ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

TRASFORMATIO CUM INNOVATIONE

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará

Fernando Nunes

Jurandir Picanço

19 de abril de 2021

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará

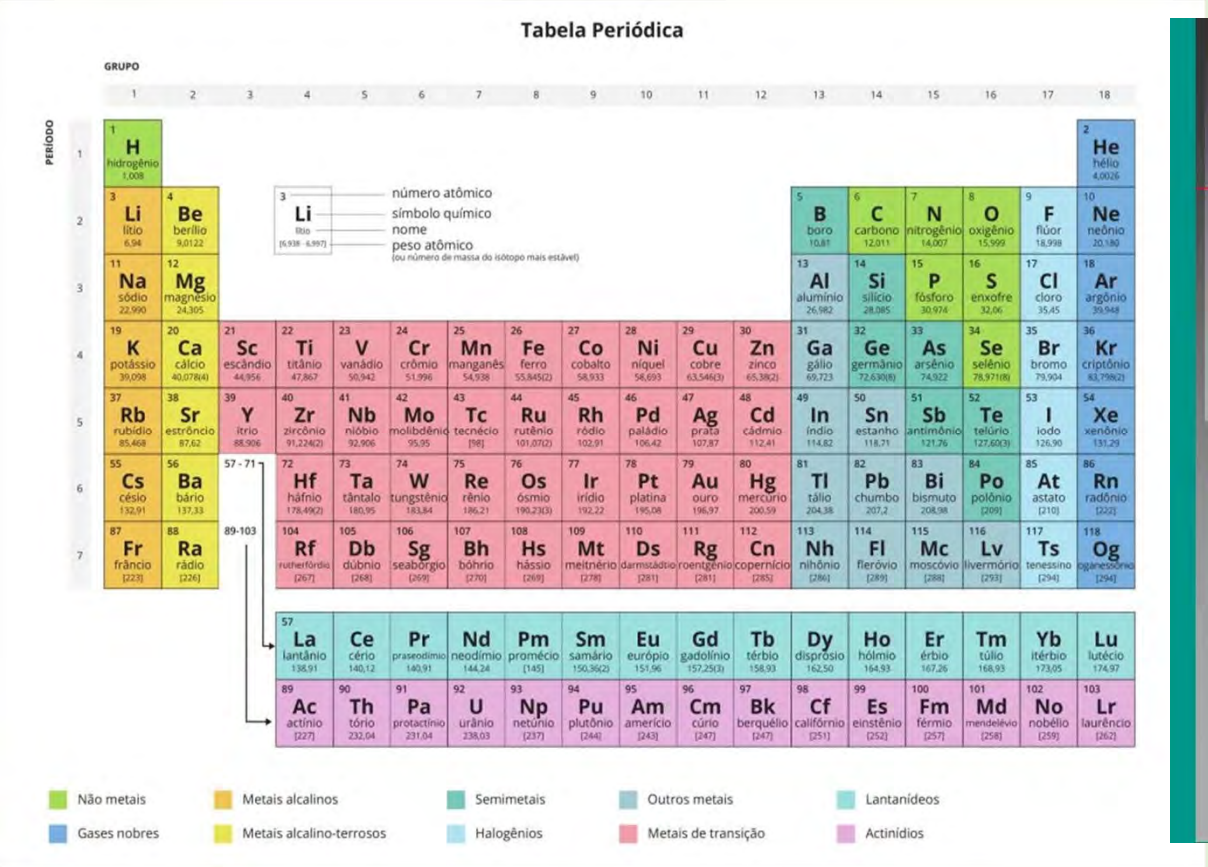
Temas

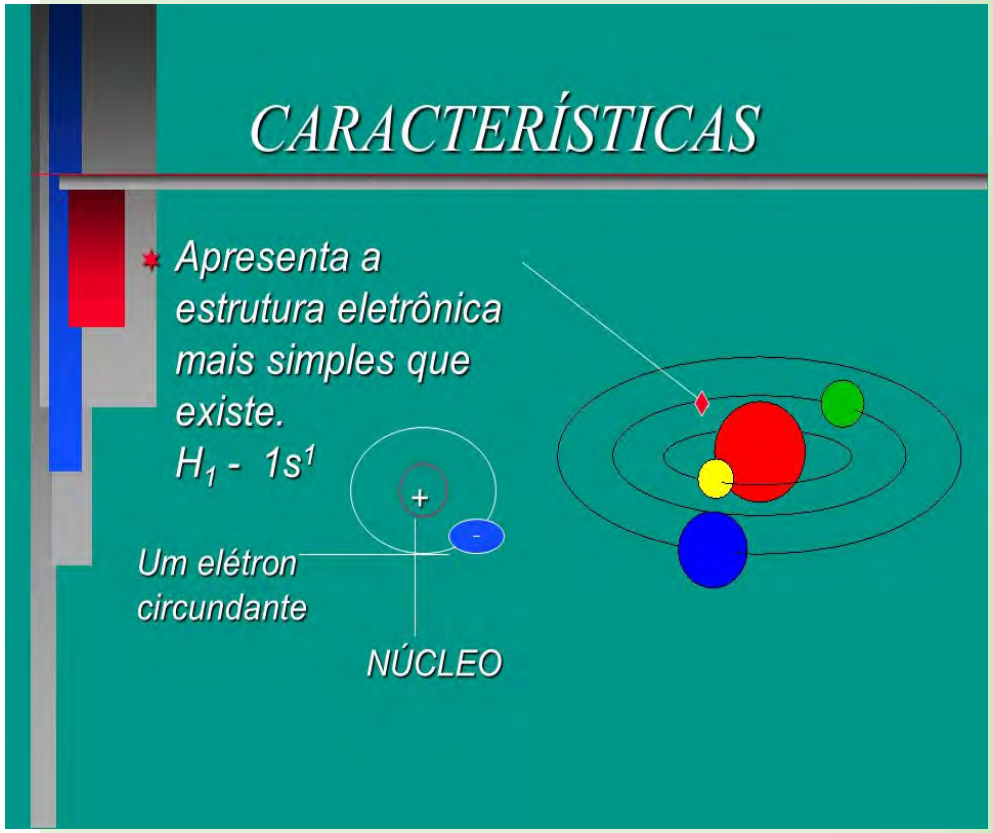
:

- Conceito do Hidrogênio Verde
- Aplicações do Hidrogênio Verde
- Rotas Tecnológicas
- Panorama Nacional e Internacional
- Potencialidades para o Hidrogênio Verde no Ceará
- Investimentos
- Resultados Esperados

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará





O hidrogênio é o mais abundante dos elementos químicos do Universo. Este elemento é raro na atmosfera terrestre, posto que sua densidade muito leve o permite escapar à gravidade da Terra.

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará

Massa Atômica 1,00794/mol	Símbolo	Ponto de Fusão -269 ºC
Abundância 1,4 g/Kg	H	Ponto de Ebulição -253 ºC
Densidade 0,0000899 g/cm³	Numero Atômico 1	Poder Calorífico 28.900 cal/g

Poder calorífico de alguns combustíveis (cal/g):
Lenha – 2524
Álcool combustível - 6507
Gasolina com 20% de etanol – 9700
Óleo Diesel - 10730

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará

Tipo de hidrogênio	Fonte combustível/ Processo	Emissão de carbono Kg de CO_2 / Kg de H_2
Marrom	Carvão /gasificação	18 - 20
Cinza	Gás natural / Reforma do vapor	8 - 12
Turquesa	Gás natural / Pirólise	5 - 11
Azul	Gás natural / Apreensão do CO_2	0,6 - 1
Amarelo	*Grid* de Eletricidade / Eletrólise	0 - 9
Verde	Energia renovável / Eletrólise	0
Rosa	Calor/energia nuclear/Eletrólise	0 – 0,4

Densidade: 0,0000899 g/cm3

Energias renováveis: Eólica, solar, hidráulica, biomassa

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará

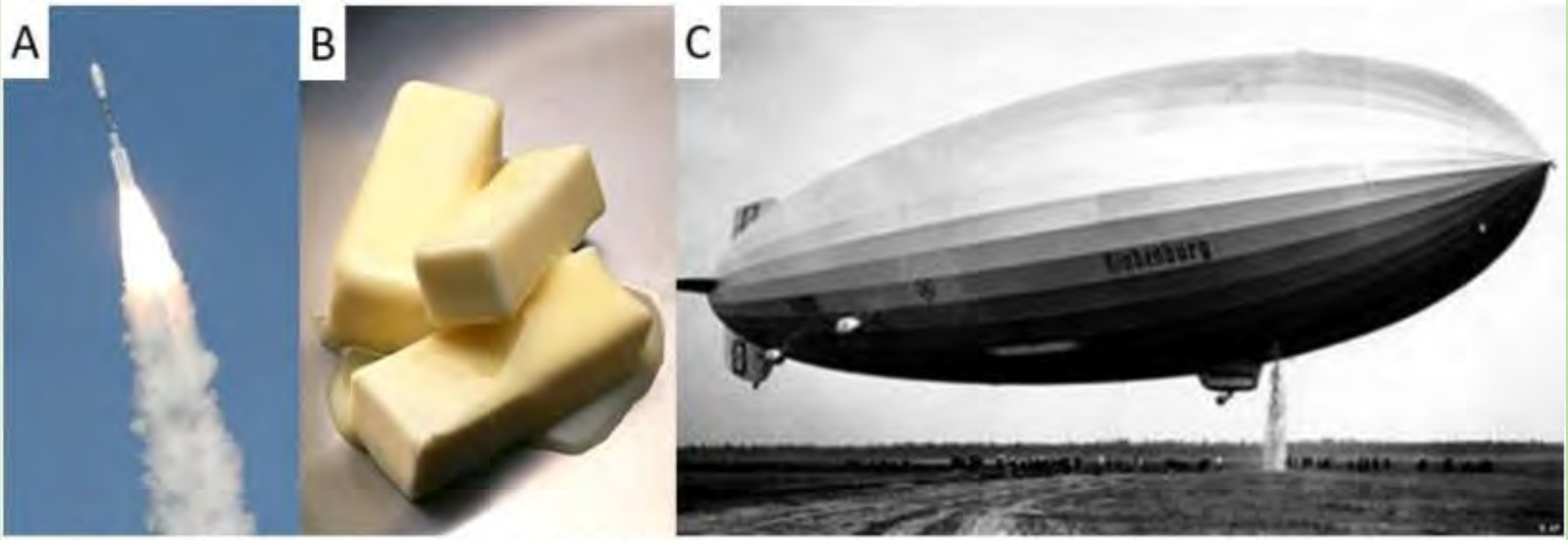
Temas

:

- Conceito do Hidrogênio Verde
- Aplicações do Hidrogênio Verde
- Rotas Tecnológicas
- Panorama Nacional e Internacional
- Potencialidades para o Hidrogênio Verde no Ceará
- Investimentos
- Resultados Esperados

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará



A: propulsão de foguete com combustíveis de hidrogênio; **B:** gordura hidrogenada; **C:** Zepelim (dirigível) cheio de gás H_2

