

# Energia Eólica Offshore: Tecnologia, Mercado e Diretrizes para o tema Ambiental

Prof. PhD Mario González  
mario@ct.ufrn.br



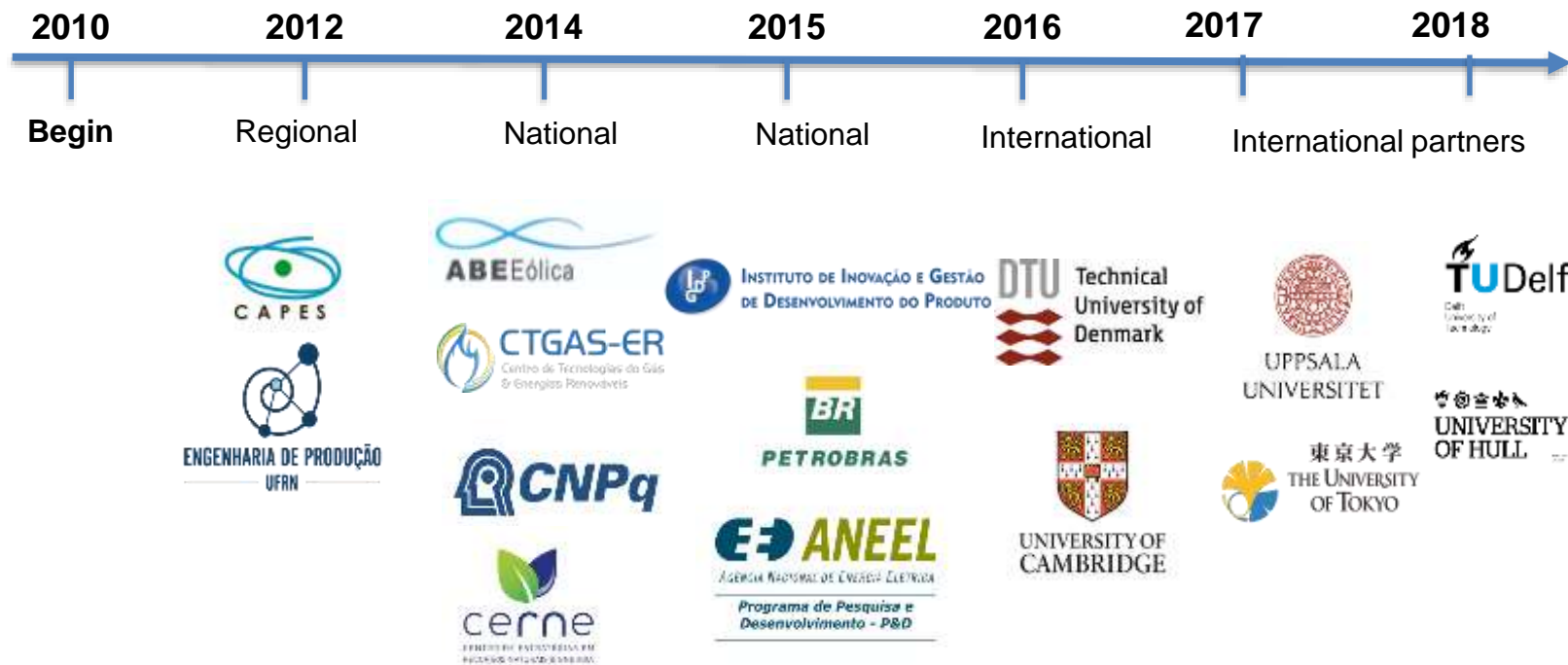


# Agenda

---

- Desenvolvimento sustentável e energia eólica.
- Ciclo de vida de um empreendimento eólico offshore.
- Tecnologia e mercado.
- Oportunidades e desafios para o Brasil.
- Diretrizes para o tema ambiental.
- Considerações Finais.

