



# Geração Eólica para a produção de Hidrogênio Renovável

André Themoteo - Diretoria Técnica

SÃO PAULO, SETEMBRO 2023





# Membros da ABEEólica

ONSHORE OFFSHORE

# ABEEólica

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS

# Por que falamos do Hidrogênio?

## Processo de Transição Energética e Descarbonização da Matriz Energética

### Hidrogênio como o vetor da Transição Energética

#### ➤ Solução chave para setores *hard-to-abate*

- Molécula versátil – utilizada como matéria-prima e fonte de energia
- Adequado para superar os limites de eletrificação em setores de grande emissão de CO2
- **Necessidade de que o hidrogênio seja limpo e renovável para atingir a neutralidade de carbono almejada**

#### ➤ Crise Energética

- Guerra Ucrânia e Rússia – escassez de GN e aumento de preços generalizados
- Economias mais desenvolvidas – políticas para eliminação de dependência do GN russo e acelerar a transição energética

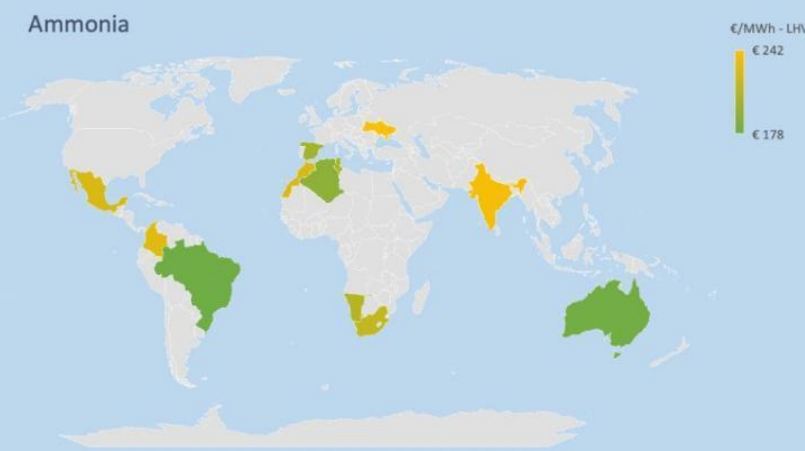
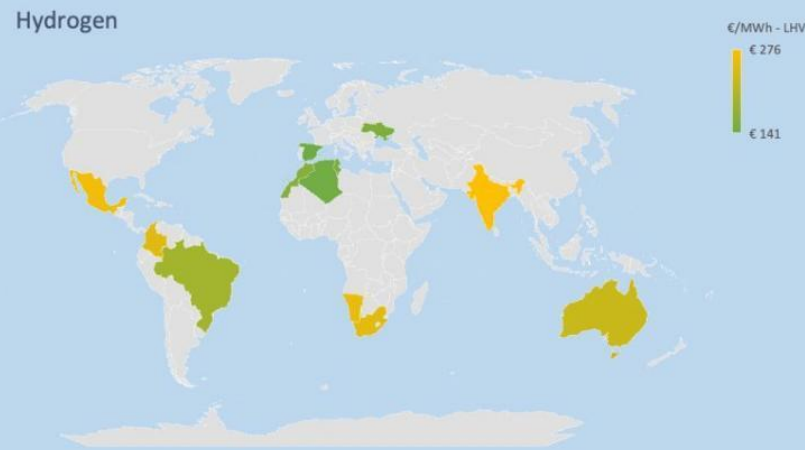
#### ➤ Momento Político e de Mercado

- Políticas e compromissos impulsionam a economia global de hidrogênio (IRA, H2Global)
- Ainda há políticas em estágio de desenvolvimento
- **Apoio público é fundamental para competição das tecnologias verdes**

# Potencial do Brasil para o Hidrogênio

## Mercado Externo

Which markets will offer the cheapest green hydrogen and derivatives to Europe in 2030?



Sources: Fraunhofer Institute, Hydrogen Insight

Powered by Bing  
© Australian Bureau of Statistics, GeoNames, Microsoft, NavInfo, OpenStreetMap, TomTom, Zorin

- Brasil, Austrália, Espanha e Argélia poderão oferecer o hidrogênio verde e derivados mais baratos para a Europa em 2030;
- No caso do Brasil isso se deve, principalmente, aos excelentes recursos combinados de energia eólica e solar, e aos menores custos nivelados de energia renovável.

*Cost of hydrogen and ammonia in Germany in 2030 from the 12 countries in the study (including transport costs)*

	H2 cost (€/MWh - LHV)	NH3 cost (€/MWh - LHV)
Algeria	138-149	182-200
Australia	217-232	173-185
Brazil	171-207	171-185
Colombia	176-318	190-267
India	238-313	226-251
Mexico	242-285	217-231
Morocco	160-165	208-245
Namibia	237-271	206-213
South Africa	231-266	204-225
Spain	137-145	193-209
Tunisia	148-156	201-208
Ukraine	149-166	207-277

