



# TECNOLOGIAS APLICÁVEIS À CADEIA DE HIDROGÊNIO VERDE NO ESTADO DO CEARÁ





# TECNOLOGIAS APLICÁVEIS À CADEIA DE HIDROGÊNIO VERDE NO ESTADO DO CEARÁ

## PROSPECÇÃO DE TECNOLOGIAS APLICÁVEIS AO HUB DE HIDROGÊNIO VERDE (H2V)

---

### Autores:

Tomás Dahas Jorge Muniz (Apresentador) – **Energó Engenharia/IFCE**

Joelia Marques de Carvalho – **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)**

Edilson Mineiro Sá Junior – **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)**



# Sumário

---

Introdução

---

Justificativa e Objetivos

---

Estado da Arte / Fundamentação Teórica

---

Método de Estudo

---

Análise e Discussão dos Resultados

---

Considerações Finais

---

Perspectivas Futuras

---

Referências

---



# Introdução

- Mais de 80% da matriz energética mundial ainda é dependente de combustíveis fósseis, como petróleo, gás natural e derivados de carvão;
- Segundo dados do IPCC de 2023 da ONU, as emissões de CO<sub>2</sub> precisam ser reduzidas em 45% até 2030 e atingir o nível líquido zero até 2050 para atender a meta de aumento do Acordo de Paris;
- Neste contexto, o hidrogênio de baixo carbono ou hidrogênio verde (H<sub>2</sub>V) surge hoje como uma componente essencial para atingir os objetivos de descarbonização e aceleração da transição energética;
- É visto como uma tecnologia muito promissora, pois também tem potencial como tecnologia de armazenamento de energia, contribuindo para alcance de um melhor patamar de segurança energética em um cenário de crescente inserção de fontes renováveis intermitentes.



# Introdução

- É uma tecnologia que contribui diretamente para alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU;
  - ✓ Descarbonização da matriz;
  - ✓ Geração de Empregos Diretos e Indiretos;
  - ✓ Crescimento econômico da região.
- Brasil tem condições bem favoráveis para destaque nesse mercado → cerca de 85% de sua matriz elétrica vem de fontes renováveis;
- O Ceará desponta como um dos fortes estados no cenário nacional como produtor e exportador de H2V.





# Introdução

## Objetivos

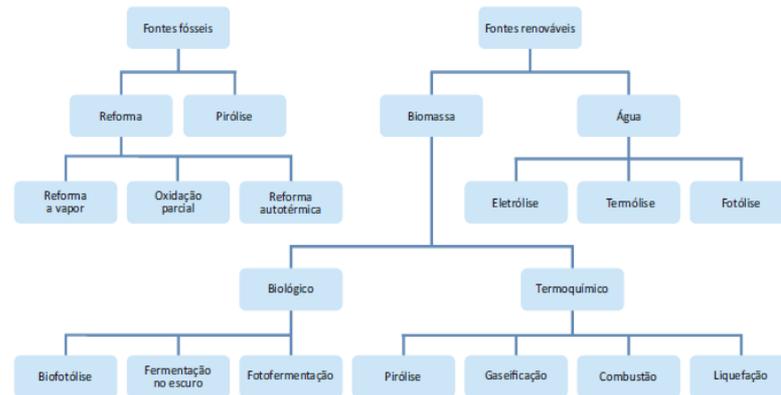
- Elaboração de uma prospecção científico-tecnológica visando a investigação da cadeia produtiva do Hidrogênio Verde (H2V), a partir de um mapeamento das tecnologias aplicáveis para o HUB em desenvolvimento, focando em tecnologias de Eletrólise.
  - Análises de prospecção tecnológica em buscadores patentários e não-patentários;
  - Identificação de desafios e potencialidades da indústria brasileira para o desenvolvimento de tecnologias de tecnologias aplicáveis à eletrólise para produção de H2V.



# Estado da Arte / Fundamentação Teórica

## Classificação da Produção de Hidrogênio

- O hidrogênio (H<sup>+</sup>) é o elemento mais comum no universo e um dos mais abundantes no planeta Terra;
- Pode ser produzido por meio de vários processos, associados a diversos tipos de emissões, dependendo da tecnologia e da fonte de energia utilizada, com diferentes implicações de custos e requisitos de materiais.





## Estado da Arte / Fundamentação Teórica

### Classificação da Produção de Hidrogênio

- O H<sub>2</sub>V é aquele produzido sem emissões de gases de efeito estufa (GEE) em sua rota produtiva;
- Código de cores tem sido usado para simplificar a classificação do hidrogênio;
- Apenas um pequeno percentual demandado de hidrogênio é gerado por eletrólise.