# CRI-AÇÃO – Innovation of Products and Processes for Renewable Energy



# Projetos de pesquisa

2010 - 2012

**Medição de desempenho na cadeia de suprimentos de energia eólica do Brasil**

2012 - 2014

**Desenvolvimento sustentável de comunidades próximas às usinas eólicas do RN**

2013 - 2015

**Prospecção tecnológica de aerogeradores para energia eólica**

2015 - 2017

**Práticas de open innovation para o desenvolvimento tecnológico da energia eólica no Brasil**

2016 - Atual

- Estudos econômicos de infraestrutura e da cadeia de valor da indústria eólica offshore

2018 - Atual

- Regulamentação para o desenvolvimento do mercado eólico offshore do Brasil

2018 - Atual

- Projeto e desenvolvimento da indústria eólica offshore do Brasil

## 38 pesquisadores:

Pesquisadores sênior – 06 (Engenharia de Produção, Mecânica, Elétrica, Ambiental, Computação e Civil)

Doutorandos – 08 (Ciências e Engenharia do Petróleo, Engenharia Elétrica e Computação)

Mestrandos – 12 (Engenharia de Produção, Ciências e Engenharia do Petróleo, Engenharia Elétrica e Computação).

Iniciação científica 12 – (Engenharia de Produção, Mecânica, Elétrica, Ambiental, Petróleo e Computação).

# Células de pesquisa

Mapeamento e  
prospecção  
tecnológica

Estudos ambientais  
e desenvolvimento  
sustentável

Estudos  
econômicos e  
viabilidade técnico-  
econômica

Leagile aplicado à  
cadeia de valor

Infraestrutura e  
logística portuária

Modelos de  
otimização na  
instalação de  
usinas

Redução do lead time  
de instalação de  
usinas

IA e IoT aplicados a  
componentes de  
turbinas

Logística reversa no  
descomissionamento  
de plataformas óleo e  
gás

# Pesquisas

- **Estudo de casos:**
  - Desenvolvimento do mercado eólico offshore:
    - Dinamarca;
    - Reino Unido;
    - Alemanha;
  - Desenvolvimento de novos mercados: Índia, Taiwan, Japão e EUA.
- **Pesquisas** em energia eólica onshore desde 2010
- **Missões científicas e pesquisa de campo:**
  - Inglaterra (2012; 2014; 2018)
  - Coreia do Sul (2013)
  - Canada (2017)
  - Japão (2014; 2016)
  - Noruega (2016)
  - Dinamarca (2015, 2016, 2017 e 2018)
  - Suécia (2017 e 2018)
  - Alemanha (2018; 2019)

# Pesquisas

- **Visitas técnicas:**
  - Fábrica de pás offshore (Simens-Gamesa, Inglaterra - 2018);
  - Fábrica de naceles offshore (Vestas, Dinamarca – 2017)
  - Porto de Cuxhaven (Alemanha – 2018)
  - Porto de Hull (Inglaterra – 2018)
  - Porto de Esbjerg (Dinamarca – 2018)
  - Porto de Barrow (Inglaterra – 2018)
  - Parque eólico offshore de Middelgraund (Dinamarca – 2015; 2018)
  - Parque eólico offshore de Fukushima (Japão – 2016)
  - Parque eólico offshore de Lillgrund (Suécia – 2017)



# 1. Desenvolvimento sustentável e energia renovável



# Agenda 2050 (100% Renovável)

Europa	Será alcançada a meta. Apoiará aos outros países
China	Considera meta alcançável
Oceania	Alta probabilidade de atingir a meta
Índia	Prevalece que se alcance a meta
EUA	Talvez sim, talvez não
América Latina	A meta está ainda não entrou em debate

Source: IRENA (2018a)