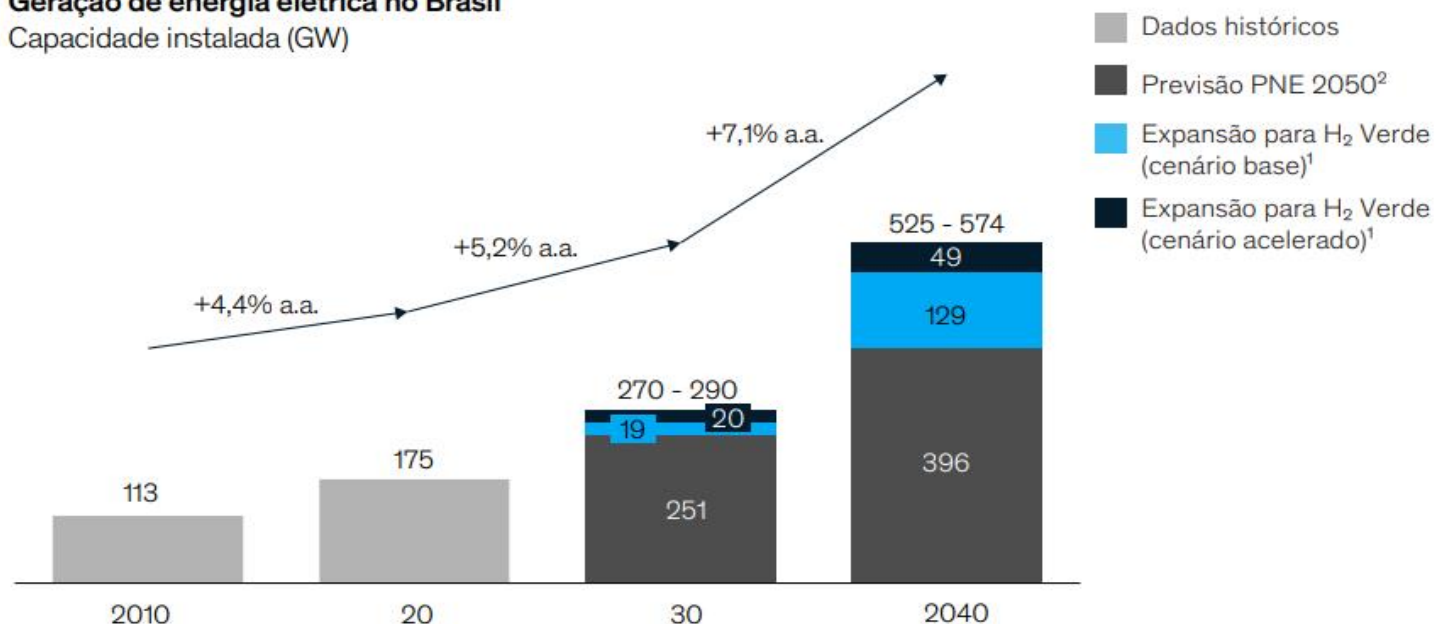
Fonte: Fraunhofer Institute, 2023

# Potencial do Brasil para o Hidrogênio

## Geração Renovável para o Hidrogênio Verde

- Considerando a demanda de produção de hidrogênio verde, haverá a necessidade de incremento da geração renovável no país, basicamente eólica e solar
- Em um cenário acelerado, o hidrogênio verde precisará de USD 200 bilhões em investimentos e 180 GW de capacidade adicional renovável (o que é mais do que nossa capacidade total de geração em 2020) - Devido à expansão da geração, será necessário reforçar a atual infraestrutura de transmissão

Geração de energia elétrica no Brasil  
Capacidade instalada (GW)



Fonte: McKinsey 2021 - <https://mck.co/405NvGt>

<sup>1</sup> Considera capacidade de 70%/30% entre Solar e Eólica para atender aos cenários base e acelerado de demanda de H<sub>2</sub> verde (15 e 22 milhões de toneladas em 2040)

<sup>2</sup> Cenário "Expansão sem fontes de emissão"

<sup>3</sup> Potencial mapeado de energia eólica on-shore no Brasil, considerando turbinas de 100 m

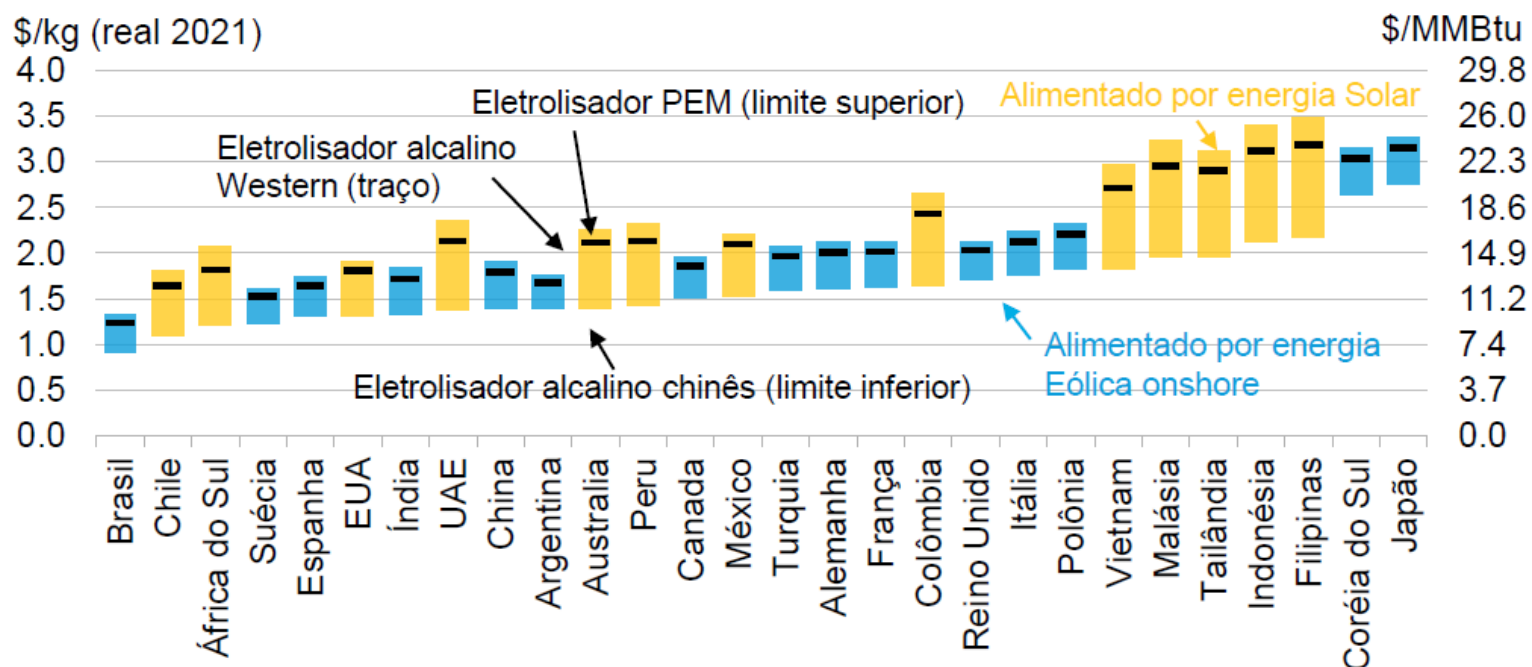
<sup>4</sup> Potencial mapeado de energia solar centralizada no Brasil, considerando apenas as áreas com maior incidência solar (6.000 - 6.200 Wh/m<sup>2</sup>.dia) - o total no Brasil pode ultrapassar 25 TW

