS).



Fonte: Aplysia, 2020.

**- Estrutura em triângulo (ET)**

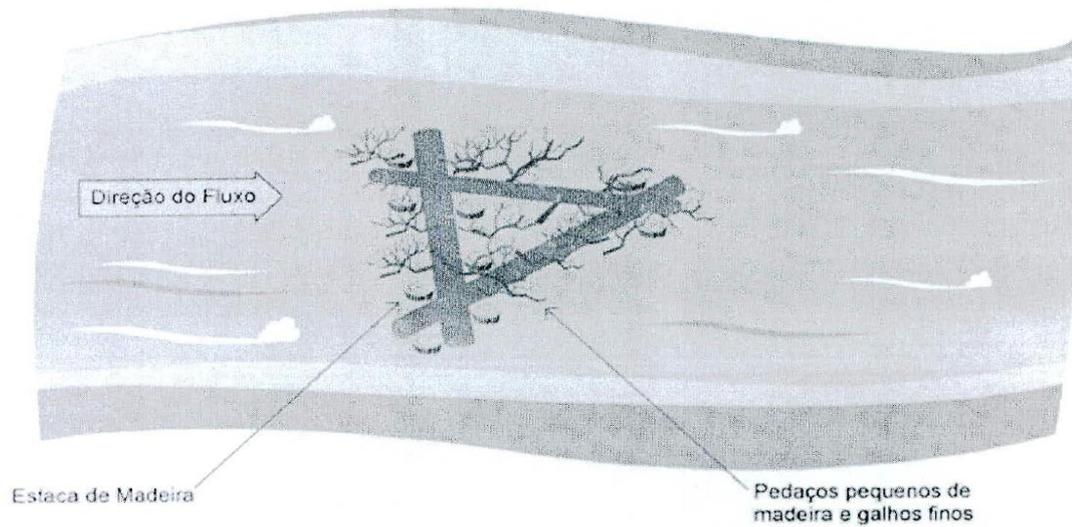
Estrutura submersa composta por três troncos formando um triângulo isósceles com o objetivo de criação de habitat. Essa estrutura tem diâmetro médio de 0,3 m, comprimento do tronco da base de aproximadamente 1,5 m e comprimento dos outros dois elementos de aproximadamente 2,0 m, é posicionada na direção do escoamento (Figura 5).

Figura 5– Representação gráfica da estrutura em Triângulo (ET).

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra\\_...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra_...) 9/21

01/04/2022 11:31

SEIBAMA - 12268245 - Informação Técnica

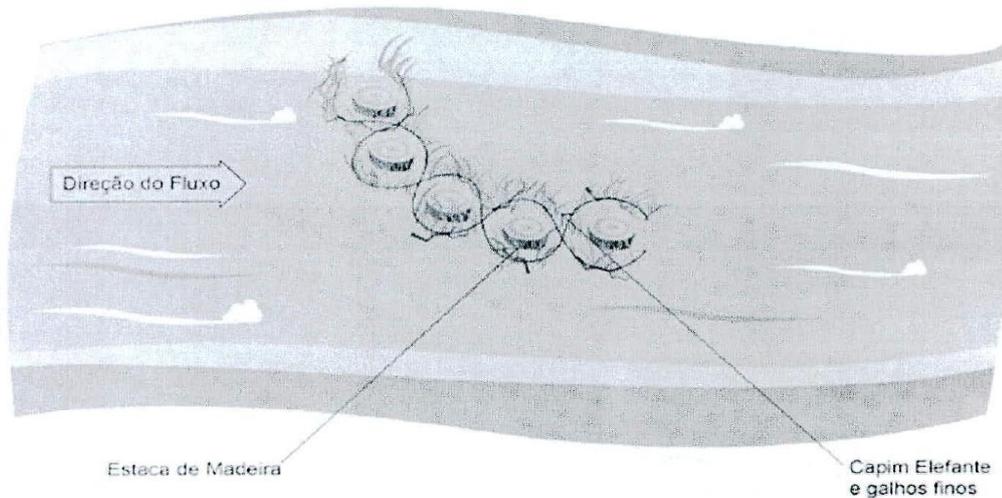


Fonte: Aplysia, 2020.

**- Estrutura em "C" (EC)**

Estrutura posicionada na margem com o objetivo de criação de hábitat. Essa estrutura é composta por um grupo de estacas cravadas na calha do rio formando um semicírculo no formato de um "C". Entre as estacas foi projetado capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) entrelaçado formando uma espécie de barreira ao fluxo e criando uma região de remanso (Figura 6).

Figura 6 – Representação gráfica da estrutura em "C".



Fonte Aplysia, 2020.

A tabela abaixo apresenta resumidamente o quantitativo aproximado e a função das estruturas LWD (TMM e TME), troncos submersos (TS), estrutura em triângulo (ET) e estrutura em "C" (EC) definido a partir do design da instalação das estruturas no PER.

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 10/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

Tipo de Estrutura	Nomenclatura	Quantidade	Funções
Tronco Posicionado na Margem - Formação de Meandros	TMM	67	Formação de Meandros, Criação de Habitat e Retenção de Sólidos
Tronco Posicionado na Margem - Controle de Erosão	TME	40	Controle de Erosão, Criação de Habitat e Retenção de Sólidos
Tronco Submerso	TS	10	Complexidade de Fluxo
Estrutura Triangular	ET	26	Criação de Habitat
Estrutura em "C"	EC	07	Criação de Habitat

Fonte Aplysia, 2020.

### 3.5 Resultados

Os resultados mostraram que a morfologia do canal e da margem foram constantes nos dois subtrechos avaliados não havendo diferença estrutural na profundidade do canal, largura molhada, largura sazonal e altura sazonal. Os remansos estiveram restritos a faixas nas margens, não sendo observada abundância de poças típicas da sequência *pool-riffle* (poça-corredeira). No subtrecho 1 existe diversidade de fluxo maior que no subtrecho 2, a maior composição do subtrecho 1 foi de fluxo suave (GL) enquanto no subtrecho 2 foi de corredeira (RI).

Em relação à declividade do canal, o levantamento batimétrico não apresentou trechos com singularidade relevantes, como seções de controle de fluxo. Entretanto, é observado com maior frequência na porção mais a jusante, um aumento na quantidade de pequenas corredeiras, o que é também traduzido nos pontos batimétricos levantados. A declividade da porção inicial (montante) até cerca de 40% do comprimento total é da ordem de 0,05%. Por sua vez, a porção final do trecho, 60% do comprimento até o limite de jusante, apresenta declividade da ordem de 0,15%.

Em ambos os subtrechos o substrato predominante foi de cascalho grosso e cascalho fino. Entretanto, no subtrecho 1 a diversidade de substrato foi superior ao subtrecho 2. A menor diversidade de substrato do subtrecho 2 pode estar relacionada ao fluxo mais rápido, que dificulta a retenção de substratos variados, como silte e folhiço.

Todo o Trecho 9 possui mata ciliar nas suas margens, o que é de extrema importância para o processo de renaturalização, contudo não houve diferença significativa na quantidade de abrigos para peixe disponíveis quando comparado o subtrecho 1 e o subtrecho 2 ( $f = 0,043$ ;  $p = 0,837$ ). O subtrecho 1 possui uma vegetação ripária mais densa que o subtrecho 2.

Foram observados exemplos de estruturas de contenção de sedimentos da planície de inundação, formadas por retentores (rolos de fibra de coco), enrocamentos e mantas. Tendo em vista que essas estruturas fazem parte de outras ações do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 9 e possuem seus respectivos objetivos, o PER enfatizou a recuperação de processos ecológicos intracalha, não estabelecendo relação com os exemplos de estruturas de contenção, anteriormente, dispostas no trecho a ser renaturalizado.