Cor	Classificação	Descrição
■	hidrogênio preto	produzido de carvão mineral (antracito) sem CCUS
■	hidrogênio marrom	produzido de carvão mineral (hulha), sem CCUS
■	hidrogênio cinza	produzido do gás natural sem CCUS
■	hidrogênio azul	produzido a partir de gás natural (eventualmente, também a partir de outros combustíveis fósseis) com CCUS
■	hidrogênio verde	produzido a partir de fontes renováveis (particularmente, energias eólica e solar) via eletrólise da água.
□	hidrogênio branco	hidrogênio natural ou geológico
■	hidrogênio turquesa	produzido por craqueamento térmico do metano, sem gerar CO <sub>2</sub>
■	hidrogênio musgo	produzido de biomassa ou biocombustíveis, com ou sem CCUS, através de reformas catalíticas, gaseificação ou biodigestão anaeróbica



## Estado da Arte / Fundamentação Teórica

### Potencial do Hidrogênio Verde no Ceará

- Um levantamento do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE) aponta o potencial do Nordeste como produtor de H<sub>2</sub> no Brasil (maior produção em nível nacional), principalmente por conta das possibilidades das energias eólica (regimes de vento) e solar (irradiação), aliadas à complementaridade energética das hidrelétricas;
- Assim, o estado do Ceará obtém uma vantagem competitiva enquanto produtor de H<sub>2</sub>V, vindo justamente desse grande potencial em relação às FRES e o barateamento dessa commodity energética;
- Dados da ANEEL mostram que o Ceará possui mais de 2,5 GW de projetos eólicos em operação, além de quase 3 GW em construção ou com obras a serem iniciadas;
- Já em empreendimentos solares, o estado tem cerca de 1,6 GW instalados e 16 GW em construção ou com obras a serem iniciadas.



## Estado da Arte / Fundamentação Teórica

### Potencial do Hidrogênio Verde no Ceará

- O estado também destaca-se em relação a outros estados brasileiros com a complementaridade energética entre os recursos eólico e solar;
- O Brasil já possui um custo nivelado de produção de hidrogênio (LCOH, do inglês “*levelized cost of hydrogen*”) entre US\$ 2,87 e US\$ 3,56 por kg, considerado um valor bem competitivo frente ao mercado internacional (CELA, 2023);
- Previsões indicam que custo médio de produção de H<sub>2</sub>V reduza de US\$ 6 para US\$ 2,60 por kg até 2026;
- Com os projetos de energia eólica offshore, prevê-se que o Ceará tenha valores muito competitivos de LCOH.



## Estado da Arte / Fundamentação Teórica

### Potencial do Hidrogênio Verde no Ceará

- Visando tornar o Ceará um player global na produção, exportação e distribuição de H<sub>2</sub>V para uso em diversos setores da economia, o governo lançou o primeiro HUB do Brasil no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP);
- O CIPP possui localização estratégica em uma zona de processamento de exportação (ZPE), com incentivos tributários diferenciados, além de conexão com o porto de Roterdã, na Holanda – maior porto marítimo da Europa (SIGA ANEEL, 2023);
- De acordo com estudos elaborados pela consultoria americana *IXL Center* para o Governo do Ceará, os investimentos que serão efetivados até 2031 totalizam uma capacidade construtiva de eletrólise de até 11,8 GW instalados no CIPP;
- Após o lançamento do Hub de H<sub>2</sub>V no Pecém, o estado do Ceará assinou mais de 35 Memorandos de Entendimentos com diversas empresas nacionais e internacionais, as quais anunciaram investimentos da ordem de US\$ 20 bilhões.



## Estado da Arte / Fundamentação Teórica

### Empresas com memorando de entendimento assinado com o governo do Ceará

1. Enegix Energy	19. HDF
2. White Martins/Linde	20. Mitsui
3. Qair	21. ABB
4. Fortescue (Pré-contrato)	22. Gold Wind
5. Eneva	23. Alupar
6. Diferencial	24. Mingyang Smart Energy
7. Hytron	25. Spic
8. H2helium	26. Gansu Science & Technology Investment
9. Neoenergia	27. PowerChina
10. Engie	28. Platform Zero (Complexo do Pecém + 13 instituições de cinco países)
11. Transhydrogen Alliance	29. Green Hydrogen Corridor (Complexo do Pecém, AES Brasil, Casa dos Ventos, Comerc Eficiência, Havenbedrijf Rotterdam, Fortescue e EDP)
12. Total Eren	30. Voltalia
13. AES Brasil (Pré-contrato)	31. Lightsource bp
14. Cactus Energia Verde (Pré-contrato)	32. EDF Renewables
15. Casa dos Ventos (Pré-contrato)	33. GoVerde
16. H2 Green Power	34. Hitachi
17. Comerc Eficiência	35. Jepri
18. Enel Green Power	

Fonte: Governo do Estado do Ceará, 2024.