# Potencial do Brasil para o Hidrogênio

## Custos Estimados Globais

- A projeção de custos nivelados do hidrogênio de fontes renováveis em 2030 pela BloombergNEF aponta que o Brasil estará entre os mais competitivos do mundo na produção de hidrogênio a partir da eólica onshore

### LCOH2 da energia renovável mais barata disponível em 28 países, 2030



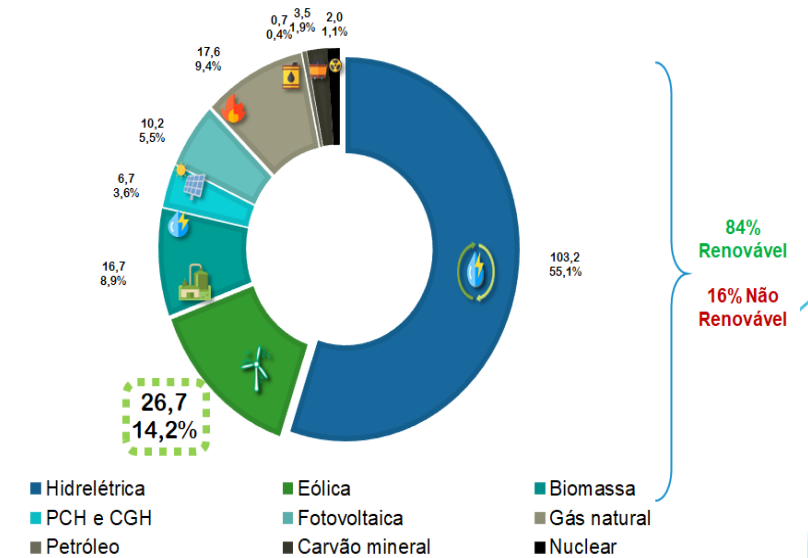
- <https://www.cepel.br/calculadora/> - Calculadora do custo nivelado de produção do hidrogênio (Levelized Cost Of Hydrogen– LCOH) por eletrólise para um projeto com horizonte de 20 anos

# Potencial do Brasil para o Hidrogênio

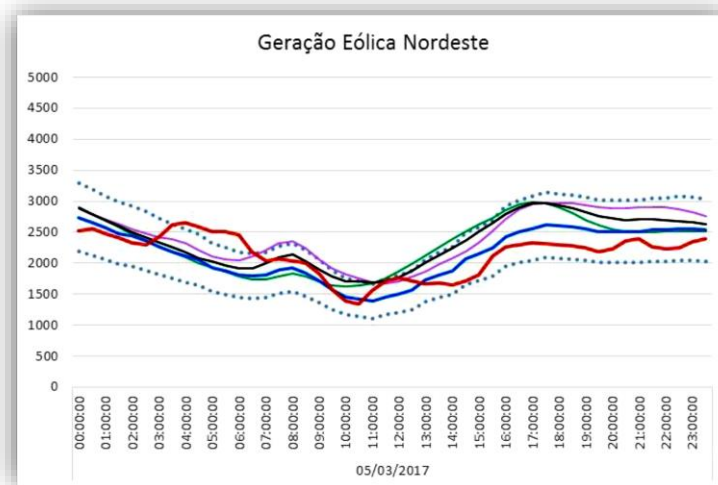
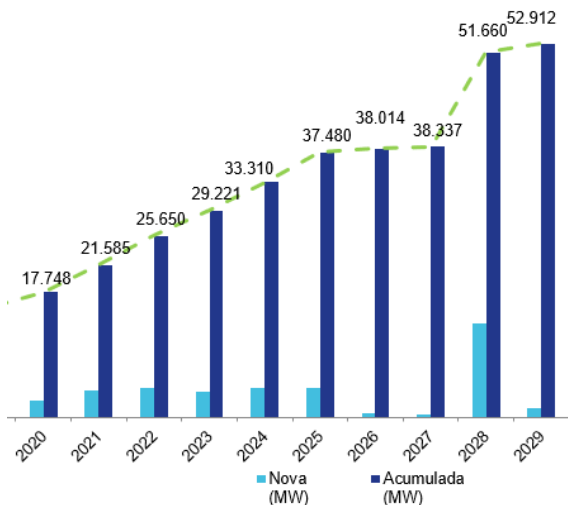
## Características Eólica para Produção Hidrogênio Verde