## 4- INSTALAÇÃO DAS ESTRUTURAS - RELATÓRIO DE CAMPO N° 119/2021 (REVISÃO 04)

As etapas prévias à instalação das estruturas (planejamento, levantamento de informações, escolha da área e definição do design) já foram descritas nos itens anteriores.

A instalação das estruturas foi realizada no período de 27 de junho a 31 de julho de 2021. As atividades realizadas durante o período foram: deslocamento da equipe de campo, exame preventivo do COVID-19, instalação da área de vivência, validação do design de instalação, marcação dos pontos de instalação, fotografias de ponto fixo pré e pós instalação, medição, corte, transporte e instalação das estruturas de renaturalização. O detalhamento das atividades realizadas diariamente está na Tabela 6 no *Item 5 – Cronograma das operações de campo* do Relatório de Campo n° 119/2021.

### 4.1 Validação do design

A etapa de validação do design de instalação consistiu em avaliar o local de instalação das estruturas pré-estabelecidas no design (APLYSIA, 2020a), e realizar a demarcação dos pontos de cada uma com fita biodegradável identificadas com o código correspondente. Também foi mensurada em cada ponto a largura do rio, utilizando um medidor de distância a laser e/ou uma trena de fibra manual para realização dos cálculos de comprimento das estruturas instaladas.

### 4.2 Transporte e acondicionamento das estruturas

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 11/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

O transporte de todas as estruturas de madeira, assim como os galhos que compõe a instalação foi realizado por caminhão truck até uma área próxima onde foram desenvolvidas as atividades. Os tamanhos de cada estrutura variaram entre 6 e 2 metros, e todas continham diâmetro médio de aproximadamente 0,3 m.

Após o acondicionamento, as estruturas foram medidas e cortadas, posteriormente foram identificadas de acordo com o código de instalação. Visto que todas as atividades em campo foram executadas com trabalho manual, não foram identificadas alterações expressivas no ecossistema durante o arraste, transporte de material e instalação das estruturas de madeira. Dentro do rio as estruturas foram arrastadas no sentido do fluxo até o local de instalação demarcado. Os feixes de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) utilizados na instalação foram cortados nas margens do rio Gualaxo do Norte e transportados manualmente até o local de instalação. Os feixes foram utilizados nas estruturas marginais e arranjo das estruturas em "C".

#### 4.3 Fotografias de ponto fixo

Com o objetivo de acompanhar qualitativamente a influência do projeto nas características das margens do rio em diferentes aspectos, como erosão, desenvolvimento de vegetação e acúmulo de sedimento nas margens, foram realizadas no Trecho T9, avaliações utilizando o método de fotografias de ponto fixo para posterior comparação entre o período pré-instalação e pós-instalação.

Para essa análise foram fixadas nas margens estacas de cano PVC em locais de referência para os registros fotográficos. Os pontos foram distribuídos conforme demarcação da localização das estruturas. As fotografias foram tomadas em diferentes sentidos (montante, centro, jusante e panorâmica), devidamente identificadas em relação ao número do ponto fixo e sentido que a fotografia foi retirada.

Inicialmente, antes da instalação das estruturas foi determinado o total de 72 pontos fixos ao longo do trecho renaturalizado. Entretanto, após a instalação e reposicionamento de algumas estruturas foi necessário acrescentar mais um ponto fixo, denominado com a letra "PF-A". Dessa forma, totalizando 73 pontos fixos para o Trecho 9. As coordenadas dos pontos fixos estão na Tabela 2 do Relatório n°119/Aplysia.

#### 4.4 Instalação das estruturas

A caracterização dos cinco tipos de estruturas utilizadas bem como o objetivo de cada uma está descrita no item 3.4 dessa Informação Técnica. Sua instalação seguiu o princípio de enriquecimento fluvial *flood-friendly*, descrito no documento intitulado *Large Wood Research Workshop* (RECLAMATION; U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2012), onde recomenda-se que a disposição das estruturas instaladas leve em consideração as características, o comportamento e reflexos naturais do rio.

No total foram instaladas 161 estruturas de renaturalização no Trecho 9, sendo 67 marginais do tipo árvore LWD de aproximadamente 6 m de comprimento, 40 marginais do tipo árvore LWD de 3 m de comprimento, 26 em formato de triângulo e 7 estruturas em formato de "C". Também foram instalados 21 troncos submersos, sendo que estavam previstos no design a instalação de 10 troncos, portanto 11 a mais do previsto para este tipo de estrutura. A instalação de estruturas adicionais não previstas no pré design ocorreu devido as mudanças naturais na dinâmica fluvial do rio, pois alguns trechos tinham uma maior velocidade de escoamento da água. A instalação de novos troncos submersos aumentou a complexidade do fluxo e auxiliou na diminuição da velocidade, além de propiciar novos habitats para a biota aquática.

Tendo em vista que as atividades de instalação foram intercaladas com o transporte de material e arraste de madeiras, houve variação no quantitativo de estruturas instaladas por dia. Considerando os cinco tipos de estruturas utilizadas, foi registrada uma média de 9 estruturas instaladas por dia no Trecho 9, contando a partir do primeiro dia de instalação.

Apesar da instalação refletir com proximidade o previsto no design (Aplysia, 2020a), foram necessários pequenos ajustes na localização de algumas estruturas devido a dinâmica fluvial e/ou a dificuldade de fixar estruturas em substrato pedregoso ou profundo. As realocadas no momento da instalação estão descritas na Tabela 4 do Relatório n°119/Aplysia.

Ao comparar a modelagem hidráulica (velocidade e estabilidade) com e sem as estruturas, constatou-se que as diferenças de padrões encontrados tanto no design, quanto antes da instalação apresentaram-se compatíveis com estudos de modelagem hidráulica realizada para as estruturas posicionadas nas alocações iniciais (APLYSIA, 2020c).

##### - Árvores do tipo LWD (Large Woody Debris)

A instalação das árvores foi realizada por meio da ancoragem dos troncos nas margens em locais com zonas de deposição de sedimento existentes, a fim de alterar o fluxo de água local e aumentar os depósitos sedimentares. Para instalação das árvores também foi levado em consideração locais que beneficiariam a colonização de invertebrados aquáticos e peixes, assim como locais onde as estruturas podem ajudar a conter possíveis erosões das margens.

Durante a instalação foram observadas as deflexões de fluxo causadas por diferentes angulações, até encontrar a inclinação ideal para a instalação da estrutura no local. A ancoragem foi realizada considerando a fixação na margem e na calha do rio. Posteriormente a estrutura foi ancorada em uma trincheira cavada na margem com aproximadamente 50 cm. A fixação da estrutura no leito do rio foi realizada com quatro pares de estacas de madeira para estruturas com 6 m de comprimento e três pares de estacas para estruturas com 3 m. Após a fixação, a estrutura foi amarrada aos pares com corda de sisal nas estacas. Após a instalação foram adicionadas e amarradas à estrutura, galhos de *Eucalyptus cloeziana* e feixes de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*).

##### - Tronco submerso

Os troncos submersos foram troncos remanescentes do corte das árvores LWD. As dimensões dos troncos instalados foram de 1 m de comprimento com diâmetro de aproximadamente 0,3 m. Assim como as árvores LWD, os troncos submersos foram fixados com quatro estacas de madeira e amarradas com corda de sisal. O ângulo dessa estrutura pode variar de acordo com a direção do fluxo.