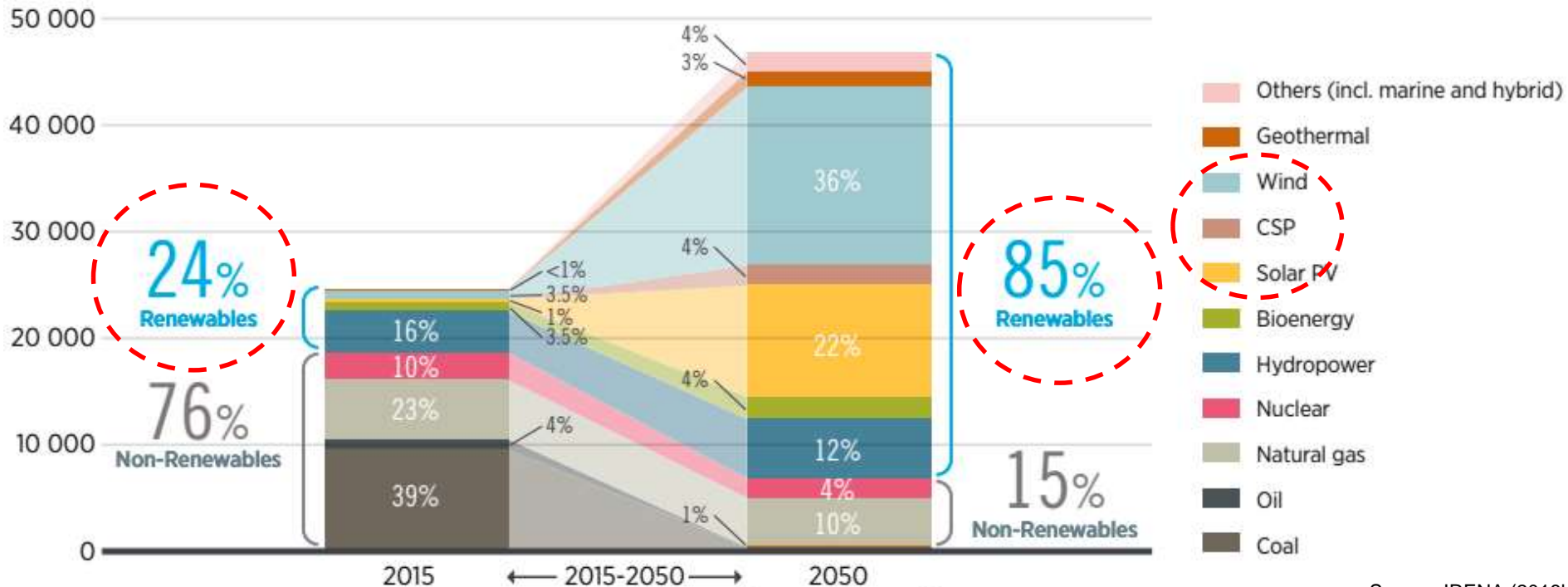
# Agenda 2050 (100% Renovável)

Especialistas globais consideram que:

- ✓ É **tecnicamente viável**.
- ✓ A **estabilidade política** como um dos **pré-requisitos** mais importantes para alcançar a meta.
- ✓ A falta de **conscientização/mudança** de que as **energias renováveis** são economicamente competitivas.

# Geração de eletricidade em 2015 – 2050

Electricity generation (TWh/yr)



Source: IRENA (2018b)

# Empreendimentos eólicos offshore e desenvolvimento sustentável



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Cleaner Production

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)



## Sustainable development: Case study in the implementation of renewable energy in Brazil



Mario Orestes Aguirre González\*, Joeberson S. Gonçalves, Rafael M. Vasconcelos

*Post Graduation Program in Production Engineering, Federal University of Rio Grande do Norte – UFRN, CP: 1524, 59072-970, Natal, RN, Brazil*