### Um dos melhores ventos do mundo está no Brasil

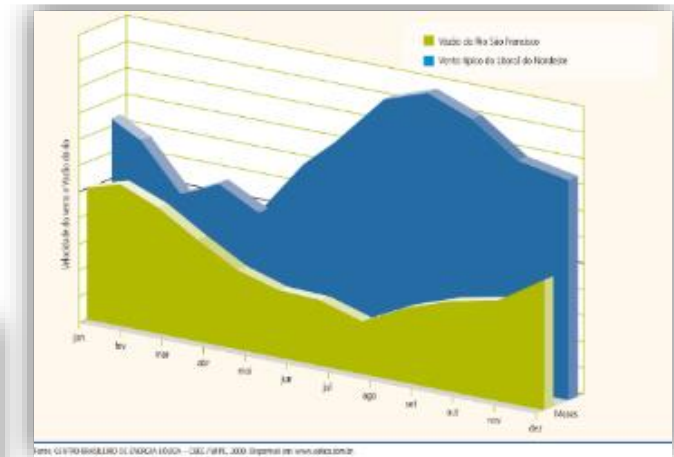
- Vento constante (sem grandes rajadas), com baixa volatilidade e vento previsível (Modelo de Previsão de Geração Eólica)
- Baixa pegada de carbono
- Complementaridade com outras fontes de energia - Hidrelétricas (Sazonalidade Inversa), Solar Fotovoltaica e Biomassa
- Impactos Socioeconômicos e Ambientais positivos na sociedade



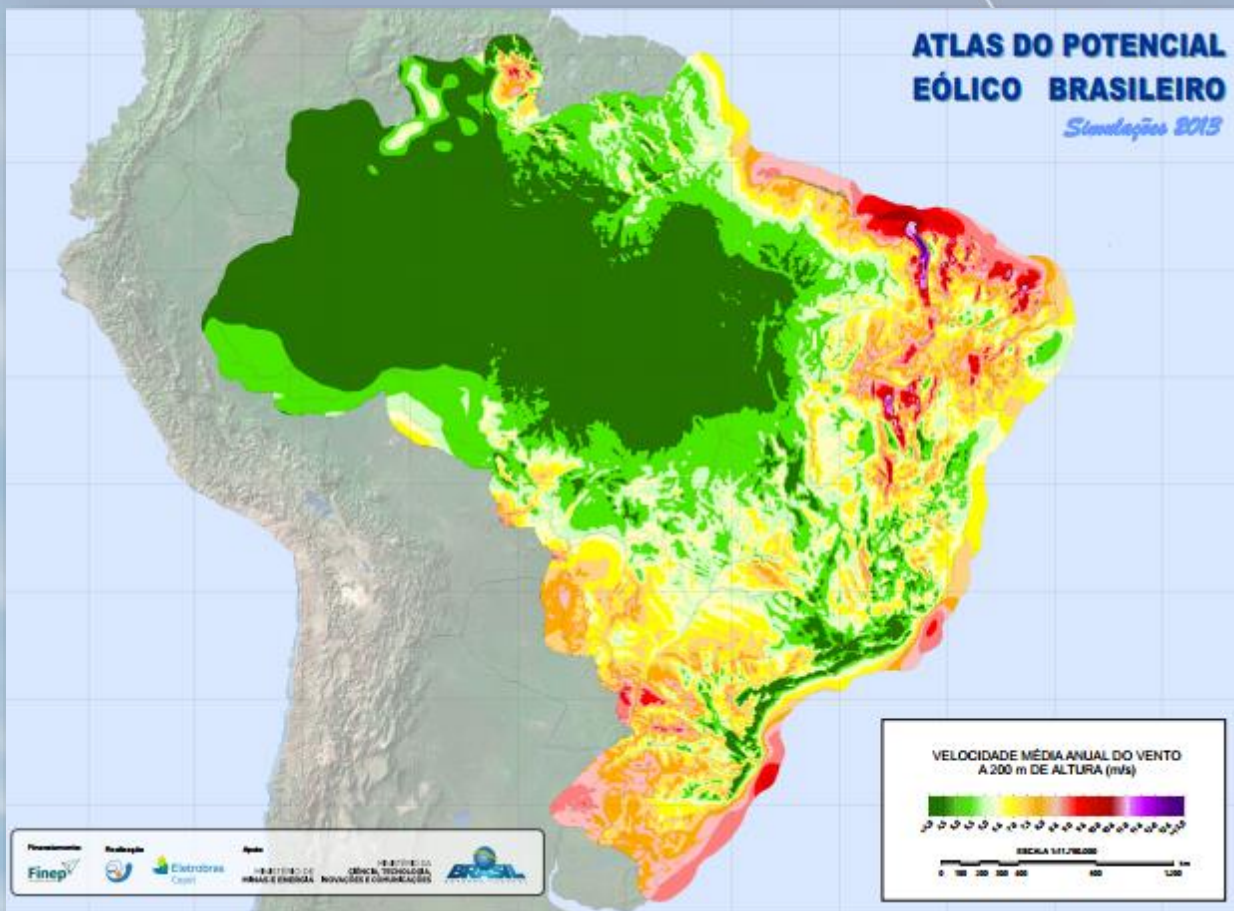
Dados de Potência Fiscalizada  
Fonte: ANEEL (Agosto, 2023) | ABEEólica



Dia	
Mwméd	05/03/2017
Previsão	2154
Verificado	2143
Vento ETA	2298
Vento GFS	2427
Combinado	2364



# Potencial Eólico Brasileiro



## Onshore

Fonte: Atlas Eólico Brasileiro - 2013



## Offshore

Fonte: Roadmap Eólica Offshore Brasil - EPE



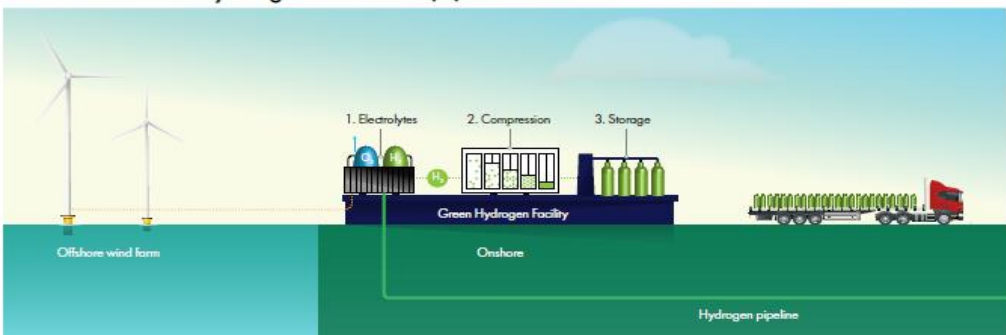
# Potencial do Brasil para o Hidrogênio

## Possíveis Arranjos Eólica Offshore e Hidrogênio

Offshore wind to hydrogen solution 1(a)