##### - Estrutura em triângulo

As estruturas foram instaladas na direção do escoamento e foram fixados com 10 estacas de madeira e amarradas com corda de sisal. Após a instalação foram adicionadas e amarradas a estruturas, galhos de *Eucalyptus cloeziana*.

##### - Estrutura em "C"

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 12/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

A estrutura é composta por uma sequência de estacas cravadas na calha do rio com espaçamento de aproximadamente 50 cm formando um semicírculo no formato da letra "C". Entre as estacas foi adicionado capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) entrelaçado, formando uma espécie de barreira ao fluxo de água, assim criando uma região de remanso

## 5. RELATÓRIO DA CAMPANHA INICIAL DE MONITORAMENTO DO TRECHO 9 – REVISÃO 02- FUNDAÇÃO RENOVA

Este relatório apresenta a etapa 3 (monitoramento) do PER, realizado em setembro de 2021, considerando as seguintes ações: caracterização dos substratos do rio, da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e da ictiofauna no tempo T-0 (em até 50 dias após a instalação das estruturas) nos trechos estudados. As coletas de material biológico foram devidamente autorizadas por meio da Autorização IBAMA 01/2021 CGBIO-DBFLO.

O objetivo geral foi apresentar o cenário inicial (T-0) do rio após a instalação das estruturas de renaturalização para futura comparação da eficácia do método utilizado na restauração rio Gualaxo do Norte - Trecho 9.

### 5.1 Delineamento amostral

O monitoramento dos indicadores previstos no escopo do PER foi estabelecido em delineamentos amostrais distintos, para o cumprimento dos objetivos específicos propostos no escopo do projeto. A diversificação das amostragens teve como objetivo obter respostas mais eficientes em diferentes escalas (local e por trecho) e a relação dos processos envolvidos na renaturalização. A descrição dos delineamentos e perguntas a serem respondidas para cada objetivo específico são apresentadas nos itens subsequentes.

#### 5.1.1 Objetivo específico 1 – Heterogeneidade de substrato

O esforço amostral para a classificação dos tipos de substrato nos trechos estudados (Referência, T9-Controlado e T9-Renaturalizado) foi realizado em toda extensão delimitada para cada trecho no tempo T-0, a fim de possibilitar futuras comparações entre os trechos após a instalação das estruturas de renaturalização. As perguntas a serem respondidas para esse respectivo delineamento são:

- Quais as características do substrato nos trechos estudados no tempo T-0 (em até 50 dias da instalação das estruturas)?
- Houve aumento da diversidade do substrato de fundo em função da instalação das estruturas?

#### 5.1.2 Objetivo específico 2 – Biodiversidade de macroinvertebrados bentônicos

O esforço amostral foi elaborado para avaliar a distribuição dos organismos em diferentes escalas. O primeiro delineamento compreende a amostragem de 48 pontos, sendo 16 pontos no trecho Referência, 16 no trecho T9-Controlado e 16 no trecho T9-Renaturalizado. A coleta foi realizada de forma alternada entre margem esquerda, calha e margem direita, com o intuito de amostrar a maior variedade de micro habitats do rio. Maiores detalhes quanto a metodologia podem ser encontradas no Item 2.3.1 da presente Informação Técnica bem como no Relatório de Monitoramento apresentado pela Fundação Renova.

As perguntas centrais a serem respondidas para esse delineamento são:

- Como é a distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no tempo T-0?
- Como é a distribuição dos organismos em relação aos grupos tróficos funcionais no tempo T-0?
- Ocorreu aumento na abundância e/ou diversidade de macroinvertebrados bentônicos em função da instalação das estruturas de renaturalização?
- Houve mudanças na relação entre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e os parâmetros físicos e químicos do sedimento em função da instalação das estruturas de renaturalização?

Também será avaliado efeito dos tipos de estruturas instaladas (TMM, ET e EC) nos processos de colonização da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. As perguntas centrais a serem respondidas são:

- Como é a distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área de sedimentação das estruturas logo após sua instalação (T-0)?
- Qual tipo de estrutura de renaturalização propiciou maior concentração de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo na sua área de sedimentação?
- Qual o tipo de estrutura de renaturalização se mostrou mais eficiente no processo de colonização da comunidade de macroinvertebrados bentônicos?

Para responder sobre o efeito da instalação das estruturas sobre os organismos bentônicos aderidos às estruturas, oriundos principalmente do fluxo do rio (*drift*), foi elaborado um esforço amostral que correspondeu na raspagem da comunidade de bentos aderidas a 6 estruturas de renaturalização instaladas no trecho T9-Renaturalizado. As amostragens foram realizadas em 3 estruturas em formato de triângulo (ET) e em 3 troncos marginais (TMM). As perguntas centrais a serem respondidas para esse delineamento são:

- Qual a composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos aderidos às estruturas de renaturalização logo após a instalação das estruturas (T-0)?
- As estruturas de renaturalização instaladas no trecho T9-Renaturalizado contribuíram para a colonização de macroinvertebrados bentônicos oriundos do *drift*?
- As estruturas constituem um substrato que favorece a colonização desses organismos?

#### 5.1.3 Objetivo específico 3 – Abundância da ictiofauna

A metodologia referente a esse item foi a mesma aplicada no Projeto Piloto de Renaturalização e já foi descrita no tópico 2.3.2 da presente Informação Técnica. O objetivo foi avaliar o alcance dos efeitos da renaturalização para a ictiofauna ao longo do rio. As perguntas a serem respondidas para esse respectivo delineamento são:

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 13/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

- Qual a composição da ictiofauna logo após a instalação das estruturas (tempo T-0)?
  - Ocorreu aumento na abundância de alguma espécie em função da instalação das estruturas de renaturalização?
- O esforço de pesca empregado foi mantido para todos os 5 petrechos, em cada segmento, da maneira descrita a seguir:

- a) Tarrafa - 10 lances ao longo de cada segmento;
- b) Rede de arrasto - 3 arrastos distribuídos entre o início, meio e fim do segmento;
- c) Peneira - 2 pessoas manuseando as peneiras ativamente junto às margens e locais propícios. Também foi aplicado o método passivo com auxílio de outro membro da equipe revolvendo o fundo, cascalho, pedras maiores e outras estruturas do leito, por 15 minutos, a fim de coletar organismos escondidos no substrato;
- d) Covo - covos de três tamanhos (um pequeno, um médio e outro grande), iscados com tubos perfurados com ração animal e sardinha enlatada. Os covos foram armados no final da tarde e retirados na manhã seguinte.
- e) Rede de espera - foi armado 1 conjunto de redes de malhas 2,4; 3,0; 4,0; 5,0 e 6,0 cm entre nós opostos em cada segmento, armadas ao final da tarde e retiradas na manhã seguinte.

Os Covos e redes de emalhar permaneceram na água por aproximadamente 14 horas, de forma padronizada. A profundidade de cada ponto de armação foi medida com pole graduado e anotada em campo para a determinação do esforço de pesca, em metros quadrados (altura multiplicada pelo comprimento da rede). As medidas foram obtidas no ponto mais profundo dos 5 metros de comprimento de cada rede, a partir de uma perpendicular traçada em cada local de armação.

Peixes coletados vivos à tarde (peneira, arrasto e tarrafa) foram sacrificados conforme Diretriz da Prática da Eutanásia do CONCEA (Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal) por meio de dose letal do anestésico Eugenol. Em seguida, foram etiquetados e fixados em formol. Da mesma forma, na manhã do dia seguinte, covos e redes foram retirados e os peixes processados, seguindo o mesmo procedimento, para então aplicar a seguinte rotina: determinar o nome provisório ao nível de espécie, etiquetar, anotar as informações do exemplar ou lote de indivíduos, fixar em formol 10% e registro fotográfico.