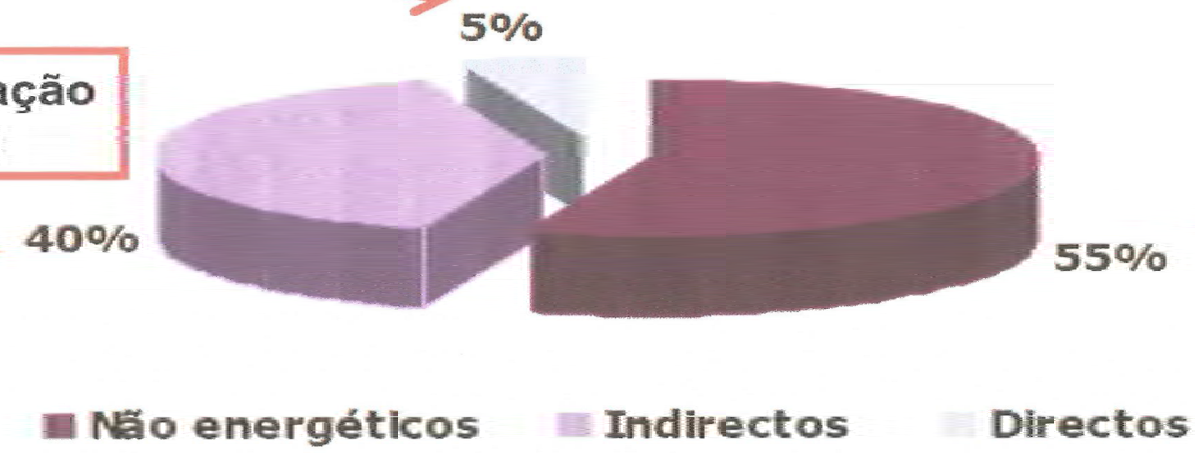
USOS DO HIDROGÊNIO

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

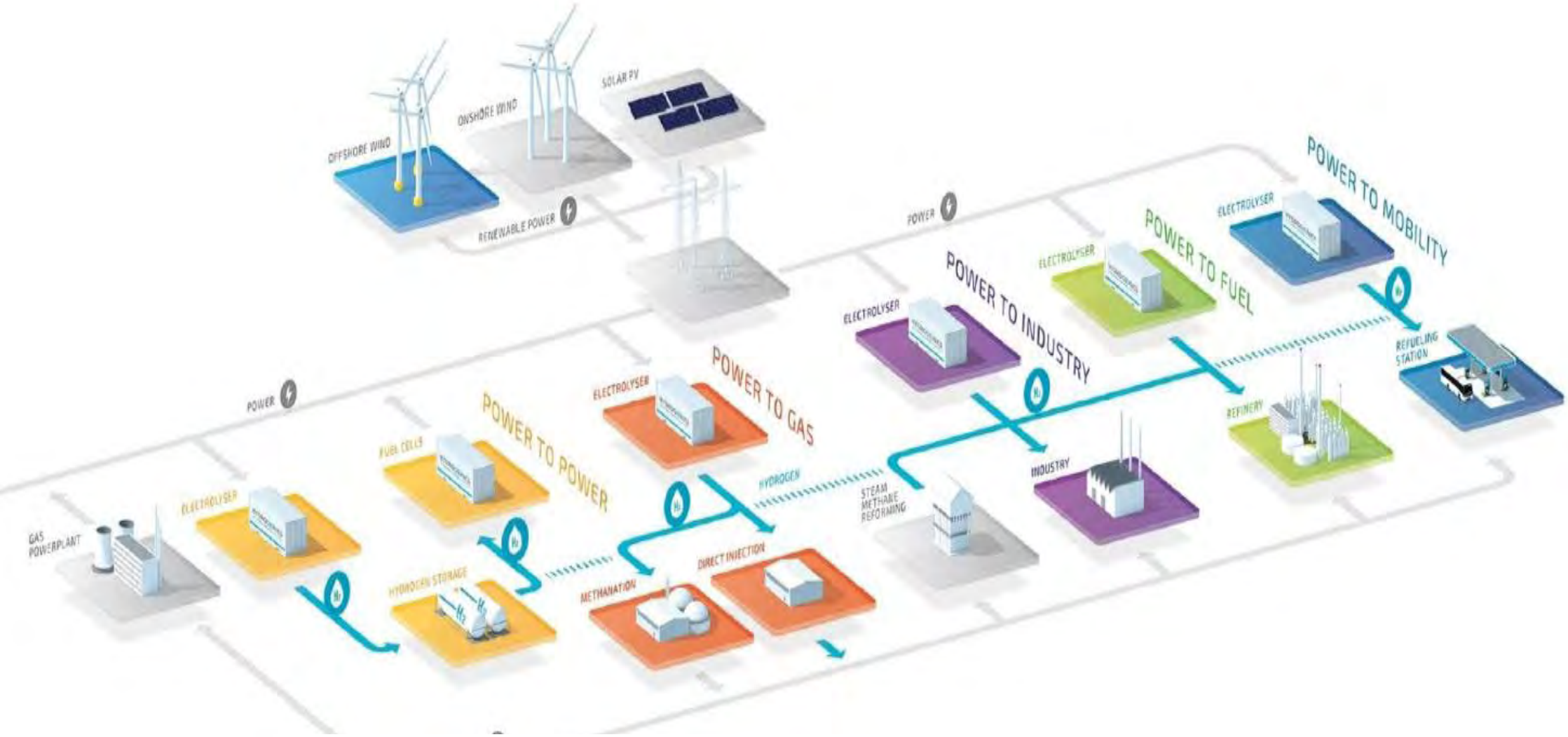
- Síntese da amônia ou metanol;
- Produção de ferro e aço (agente redutor);
- Tratamento de óleos (hidrogenação) e gorduras (saturação);
- Indústria do vidro e componentes eletrônicos.

- Aplicação direta em energia (energia térmica ou CaC)

Refinarias (dessulfurização de diesel e gasolina)



USOS DO HIDROGÊNIO



APLICAÇÕES DO HIDROGÊNIO vERDE

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará

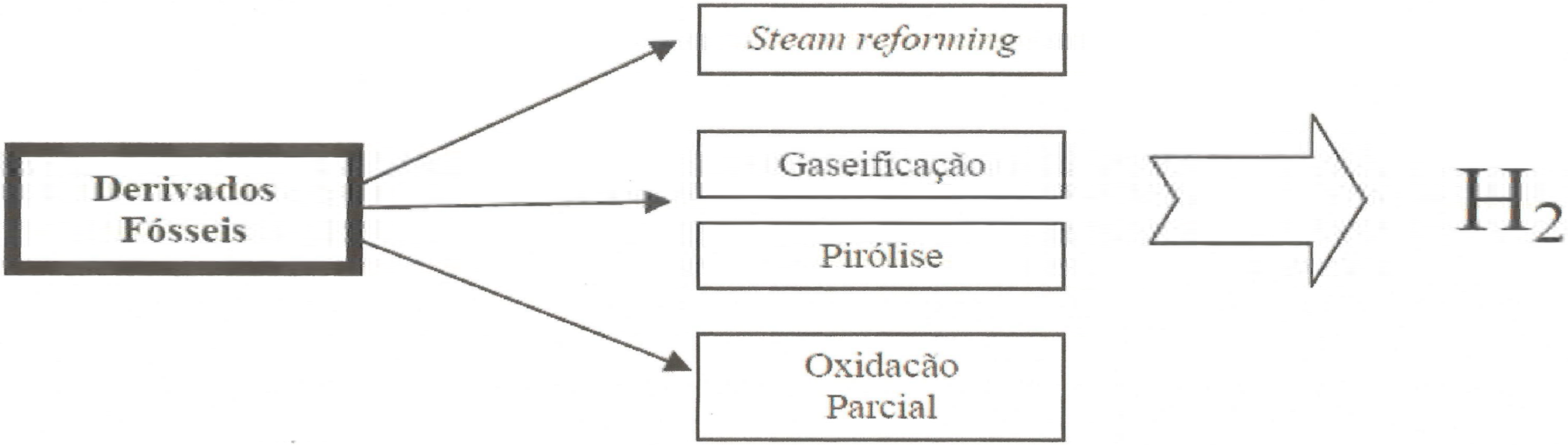
Temas

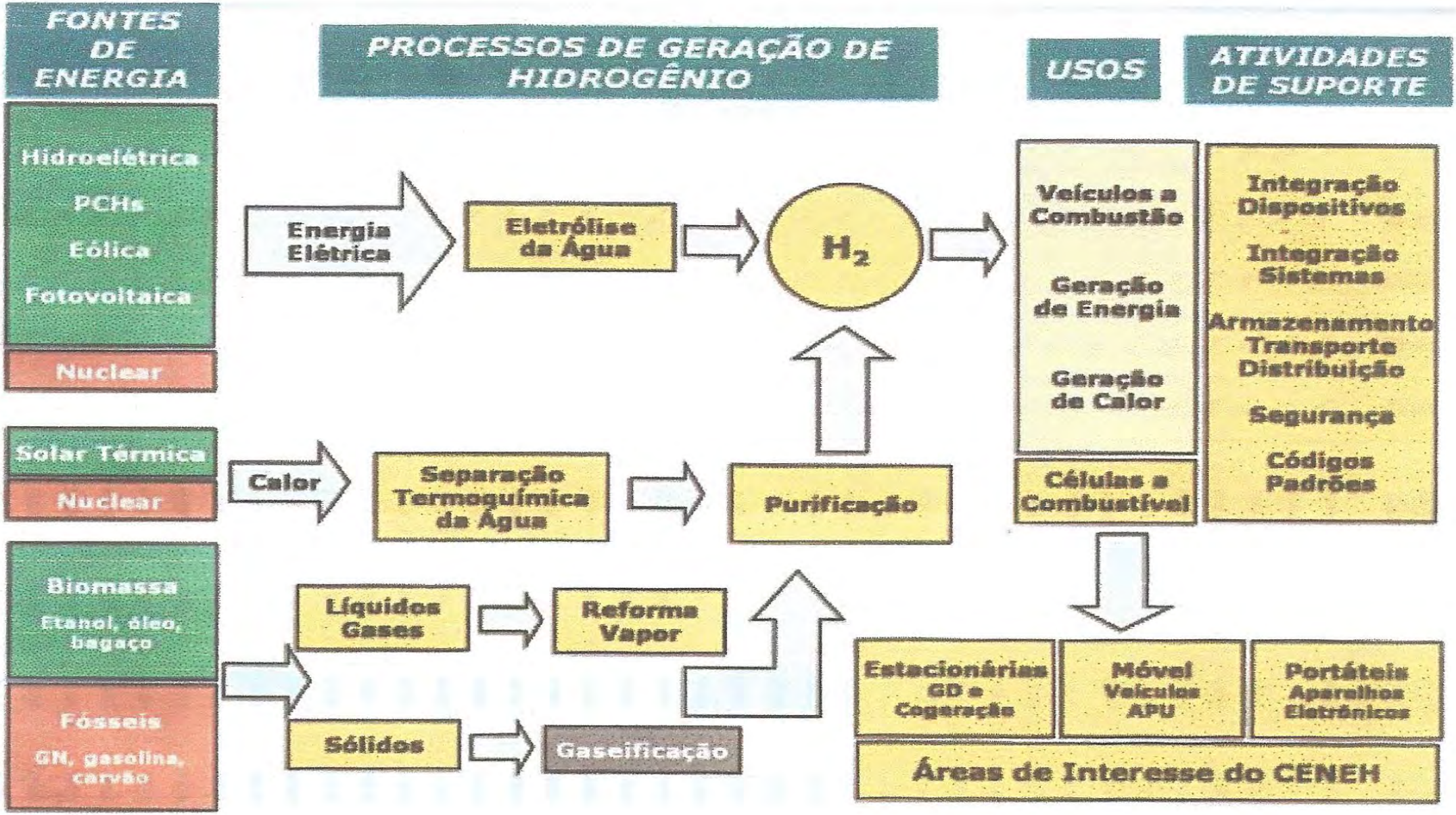
:

- Conceito do Hidrogênio Verde
- Aplicações do Hidrogênio Verde
- Rotas Tecnológicas
- Panorama Nacional e Internacional
- Potencialidades para o Hidrogênio Verde no Ceará
- Investimentos
- Resultados Esperados