Offshore wind to hydrogen solution 1(b)



Offshore wind to hydrogen solution 2



## Green hydrogen — a key enabler of the energy transition

Table 1. Selected green hydrogen projects

Project and Size	Location	Year	Company Name	Status
Crystal Brook Energy Park, Australia (50-MWe)	South Australia	2021	Neoen Australia	The proposed 50 MW Hydrogen Superhub would be the largest co-located wind, solar, battery and hydrogen production facility in the world.
Dolphyn (10MW)	The UK	2023	Environmental Resources Management	In the second phase of this demonstration project, which is supported by BEIS.
HYPORT® Oostende	Ostend, Belgium	2025	DEME, Oostende Port, and PMV	The green hydrogen plant in Ostend will ultimately deliver a CO2 reduction of around 500,000 to 1,000,000 tons per year.
Hyoffwind (25MW)	Zeebrugge, Belgium	2023	Parkwind, Fluxys and Eoly	The consortium plans to take a final investment decision after summer 2020 to be able to start the construction of the installation by mid-2021.
Hydrogen Utility (15MW)	Port Lincoln, South Australia	Early 2020	Germany's Thyssenkrupp and the Hydrogen Utility (H2U)	The proposed AUD \$117.5 million facility will include a 15 MW electrolyser plant, a distributed ammonia production facility, and a 10 MW hydrogen-fired gas turbine and 5 MW hydrogen fuel cell
H2Future (6MW)	Linz, Austria	November 2019	Verbund (with Siemens electrolyser), APG, TNO and K1-MET	A large-scale 6 MW PEM electrolysis system is installed and operated at the voestalpine Linz steel plant in Austria
NortH2	Eemshaven, The Netherlands	2027	Shell, Gasunie and Groningen Seaports	This will entail construction of a purpose-built up to 10GW offshore wind farm to produce industrial-scale green hydrogen
Gigastack(5MW)	The UK	2022	Ørsted with ITM Power and Element Energy	This project, also supported by BEIS, is connected to Hornsea2 offshore project.
REFHYNE (10MW)	Wesseling, Germany	2020	Shell, ITM Power	A 30MW pilot — part of a 700MW project — is expected to be up and running by 2025
PosHYdon	Netherlands	2021	Nexstep, TNO and Neptune Energy	First offshore green hydrogen pilot with existing natural gas pipeline in North Sea

# Potencial do Brasil para o Hidrogênio

## Possíveis Arranjos Eólica Offshore e Hidrogênio

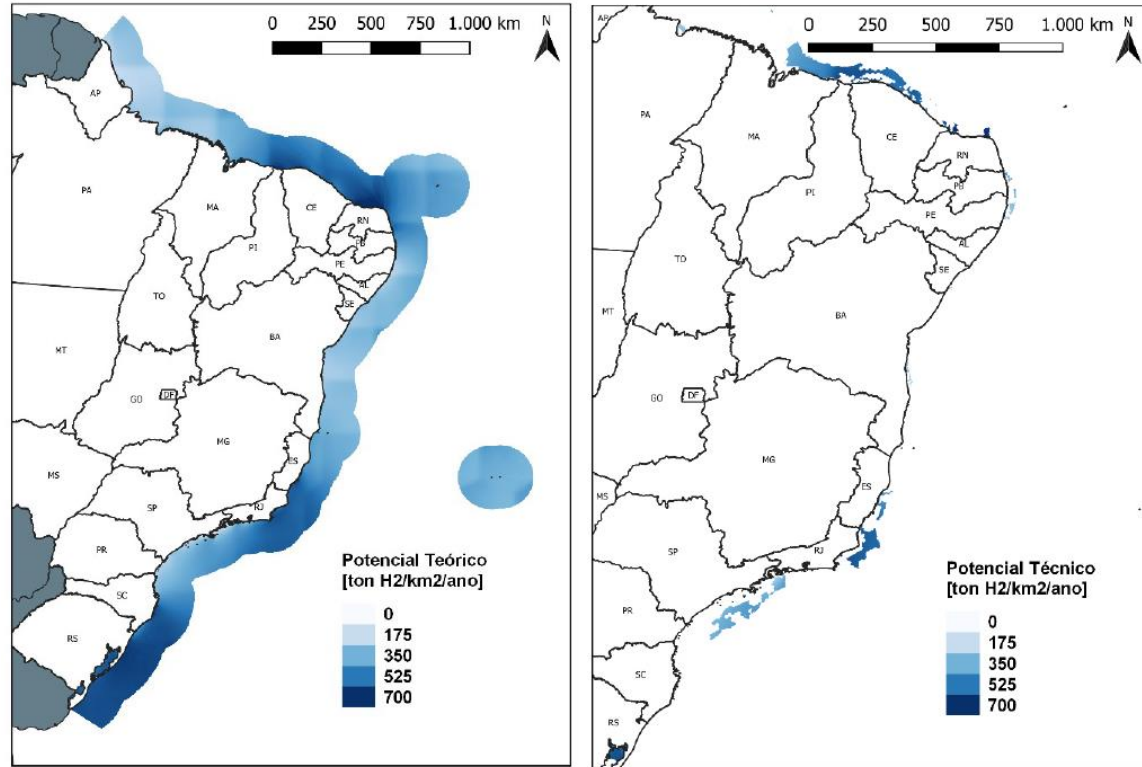


Figura 7 – Mapa do potencial teórico e técnico de produção de hidrogênio a partir de eletrólise com eólica offshore.