# Estado da Arte / Fundamentação Teórica

## Eletrólise da Água

- Cerca de 4% do hidrogênio no mundo é produzido pela eletrólise da água;
- Podem representar 30 a 40% do custo final de produção de hidrogênio, sendo essencial a criação de economias de escala na fabricação e melhoria do desempenho dos equipamentos para tornar mais competitivo em termos de custos (IRENA, 2022);
- A capacidade global de fabricação de eletrolisadores é atualmente de cerca de 19 GW por ano e deverá atingir 100 GW até 2030 com base em projetos anunciados;
- A China representa atualmente cerca de 40% da capacidade de produção global, e várias economias, incluindo a Índia, a União Europeia e os Estados Unidos, lançaram políticas destinadas a apoiar a capacidade de produção de eletrolisadores.



# Estado da Arte / Fundamentação Teórica

## Eletrólise da Água

Tecnologias de Eletrólise			
Tipo	Descrição	Prós	Contras
ALK	Eletrolisador que utiliza soluções alcalinas como eletrólito, como KOH ou NaOH.	Tecnologia madura	Velocidade de reação lenta
		Custos baixos de materiais	Purificação rigorosa da água para evitar degradação.
PEM	Utiliza uma membrana sólida polimérica que conduz prótons, em condições ácidas.	H <sub>2</sub> produzido com alta pureza	Custo elevado devido ao uso de metais nobres (Pt e Ir) como catalisadores
		Maior eficiência e densidade de corrente, permitindo tamanhos mais compactos	Desafios de durabilidade e degradação da membrana em condições operacionais
SOEC	Utiliza material cerâmico como eletrólito, operando em altas temperaturas e baixas pressões.	Consumo menor de energia	Falta de estabilidade e alta degradação devido a altas temperaturas
		Alto grau de pureza e eficiência maior	Tecnologicamente menos desenvolvido (durabilidade e desempenho ainda em avaliação)
AEM	Utiliza membrana que permite apenas o fluxo de ânions, operando em condições alcalinas sem um eletrólito líquido.	Custos reduzidos com catalisadores não preciosos	Problemas com estabilidade da membrana e impurezas na água
		Une a eficiência eletroquímica do PEM com a simplicidade e economia do ALK	Tecnologia muito nova (durabilidade e desempenho ainda em avaliação)

Fonte: CNI, 2022.



## Método de Estudo

- Prospecção científico-tecnológica → Mapeamento das tecnologias aplicáveis para o HUB de H2V no Estado do Ceará.
  - Palavras-chave definidas para busca dos documentos foram “*green hydrogen*” e “*electrolysis*”.
  - Período de busca → De 2010 a 2023.
- 
- ❖ Buscadores não patentários (Artigos Científicos):
    - *Science Direct*;
    - *Scopus*;
    - *Web of Science*.
  - ❖ Buscadores patentários:
    - Base de Patentes do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI);
    - *Patent Scope*;
    - *Espacenet*;
    - *Google Patents*;
    - *Orbit Intelligence*



## Método de Estudo

### Buscadores Patentários

- Base de Patentes do INPI:
  - Base de dados de patentes de escritórios nacionais.
  
- *Patent Scope*:
  - Base de dados que pertence à OMPI, com mais de 109 milhões de documentos.
  
- *Espacenet*:
  - Organizada e gerenciada pelo EPO, com mais de 80 milhões de documentos.
  
- *Google Patents*:
  - Base de dados de patentes de fácil acesso criado pelo Google, abrangendo base global de documentos.
  
- *Orbit Intelligence*:
  - Sistema de busca, seleção, análise e exportação de informações contidas em patentes.



## Análise e Discussão dos Resultados

- A prospecção resultou na análise de inúmeros documentos relacionados ao tema, mas com filtros e focando em tecnologias de eletrólise para H2V foram encontrados:
  - 6.267 documentos científicos (artigos);
  - 1.657 documentos técnicos (patentes).

Palavras-chave	ARTIGOS CIENTÍFICOS				PATENTES					
	SCOPUS	SCIENCE DIRECT	PERIÓDICOS CAPES	TOTAL ARTIGOS	INPI	ESPAENET (EPO)	PATENTSCOPE (PCT)	GOOGLE PATENTS (WO)	ORBIT INTELLIGENCE	TOTAL PATENTES
<i>Green Hydrogen</i>	2530	1847	1890	6267	3	350	468	491	345	1657
<i>Electrolysis</i>	1043	588	577	2208	14	109	492	503	126	1244

