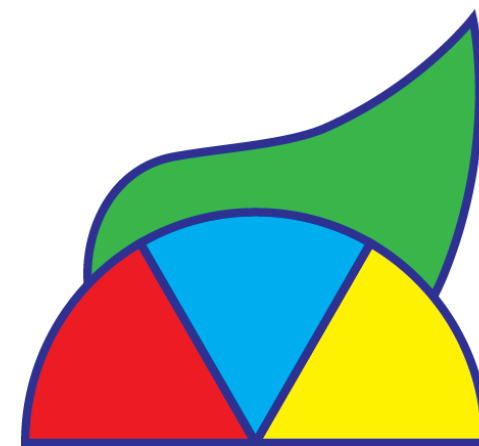


Hidrogênio e Energias Renováveis



LHMT

LABORATÓRIO DE HIDROGÊNIO
E MÁQUINAS TÉRMICAS

Hidrogênio e suas peculiaridades

Características

gás de menor densidade



zero carbono e oxigênio

Propriedades

difusão em redes metálicas

Incolor e inodoro

ebulição a -253 °C

Joule-Thomson a -214 °C

Aplicação

fragilização de aços de alto desempenho

banda de explosão larga e chama incolor

maior energia em base de massa e menor em volume

produtos da oxidação H₂O

Rumo à descarbonização



Carvão - $C_{(s)}$
 $CO_2 / H_2O \rightarrow \infty$



Derivados de Petróleo - $C_{12}H_{26}$
 $CO_2 / H_2O \rightarrow 92 \%$

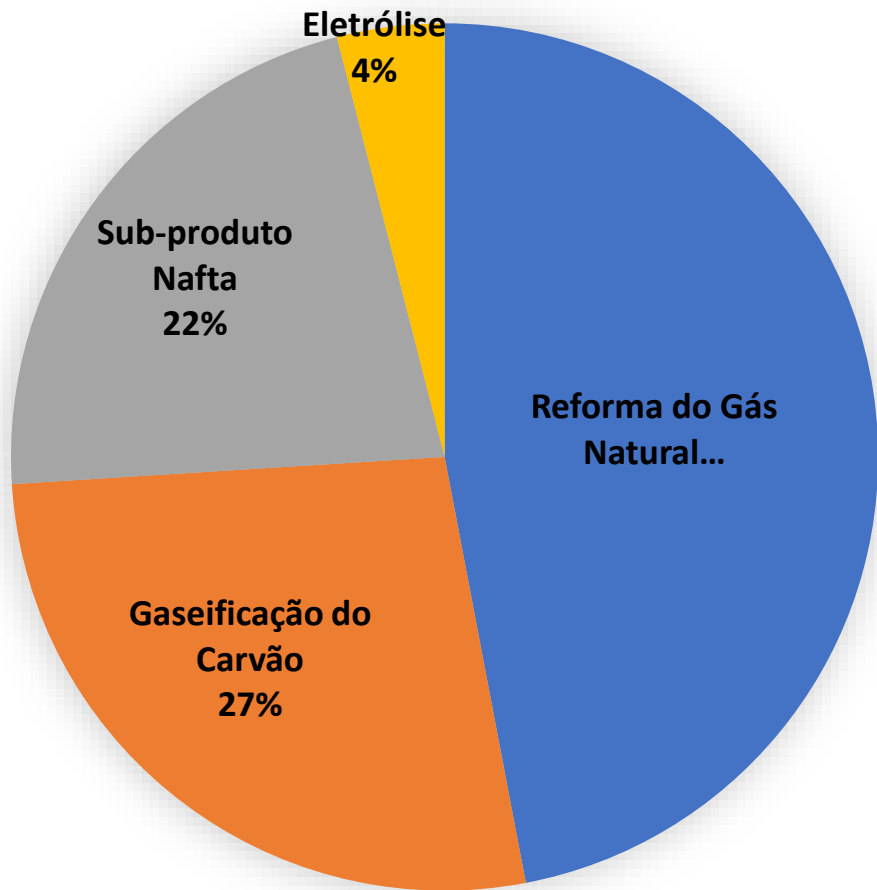


Gás Natural - CH_4