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 14 November 2015

Received in revised form

6 October 2016

Accepted 12 October 2016

Available online 17 October 2016

#### Keywords:

Sustainable development

Wind farm

Good practices

Communities

Wind power

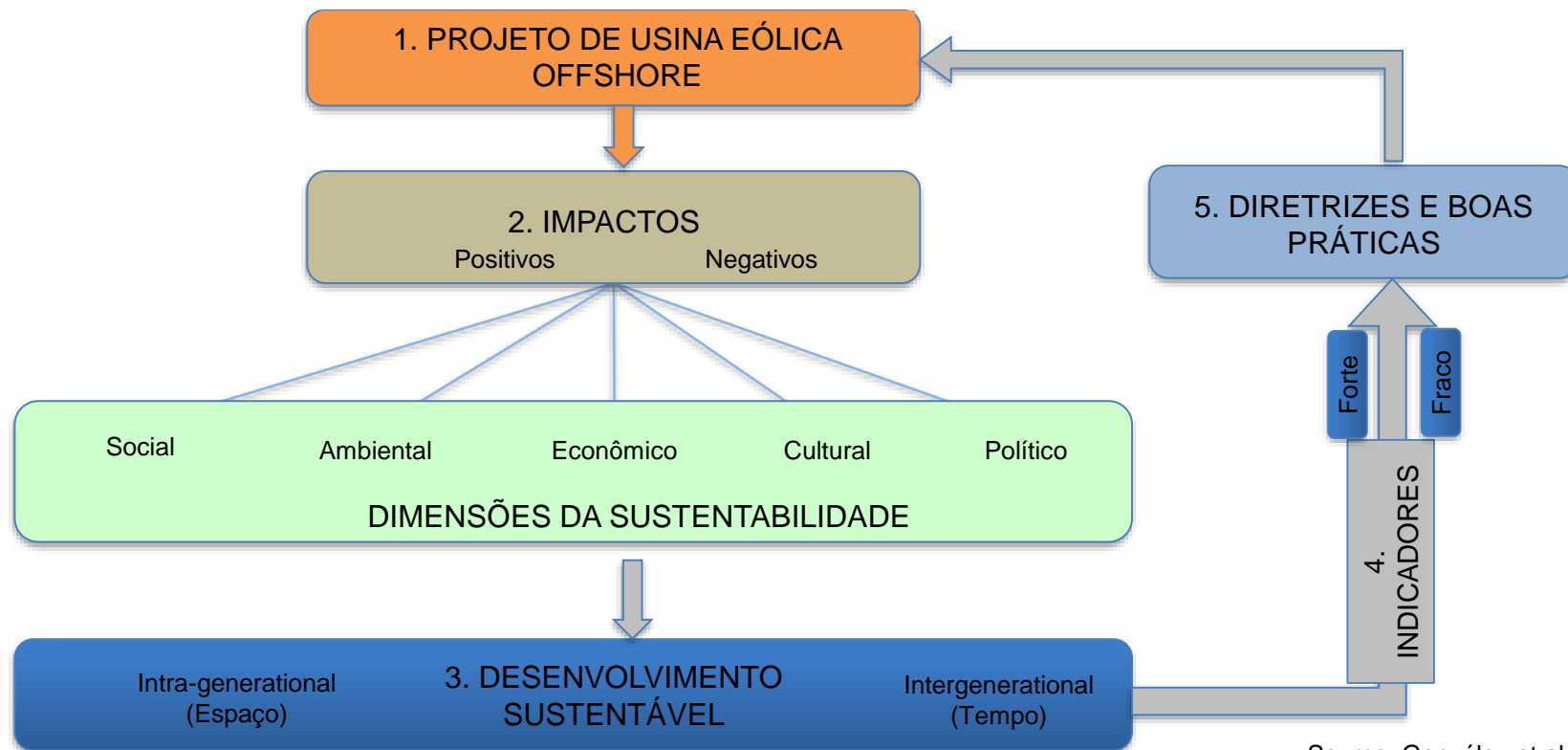
Sustainability dimensions

### ABSTRACT

In response to demands by new clean renewable energy sources, emerged in Brazil in the last 10 years many investors interested in implementing wind farms. Thus arises the question of how the surrounding communities may be affected positively and/or negatively by installing wind farms projects and other energy renewable sources. The aim of this study is to propose a set of guidelines and best practices for public managers, public authorities and owners of wind farms and other energy renewable sources about the perspective of the sustainable development of the surrounding communities. The research was conducted in three phases: Literature review on sustainable development; case study in major community (A) and minor communities (B, C and D) where were implemented wind farms; Development of the best practice and guidelines, through the Brainstorming, Focus Group, Current Reality Tree and Creating Shared Value. The results show the political dimension of sustainability as a root cause of underdevelopment of communities. Were proposed a set of 22 guidelines and best practices that contribute to the sustainable development of communities.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