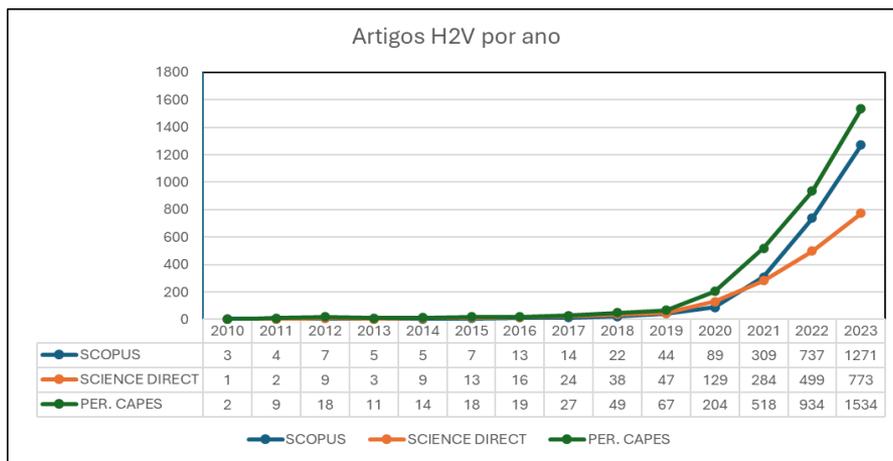
- Diferença entre quantidades indica que as pesquisas ainda estão em escala de laboratório, estando assim ligado ao desenvolvimento industrial de médio e longo prazo.



# Análise e Discussão dos Resultados

## Análise de Artigos

- De acordo com a busca no *Science Direct*, *Scopus* e no *Web of Science*, no período entre 2010 e 2023, 6.267 documentos científicos relevantes sobre produção de H2V foram publicados;



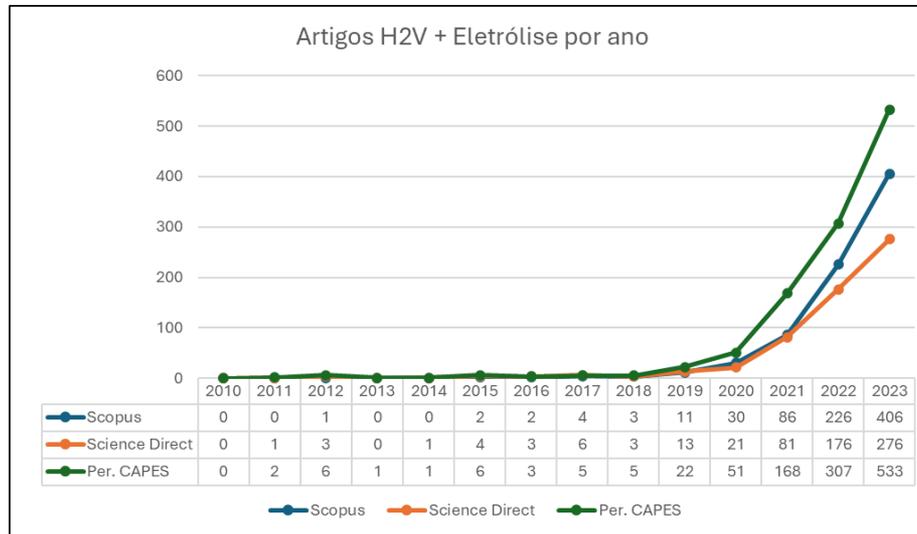
- Forte tendência de aumento nos últimos 5 anos – cada vez maior o interesse em hidrogênio verde.



# Análise e Discussão dos Resultados

## Análise de Artigos

- De maneira similar, foi buscado filtrar documentos relacionados à H2V com eletrólise e eletrolisadores;

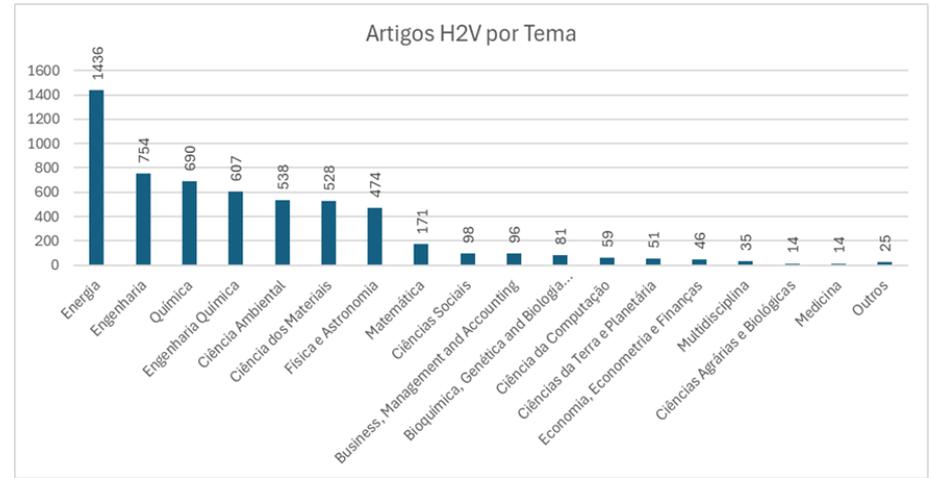
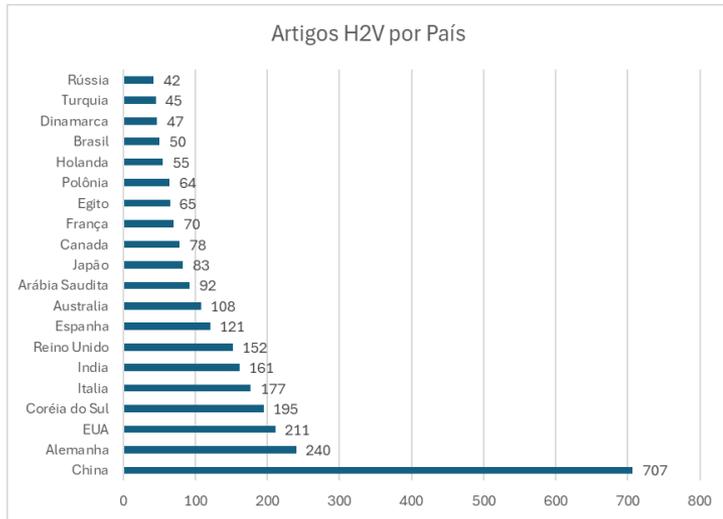