Em laboratório os peixes foram identificados utilizando as chaves dicotômicas disponíveis na literatura técnica e descrições contidas em Géry (1977), Menezes (1987), Albert e Miller (1995), Silvergrip (1996), Oyakawa e Mattox (2009), Řičan e Kullander (2006) e Roxo et al. (2014). Os nomes científicos foram atualizados na consulta de páginas da internet como o Catalog os Fishes (FRICKE et al., 2018) e FishBase (FROESE e PAULY, 2018).

Em seguida, os indivíduos foram pesados, medidos e contados. Novos lotes das espécies registradas foram depositados para composição de material testemunho (voucher). Após a realização desta campanha, os indivíduos mais íntegros e bem preservados foram selecionados para depósito na Coleção Ictiológica da Universidade Federal de Lavras (CIUFLA). Em etapas anteriores, vouchers do rio Gualaxo do Norte já foram depositados nessa mesma instituição. A tabela abaixo traz as espécies selecionadas para depósito na Coleção Ictiológica da UFPA (CIUFLA), provenientes das coletas no rio Gualaxo do Norte - setembro de 2021.

Espécie	Número de indivíduos	Local	Data de coleta
<i>Geophagus brasiliensis</i>	2	I-21	15/09/2021
<i>Rhamdia aff. quelen</i>	1	I-08	22/09/2021
<i>Astyanax lacustris</i>	4	I-22	16/09/2021
<i>Astyanax lacustris</i>	2	I-01	20/09/2021
<i>Astyanax aff. scabripinnis</i>	3	I-08	22/09/2021
<i>Poecilia reticulata</i>	28	I-15	23/09/2021
<i>Coptodon rendalli</i>	1	I-14	23/09/2021
<i>Australoheros sp. A</i>	3	I-14	23/09/2021
<i>Australoheros sp. A</i>	1	I-10	25/09/2021
<i>Astyanax aff. fasciatus</i>	2	I-12	25/09/2021
<i>Astyanax aff. fasciatus</i>	1	I-08	22/09/2021
<i>Astyanax aff. scabripinnis</i>	2	I-10	25/09/2021
<i>Trichomycterus sp. A</i>	1	I-06	21/09/2021
<i>Trichomycterus alternatus</i>	3	I-20	16/09/2021
<i>Trichomycterus sp. B</i>	1	I-18	16/09/2021
<i>Oligosarcus argenteus</i>	2	I-17	14/09/2021
<i>Oligosarcus argenteus</i>	1	I-04	20/09/2021

Fonte: Bio-Ambiental Consultoria, 2021.

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 14/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

Vale ressaltar que inicialmente (2018) era prevista a devolução dos animais capturados vivos ao ambiente. No entanto, não foi possível aplicar esse procedimento nesta campanha visto que em campo foi constatado que a distância entre os pontos e os referidos locais de apoio e a dificuldade de realizar longos deslocamentos dentro do rio inviabilizaram o transporte e o manejo com segurança dos animais coletados em vida. Além disso, a dificuldade de diagnóstico dos caracteres taxonômicos sem auxílio de instrumentos laboratoriais, principalmente de espécies de pequeno porte, jovens e até larvas, resultou na necessidade de captura e preservação dos espécimes.

A partir dos dados brutos gerados foram calculados os índices ecológicos. As espécies foram categorizadas como raras, endêmicas, ameaçadas de extinção, migradoras, reofilicas, comerciais (consumo e ornamental), alóctones ou exóticas invasoras seguindo a literatura (VIEIRA, 2009; VIEIRA et al., 2015). Além disso, todas as espécies foram classificadas de acordo com o seu respectivo nível trófico.

#### 5.1.4 Hidrogeomorfologia

Em ecossistemas aquáticos lóticos a complexidade estrutural pode ser entendida como um mosaico de manchas de mesohabitats, que são delimitadas por diferentes combinações de corrente, profundidade e composição do substrato (ANGERMEIER e SCHLOSSER, 1989). Esta complexidade está relacionada diretamente com a biodiversidade das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e peixes. Desse modo, considerando o aumento da biodiversidade e abundância dessas comunidades como um dos principais objetivos do PER, foram realizadas análises hidrogeomorfológicas para avaliar se a instalação das estruturas de madeira poderá aumentar a diversificação de habitats físicos e, conseqüentemente, subsidiar o aumento da abundância e diversidade das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e peixes. Para tal, foi realizada uma avaliação da composição do leito do rio (mapeamento de fundo) a fim de caracterizar o habitat e verificar se futuramente haverá aumento na complexidade estrutural do meio físico.

Para levantar os dados qualitativos que permitem comparar características e analisar a diversidade de substratos dos cursos d'água, foi realizado mapeamento do fundo de todos os trechos amostrais. Para a classificação do sedimento foi realizado a análise de textura por meio do reconhecimento de fácies, utilizando uma cartela granulométrica (MIALL, 1978; WALKER, 1984). Os tipos de substratos identificados foram:

- Matacão: grande bloco de rocha compacta, com forma arredondada e diâmetro maior do que 256 mm.
- Rocha: agregado sólido que ocorre naturalmente e é constituído por um ou mais minerais.
- Seixo: fragmentos minerais e/ou rochas naturais de tamanhos variados (4-75 mm).
- Cascalho: agregado de fragmentos reduzidos de rocha, formando um sedimento com ampla variação de tamanho.
- Areia: grãos grossos, médios e finos, mas todos visíveis, sendo possível separar uns dos outros.
- Silte: fragmento de mineral ou rocha menor do que areia fina e maior do que argila corresponde a diâmetro  $> 3 \mu\text{m}$  e  $< 64 \mu\text{m}$ .
- Banco de cascalho: afloramento de aglomerados de cascalho na área de inundação intermitente do rio.
- Banco de areia: afloramento de aglomerados de areia na área de inundação intermitente do rio.
- Banco de vegetação: aglomerado de macrófitas emergentes localizados nas margens do rio.
- Banco de folhas: depósito de folhas alóctones no leito do rio.
- Alga: aglomerado de algas filamentosas no leito do rio.
- Madeira: material lenhoso em decomposição depositado no leito do rio.
- Estrutura: estrutura de madeira da espécie *Eucalyptus cloeziana* (densidade -  $822 \text{ kg/m}^3$ ) utilizada na renaturalização do rio.
- Tubulação antrópica: tubulação de aço depositada no leito do rio.

Ainda em campo, foi elaborado um esboço por meio de desenho da área considerando cada tipo de substrato, registrada a coordenada geográfica e medida a largura do rio, para delineamento do seu contorno. Os perfis de substratos levantados em campo foram convertidos para um ambiente de SIG (Sistema de Informações Geográficas). Por meio da digitalização e vetorização dos dados foram gerados mapas temáticos do rio Gualaxo do Norte utilizando o *software* Qgis (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2021).

#### 5.1.5 Hidrologia

A pluviosidade foi obtida a partir de dados coletados na Estação Automática RGN-06 que compõe a malha amostral do PMQQS (Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático) (FUNDAÇÃO RENOVA, 2022) e do banco de dados da região de Mariana-MG, referente à estação Fazenda Paraíso ANA 02043011 do portal HidroWeb, ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH).