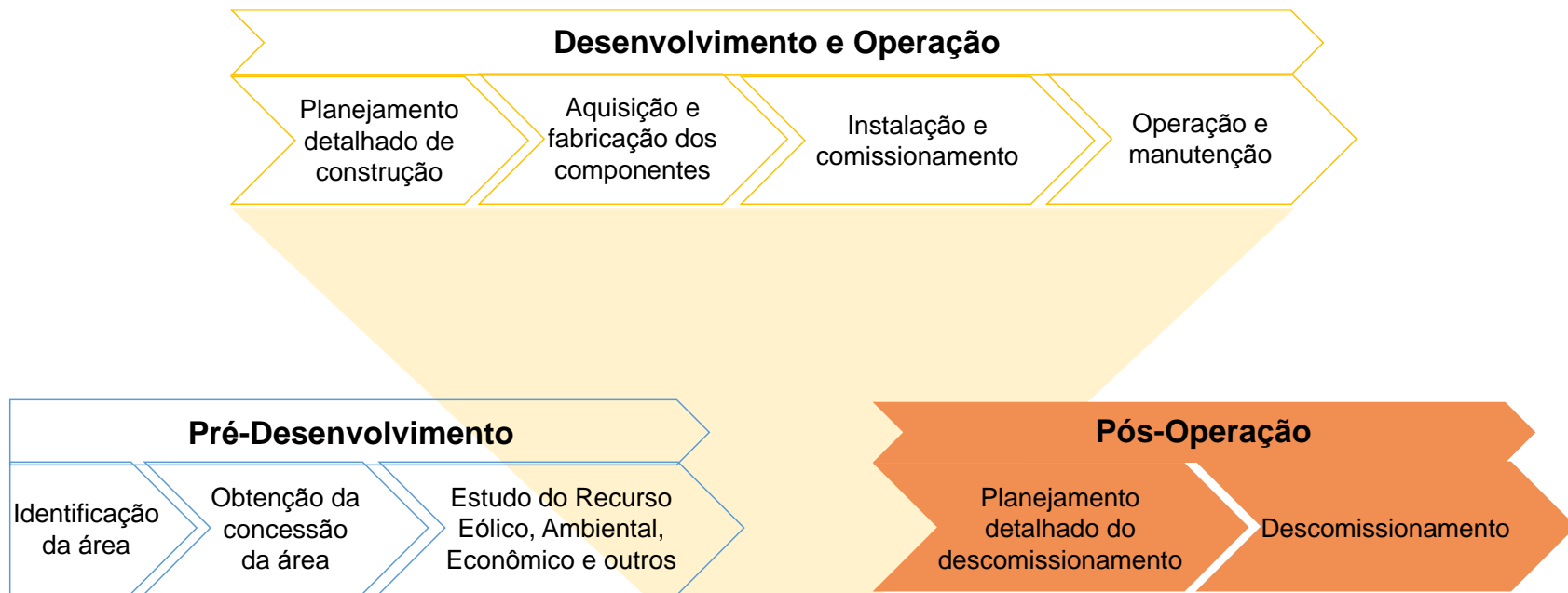
# Empreendimentos eólicos offshore e desenvolvimento sustentável



Source: González et al. (20017)