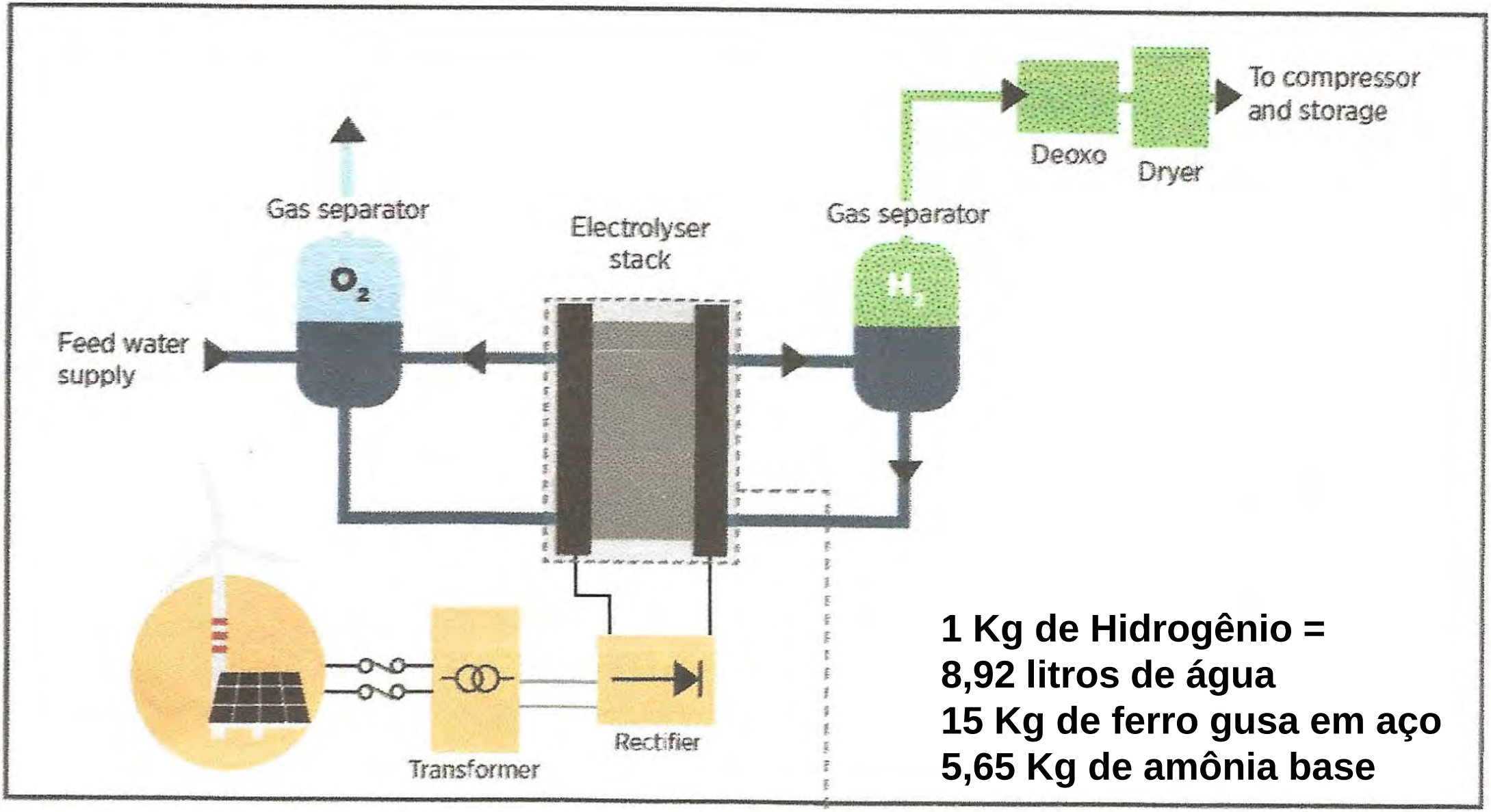
ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

ROTAS DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE FÓSSEIS




FONTES DE ENERGIA
PROCESSOS DE GERAÇÃO DE HIDROGÊNIO
USOS
ATIVIDADES DE SUPORTE
Hidroelétrica
PCHs
Eólica
Fotovoltaica
Nuclear
Energia Elétrica
Eletrólise da Água
H_2
Veículos a Combustão
Geração de Energia
Geração de Calor
Integração Dispositivos
Integração Sistemas
Armazenamento Transporte Distribuição
Segurança
Códigos Padrões
Solar Térmica
Nuclear
Calor
Separação Termoquímica da Água
Purificação
Células a Combustível
Biomassa
Etanol, óleo, bagaço
Fósseis
GN, gasolina, carvão
Líquidos Gases
Reforma Vapor
Sólidos
Gaseificação
Estacionárias GD e Cogeração
Móvel Veículos APU
Portáteis Aparelhos Eletrônicos
Áreas de Interesse do CENEH

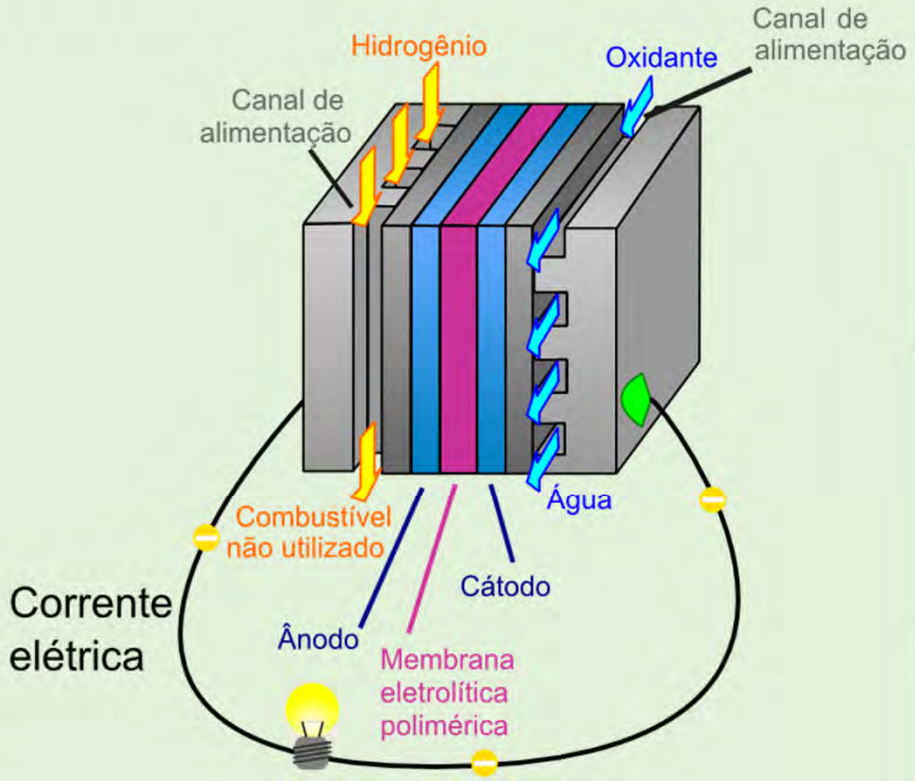
SYSTEM LEVEL

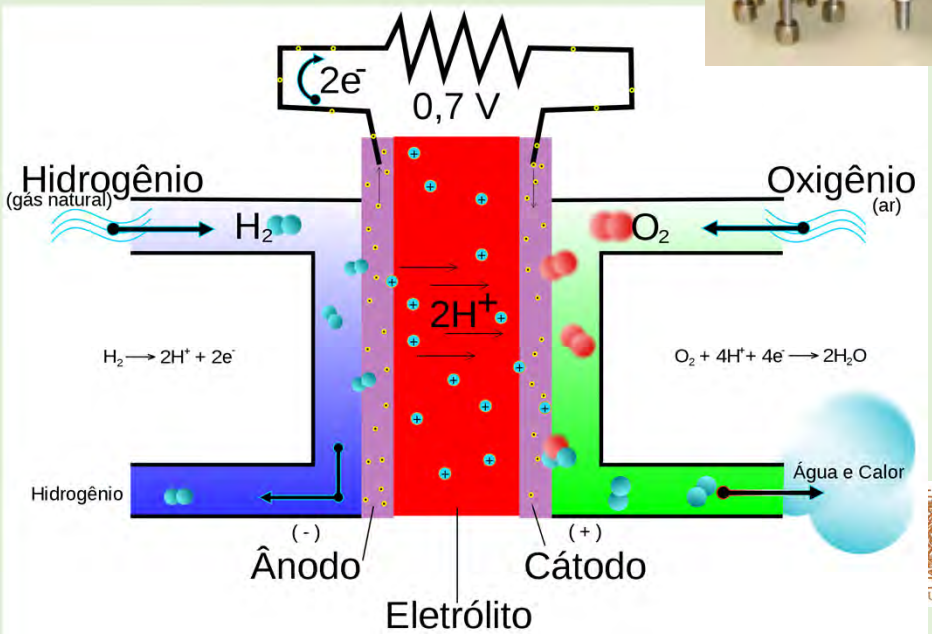


1 Kg de Hidrogênio =
8,92 litros de água
15 Kg de ferro gusa em aço
5,65 Kg de amônia base

Célula de combustível é uma célula eletroquímica capaz de gerar energia elétrica através de reações de oxirredução. Seu funcionamento baseia-se no mesmo princípio das pilhas e baterias, entretanto, na célula combustível, o fornecimento e consumo dos agentes redutores e oxidantes é contínuo, garantindo seu funcionamento por muito mais tempo, uma vez que não haverá esgotamento de seus reagentes e sua operação ininterrupta, já que não precisará "recarregar".

Célula combustível com Membrana Trocadora de Prótons





ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará

Temas

:

- Conceito do Hidrogênio Verde
- Aplicações do Hidrogênio Verde
- Rotas Tecnológicas
- Panorama Nacional e Internacional
- Potencialidades para o Hidrogênio Verde no Ceará
- Investimentos
- Resultados Esperados