A vazão foi obtida pelo método convencional utilizando molinete hidrométrico que consiste em determinar a área molhada e velocidade média do escoamento da água na seção transversal de interesse, obtendo-se a vazão como o produto dessas duas grandezas (CETESB/ANA, 2011). Para essa avaliação foram definidos transectos dispostos no início e fim de cada trecho, assim como o início e fim das seções correspondentes (S1, S2, S3 e S4), totalizando 10 transectos por trecho. A escolha da localização das seções transversais seguiu os critérios do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB/ANA, 2011), que orienta que a seção esteja situada em trecho retilíneo, o mais regular possível, sem obstáculos no fundo e nas margens, e sem zonas de estagnação e deflexão da corrente.

O número de medições foi definido a partir da largura do rio, respeitando a distância mínima de 2 metros de acordo com metodologia de Parigot (1948). As variáveis mensuradas para determinar a vazão foram: largura do rio (medida com auxílio de trena), profundidade do leito (medida com auxílio de um bastão graduado) e rotação do molinete hidrométrico, previamente. A medida de rotação do molinete hidrométrico foi realizada em triplicata para cada ponto do transecto.

#### 5.1.6 Qualidade da água

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 15/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

Os parâmetros de qualidade da água foram mensurados *in situ* por meio de sonda multiparamétrica. As variáveis físicas e químicas avaliadas foram: temperatura (°C), pH, potencial de oxidação/redução - ORP (mV), oxigênio dissolvido - OD (mg/L), saturação de oxigênio (% OD), turbidez (NTU) e condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). As medições desses parâmetros foram realizadas de forma conjunta com as amostragens de sedimento superficial e macroinvertebrados bentônicos.

### 5.1.7 Qualidade do sedimento

As amostras de sedimento superficial foram coletadas com auxílio de uma concha inox em até 5 cm de profundidade a partir da interface sedimento e coluna d'água. As amostras para avaliação dos nutrientes (fósforo e nitrogênio total Kjeldahl) e matéria orgânica (carbono orgânico total) foram armazenadas em potes de vidro com capacidade de 100 g, enquanto as amostras para análise granulométrica foram armazenadas em sacos plásticos, com capacidade para 500 g de amostra. Todas as amostras foram devidamente identificadas, acondicionadas em caixas impermeáveis, e mantidas sob refrigeração para posterior envio ao laboratório.

## 5.2 ANÁLISE DE DADOS

Foram aplicadas análises estatísticas univariadas para os resultados de cada parâmetro físico e químico da água e do sedimento. Para os resultados das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e ictiofauna foram considerados as abundâncias dos táxons registrados, índices ecológicos e grupos tróficos funcionais. Todos os testes aplicados foram realizados a fim de testar as diferenças entre os trechos (Referência, T9-Controle e T9-Renaturalizado).

O teste de normalidade Shapiro-Wilk e o teste de homogeneidade das variâncias de Levene foram aplicados com o objetivo de determinar se a análise seria de caráter paramétrico ou não paramétrico.

Análises de variância ANOVA (*one-way*) seguida de teste *a posteriori* de Tukey ou Kruskal-Wallis seguido do teste de Dunn, e Teste t ou Wilcoxon foram utilizadas para identificar as fontes de variação (ZAR, 1999).

As análises dos índices ecológicos foram utilizadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, ictiofauna e mapeamento de fundo.

## 5.3 RESULTADOS

### 5.3.1 Hidrogeomorfologia

Os resultados obtidos para o mapeamento de fundo nos trechos estudados foram convertidos em porcentagem de cobertura do leito do rio para cada tipo de substrato e estão apresentados na tabela abaixo.

SUBSTRATO	TRECHO		
	Referência	T9-Controle	T9-Renaturalizado
Alga	5,64 %	0,34 %	0,14 %
Areia	9,79 %	18,55 %	3,13 %
Banco de areia	5,36 %	-	-
Banco de cascalho	0,46 %	-	-
Banco de folhas	1,84 %	0,93 %	0,38 %
Banco de vegetação	0,5 %	0,46 %	0,55 %
Cascalho	66,37 %	22,41 %	2,95 %
Estrutura	-	-	2,16 %
Madeira	0,92 %	0,47 %	0,37 %
Matação	0,62 %	14,53 %	2,45 %
Rocha	2,1 %	0,57 %	0,12 %
Seixo	5,59 %	36,47 %	76,52 %
Silte	0,8 %	5,22 %	11,22 %
Tubulação antrópica	-	*	-

Legenda: \* desconsiderado do cálculo por não se tratar de uma tipologia de interesse.

Fonte Aplysia, 2020

Ao comparar as tipologias de substratos registradas entre os trechos, foi observado que no trecho Referência há predominância de substrato composto por cascalho, no T9-Controle é na maior parte de seixos e cascalho, enquanto no T9-Renaturalizado é predominantemente composto por seixos. Dentre todos os tipos de substratos registrados, a formação de bancos de areia e cascalho ocorreram apenas no trecho Referência. Exclusivamente no trecho T9-Controle foi registrada a presença de tubulação de aço depositada no leito do rio, assim alterando as condições naturais do substrato neste local. Essa tipologia não foi inserida nos cálculos dos índices ecológicos, por ser um substrato de origem antrópica que não traz nenhum benefício para a distribuição das comunidades aquáticas no ecossistema.

As tipologias relacionadas à presença de substrato orgânico (algas, banco de folhas e madeira) foram mais representativas no trecho Referência, principalmente por ser uma área com maior composição de matas ciliares e, conseqüentemente, apresentar maior condição de deposição de partículas orgânicas alóctones.

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 16/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

O resultado do mapeamento de fundo demonstrou uma forte dominância dos substratos compostos por cascalho e seixos nos trechos Referência e T9-Renaturalizado, respectivamente, enquanto no trecho T9-Controle não foi observada predominância de um único tipo de substrato. Esses resultados influenciaram para que o trecho T9-Controle obtivesse maiores valores para os índices de diversidade e equitabilidade, assim como, menor dominância.

### 5.3.2 Hidrologia

Os resultados demonstram maior vazão nos trechos T9-Controle e T9-Renaturalizado, sendo a vazão média de 29,78 m<sup>3</sup>/s e 30,90 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Essas condições estão relacionadas à maior largura e velocidade de escoamento encontradas nessas regiões do rio, que somados ao aporte de água oriundos de afluentes adjacentes, tende a contribuir para um maior volume hídrico. Para o Trecho Referência a vazão média foi de 18,44 m<sup>3</sup>/s.

### 5.3.3 Qualidade da água

Os resultados demonstraram que para a água superficial não houve variações que possam comprometer a colonização e desenvolvimento das comunidades aquáticas. Dentre os parâmetros avaliados, apenas a turbidez apresentou valores mais altos nos trechos T9-Controle e T9-Renaturalizado quando comparados ao trecho Referência. Quando comparados esses resultados com os padrões de qualidade da água para pH, oxigênio dissolvido e turbidez, definidos na legislação vigente (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008) para água doce Classe 2, não foram observadas violações a esses padrões de qualidade.

Em relação aos resultados para os 12 pontos de amostragem, localizados na área de sedimentação das estruturas (TMM, ET e EC) não foram registradas variações expressivas para os parâmetros físicos e químicos da água em cada tipo de estrutura. Também não foram registradas violações para os parâmetros pH, oxigênio dissolvido e turbidez quando comparados com os padrões de qualidade indicados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008.

Portanto não foi registrado em nenhum dos parâmetros avaliados condições que possam comprometer ou atuar como limitante para o desenvolvimento das comunidades aquáticas.