# Empreendimento eólica offshore : Ciclo de vida

# Ciclo de vida de um empreendimento eólico offshore

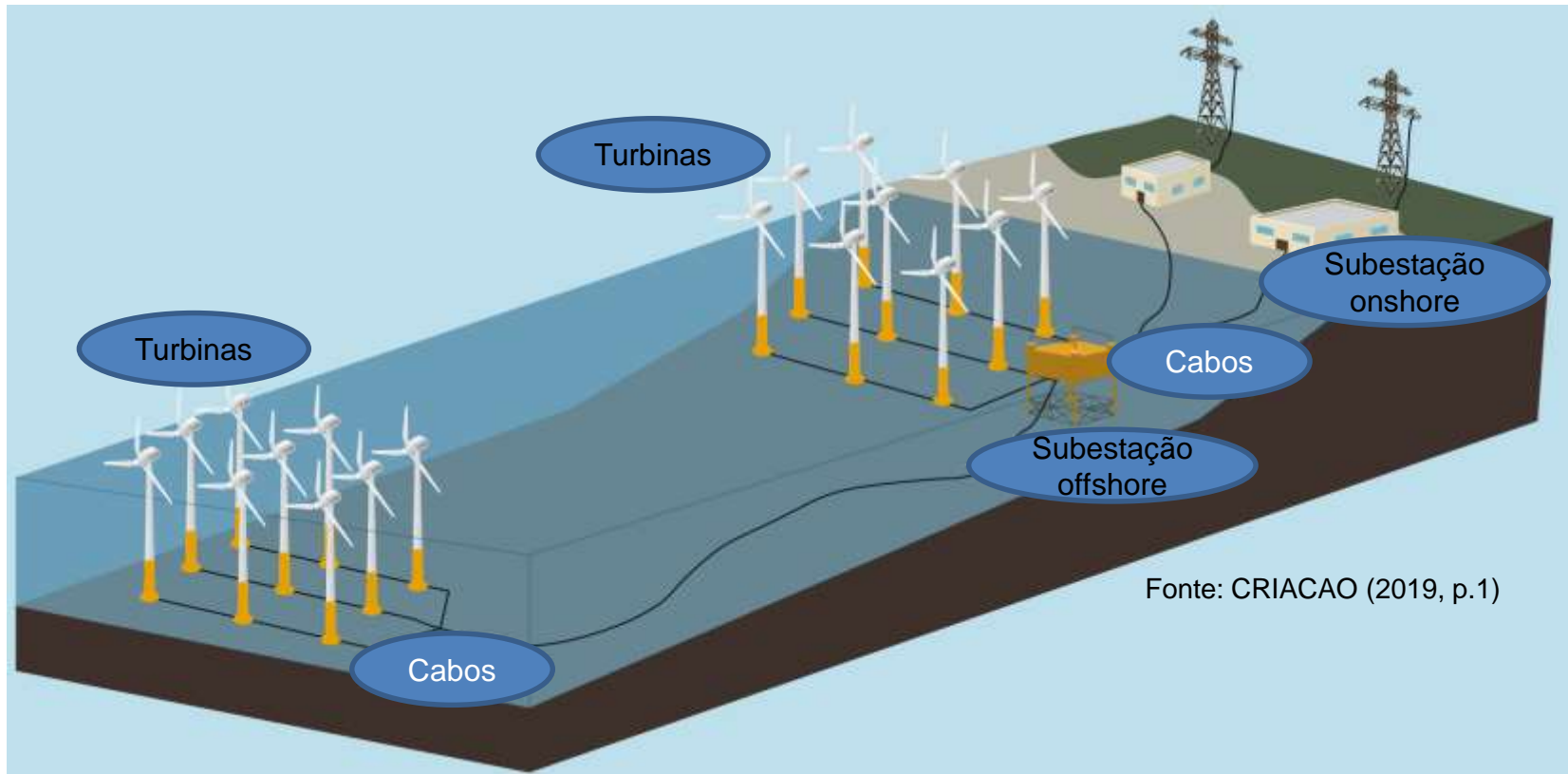


Fonte: CRIACAO (2018, p.3)