 $CO_2 / H_2O \rightarrow 50 \%$

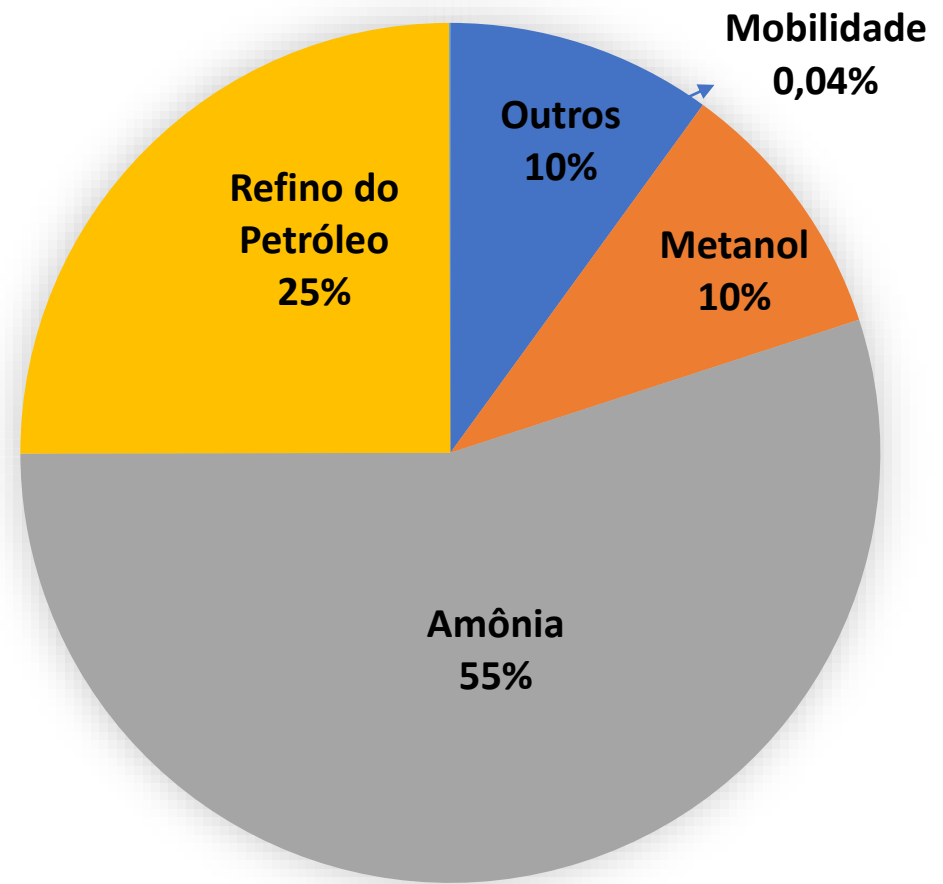


Hidrogênio - H_2
 $CO_2 / H_2O \rightarrow 0$


Patamares atuais



Produção (IEA, 2022)
(2,5% da demanda energética global)



Consumo (Hydrogen Europe, 2023)



Perspectivas em uso industrial: metanol, potência, aço, amônia e hidrocarbonetos

- Integração ao setor sucro-alcooleiro;
 - CO₂ de fermentação + H₂V para metanol.
- Integração ao setor de geração termoelétrica;
 - CO₂ capturado + H₂V para metanol;
 - Queima suplementar ou célula a combustível em carga parcial.
- Siderurgia
 - Sistemas Direct Reduced Iron (DRI) flexíveis com gás natural.
- Amônia e Petroquímica
 - Sistemas consolidados – substituição do hidrogênio cinza por verde.