### 5.3.4 Qualidade do sedimento

Para os parâmetros que apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação foram atribuídos os próprios limites do método como resultados, para que dessa forma, fosse possível realizar análises descritiva e estatística desses parâmetros.

Quando comparados os resultados dos parâmetros químicos do sedimento entre os trechos estudados, com exceção da matéria orgânica, verificou-se que as médias das concentrações de nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total foram maiores no trecho Referência, no entanto, não foram observadas diferenças significativas entre os trechos ( $p > 0,05$ ). A tendência observada para esses resultados pode estar associada ao maior aporte de nutrientes lixiviados do solo e material orgânico alóctone oriundo das matas ciliares presentes no trecho Referência.

Os resultados de granulometria mensurados na campanha inicial de monitoramento (T-0) para os três trechos estudados mostram pouca variação, indicando que os trechos no tempo inicial (T-0) são semelhantes em sua composição.

Quando comparadas as frações granulométricas do sedimento entre os trechos, diferenças significativas foram observadas somente para proporção de argila entre os trechos Referência e T9-Renaturalizado ( $p < 0,01$ ), sendo que a proporção de argila no trecho Referência foi superior ao trecho Renaturalizado, possivelmente devido a características intrínsecas ao seu local.

A concentração de matéria orgânica foi em média de 0,59 % na área de sedimentação das estruturas, enquanto para fósforo total e nitrogênio, as concentrações médias foram de 7,11 mg/kg e 119,13 mg/kg, respectivamente. Já as proporções granulométricas demonstraram predominância de areia e suas variações granulométricas. Esses resultados constatam que as condições básicas do sedimento se encontram propícias para a colonização e desenvolvimento da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e que nenhum resultado deste item atua com um fator limitante para os organismos.

### 5.3.5 Macroinvertebrados bentônicos

No total foram identificados 3.389 indivíduos, sendo 2.364 (69,8%) para as amostras coletadas no leito do rio, 418 (12,3%) para as amostras coletadas na área de sedimentação das estruturas de renaturalização e 607 (17,9%) nas amostras coletadas na raspagem das estruturas.

Diferenças significativas foram observadas quando comparadas as abundâncias entre os trechos Referência e T9-Controle ( $p = 0,00002$ ), e entre Referência e T9-Renaturalizado ( $p = 0,0004$ ). Estes resultados demonstram que a abundância total de macroinvertebrados bentônicos no trecho onde não houve impacto do rompimento da barragem de Fundão é superior às demais. Diferenças significativas não foram observadas entre os trechos T9-Controle e T9-Renaturalizado ( $p = 0,248$ ).

Dos organismos mais representativos, se destacam por apresentar abundância considerável em todos os trechos, os táxons *Caladomyia* sp., *Smicridea* sp. e *Ceratopogoninae*. Para o trecho Referência o táxon mais abundante foi o Ostracoda *Diaphanocypris* sp, seguido por Baetidae, *Pentaneura* sp. e *Simulium* sp. O Trichoptera *Chimarra* sp. foi o táxon com ocorrência exclusiva no trecho Referência com abundância de 104 indivíduos (4,40%). Esse táxon está associado ambiente com boa qualidade, por representar organismos sensíveis a alterações ambientais. Para o trecho T9-Controle foram registrados dois táxons exclusivos, Pyralidae e *Aphyla* sp., ambos com apenas uma ocorrência no respectivo trecho. No trecho T9-Renaturalizado destacam-se os táxons Oligochaeta, *Polypedilum* sp. e *Lopescladius* sp. Vale ressaltar que a alta abundância de Oligochaeta nesse trecho foi devido à grande quantidade de organismos registrados em apenas um ponto de amostragem (P48).

O total de insetos aquáticos da ordem Diptera identificados foi de 1.149 indivíduos, e representou 48,6% dos organismos coletados. Quando comparadas as abundâncias desses organismos entre os trechos estudados não foram observadas diferenças significativas ( $p = 0,827$ ). Para o trecho Referência a abundância desse grupo está associada primeiramente à estabilização no processo de sucessão ecológica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Em longos períodos de colonização a tendência natural da comunidade é diminuir a abundância de organismos pioneiros, incluindo os organismos da ordem Diptera, e aumentar a abundância de organismos de colonização mais tardia (THOMAZI et al. 2008; SANTOS e RODRIGUES, 2015). Os trechos T9-Controle e T9-Renaturalizado

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 17/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

apresentaram abundâncias semelhantes, sendo composto por organismos pioneiros, como Ceratopogoninae, Empididae, *Simulium* sp. e principalmente por Chironomidae.

Os táxons da família Chironomidae foram os mais abundantes nas amostras coletadas, com total de 818 indivíduos identificados, o que correspondeu a 34,6% do total de organismos. O processo sucessional da comunidade de macroinvertebrados normalmente é iniciado pelos Diptera, principalmente pelos indivíduos da família Chironomidae, que colonizam novos substratos rapidamente, demonstrando ser um excelente pioneiro no processo de colonização (CARVALHO e UIEDA, 2004).

Em relação aos insetos aquáticos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, pertencentes ao grupo EPT, foram identificados 561 indivíduos, representando 23,7% dos organismos. Quando comparadas as abundâncias entre os trechos estudados, não foram observadas diferenças significativas ( $p = 0,776$ ), entretanto, no trecho Referência a abundância total de EPT foi superior aos demais trechos, com 441 indivíduos (78,6%).

No delineamento proposto para as 12 amostras coletadas na área de sedimentação das estruturas no trecho T9-Renaturalizado, não houve diferenças significativas no total das abundâncias quando comparados os tipos de estruturas de renaturalização ( $p = 0,497$ ). Os resultados obtidos até o momento demonstraram que no tempo inicial (T-0) a composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos é semelhante entre troncos marginais e triângulos. Nas estruturas em "C" foi menor que as demais estruturas. Portanto, assim como esperado, ainda nenhum efeito em função da instalação das estruturas de renaturalização foi observado.

As seis amostras referente a raspagem dos indivíduos nas estruturas de renaturalização não tiveram diferenças significativas do total das abundâncias quando comparados os tipos de estruturas raspadas ( $p = 0,327$ ). Portanto, a quantidade de organismos que adere a essas estruturas logo após a instalação é semelhante para os dois tipos de estruturas avaliadas. Os resultados iniciais ainda demonstram que o processo de colonização das estruturas se inicia rapidamente, principalmente por organismos pioneiros oriundos do fluxo natural do rio – drift, como Oligochaeta, Chironomidae e *Simulium* sp.

Quando comparados os índices ecológicos, foram registradas diferenças significativas para o índice de riqueza entre os trechos Referência e T9-Controle ( $p < 0,001$ ) e Referência e T9-Renaturalizado ( $p < 0,001$ ). Para os demais índices não houve diferenças relevantes entre os trechos monitorados.

Quando comparados os índices ecológicos entre os tipos de estrutura (TMM, ET e EC), não foram registradas diferenças significativas para nenhum índice ecológico mensurado.

### 5.3.6 Ictiofauna

Na campanha inicial do Trecho 9, bem como no Trecho Referência foram registradas 12 espécies de peixes distribuídas em 4 Ordens e 6 Famílias. Desde 2018, o registro cumulativo de espécies do rio Gualaxo do Norte já alcança 17 espécies, somando-se o novo registro de *Trichomycterus* sp.B no Trecho 9 – controle, segmentos I-16 e I-18. Cabe ressaltar que, para as análises do novo trecho, o Trecho Referência foi ampliado de 3 para 4 segmentos (I-24 acrescentado).