Fonte: Elaboração própria.

Fonte: Trabalho apresentado no BWP Papers 2022 - AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA GEORREFERENCIADA DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE COM EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL. JOÃO AZEVEDO; FLORIAN PRADELLE; SERGIO LEAL BRAGA. PUC-RJ

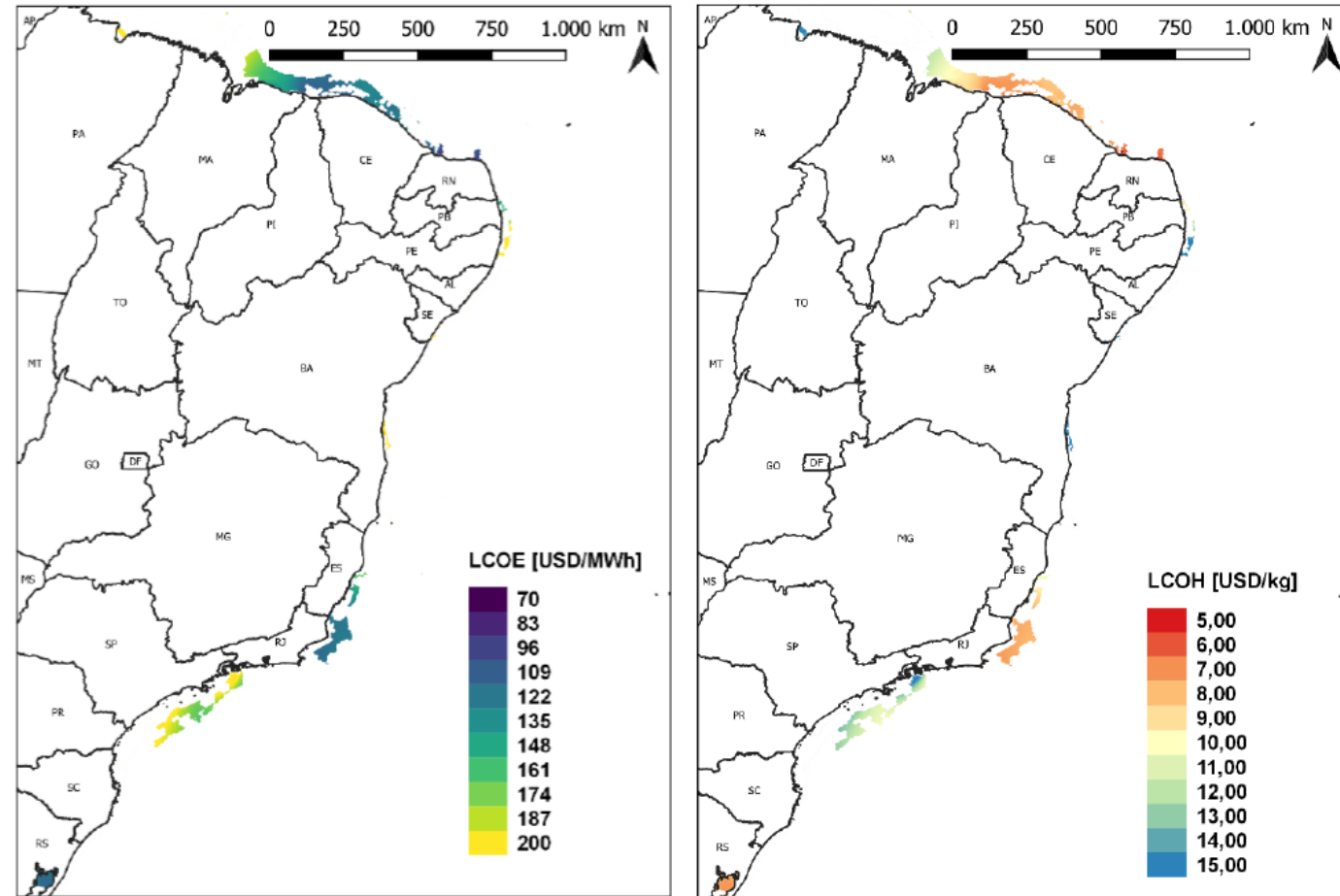


Figura 8 – Mapa do potencial teórico com os indicadores LCOE e LCOH calculado.

Fonte: Elaboração própria.

# Potencial do Brasil para o Hidrogênio

## Eólica Offshore e Hidrogênio – Conceito Estratégico de Porto-Indústria

**As economic hubs, ports will need clean hydrogen to decarbonize a variety of applications and use cases**

Five key domains of hydrogen-based decarbonization in and around ports

**#1: Decarbonize neighbouring industries**

(e.g., refining, fertilizer, other petrochemicals, steel) and road transportation (heavy-duty trucks)

**#2: Decarbonize maritime transport**

(i.e., refueling of ships) with hydrogen or derivatives (methanol, ammonia)



**#3: Become an import / export hub of hydrogen**

to reinject and distribute hydrogen flows in the region / country

**#4: Decarbonize port own port operations and handling equipment**

(in e.g., RTGs, reach stackers)

**#5: Host hydrogen production in and around ports**

(e.g., from offshore wind or on-site solar photovoltaics)

# Cooperação - Hidrogênio

## Parceria entre Associações Setoriais

### • Pacto Brasileiro pelo Hidrogênio Renovável

- contribuir para a definição de um arcabouço regulatório;
- desenvolver o mercado de aplicação de hidrogênio renovável;
- promover o desenvolvimento socioeconômico, por meio da economia do hidrogênio renovável;
- promover o hidrogênio de origem renovável no País;
- disseminar as oportunidades de hidrogênio renovável aos seus associados e à sociedade brasileira;
- aumentar a competitividade da produção e uso do hidrogênio renovável.