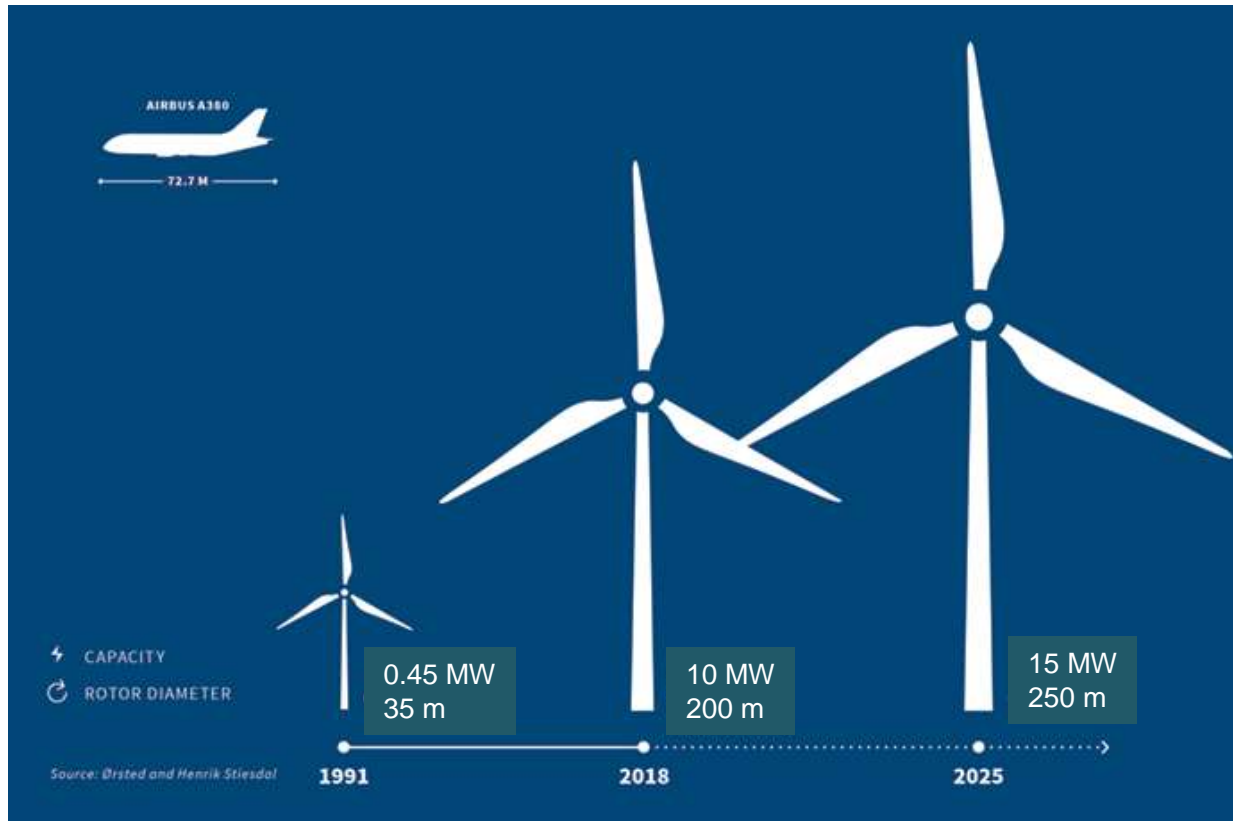
# Energia eólica offshore: Tecnologia e mercado

# Sistema eólico offshore



Fonte: CRIACAO (2019, p.1)

# Turbina eólica offshore



**Para 2027  
> 20 MW**

## Turbina eólica offshore

<b>Turbina (modelo)</b>	<b>SG8 8 MW</b>	<b>V164 10 MW</b>	<b>DTU 10 MW</b>	<b>SG10 10 MW</b>	<b>HALIADE X 12 MW</b>
Disponível para venda	2019	2019	--	2020	2021
Dimensão de pás	82m	80m	87m	94m	107m
Diametro do rotor	167m	164m	179m	193m	220m
Altura	194m	187m	206m	--	260m

# Energia Eólica Offshore: Tecnologia e Mercado

## Inovações.....

### Características:

- ✓ Modelo V164;
- ✓ Potência: 10 MW;
- ✓ Diâmetro do rotor: 164 m;