A tabela abaixo traz a lista das espécies de peixes, número de indivíduos e o total por espécie coletados em cada trecho estudado.

Espécie	Referência	T9-Controle	T9-Renaturalizado	N total
<i>Asyanax</i> aff. <i>fasciatus</i>	1	0	0	1
<i>Asyanax</i> aff. <i>scabripinnis</i>	43	0	5	48
<i>Asyanax</i> <i>lacustris</i>	2	27	24	53
<i>Australoheros</i> sp A	0	2	1	3
<i>Geophagus</i> <i>brasiliensis</i>	0	9	9	18
<i>Hoplias</i> <i>intermedius</i>	2	0	0	2
<i>Oligosarcus</i> <i>argenteus</i>	1	2	0	3
<i>Poecilia</i> <i>reticulata</i>	94	11	14	119
<i>Rhamdia</i> aff. <i>quelen</i>	11	3	18	32
<i>Trichomycterus</i> <i>alternatus</i>	7	1	3	11
<i>Trichomycterus</i> sp A	1	1	1	3
<i>Trichomycterus</i> sp B	0	2	0	2
TOTAL	162	58	75	295

Legenda: au = autóctone (nativa); co = comercial; en = endêmica; ex = exótica; re = reofílica. Fonte: Bio-Ambiental Consultoria (2021).

Dentre as 12 espécies capturadas, apenas o barrigudinho (*Poecilia reticulata*) é exótica à bacia do rio Doce e as demais autóctones (nativas). As cambévas (*Trichomycterus alternatus*, *Trichomycterus* sp.A e *Trichomycterus* sp.B) são reofílicas, típicas de corredeiras e possuem requerimentos mais específicos. A espécie que alcança o maior porte delas é o trairão (*Hoplias intermedius*), considerada importante para a pesca (valor cinegético).

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

Para avaliação dos índices ecológicos foi utilizada a análise de variância ANOVA one-way seguida de Tukey ou Kruskal-Wallis seguido de Dunn, de acordo com os padrões de normalidade e homogeneidade dos dados. Comparando os resultados dos índices ecológicos entre os trechos, apesar das variações entre os valores obtidos, nenhuma diferença estatisticamente significativa foi observada na presente campanha, que pode estar relacionada a grande amplitude dos resultados.

Na análise por petrecho de pesca observa-se, assim como já havia sido registrado em outros trechos do rio Gualaxo do Norte, que peneira e arrasto são os petrechos mais eficientes nas capturas em número, ao passo que redes e covos, que capturam os exemplares de maior porte, apresentam maiores valores de captura em biomassa. A tarrafa é um petrecho que possui capturas intermediárias tanto em número quanto em biomassa, quando comparada aos demais petrechos.

As maiores capturas em número e biomassa ocorreram no trecho Referência. Com destaque para o bagre (*Rhamdia aff. quelen*) e o trairão (*Hoplias intermedius*), seguidos do cará (*Geophagus brasiliensis*) e lambari-chatinha (*Astyanax lacustris*) que, mesmo sendo de menor porte que os anteriores, ocorrem em abundância numérica mais expressiva.

Utilizou-se a relação peso/comprimento e o fator de condição para determinar a linha de base da comunidade de peixes comparando e observando variações destas métricas entre os trechos estudados. Nesta avaliação descritiva pouca variação no tamanho dos peixes entre os trechos Referência, Controle e Renaturalizado foi observada. Apesar dos maiores exemplares de peixes estarem presentes no trecho Referência, quando avalia-se os resultados do fator de condição, os valores do trecho Referência foram significativamente menores quando comparados com o trecho T9-Controle ( $p=0,0006$ ) e T9-Renaturalizado ( $p=0,0465$ ).

Os maiores valores de abundância foram no trecho Referência quando comparado com os demais trechos (Controle e Renaturalizado). Além disso, como esperado as espécies de menor porte foram as mais representativas em número, com destaque para o barrigudinho (*Poecilia reticulata*), seguido por duas espécies de lambari (*Astyanax lacustris* e *Astyanax aff. scabripinnis*) e o bagre (*Rhamdia aff. quelen*).

Ainda com base nas abundâncias das espécies de peixes verificou-se a dissimilaridade entre os trechos estudados. Desta maneira foi realizado o índice de Bray-Curtis e o Cluster de dissimilaridade. O Cluster mostra que os trechos Controle e Renaturalizado se assemelham mais entre si, estando mais distante do trecho Referência. A distância verificada graficamente pode ser um reflexo dos impactos sofridos no T9 em relação ao Referência, bem como a própria distância geográfica entre eles.

## 6- ANÁLISE

As técnicas de renaturalização em rios podem trazer benefícios diretos como o aumento da diversidade hidrogeomorfológica do leito, aumento da abundância de peixes e macroinvertebrados e a melhoria da qualidade da água devido o aumento da concentração de oxigênio dissolvido e redução da turbidez. Ou seja, a renaturalização pode acelerar o tempo de recuperação de determinado ambiente por meio de técnicas específicas, como a inserção de estruturas no leito principal.

No rio Gualaxo do Norte, o Projeto Piloto de Renaturalização (PPR), iniciado em 2017, se mostrou como uma das possíveis alternativas para recuperação de ambientes impactados. Os resultados iniciais indicaram uma tendência de melhoria da qualidade ambiental da área renaturalizada.

O Projeto de Expansão da Renaturalização (PER) utilizou a mesma metodologia empregada no PPR, a qual já tinha sido avaliada e aprovada pelos órgãos ambientais. Além disso, foi realizado um levantamento amplo e detalhado de estudos e guias internacionais de restauração fluvial, sendo as principais referências utilizadas: Brooks et al. (2006); Cramer et al. (2012); Speed et al. (2016); Stream (2009); Reclamation and U.S. Army Corps of Engineers (2012); The RRC (2013); Wheatson et al. (2019). Portanto, o modelo definido para o Trecho 9 foi baseado em amplo referencial teórico associado aos estudos complementares realizados na região (Topobatimetria, Estabilidade das Estruturas, Modelagem Hidráulica e fotos aéreas) e aos resultados, até o momento, obtidos no projeto piloto de renaturalização aplicado nos trechos 6 e 7 do rio Gualaxo do Norte.

O design do PER foi estabelecido mediante levantamento das características físicas do rio e suas margens, como presença de habitat, a largura do canal, a presença de material lenhoso assentado naturalmente, a existência de bancos de sedimentação, a localização do talvegue e a conformação de curvas internas (deposição) e externas (erosão).

As estruturas utilizadas seguiram o mesmo padrão do projeto Piloto, excetuando o tipo de madeira empregada. A escolha de utilização exclusiva de eucalipto para confecção das estruturas visou facilitar o manejo em campo uma vez que são padronizadas. Além disso, o uso de madeira de plantio promove menor impacto nas margens com a retirada de material lenhoso natural. As informações disponibilizadas até o momento apontam que o uso exclusivo desse material não influenciará nos parâmetros avaliados.

As Etapas 1, 2 e 3 foram executadas de acordo com o cronograma apresentado. Os resultados do monitoramento ambiental realizado 50 dias após a instalação (T-0), ou seja, quando ainda não há influência das estruturas, mostrou que o substrato predominante no trecho T9-Renaturalizado é composto por seixos, enquanto no T9-Controle seixos e cascalho compõem a maior parte do leito do rio. No trecho Referência o substrato predominante é o cascalho. Os parâmetros físico-químicos da água não demonstraram variação espacial e não foram observadas violações aos padrões de qualidade, portanto assim como os resultados para o sedimento, indicaram condições básicas favoráveis ao desenvolvimento das comunidades aquáticas e não apontaram condições que possa interferir no seu estabelecimento.