### • ABEEólica como instituição parceira e de apoio



# Hidrogênio no Brasil

## Considerações Finais e Desafios

### Hidrogênio Verde como vetor da transição energética

- É importante a mobilização de **parcerias e cooperações nacionais e internacionais**, a qual infere em mobilização de investimentos
- Importante o **hidrogênio ser de origem renovável** para descarbonização da economia
- Necessidade de uma **política industrial verde**: a criação de um **arcabouço regulatório** dará a segurança jurídica necessária e incentivará o desenvolvimento dessa indústria no Brasil



ELBIA GANNOUM,  
PRESIDENTE DA ABEEÓLICA

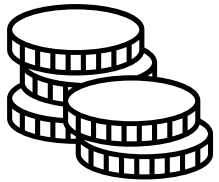
### Energias renováveis: uma oportunidade de industrialização verde para o Brasil

Neste cenário, ao Brasil importa se apresentar como protagonista, uma vez que possui abundância de recursos naturais necessários para tal em comparação com as demais economias do mundo

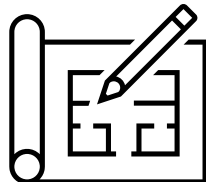
Fonte: <https://bit.ly/3B6uXul>

# Hidrogênio no Brasil

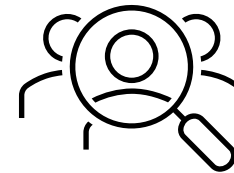
## Considerações Finais e Desafios



Preço da tecnologia elevado – reduz competitividade



Necessário a definição de normas técnicas para a mistura de hidrogênio com gás natural em dutos



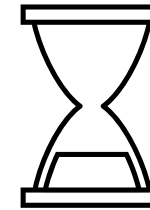
Definição das funções a serem assumidas por autoridades públicas relacionadas à regulamentação e ao uso do hidrogênio



Demanda de materiais críticos para eletrólise pode se tornar gargalo pensando no aumento da demanda de produção dos eletrolisadores



A produção de H<sub>2</sub> por eletrólise consome, em média 9 l água para 1 kg de H<sub>2</sub> – plantas de produção não devem ser instalada em regiões com restrições ou escassez hídrica



A inexistência do mercado de carbono regulado retarda o hidrogênio renovável no país



ONSHORE OFFSHORE

**ABEEólica**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS



ONSHORE OFFSHORE

# ABEEólica

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS

# ACOMPANHE A ABEEÓLICA



# Acompanhe a ABEEólica

## Notícias e Artigos



25 de novembro de 2020  
**Estudo mostra que energia eólica tem impacto positivo no IDH e PIB de municípios**  
 Leia aqui as principais conclusões do estudo "Impactos Socioeconômicos e Ambientais da Geração de Energia Eólica no Brasil", realizado pela GO Associados.

Leia >

## Relatórios



22 de fevereiro de 2022

**Estudo mostra que cada R\$ 1,00 investido em eólicas tem impacto de R\$ 2,9 no PIB**

Estudo "Estimativas dos impactos dinâmicos do setor eólico sobre a economia brasileira" mostra impactos dos investimentos de eólica no PIB, empregos e redução de emissões de CO2



## Relatórios

## INFOVENTO

#30 | 23 de Fevereiro de 2023



### O tamanho da indústria no Brasil

**890** Parques Eólicos  
**12** Estados  
**9.971** Aerogeradores em operação  
**25,04GW** de Capacidade Instalada em Operação Comercial  
**810,8 MW** em operação de testes, que devem entrar em operação nas próximas semanas

### O quanto gera de energia?

**72,2TWh** de energia eólica foram gerados em 2021  
**36,2Milhões** de residências por mês podem ser abastecidas  
**108,7Milhões** de habitantes beneficiados

### +27%

de crescimento em relação ao ano anterior. Vale mencionar que, no mesmo período, a geração de todas as fontes no Sistema Interligado Nacional cresceu 10,0%

### 12%

de toda geração injetada no Sistema Interligado Nacional (SIN) no período

### Contribuições da Energia Eólica para o Brasil

**US\$35,8 Bilhões** Investimentos no setor de 2011 a 2020.  
 Entre 2011 e 2020, as eólicas movimentaram **R\$ 321 Bilhões** na economia  
**44,78GW** de capacidade eólica instalada até 2028

**R\$ 110,5 Bilhões** de investimentos diretos na construção de parques eólicos  
**R\$ 210,5 Bilhões** como efeitos indiretos

**10,7 empregos** são criados  
 De 2011 a 2020, a construção dos parques eólicos criou quase **190 mil empregos**.

De 2016 a 2024, o setor eólico brasileiro terá **evitado emissões de gases do efeito estufa valoradas entre R\$ 60 e 70 bilhões**.

**34,4 Milhões** de toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas em 2021 o equivalente à emissão de cerca de 34 milhões de automóveis

De 2016 a 2024, o setor eólico brasileiro terá evitado emissões de gases do efeito estufa valoradas entre R\$ 60 e 70 bilhões.

De 2016 a 2024, o setor eólico brasileiro terá evitado emissões de gases do efeito estufa valoradas entre R\$ 60 e 70 bilhões.