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

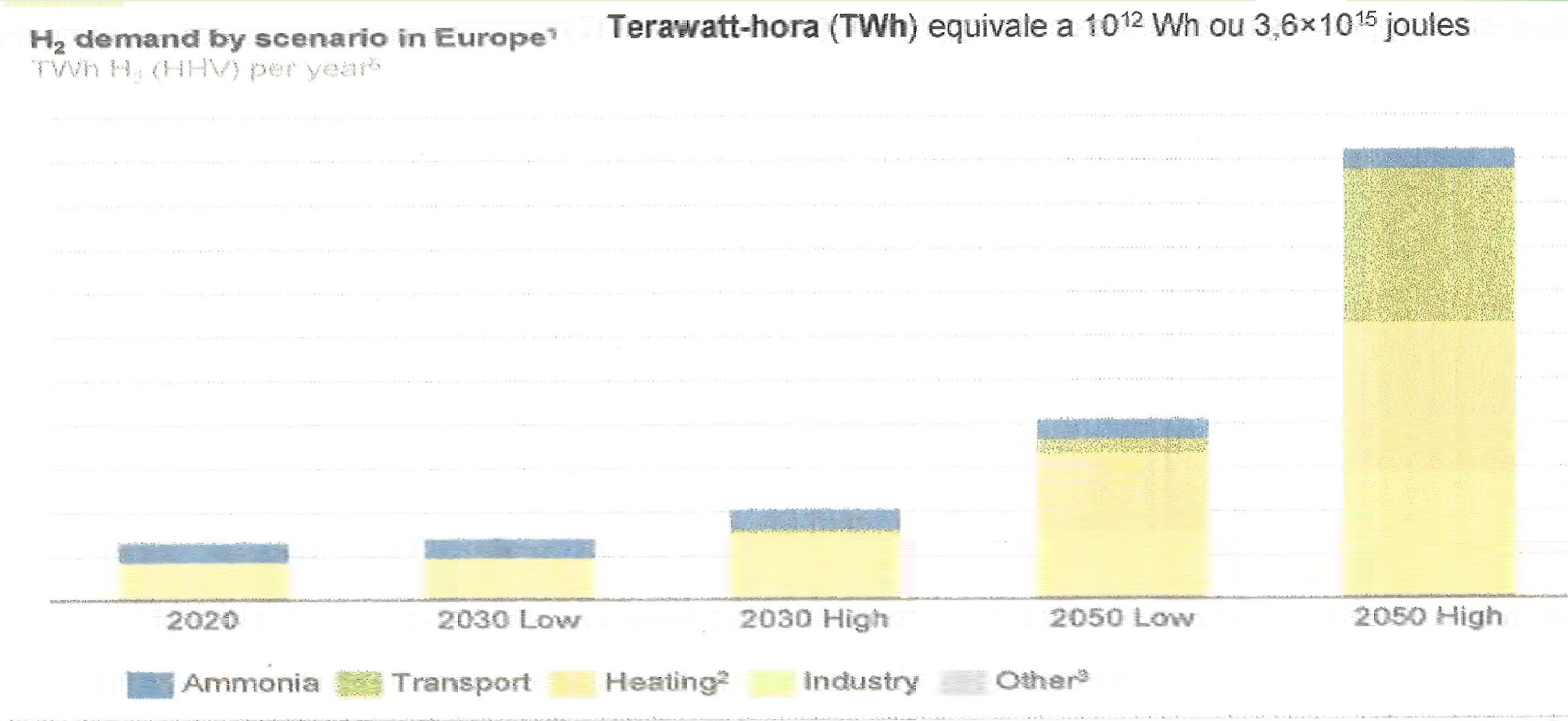
META EUROPÉIA

A meta europeia de redução anual das emissões de CO2 em 60% até 2050. As tecnologias do Hidrogênio e Célula a Combustível oferecem uma contribuição única na descarbonização de 7 setores, possibilitando:

- a integração e otimização de fontes renováveis de energia em grande escala e a geração de energia descentralizada em setores e regiões;
- o armazenamento de energia para aumentar a eficiência e o aproveitamento do sistema;
- a descarbonização do setor industrial gerando e consumindo energia limpa;
- a descarbonização do setor residencial produzindo calor e eletricidade sem emissões;
- a descarbonização via mistura de hidrogênio verde na rede de distribuição de gás natural na proporção de 2 a 20% sem grandes modificações nos equipamentos dependendo do uso final do gás;
- a descarbonização do setor industrial substituindo matérias-primas;
- e a descarbonização do setor de transportes com zero de emissão veicular.

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

EXPECTATIVA DE CRESCIMENTO DO USO DE HIDROGÊNIO DEVE ATINGIR 2.500 TWh ATÉ 2050



1) Europe includes the 30 countries in the European Economic Area and Switzerland. Demand includes all types of hydrogen; 2) Includes district heating and gas heating; 3) Includes small and medium scale industries; 4) Aurora Energy Research – 'Potential for hydrogen in Europe and Aurora's Hydrogen Market Attractiveness Rating' October 2020. 5) Data for subscribers
Source: Aurora Energy Research

PANORAMA INTERNACIONAL

Estados Unidos

De acordo com o Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), existem em operação no país:

- **1.000 geradores estacionários de célula a combustível hidrogênio,**
- **1.600 milhas de dutos de hidrogênio**,
- **a maior caverna de sal do mundo que está armazenando 1 GWh de hidrogênio,**
- **8.800 veículos,**
- **45 estações de abastecimento**,
- **mais de 35.000 empilhadeiras,**
- **60 ônibus e veículos comerciais movidos a célula a combustível hidrogênio.**

União Européia

As metas Europeias de 2020 até 2050 apresentam um Caminho Sustentável para a Transição Energética Europeia 2020” mostrando que o o hidrogênio pode representar 24% da demanda de energia final e 5,4 milhões de empregos até 2050.

1) **2020: 20% redução de CO2, 20% aumento de fontes renováveis de energia, 20% aumento de eficiência energética.**

2) **2030: 40% redução de CO2, 27% aumento de fontes renováveis de energia, 27% aumento de eficiência energética.**

3) **2050: 95% redução de CO2, 0% poluição do ar.**

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Países Baixos

Os Países Baixos com o projeto “HEAVENN” prevê vales de hidrogênio no norte da Holanda na ilha de Gronningen, Delfzijl e Emmen com a produção de hidrogênio verde através de energia eólica. O orçamento total desse projeto é de 90 milhões de euros com 31 parceiros da iniciativa pública e privada. O projeto inclui:

- produção de hidrogênio verde através de energia eólica off-shore instalada no norte da Holanda,
- uso do hidrogênio em carros de passeio, no transporte urbano, no transporte marítimo de carga e de passageiros, na implementação da infraestrutura de hidrogênio em todo país,
- uso do hidrogênio adicionado à querosene para aviação;
- uso para geração de calor em residências e escritórios,
- o armazenamento do hidrogênio em cavernas de sal.

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Alemanha

Do ponto de vista do Governo Federal Alemão, apenas o hidrogênio produzido através de energias renováveis (hidrogênio verde) é sustentável a longo prazo. A Alemanha publicou em junho de 2019 a “Estratégia Nacional de Hidrogênio (NWS)”, a qual define os objetivos em política energética:

1) Assumir responsabilidade global para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

2) Tornar o hidrogênio competitivo alavancando a economia de escala das tecnologias, como foco nas indústrias siderúrgica e química, transporte e geração de calor.

3) Desenvolver o "mercado doméstico" abrindo caminho para as importações através de parcerias com outros países em toda a cadeia de valor do hidrogênio, criando efeitos de geração de empregos na Alemanha e nos países parceiros e gerando crescimento a longo prazo para todos.

4) Estabelecer o hidrogênio como fonte alternativa de energia, promovendo uma fase de transição para algumas aplicações, como por exemplo a aviação.

5) Usar o hidrogênio como matéria-prima para uma indústria sustentável.

6) Implementar infraestrutura de transporte e distribuição desenvolvendo o comércio exterior e mercados consumidores.

7) Promover a ciência e a capacitação de profissionais com a instalação de centros de competência e o estabelecimento de unidades educacionais com foco em áreas particularmente requisitadas.

8) Acompanhar os processos de transformação através do diálogo e apoio às partes interessadas, e o trabalho em conjunto com os diversos setores da economia, com a ciência e com os cidadãos.

9) Fortalecer a economia e garantir oportunidades de mercado global para empresas alemãs com a manufatura dos componentes para geração, uso e fornecimento de hidrogênio.

10) Estabelecer mercados e parcerias internacionais para o setor de hidrogênio verde.

Austrália

O “National Hydrogen Roadmap” apresenta um plano para o desenvolvimento de uma indústria de hidrogênio na Austrália com reduções de custos potenciais até 2025.

• aplicações locais, como transporte e sistemas de energia em áreas remotas, será alcançada com base nas reduções de custos potenciais até 2025.

• o desenvolvimento de uma indústria de exportação de hidrogênio

• um potencial 'virador de jogo' para a indústria local e o setor de energia em geral devido aos aumentos de escala associados. .

• Investimento no uso do hidrogênio para a descarbonização do setor de mineração

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Chile

Desponta como um dos países com maior potencial de produção e exportação de hidrogênio verde do mundo. De acordo com o Ministério de Energia do Chile, até 20% da redução de CO_2 acumulada do país até 2050 será possível por meio do hidrogênio verde de baixo custo.

- a Agência Internacional de Energia (IEA) estima que o Chile seja capaz de produzir 160 milhões de toneladas de hidrogênio verde por ano, dobrando a demanda atual por hidrogênio,
- o preço do hidrogênio verde será competitivo com o diesel em aproximadamente menos de 10 anos.
- a Enel no Chile é a maior empresa de energia em capacidade instalada com mais de 7.200 MW, dos quais mais de 4.700 MW de energia renovável, ou seja, mais de 3.500 MW de energia hidrelétrica, mais de 600 MW de energia eólica, cerca de 500 MW de energia solar e aproximadamente 40 MW de geotérmica.

CEARENSE DE ENGENHARIA

Japão

A NEDO (New Energy and Industry Technology Organization) do governo japonês tem o objetivo de reduzir os custos do hidrogênio em diversos setores da economia, ao mesmo nível que as energias convencionais. As prioridades serão focadas em três setores, se desdobrando em 10 itens:

1) Célula a combustível • Uso em veículos • Uso em geradores estacionários • Reduzir ou eliminar metais preciosos dos catalizadores • Melhorar a eficiência e densidade energética dos sistemas acima de 65% para reduzir custos

2) Cadeia de Valor • Produzir H2 em grande escala • Desenvolver tecnologias para logística e armazenamento de H2 • Geração de eletricidade a partir do H2 • Desenvolvimento de protocolos de abastecimento para estações de H2

3) Eletrólise da Água • Aprimorar as tecnologias existentes como desenvolver sistemas de armazenamento em grande escala para hidrogênio líquido • Desenvolver aplicações industriais • Promover melhorias e inovação nos processos atuais, como para melhorar a durabilidade dos equipamentos

Coréia do Sul

Em 2019, o governo lançou o “Mapa da Economia do Hidrogênio da Coreia” e o “Mapa Nacional do Desenvolvimento da Tecnologia do Hidrogênio”, estabelecendo metas de longo prazo até 2040. As prioridades da Coréia do Sul são:

- a liderança em veículos a célula a combustível e sistemas estacionários em grande escala para geração de energia
- a meta para a aplicação de célula a combustível estacionárias em edifícios de 2,1 GW até 2040.
- para o setor de transportes, o plano é substituir 40.000 ônibus e 80.000 táxis por veículos movidos a H2 e implantar 30.000 caminhões H2 até 2040.
- Graças ao generoso subsídio, as vendas anuais do veículo a célula combustível de hidrogênio NEXO atingiram 4.987 unidades em 2019 (4.194 unidades na Coreia do Sul e 793 unidades no exterior) ultrapassando o veículo a célula combustível de hidrogênio Toyota MIRAI (2.494 unidades em 2019).

Arábia Saudita

O maior projeto de hidrogênio verde do mundo foi lançado na Arábia Saudita pela Air Products, uma das empresas líderes mundiais na produção de hidrogênio.

- serão utilizados 4 gigawatts de energia eólica e solar, e investimentos de USD 5 bilhões.

- a instalação produzirá 650 toneladas de hidrogênio verde diariamente, quantidade suficiente para operar cerca de 20 mil ônibus movidos a célula de combustível.

- o hidrogênio verde produzido nessa planta será exportado na forma de amônia para os mercados globais, a fim de ser reconvertido em hidrogênio.

- além dos USD 5 bilhões, o projeto exigirá USD 2 bilhões em uma nova infraestrutura de distribuição.

BRASIL

A ELETROBRAS e seu centro de pesquisas CEPEL assinaram Memorando de Entendimento (MoU) com a empresa alemã SIEMENS ENERGY visando a realização conjunta de estudos para domínio do ciclo tecnológico completo do hidrogênio verde no Brasil.

O Ceará assinou Memorando de Entendimento (MoU) com a empresa australiana ENEGIX para implantação se um projeto de hidrogênio verde com investimento de US$ 5,4 bilhões. A Enegix criará a maior usina de hidrogênio verde do mundo, que produzirá mais de 600 mil toneladas de hidrogênio verde por ano a partir de 3,4 GW de potência firme a partir de projetos eólicos e solares combinados.

Controlada pela Prumo Logística, a Porto do Açu Operações, juntamente com a Fortescue Future Industries, assinaram um memorando de entendimento para estudar a viabilidade da construção de uma usina de hidrogênio verde de 300 megawatts (MW) no local. A Fortescue que é a quarta maior produtora de minério de ferro do mundo, anunciou que planeja atingir a neutralidade de carbono até 2030 e espera atingir sua meta original em dez anos. Como parte da meta, a empresa planeja produzir hidrogênio verde em escala comercial até 2023.