# Análise e Discussão dos Resultados

## Análise de Artigos

- Grande dominância da China, responsável por quase 28% dos documentos prospectados;

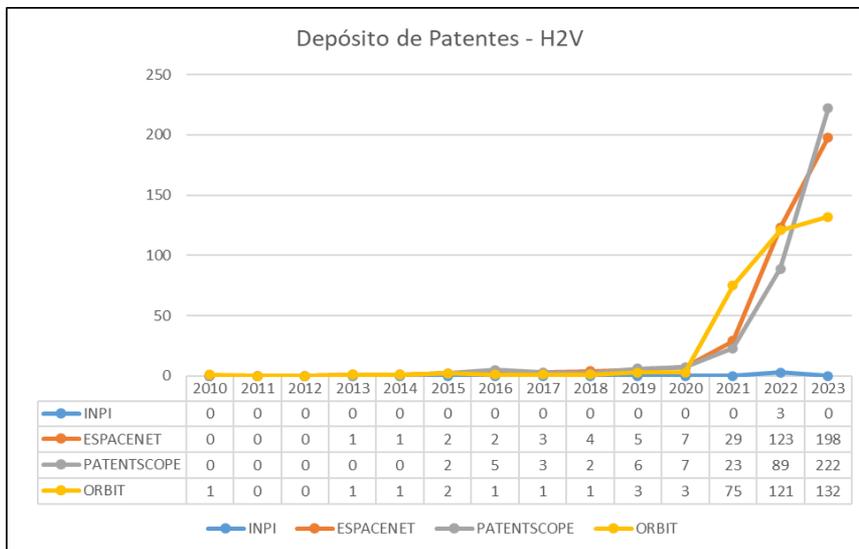




# Análise e Discussão dos Resultados

## Análise de Patentes

- A análise da distribuição de patentes por país, evolução anual do depósito, bem como, o número de patentes depositadas por base de dados – 1.657 documentos;
- Evolução ao longo do tempo:

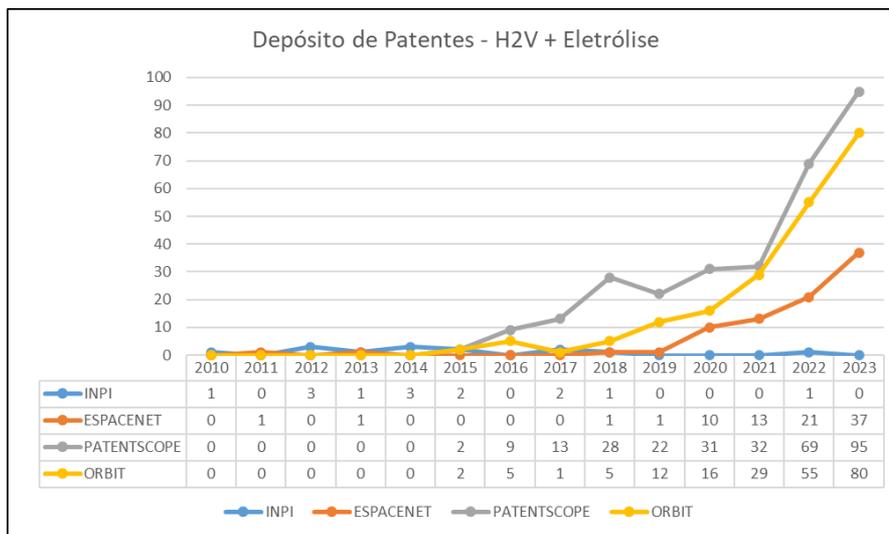




# Análise e Discussão dos Resultados

## Análise de Patentes

- Da mesma forma, mas pesquisando adicionando a palavra-chave “*electrolysis*”, a análise da distribuição de patentes trouxe o número de patentes depositadas por base de dados – 1.244 documentos;
- Evolução ao longo do tempo:

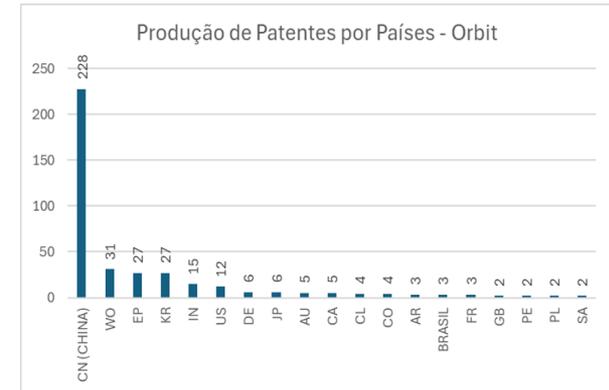
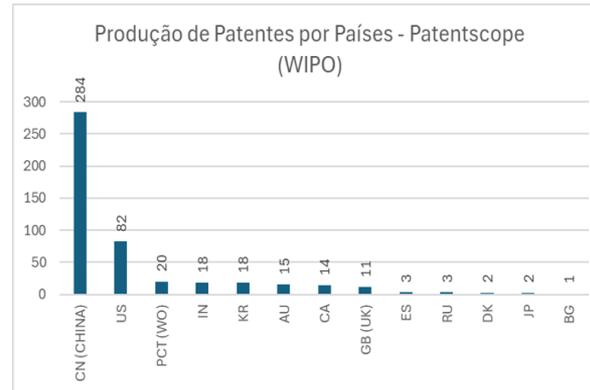
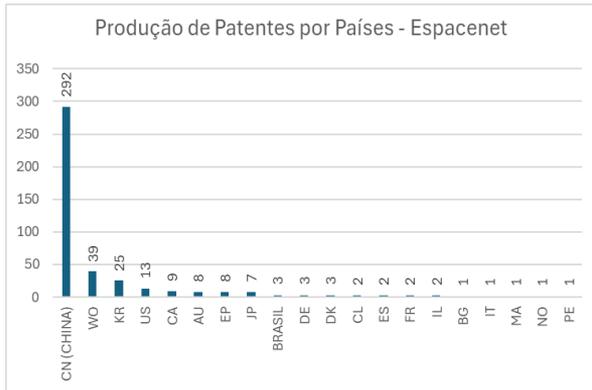




# Análise e Discussão dos Resultados

## Análise de Patentes

- A China, assim como na análise de artigos científicos, se configura como o maior detentor de depósito de patentes no mundo, com números de bastante destaque.





# Análise e Discussão dos Resultados

## Discussão

- A Tecnologias predominantes em todos os estágios temporais foram Eletrolisadores Alcalinos (ALK) e de Membrana de Troca de Prótons (PEM) → fase comercial e maior maturidade tecnológica;
- Eletrolisadores de Óxido Sólido (SOEC) e por Membrana de Troca Aniônica (AEM) ainda em escala de demonstração e laboratorial;
- No Brasil há uma maior procura por eletrolisadores alcalinos, principalmente por seu custo mais acessível, robustez e alta maturidade tecnológica;
- Considerando a localização do Ceará e sua abundância em energia solar e eólica, eletrolisadores PEM são interessantes pela eficácia em condições de flutuações de rede elétrica;



# Análise e Discussão dos Resultados

## Discussão

- Essas tecnologias de eletrólise e configurações são particularmente eficazes no aproveitamento da alta irradiância solar e do potencial eólico normalmente disponíveis, que é o caso do Ceará, o que pode garantir uma produção de hidrogênio verde eficiente e econômica, com um bom custo nivelado de hidrogênio (LCOH), frente a outros países;
- Devido à situação hídrica do Ceará, foi buscado também a aplicabilidade de tecnologias que se adaptassem melhor à situação com uso de água dessalinizada ou de reuso;
- Foi identificado o desenvolvimento de insumos e projetos de eletrolisadores que operam com água salgada ou água do mar em cerca de 3% dos artigos e 6% das patentes solicitadas (PEM);
- Buscando a aplicabilidade ao Ceará, foi possível identificar algumas tecnologias que podem apresentar boas condições de operação no estado;