### Recorde de Geração Eólica por região em base diária:

**NE 120,51%** da energia consumida no subsistema Nordeste veio das Eólicas, com fator de capacidade de 71,14% e geração de 14.722 MWmed. (11/10/2022)  
**SIN 24,48%** da energia consumida no SIN veio das Eólicas, com fator de capacidade de 69,56% e geração de 16.045 MWmed. (15/10/2022)  
**S 16,96%** da energia consumida no subsistema Sul veio das Eólicas, com fator de capacidade de 92,29% e geração de 1.796 MWmed. (07/09/2021)  
**N 6,70%** da energia consumida no subsistema Norte veio das Eólicas, com fator de capacidade de 96,97% e geração de 413 MWmed. (04/09/2021)

### Benefícios da Energia Eólica para todo mundo

- Gera renda e melhora de vida** para proprietários de terra com arrendamento para colocação das torres
- Permite que o proprietário da terra siga com plantações ou criação de animais**
- É renovável, não polui, contribui para que o Brasil cumpra seus objetivos no Acordo do Clima**
- Um dos melhores custo-benefício na tarifa de energia**
- Parques eólicos não emitem CO<sub>2</sub>**
- Capacitação de mão de obra local**

A instalação de parques eólicos contribui para o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) e do Índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDHM) conforme estudo da GO Associados.

Foi realizado um comparativo entre grupo de municípios que receberam parques eólicos com outros que não receberam. Por meio dessa comparação, identificamos que nos municípios que receberam a sua instalação:

- o PIB real aumentou 21,15%** (período de 1999 a 2017)
- o IDHM cresceu cerca de 20%** (período de 2000 a 2010)

A energia eólica ocupa pouca terra, permitindo que se continue com criação de animais ou plantações. Considerando o espaço eleito para um parque eólico, as turbinas ocupam cerca de 8% da área, podendo esse valor ser ainda menor, cerca de 6%.

Cada R\$1,00 investido em parques eólicos elevou o PIB brasileiro em cerca de R\$ 2,9. É o poder dos ventos duplicando os benefícios!

### Dados Internacionais GWEC

O Brasil está em 6º lugar no Ranking Mundial de capacidade instalada de energia eólica. Em 2012, éramos o 15º colocado.



### Capacidade instalada e Número de Parques por estado

UF	Potência (MW)	Parques	Aerogeradores
UR	7.354,83	237	2.880
NE	7.283,37	264	2.758
SE	3.527,25	107	1.237
SO	2.568,34	98	1.138
SC	1.835,89	80	830
SP	1.061,77	40	472
MS	672,44	31	265
MT	426,00	15	172
MA	242,70	15	174
DF	34,50	1	23
AC	28,05	1	17
AP	2,50	1	5
<b>TOT</b>	<b>25.037,63</b>	<b>890</b>	<b>9.771</b>

Ha outros 810,8MW em operação de testes, que devem entrar em operação nas próximas semanas

### Você sabia?

80% dos parques eólicos brasileiros estão no Nordeste, região que tem um dos melhores ventos do mundo para produção de energia eólica.

### Os bons ventos do Brasil

Os bons ventos para produção de energia eólica são mais constantes, têm uma velocidade estável e não mudam de direção com frequência.

**57,9%** foi o Fator de Capacidade médio mensal alcançado pelas eólicas no Brasil em 2021, em agosto.

**52%** foi o Fator de Capacidade médio no Brasil em 2021 segundo o IRENA (International Renewable Energy Agency)

**39%** é o Fator Médio Mundial segundo IRENA (International Renewable Energy Agency)

### Mais informações:

- [www.abeolica.org.br](http://www.abeolica.org.br)
- [facebook.com/abeolica](https://facebook.com/abeolica)
- [instagram.com/abeolica](https://instagram.com/abeolica)
- [youtube.com/abeolica](https://youtube.com/abeolica)
- [twitter.com/abeolicaeolica](https://twitter.com/abeolicaeolica)



## Site e Redes Sociais

- [www.abeolica.org.br](http://www.abeolica.org.br)
- [facebook.com/abeolica](https://facebook.com/abeolica)
- [instagram.com/abeolica](https://instagram.com/abeolica)
- [youtube.com/abeolica](https://youtube.com/abeolica)
- [twitter.com/abeolica](https://twitter.com/abeolica)
- [linkedin.com/company/abeolica](https://linkedin.com/company/abeolica)



# CABEÇA DE VENTO

O podcast da Abeeólica



## Cabeça de Vento 25 | Hidrogênio para geração de energia

Neste episódio, Elbia Gannoum, Presidente da ABEEólica, e André Themoteo, da equipe técnica da ABEEólica, entrevistam Ansgar Pinkows...



jan. de 2021 · 21min 48s



## Cabeça de Vento 29 | Hidrogênio para geração de energia - Hytron

Neste episódio, Selma Bellini, da equipe de comunicação da ABEEólica, entrevista Daniel Gabriel Lopes, Diretor Comercial da Hytron Energia,...



abr. de 2021 · 23min 42s



## Cabeça de Vento 37 | Programa Nacional de Hidrogênio

Neste episódio, Elbia Gannoum, Presidente da ABEEólica, entrevista Agnes Costa, Chefe da Assessoria Especial em Assuntos Regulatórios do...



set. de 2021 · 26min 56s

Disponível nas plataformas:





# Obrigado!

## CONTATO

Av. Paulista, 1337 • 5º andar • Conj. 51  
Bela Vista • São Paulo • CEP 01311-200

Tel: 55 (11) 3674.1100

 [www.abeeolica.org.br](http://www.abeeolica.org.br)

 [facebook.com/abeeolica](https://facebook.com/abeeolica)

 [instagram.com/abeeolica](https://instagram.com/abeeolica)

 [youtube.com/abeeolica](https://youtube.com/abeeolica)

 [twitter.com/abeeolica](https://twitter.com/abeeolica)

**André Themoteo**  
**Diretoria Técnica**

**[andre@abeeolica.org.br](mailto:andre@abeeolica.org.br)**

**(11) 94524-1796**

 **ABEEólica**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS

ONSHORE OFFSHORE