CEARÁ

PESQUISAS NA ENGENHARIA QUÍMICA DA UFC:

1. obtenção de bioquerosene de aviação utilizando tecnologias com Direct-Air-Capture (ou usando CO_2 da CEGAS), eletrólise com alimentação por placas fotovoltaicas e processos de Fischer-Tropsch e hidrotratamento catalítico.
2. Estudos de processos de produção de hidrogênio a partir do etanol e glicerol;
3. Prospecção e avaliação de processos de obtenção de H_2 por reforma a vapor de biogás;
4. Modelagem, simulação e estudos de ampliação de escala dos processos de geração de H_2.
5. Prospecção e caracterização de materiais adsorventes para purificar H_2 (i.e. remoção de CO_2, N_2, CO, CH_4 e H_2O - considerando geração renovável de corrente de gás de síntese rica em H_2);
6. Estudo da viabilidade técnica de separação de impurezas de corrente rica em H_2 por adsorção via Pressure Swing Adsorption;
7. Prospecção e caracterização de materiais adsorventes para armazenar H_2;

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

CEARÁ

PESQUISAS NA ENGENHARIA MECÂNICA DA UFC:

1. Geração de Potência a Partir de Hidrogênio Renovável

2. Reforma a Vapor de Glicerina Proveniente de Biodiesel

3. Geração Elétrica a Partir de Hidrogênio Proveniente de Biocombustíveis ou Biomassa.

4. Geração termoelétrica a partir de hidrogênio produzido pela reforma empregando energia solar.

5. Produção de H2 usando esgoto por meio de células de eletrólise microbiana (Microbial Electrolysis Cell- MEC)

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará

Temas

:

- Conceito do Hidrogênio Verde
- Aplicações do Hidrogênio Verde
- Rotas Tecnológicas
- Panorama Nacional e Internacional
- Potencialidades para o Hidrogênio Verde no Ceará
- Investimentos
- Resultados Esperados

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Hubs Aéreo e Portuário

Localização Geográfica Privilegiada:

Próxima aos grandes mercados mundiais

Ceará – O Berço das Energias Renováveis no Brasil

O CEARÁ PREPARADO PARA ESTE MOMENTO

1980
Primeira planta de produção de biodiesel e bioquerosene de aviação

Inaugurada a Fábrica de aerogeradores da Vestas, ampliada em 2019

Anos 80/90
Primeiras medições anemométricas e bombeamento solar em convênio com a GTZ

1996
Parque Eólico do Mucuripe – Visibilidade Nacional para geração de energia eólica

Inaugurada a fábrica de pás para aerogeradores da Aeris

1998
Primeiros parques eólicos comerciais do Brasil: Taiba (5MW) e Prainha (10MW)

2000
Lançamento 1º Atlas Eólico

2002
Implantação da Fábrica Wobben

2003
PROINFA – Ceará obteve 35% dos projetos eólicos

2010

2011
Primeira usina solar interligada ao SIN- Usina Solar de Tauá (1MW)

2016

Criado o PIER- Programa de Incentivos a Cadeia Produtiva de Energias Renováveis

2017

2018
Primeira distribuidora do Brasil a injetar gás renovável na sua rede - CEGÁS

2019
Primeiro atlas interativo eólico e solar do Brasil.

2020
Desenvolvimento da parceria entre o Ceará e a Dinamarca. Início da Operação da 2ª unidade da Aeris

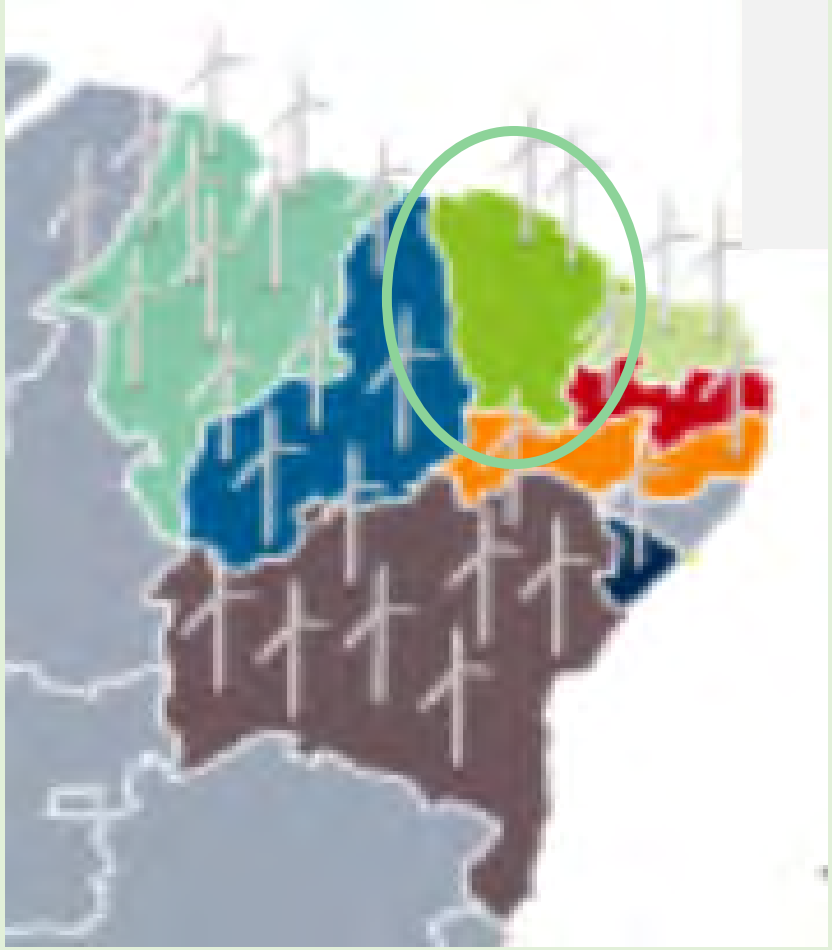
FIEC
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA

Ceará – Centro de Gravidade do Litoral das Energias Renováveis

O Nordeste Brasileiro detém os maiores potenciais de energia eólica e solar

Hoje 88% da potência instaladas de Usinas Eólicas e Solares estão no Nordeste

O Ceará se encontra em posição estratégica com relação a esse potencial.

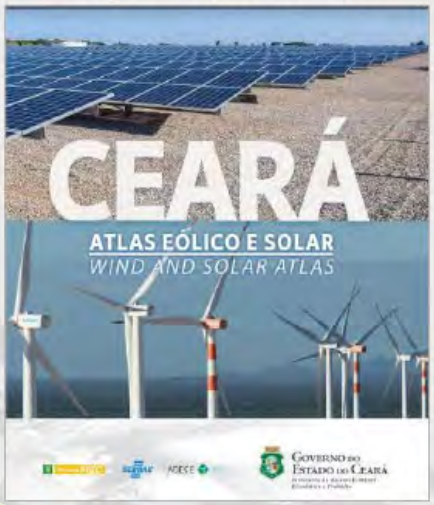


ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

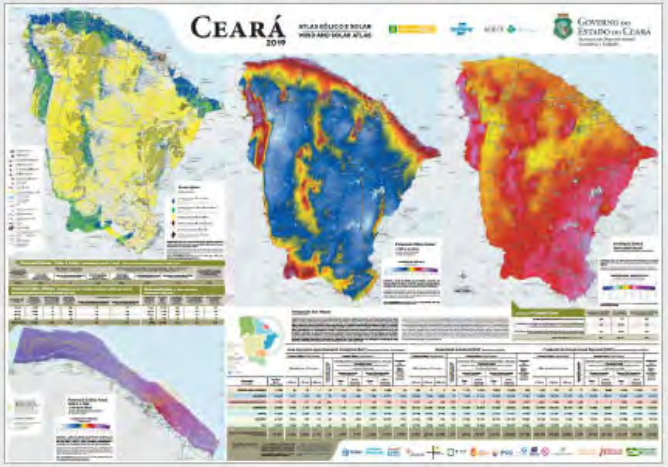
Vanguarda: Atlas solar e eólico do Ceará

FIEC – Federação das Indústrias do Estado do Ceará | SEBRAE | ADECE | Governo do Estado do Ceará – Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho

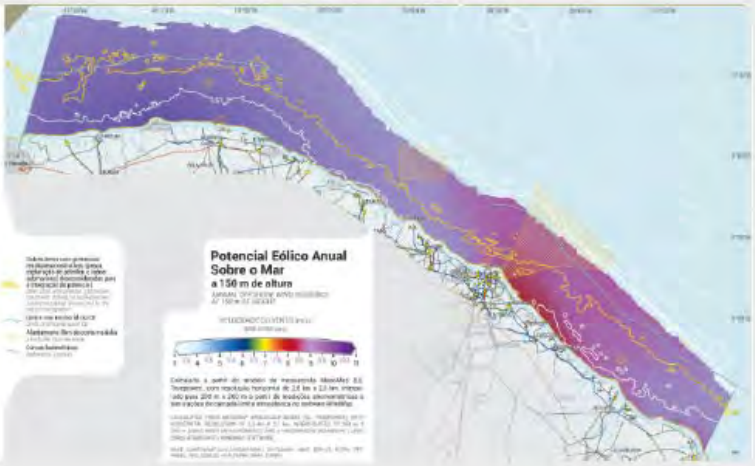
Edição impressa e pdf



Mapa de parede



Potencial Offshore



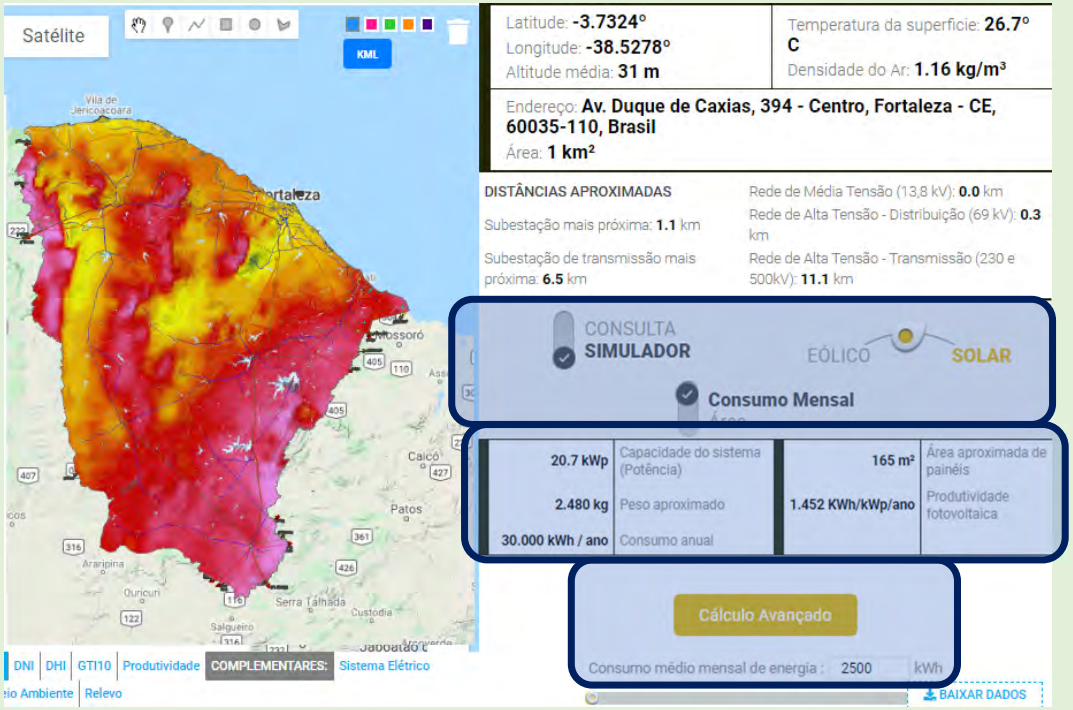
http://atlas.adece.ce.gov.br

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

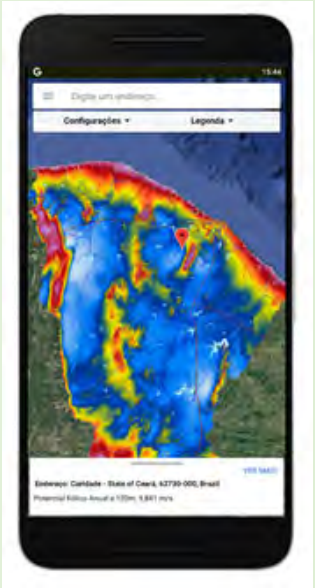
Atlas Eólico e Solar do Ceará – Vanguarda no Brasil