# Análise e Discussão dos Resultados

## Tecnologias aplicáveis identificadas - Exemplos

Código CIP	Patente	Descrição	Data de Publicação e País	Grau de Maturidade Tecnológica
<b>WO2021199057A1</b> <b>WIPO (PCT)</b>	Geração de hidrogênio a partir de águas residuais usando eletrodos de "autocura" ( <i>Hydrogen Generation from Waste Water Using Self-Healing Electrodes</i> )	Esta patente aborda a geração de hidrogênio a partir de água residual utilizando eletrodos auto-regenerativos, uma tecnologia avançada que melhora a eficiência e durabilidade do processo de eletrólise. Eletrolisador tipo PEM.	07/10/2021 Índia (IN)	Alta, devido à inovação dos eletrodos auto-regenerativos e o foco na sustentabilidade.
<b>CN116553479A</b> <b>China</b>	Sistema de produção de hidrogênio de circulação direta de água do mar utilizando baixa qualidade ( <i>Seawater Direct Circulation Hydrogen Production System Utilizing Low-Quality</i> )	Sistema de produção de hidrogênio que utiliza água do mar dessalinizada com foco em baixo consumo de energia.	08/08/2023 China (CN)	Alta. A ênfase na eficiência energética e no uso direto de água do mar indica um alto nível de desenvolvimento.
<b>CN219731071U</b> <b>China</b>	Sistema de Preparação e Fornecimento para Produção de Hidrogênio em Energia Eólica Offshore ( <i>Preparation and Supply System for Offshore Wind Power Hydrogen Production</i> )	Sistema que integra produção de hidrogênio com energia eólica offshore usando água dessalinizada. Eletrolisador tipo PEM.	22/09/2023 China (CN)	Alta. A integração com energia renovável e a aplicação offshore indicam um alto nível de maturidade tecnológica.
<b>CN106661740B</b> <b>China</b>	A produção de Amônia através da eletrólise ( <i>The Electrolysis Production of Ammonia</i> )	A patente discute o desenvolvimento de materiais catalíticos avançados para a produção de hidrogênio por eletrólise, com foco na síntese eletrocatalítica de amônia em pressão atmosférica.	22-03-2019 China (CN)	Alta, devido ao avanço nos materiais catalíticos e à aplicação em processos industriais estabelecidos.



# Análise e Discussão dos Resultados

## Tecnologias aplicáveis identificadas - Exemplos

- Das tecnologias prospectadas, a tecnologia PEM atualmente é uma que pode apresentar bons resultados no ponto de vista técnico e financeiro para o Ceará;
- É adequada para produção de hidrogênio de alta pureza utilizando água dessalinizada, além de ser uma tecnologia madura e consolidada no mundo;
- Sua facilidade de compactação (permitindo escalabilidade em plantas de grande porte), alta densidade de corrente e fácil manutenção são fatores que tornam esse tipo de eletrolisador uma potencial tecnologia a ser empregada em projetos do HUB cearense.



# Considerações Finais

## Conclusões

- Os resultados apresentados ajudam as empresas a entenderem melhor o ambiente tecnológico em que operam e a tomarem decisões informadas sobre investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), parcerias e estratégias de negócios;
- Os resultados e classificações propostas podem auxiliar na compreensão da cadeia de valor do hidrogênio e fornecer insumos para direcionar seu desenvolvimento para o HUB do Ceará;
- Foi observado que, ainda que incipiente, a produção técnica e científica de H2V tende a seguir crescendo exponencialmente nos próximos anos;
- Embora o Brasil esteja entre os 20 países que mais publicaram artigos científicos sobre o tema no período de análise deste trabalho, esses estudos não refletiram no aumento do número de patentes;



## Considerações Finais

### Conclusões

- Os eletrolisadores de membrana de troca de prótons (PEM) emergem como uma tecnologia viável, dada sua alta eficiência, densidade de corrente elevada e capacidade de produzir hidrogênio de alta pureza;
- É uma tecnologia que pode ser uma escolha interessante para os projetos no Ceará, devido a sua capacidade de lidar bem com flutuações na oferta de energia renovável;
- Mesmo assim, deve-se considerar fatores como disponibilidade de matéria-prima, custo de instalação e manutenção, bem como integração com infraestrutura existente para a escolha da tecnologia de eletrólise adequada;
- O Ceará possui um grande potencial para a produção de H<sub>2</sub>V, desde que sejam feitos investimentos estratégicos em tecnologias de eletrólise adequadas e infraestrutura de suporte;
- A combinação de recursos naturais abundantes, tecnologias inovadoras e políticas de apoio pode posicionar o estado como um líder na transição energética sustentável, contribuindo significativamente para a redução das emissões de carbono e o desenvolvimento econômico regional.



# Considerações Finais

## Perspectivas futuras

- Inovações tecnológicas para os melhores eletrolisadores:
  - Desenvolvimento de novos materiais catalíticos e membranas para PEM e AEM;
  - Foco na redução de custos e aumento da eficiência.
- Infraestrutura e Logística
  - Melhorias na infraestrutura do CIPP para transporte e armazenamento de hidrogênio e derivados;
  - Desenvolvimento de gasodutos e sistemas de armazenamento de alta capacidade.
- Tecnologias digitais:
  - Aprimorar tecnologias digitais para monitoramento em tempo real (eficiência operacional);
  - Redução de custos de manutenção.