✓ Conceito de plataforma

[ 8 MW; 8.5 MW; 9 MW; 9,5 MW; 10 MW]



# Fundações

**Monopile**



**Gravidade**



**Jacket**



**Trípode**



**Flutuante**



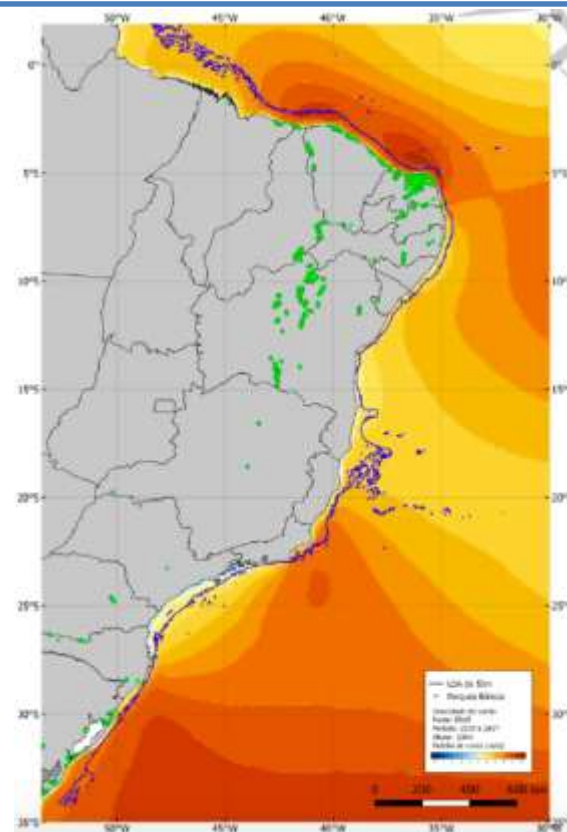
# Energia eólica offshore: Oportunidades e desafios

# Energia eólica offshore no Brasil: Oportunidades e desafios

## Recurso eólico offshore

**Nordeste - RN:** - Elevado potencial próximo à costa e com baixa profundidade - Maior velocidade média do que em terra. Distância da costa viável [até 20 km] e profundidade da água [12 – 15 m]

**Sul e Sudeste:** - Grande potencial a uma distância da costa [acima de 35 km] e profundidade da água [ > 40 m]



Fonte: Malateaux et al.(2018)



# Energia eólica offshore no Brasil: Oportunidades e desafios

Aprendizado pela experiência de outros países.....

## Características:

- Usina eólica offshore, instalada em 1994, em **Holanda**, 4 turbinas, of 500 kW. **Foi descomissionado em 2016.**



# Energia eólica offshore no Brasil: Oportunidades e desafios

Aprendizado pela experiência de outros países.....

## Características:

- Usina eólica offshore, instalada em 1991 em **Vindeby** - Dinamarca, 11 turbinas, de 440 kW. **Foi descomissionado em 2017.**



# Diretrizes e boas práticas para o licenciamento ambiental



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



# **Diretrizes e boas práticas de Licenciamento Ambiental para instalação de usinas eólicas *offshore* no Brasil**

*Lara Luana Cirilo Silva*

*Orientador: Prof. Dr. Mario Oreste Aguirre González*



# Considerações Finais:

- Usinas eólicas no mar possuem **maior Fator de Capacidade**;
- O que está acelerando a **competitividade da eólica offshore**:
  - Aumento da capacidade de potência da turbina;
  - Inovações na Construção da Usina;
  - Inovação no processo de O&M;
  - Melhor coordenação da Cadeia de Valor;
  - Melhores opções de Financiamento
- **Novos mercados** (EUA, Japão, Canadá, Coreia do Sul, Taiwan, Portugal....) já iniciaram a implantação da energia eólica offshore.
- Eólica offshore, **Oportunidades para o Brasil**, desde que se alcance o **desenvolvimento sustentável**.

# Obrigado pela atenção!

Prof. PhD Mario González  
mario@ct.ufrn.br