A mais moderna ferramenta de prospecção para energias renováveis no Brasil

De forma simples, o interessado pode fazer uma verificação preliminar



App p/ smartphone



http://atlas.adece.ce.gov.br

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Ceará - Potenciais de energias renováveis

Potencial de Geração fotovoltaica

643 GW (Total)

Potencial de Geração Eólica

ONSHORE 94 GW

OFFSHORE 117 GW

Potencial Híbrido

137 GW

Fonte: http://atlas.adece.ce.gov.br

Ceará – Geração de Energia Renovável (MW)

TOTAL RENOVÁVEIS	EÓLICA	SOLAR	PCH	TOTAL
	3.669	5.823	9	9.501

OPERAÇÃO (em Operação)	EÓLICA	SOLAR	PCH	TOTAL
	2.094	132	-	2.226

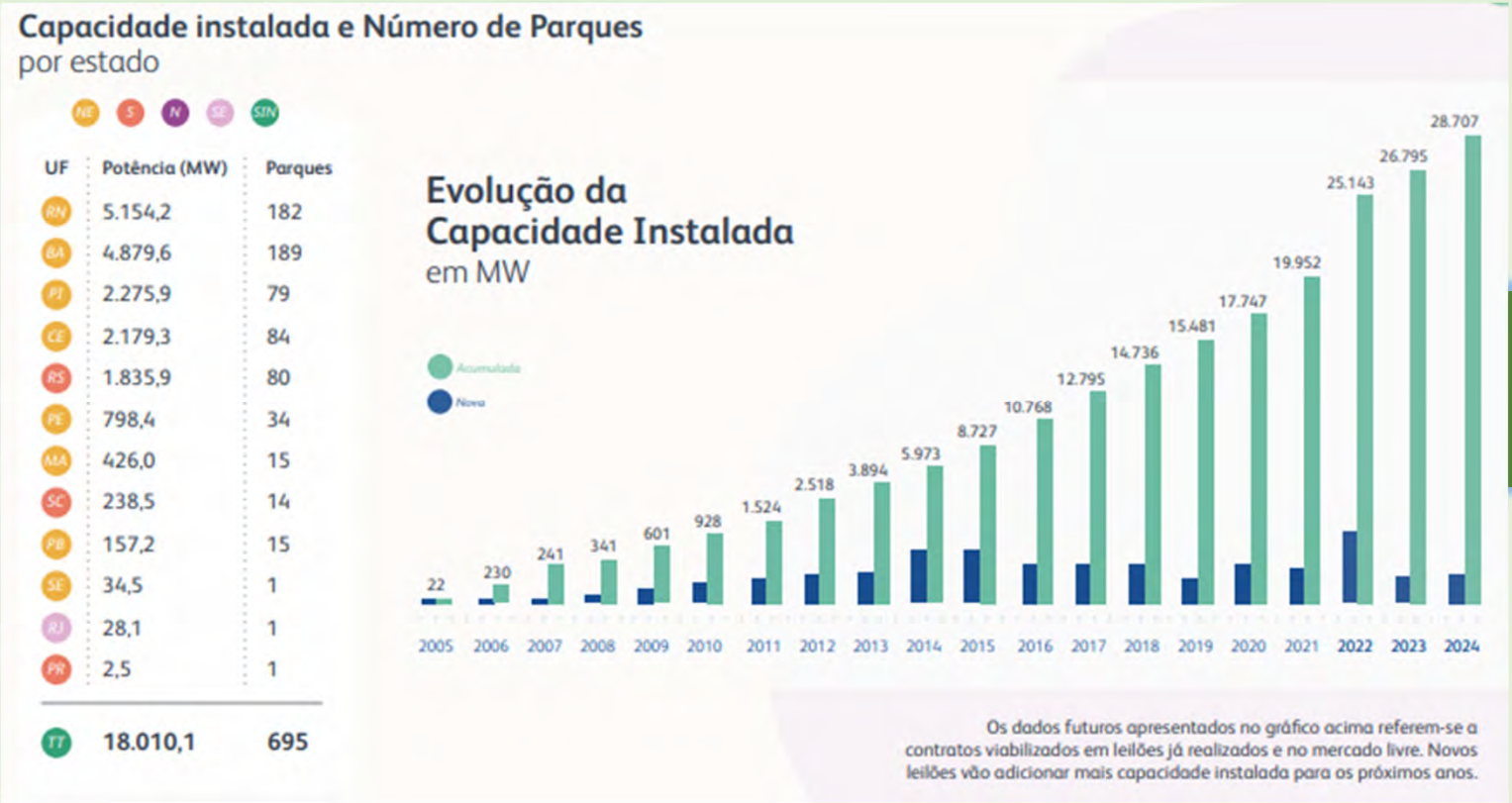
CONSTRUÇÃO (Em Construção ou a iniciar)	EÓLICA	SOLAR	PCH	TOTAL
	465	2.102	9	2.576

DRO - Despacho de Registro de Outorga	EÓLICA	SOLAR	PCH	TOTAL
	1.110	3.589	-	4.699

Fonte: Epowerbay

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Geração Eólica – Ceará 3ª posição em capacidade instalada



O Ceará possui 84 parques eólicos;

2,2 GW de capacidade instalada;

Cerca de R$ 10 bilhões investidos

Fonte: ABEEOLICA – fevereiro 2021
http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/02/2021_02_18_InfoVento19.pdf

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Geração Solar – Ceará - Total Cadastrado

	LER 2014	2º LER 2015	2º LER 2016	A-4 2017	A-4 2018	A-4 2019	A-4 2020	A-4 2021	2021 x 2014 (%)	2021 x 2020 (%)
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
BA	4.334	6.049	3.155	4.758	5.212	6.109	6.645	12.063	178%	82%
CE	324	1.004	1.046	1.575	1.687	3.165	4.518	6.202	1814%	37%
MG	507	1.974	890	1.145	1.414	2.458	3.722	4.839	854%	30%
PI	1.231	2.909	2.057	3.354	3.815	3.165	5.465	4.287	248%	-22%
RN	1.155	3.315	1.640	2.978	3.359	4.628	4.416	4.204	264%	-5%
PE	1.152	1.625	887	1.201	1.123	1.993	2.606	3.622	214%	39%
OUT	2.087	4.077	3.713	3.341	3.411	4.735	1.295	6.635	218%	412%
TOTAL	10.790	20.953	13.388	18.352	20.021	26.253	28.667	41.852	288%	46%

- ✓ O Ceará foi destaque nos leilões de energia solar fotovoltaica dos dois últimos anos, com 43,5% dos projetos contratados.
- ✓ Maior crescimento em relação ao total cadastrado em 2014.

Fonte: CCEE/EPE/ANEEL/FIEC

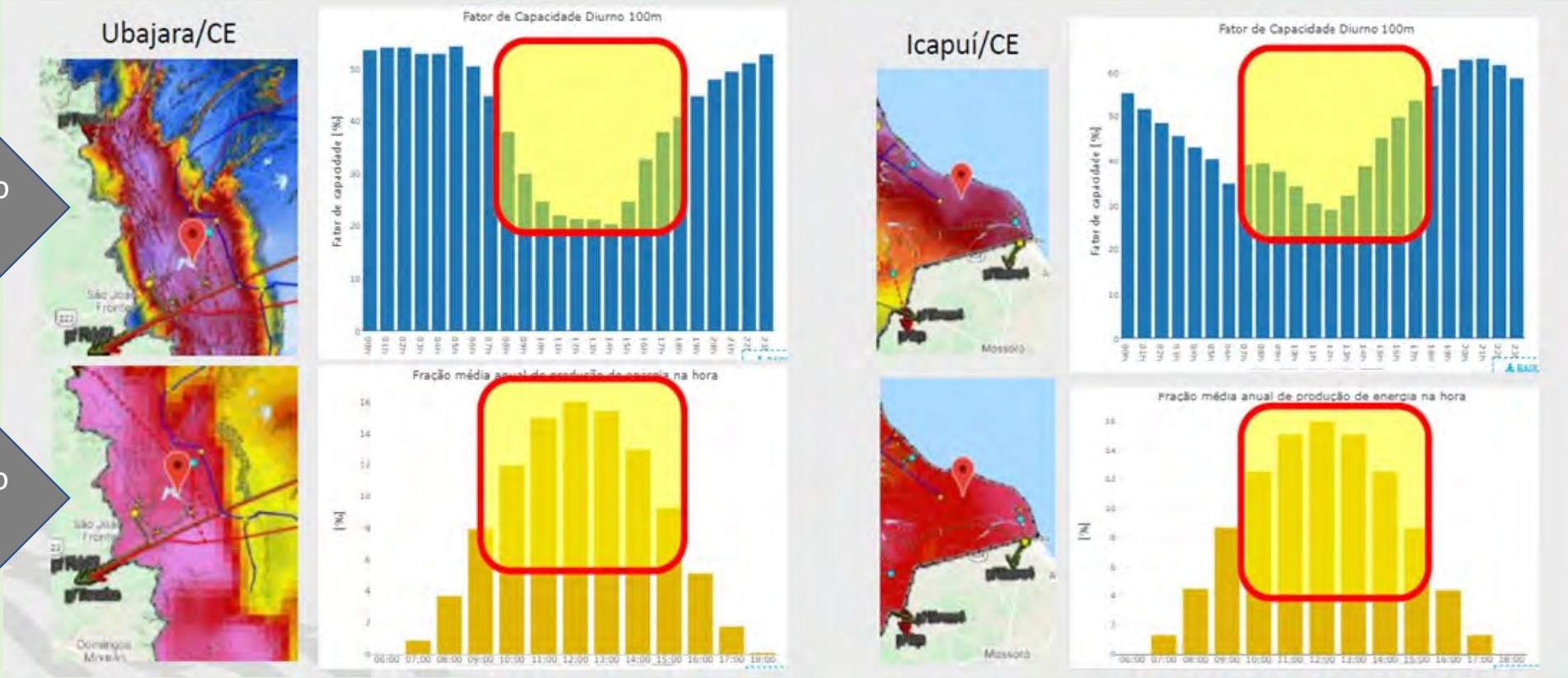
ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Ceará: Complementaridade diária – eólica e solar

- **Combinação eólica e solar - a condição ideal para a redução de custos na operação de eletrolizadores.**

Produção Eólica

Produção Solar



Fonte: http://atlas.adece.ce.gov.br

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Ceará – Qualidade do Potencial Eólico Offshore

Potencial: 117 GW (velocidades acima de 7m/s a 150m de altura)

Extensão da costa: 573 km

Área apta até 24 milhas náuticas: 19,5 mil km²

Profundidades até 20m: 13,3 mil km² (68%)