# Considerações Finais

## Perspectivas futuras

- Políticas Públicas e Incentivos:
  - Subsídios, isenções fiscais e programas de financiamento;
  - Participação em programas internacionais de cooperação;
  - Atração de investimentos estrangeiros.
  
- Desenvolvimento Econômico e Social:
  - Avaliar o potencial de geração de empregos na cadeia de valor do H2V;
  - Implementar programas de capacitação e educação;
  - Preparar a força de trabalho local para novas oportunidades no setor.



## Referências

- EPE. Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio. 2021. Último acesso 07 Junho 2024. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-69/Hidroge%CC%82nio\\_23Fev2021NT%20\(2\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-69/Hidroge%CC%82nio_23Fev2021NT%20(2).pdf).
- Balanço Energético Nacional 2023: Ano base 2022 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2023.
- BORSCHIVER, Suzana et al. Technology roadmap for hyaluronic acid and its derivatives
- CNI. Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira. Brasília: Confederação Nacional da Indústria, 2022.
- DINIZ BEZERRA, Francisco. Hidrogênio Verde: Oportunidade para o Nordeste. Caderno Setorial - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE), [s. l.], v. 320, 2023.
- IEA. Global Hydrogen Review 2023. 2023. Last accessed 21 October 2023. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/8d434960-a85c-4c02-ad9677794aaa175d/GlobalHydrogenReview2023.pdf>.
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Tracking Energy Integration 2020. IEA, Paris, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration-2020>.
- INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH. The Cost of Decommissioning Wind Turbines is Huge. INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH, 2019.
- OPORTUNIDADES e Desafios de Fornecimento na Cadeia Produtiva de Hidrogênio .
- McKinsey 2021. Green Hydrogen: an opportunity to create sustainable wealth in Brazil and the world <https://www.mckinsey.com/br/en/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>

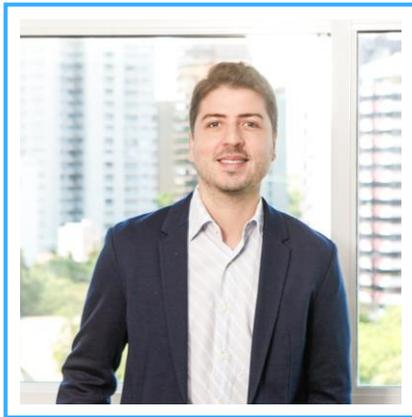


## Referências

- McKinsey, 2022. The green hidden gem: Brazil's opportunity to become a sustainability powerhouse <https://www.mckinsey.com.br/en/our-insights/all-insights/the-green-hidden-gem-brazils-opportunity-to-become-a-sustainability-powerhouse>
- McKinsey & Company. Global Energy Perspective 2023: Hydrogen outlook. Último acesso 03 Julho 2024. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-hydrogen-outlook>.
- NICITA A, SQUADRITO G, MAGGIO G. How the hydrogen production from RES could change energy and fuel markets: a review of recent literature. Int J Hydrogen Energy, 2019;44(23):11371e84.
- NICITA et al. Green hydrogen as feedstock: Financial analysis of a photovoltaic- powered electrolysis plant. International Journal of Hydrogen Energy, 2020.
- Patent Analytics Hub IP Australia (CSIRO). 2022. Hydrogen Production. Disponível em: <https://www.ipaustralia.gov.au/tools-resources/publications-reports/patent-analytics-hydrogen-technology> Acesso em 28/02/2024.
- PDE 2031. Plano Decenal de Expansão de Energia. Empresa de Pesquisa Energética Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031> Acesso em 23/01/2024.
- SANTOS, Priscila Rohem dos; GANDARA, Sabrina da Silva Santos. Mapeamento de Patentes Depositadas no Brasil sobre Tecnologias Relacionadas à Produção de Hidrogênio, com Enfoque em Hidrogênio Verde. Radar Tecnológico INPI, [s. l.], 2023.
- SANTOS, V; OHARA, A. Desafios e Oportunidades para o Brasil com o Hidrogênio Verde. 2021. Disponível em: [https://br.boell.org/sites/default/files/2021-05/Relatorio\\_Hidrogenio\\_Verde\\_Boll\\_FINAL.pdf](https://br.boell.org/sites/default/files/2021-05/Relatorio_Hidrogenio_Verde_Boll_FINAL.pdf) Acesso em 28/01/2024.
- WIPO Guidelines for producing gender analysis from innovation and IP data. 2022. Disponível em <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4588>. Acesso em: 03/12/2023.
- ZHOU, Ying et al. Green hydrogen: A promising way to the carbon-free society. Chinese Journal of Chemical Engineering, [s. l.], v. 43, p. 2–13, 2022. Acesso em: 8 de dezembro de 2023.



# OBRIGADO!



**TOMÁS DAHAS JORGE MUNIZ**  
ENERGO ENGENHARIA e IFCE  
*tomasdahas@gmail.com*