Os resultados do monitoramento dos macroinvertebrados bentônicos mostram que em até 50 dias após a instalação das estruturas já ocorre adesão a elas, tanto táxons tolerantes, quanto táxons sensíveis. Assim pode-se considerar que as estruturas de renaturalização compõem uma importante função ecológica para essa comunidade, principalmente para os táxons de baixa capacidade natatória, como os registrados ao momento. Ainda não houve efeito na abundância de macroinvertebrados em função da instalação das estruturas de renaturalização, refletindo o tempo zero, ou seja, o período inicial do projeto de restauração. Portanto, assim como esperado, as estruturas no tempo inicial (T-0) ainda não interferiram na composição da comunidade.

Os resultados mostram que a riqueza de táxons registrada no trecho Referência foi superior aos demais trechos, indicando maior riqueza e diversidade no local onde não houve impacto pelo rompimento da barragem de Fundão. Portanto, os resultados

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 19/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica

demonstram que o trecho Referência atualmente apresenta melhor qualidade ambiental para a colonização e desenvolvimento de táxons sensíveis a alterações ambientais.

Os índices ecológicos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos demonstram que a composição da comunidade nos trechos T9-Controle e T9-Renaturalizado na campanha inicial (T-0) são bastante similares, o que permitirá comparações mais acuradas quanto os reais benefícios das estruturas de renaturalização.

O estudo da ictiofauna mostrou que foram capturadas um total de 12 espécies nos trechos estudados, sendo 9 no trecho Referência, 9 no Controle, e 8 espécies no trecho Renaturalizado. A maioria são espécies comuns, de ampla distribuição e com ocorrência em outras bacias do sudeste brasileiro, além disso, não foram detectadas espécies ameaçadas de extinção, raras e nem migradoras.

O pequeno número de indivíduos capturados também foi observado no trecho Referência e pode estar associado às atividades antrópicas identificadas na região. Estruturas de garimpo são frequentemente observadas e relatadas nos relatórios da Fundação Renova, tal atividade tem alto potencial de degradação ambiental impactando diretamente a ictiofauna. A figura 2 dessa Informação Técnica traz a localização das estruturas de garimpo identificadas em campo, para maiores detalhes consultar o Plano de Trabalho - Relatório Técnico nº 06/2021 (revisão 06) da Fundação Renova.

Cabe ressaltar que ao longo de todo trecho do PER e do PPR o acesso de animais (bovinos e equinos) ao leito do rio ocorre de forma generalizada, colocando em risco várias atividades de recuperação dos cursos d'água, como o replantio de mudas nativas, contenção de margens e o próprio projeto de renaturalização. Se medidas efetivas de controle não forem tomadas, as atividades de recuperação do rio Doce dificilmente surtirão os efeitos esperados.

Os índices ecológicos mostraram uma maior similaridade para ictiofauna entre os trechos T9-Controle e T9-Renaturalizado e maior discrepância do trecho Referência. Tal resultado é esperado em função da proximidade entre os dois primeiros trechos e o perfil de maior preservação encontrado no Trecho Referência. Os resultados apresentados favorecem comparações futuras quanto ao efeito das medidas de renaturalização sobre os trechos estudados.

Quanto ao tipo de petrecho utilizado para captura de ictiofauna, as análises refletem o padrão dos rios de pequeno porte, como o Gualaxo do Norte, onde as peneiras e covos tendem a ter maior eficiência em número de exemplares, enquanto as redes capturam peixes de maior porte. A maior captura em biomassa e em número de exemplares ocorreu no trecho referência, indicando a melhor qualidade ambiental dessa região.

Por ser a primeira coleta (T-0), algumas informações não puderam ser exploradas, seja pelo pequeno número de amostras ou pela impossibilidade de comparar os dados. Contudo, a medida que o monitoramento prosseguir e novas coletas forem realizadas e uma melhor apresentação e discussão poderá ser feita.

Cabem aqui algumas sugestões a serem incorporadas na próxima etapa de monitoramento que será realizada em setembro de 2022. As recomendações abaixo também foram apresentadas em outros documentos e Pareceres entregues a Fundação Renova que devem ser consultados para maior detalhamento:

- Nota Técnica CT-GRSA nº 19/2021
- Parecer Técnico da Pesquisadora Sandra Francischetti Rocha
- Nota Técnica nº 9/IEF/GCFAP/2021
- Ofício nº 57/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio
- Relatório de vistoria - Watu - Fase XII

- Estabelecer comparações entre os trechos Controle e Renaturalizado, com o trecho Referência quanto a estrutura granulométrica do sedimento acumulado e o agrupamento das diferentes frações nas classes finas (argila, silte, areia muito fina e areia fina) e frações grosseiras (areia média, areia grossa e areia muito grossa). A caracterização granulométrica é de suma importância para a compreensão da estrutura da comunidade de macroinvertebrado bentônicos, assim, cabe frisar que alterações na estrutura do leito fluvial podem refletir em alterações nos atributos biocenóticos, já que diferentes grupos apresentam preferências a distintos substratos. Portanto, para a avaliação do habitat físicos dos diferentes trechos amostrados sugere-se a aplicação dos protocolos US EPA (Kaufmann, 1999). Portanto, faz-se necessário um comparativo quali quantitativo dos ganhos do trecho renaturalizado frente ao trecho controle, tais análises são cruciais para o entendimento da evolução dos resultados pré e pós intervenção.

- Reavaliar os equívocos nas análises e interpretações referentes aos indicadores ecológicos e estruturação das biocenoses tanto para ictiofauna quanto dos macroinvertebrados, apontados no Parecer MSc. Sandra Rocha. Tais deficiências estão descritas no referido Parecer e devem ser corrigidas nas novas análises do monitoramento do PER.

- Realizar avaliação dos trechos a jusante dos renaturalizados a fim de verificar como o ambiente aquático é afetado com os impactos positivos dos trechos de montante. Até o momento, faltam dados que indiquem a influência da renaturalização nos trechos à jusante concomitantemente a descrição dos impactos no meio físico e bióticos.

## 7- CONCLUSÃO

A análise dos documentos apresentados indicam que houve atendimento das obrigações previstas nos itens 5 e 5.1 do Eixo Prioritário 1 da Ação Civil Pública nº 69758- 61.2015.4.01.3400, contudo sugere-se que os pontos relativos ao monitoramento, descritos no item 6 deste documento, sejam adequados.

Além disso, sugere-se que: 1- Sejam tomadas medidas efetivas para controle do acesso dos animais ao leito do rio que atualmente colocam em risco a viabilidade das atividades de recuperação vigentes; 2- Os Órgãos Ambientais executem ações de fiscalização com o objetivo de coibir o garimpo ilegal na região (localizações apontadas no item 2.1).

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 20/21

01/04/2022 11:31

SEI/IBAMA - 12268245 - Informação Técnica



Documento assinado eletronicamente por DANIEL VIEIRA CREPALDI, Analista Ambiental, em 30/03/2022, às 16:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ibama.gov.br/autenticidade>, informando o código verificador 12268245 e o código CRC 3C385F2B.

Referência: Processo nº 02015.000796/2022-81

SEI nº 12268245

Av. do Contorno, 8121 - Bairro Cidade Jardim - Telefone:  
CEP 30110-051 Belo Horizonte/MG - [www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)

[https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=13684318&infra...](https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=13684318&infra...) 21/21