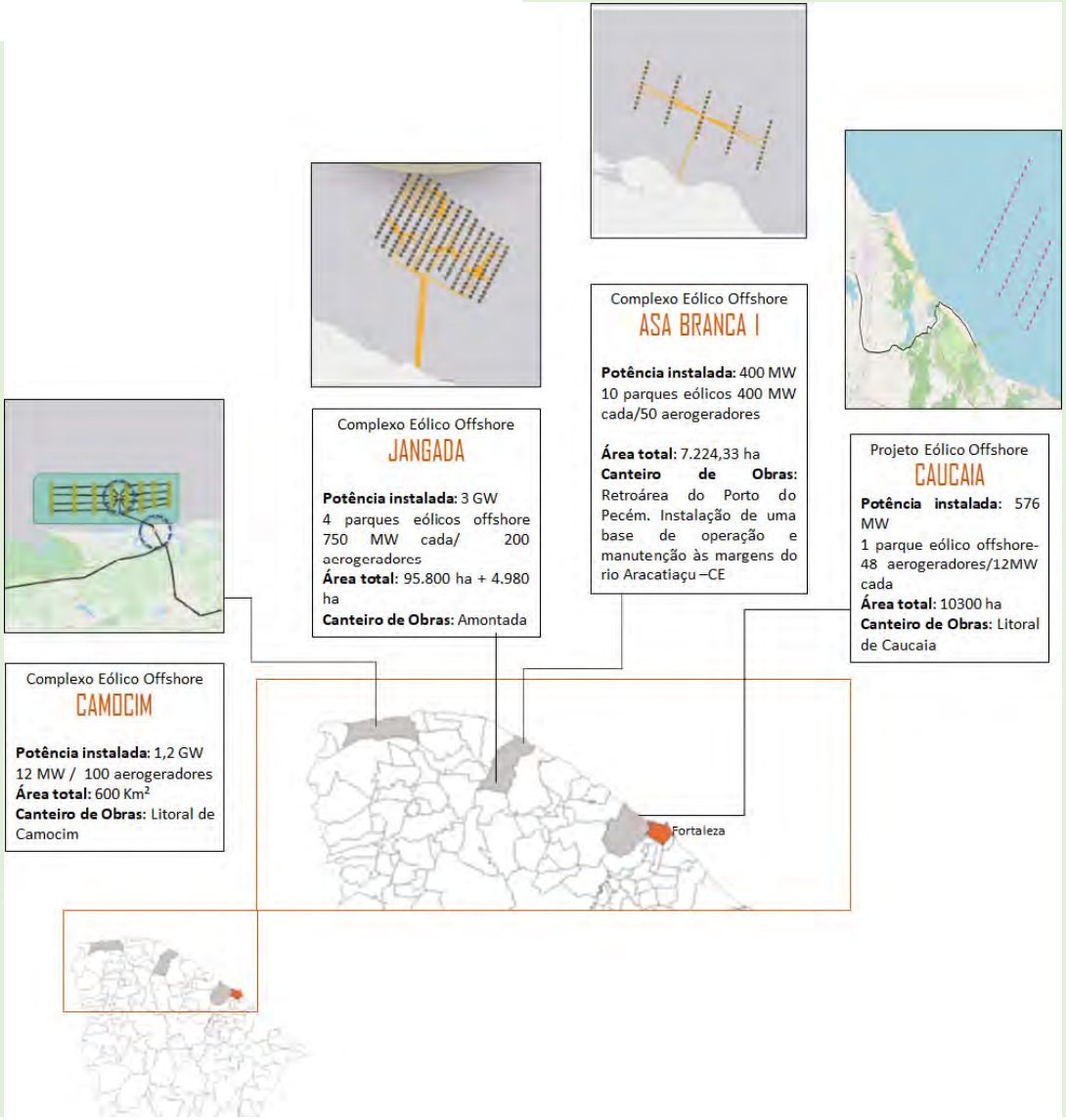
Velocidade média elevada: 8,5 a 9,0 m/s, estáveis e sem rajadas

Fator de capacidade médio: 62%

Fonte: http://atlas.adece.ce.gov.br

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

O Ceará na dianteira em projetos eólicos offshore



PROJETOS EÓLICOS OFFSHORE

BI ENERGIA

MINGYANG WIND POWER
明阳风电
地蕴天成，能动无限

NEOENERGIA

ASA BRANCA
usina eólica

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

O Grande Potencial Brasileiro

Administração da abundância (1): a disponibilidade total de recursos supera largamente a demanda de energia total no horizonte até 2050.

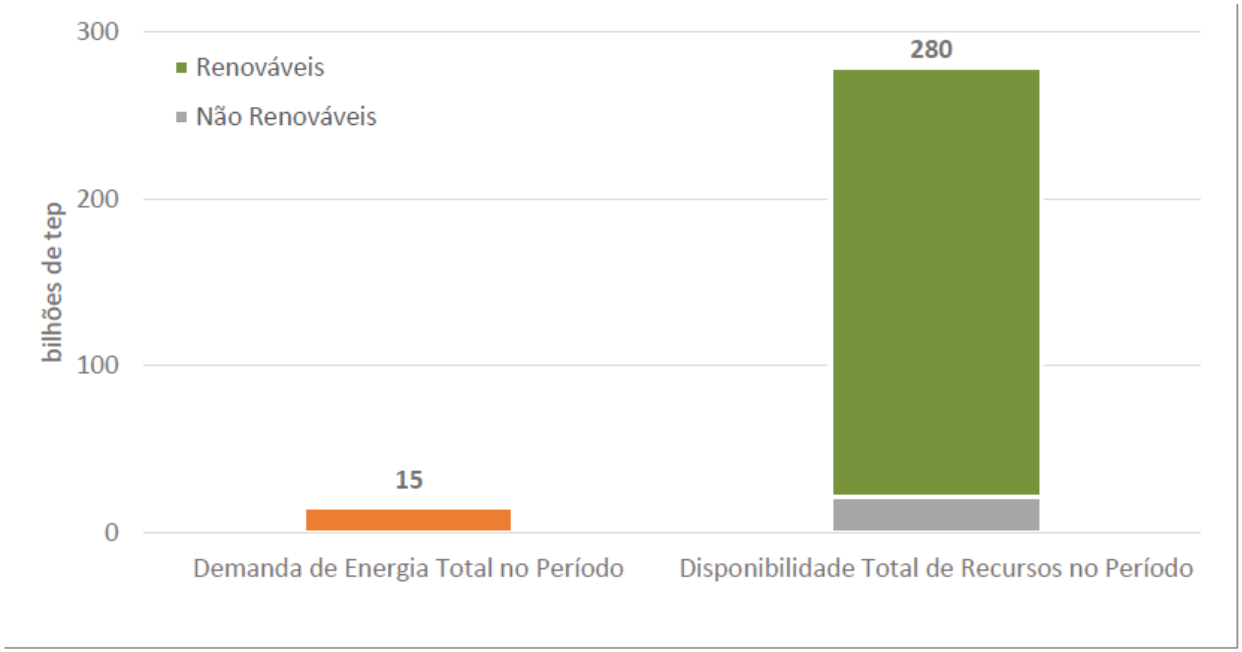


Figura 3 - Comparação entre potencial de recursos e demanda de energia no horizonte do PNE 2050

- O mercado livre de compra e venda de eletricidade no Brasil promove a competitividade dos preços de energia.
- Esse processo regulatório no Brasil promove a competitividade do Hidrogênio Verde nacional porque a eletricidade produzida de fontes de energia renovável representa 70% do custo do Hidrogênio Verde.

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Vantagens Competitivas do Pecém

Parceria
Estado & Porto de Roterdã

Porto

Zona de Processamento de Exportação (ZPE)

Área Industrial

pecem
COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

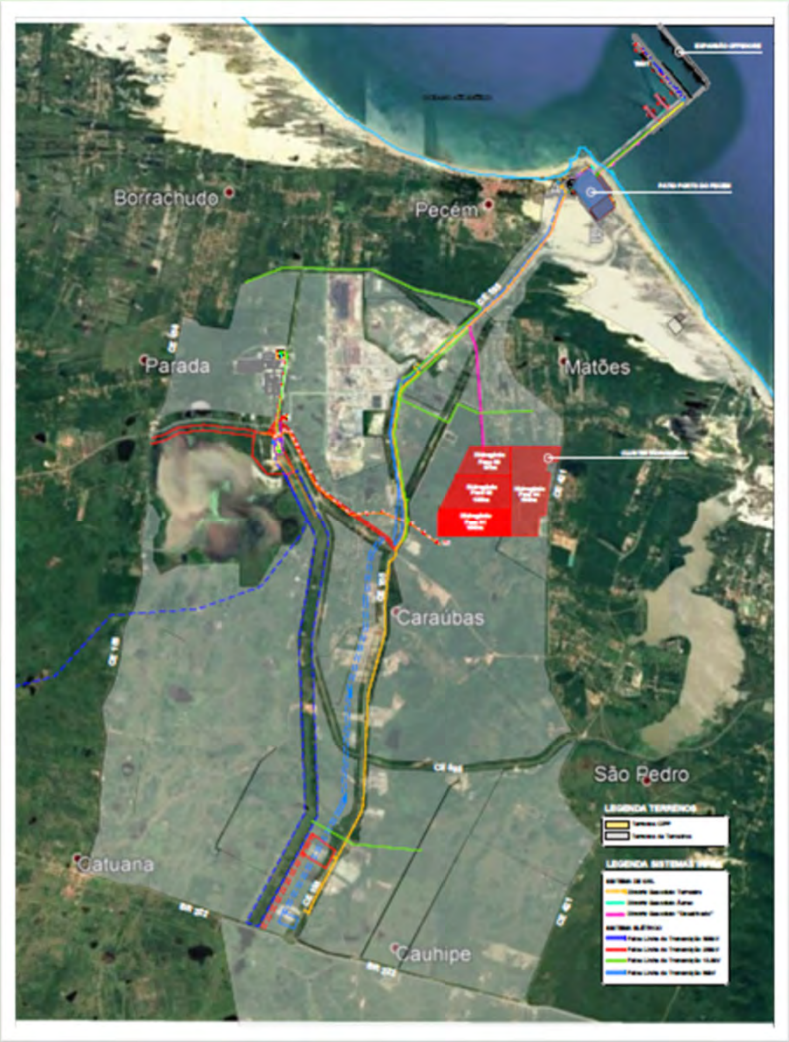
O Ceará na dianteira do Hidrogênio Verde

A nova fronteira energética mundial

*"A vocação natural do Ceará é se tornar um **player** de porte **global** na **produção**, **exportação** e **distribuição** de **Hidrogênio Verde** para uso nos diversos setores da economia, tais como a **indústria** e **meios de transporte**, contribuindo assim com a **redução dos níveis globais de CO2** e com o **desenvolvimento sócio-econômico, tecnológico e meio-ambiental do Estado**."*

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Infraestrutura adequada para o Hub do H2V



1. **Infraestrutura portuária** com novos berços de atracação em área de futura ampliação portuária com capacidade e calado operacionais adequados às operações de H2V;
2. **Rede elétrica** robusta com infraestrutura de linhas de transmissão compatível com as demandas das usinas de eletrólise;
3. **Rede de distribuição de gás** que conecta todo o Complexo, desde o Terminal Portuário (píer 2) até as áreas industriais, que pode ser utilizada para o transporte de H2 verde entre as áreas de produção e consumo industrial;
4. **Empresas industriais instaladas** são potenciais consumidoras de H2V;
5. **Mais de 3.600 ha de área industrial disponíveis**, incluindo a **Zona de Processamento de Exportação** com incentivos fiscais especiais.

Área já identificada com mais de 200 ha com potencial para produção de H2, devido: (1) à proximidade do porto; (2) ser área de ZPE; (3) à proximidade com o sistema centralizado de reserva de água bruta; e (4) à posição favorável para conexões com o Sistema Elétrico de extra-alta tensão (500kv).

- Diretriz Gasoduto Terrestre
- Diretriz Gasoduto Aéreo
- Diretriz Gasoduto "Desativado"
- Faixa Linha de Transmissão 500kV
- Faixa Linha de Transmissão 230kV
- Faixa Linha de Transmissão 13.8kV
- Faixa Linha de Transmissão 69kV

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

46

Cadeia de Valor do Hidrogênio Verde no Complexo do Pecém

	ENERGIA RENOVÁVEL	PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE	ARMAZENAMENTO DE H2 & DISTRIBUIÇÃO	EXPORTAÇÃO DE H2 & TRANSPORTE	MERCADO CONSUMIDOR DE H2
ATIVIDADES	Parque Solar	Água	Armazenamento	Amônia	Complexo Industrial do Pecém
	Eólica Onshore	Planta de Desalinização/ Reuso	Distribuição para o Mercado local	LOHC*	Exportação de H2 Verde
	Eólica Offshore	Planta de Eletrólise	Logística	H2 Líquido	

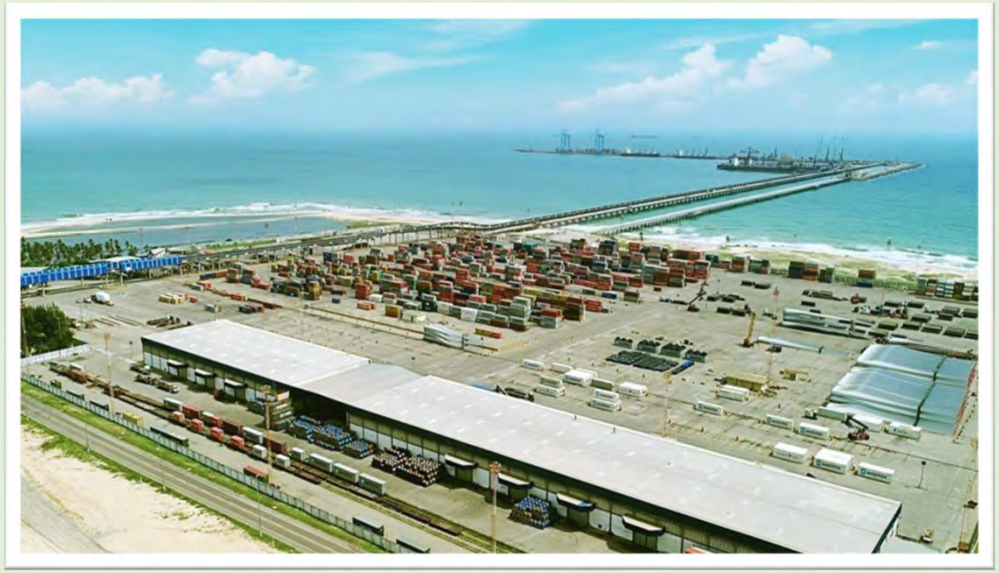
Que podem ser instalaladas no Complexo do Pecém

*LOHC: Liquid Organic Hydrogen Carrier

A cadeia de valor do hidrogênio verde abrange a geração de energia renovável, a sua produção, armazenamento, distribuição e consumo

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Corredor de H2V Pecém – Porto de Roterdã



O Porto do Pecém será a Porta de Saída para o H2 Verde produzido no Brasil e o Porto de Roterdã será a Porta de Entrada na Europa.

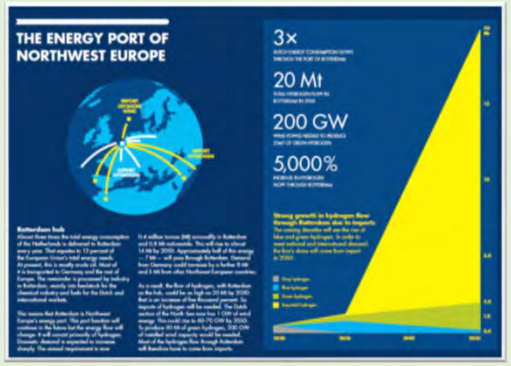
pecém
COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

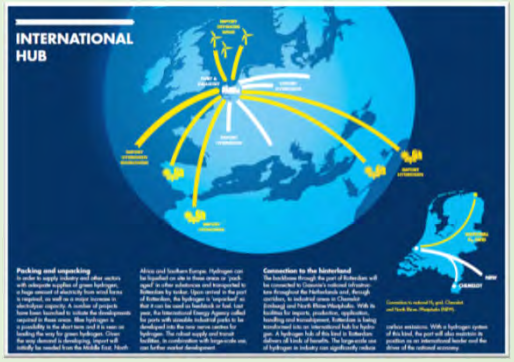
Porto de Roterdã
O Maior Porto de Energia da Europa

- Até 2023, estará em operação no Porto de Roterdã um sistema que combina produção e consumo de H2V e infraestrutura para distribuição aos demais países da Europa. Os dutos irão até a Bélgica e a Alemanha.

- Principais atividades até 2023:
  - Dutos;
  - Parque de produção;
  - Terminal de importação;
  - Eletrolisadores de 150 a 250 MW instalados pela Shell;
  - Transporte: 500 caminhões a H2 até 2025.



- O Porto de Roterdã quer se tornar o maior Porto de Energia da Europa:
  - 3x mais fluxo de Energia;
  - 20 Mt de fluxo de H2V até 2050;
  - 200 GW de eólica para a produção dos 20 Mt de H2V;
  - 5.000% de crescimento do fluxo de H2 no Porto.



- Cooperação internacional para garantir uma cadeia de valor bem sucedida de importação/exportação.

pecem COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará

Temas

:

- Conceito do Hidrogênio Verde
- Aplicações do Hidrogênio Verde
- Rotas Tecnológicas
- Panorama Nacional e Internacional
- Potencialidades para o Hidrogênio Verde no Ceará
- Investimentos
- Resultados Esperados

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Investimentos no Mundo

União Europeia
US$ 430 bilhões até 2030

Global
US$ 2,5 trilhões até 2050

Plano Biden – Revolução Verde
US$ 2 trilhões

HUB H2V da Arábia Saudita
US$ 5 bilhões (4GW)

HUB H2V Sines - Portugal
€ 1,5 bilhões (1GW)

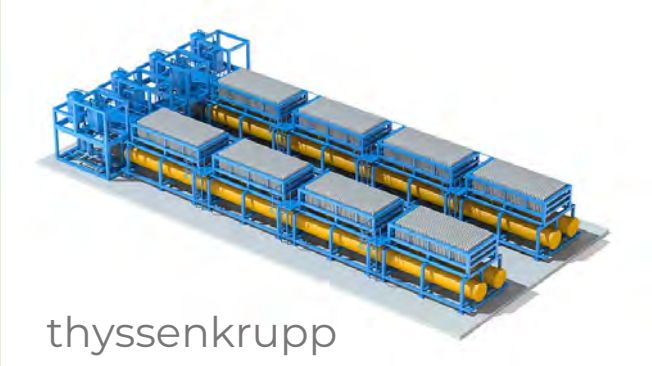
H2V na Austrália
US$ 11,2 bilhões em 5 anos

Fonte: Oil&Gas, Dinheiro Vivo e Australian National Hydrogen Roadmap, H2-View

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Investimento na Produção de H2V

Investimento total da cadeia de produção com Eletrolisadores alcalinos
1.400 €/kW (*)
(*) Hydrohub Innovation Program



Investimento para 1 GW de Eletrolisadores
US$ 1,7 bilhão

Projeção de Eletrolisadores 2021 – 2050
160 GW/ano (*)
US$ 272 bilhões/ano
(*) WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 1.5°C (IRENA)

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Hidrogênio Verde
Rota para o Desenvolvimento do Ceará do Ceará

Temas

:

- Conceito do Hidrogênio Verde
- Aplicações do Hidrogênio Verde
- Rotas Tecnológicas
- Panorama Nacional e Internacional
- Potencialidades para o Hidrogênio Verde no Ceará
- Investimentos
- Resultados Esperados

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Comitê Gestor Ceará H2V

- Com o MoU assinado entre as partes foi instituído um Comitê Gestor multidisciplinar que tem como objetivo a coordenação das ações dentro do Estado para a implantação de um HUB de Hidrogênio Verde no Ceará;
- O Comitê Gestor é composto pelas entidades abaixo:

  - Governo do Estado do Ceará;

  - Federação das Indústrias do Estado do Ceará – FIEC

  - Universidade Federal do Ceará – UFC; e,

  - Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP
- Cada entidade se compromete a direcionar suas potencialidades para o alcance do objetivo e, este Grupo de Trabalho estabelece a governança da iniciativa dentro do Estado.

UFC

FIEC
Federação das Indústrias do Estado do Ceará
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA

zpe ceará

pecém
COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

MoU Governo do Ceará – Enegix Energy

- **O Governo do Estado e o Complexo do Pecém estão negociando Memorandos de Entendimentos (MoUs) com diversos players interessados no HUB de H2V do Ceará.**
- **O primeiro MoU assinado entre o Estado do Ceará e a empresa australiana Energix Energy.**
- **A Enegix Energy anunciou a maior planta hidrogênio verde do mundo a ser construída no Ceará.**

- **Projeto Base One da Enegix:**
  - ✓ 600 milhões de kg de hidrogênio verde de produção anual
  - ✓ 3,4 GW de energia renovável de carga de base.
  - ✓ US $ 5,4 bilhões de investimento

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

O Ceará inseriu o Brasil no Mapa Global do H2V

LCOH2 - Custo Nivelado do Hidrogênio

Source: BloombergNEF. Assumes our optimistic alkaline electrolyzer cost scenario published in Hydrogen: The Economics of Production From Renewables (web | terminal). We selected the renewable electricity source that provides the lowest LCOH$_2$ for each country.

Conclusões de Estudo da Bloomberg News Energy Finance – BNEF

- **Brasil apresenta menor LCOH2 no horizonte de 2030**
- **Em 2030, H2V terá menor custo do que o Hidrogênio Azul (do gás natural com captura de carbono)**
- **Em 2050, o H2V terá custo inferior ao Hidrogênio Cinza (do gás natural sem captura de carbono)**

Fonte: NS Energy; 07/04/2021

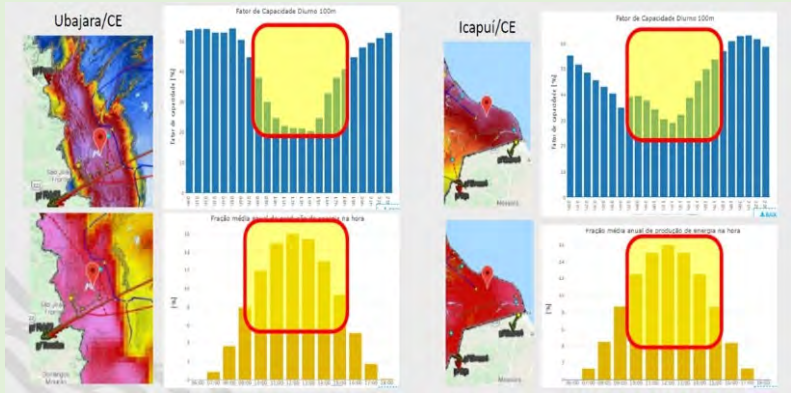
ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Os tesouros do Ceará

Imenso Potencial de Energia Renovável / Abundância e Baixo Custo de Eletricidade

Localização Privilegiada Baixo Custo de Logística

Parceria Estratégica para Exportação de H2V



Complementaridade Diária Solar + Eólica = 50%/50% Condição Ideal para Eletrolizadores

Complexo Industrial do Pecém Mercado consumidor de H2

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA

Muito Obrigado

Fernando Nunes
ferimene@gmail.com

Jurandir Picanço
jurandirpicanco@uol.com.br

ACADEMIA CEARENSE DE ENGENHARIA