Perspectivas em mobilidade

➤ Leves

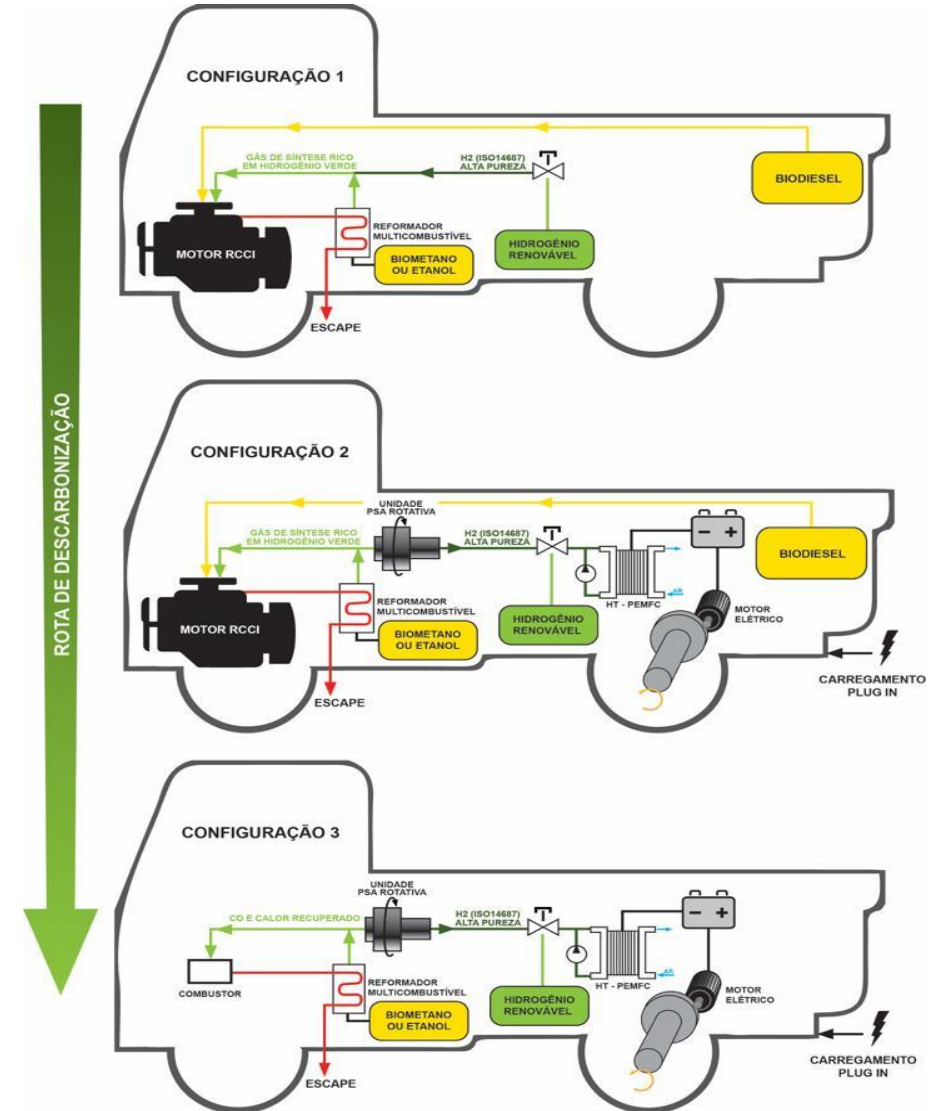
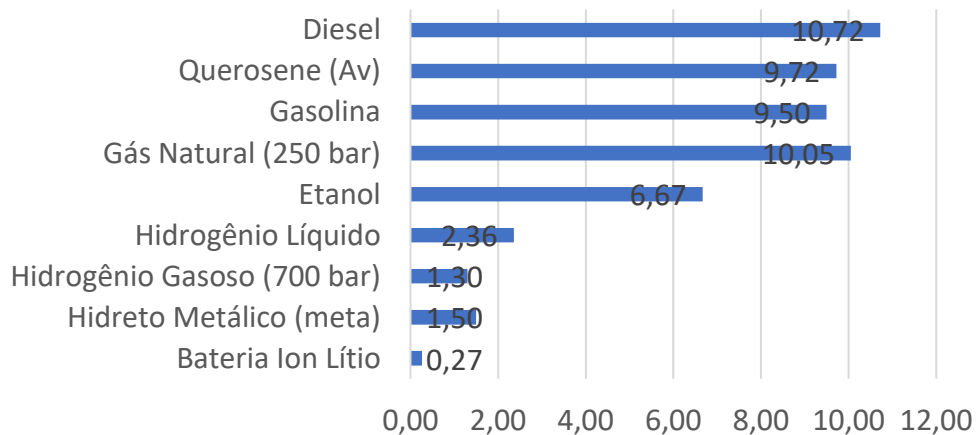
- Hibridização + Eletrificação.
- Célula a Combustível.

➤ Pesados

- Autonomia e carga útil;
- Infraestrutura e tempo de reabastecimento.

➤ Reforma Embarcada

Densidade de Energia kWh/litro



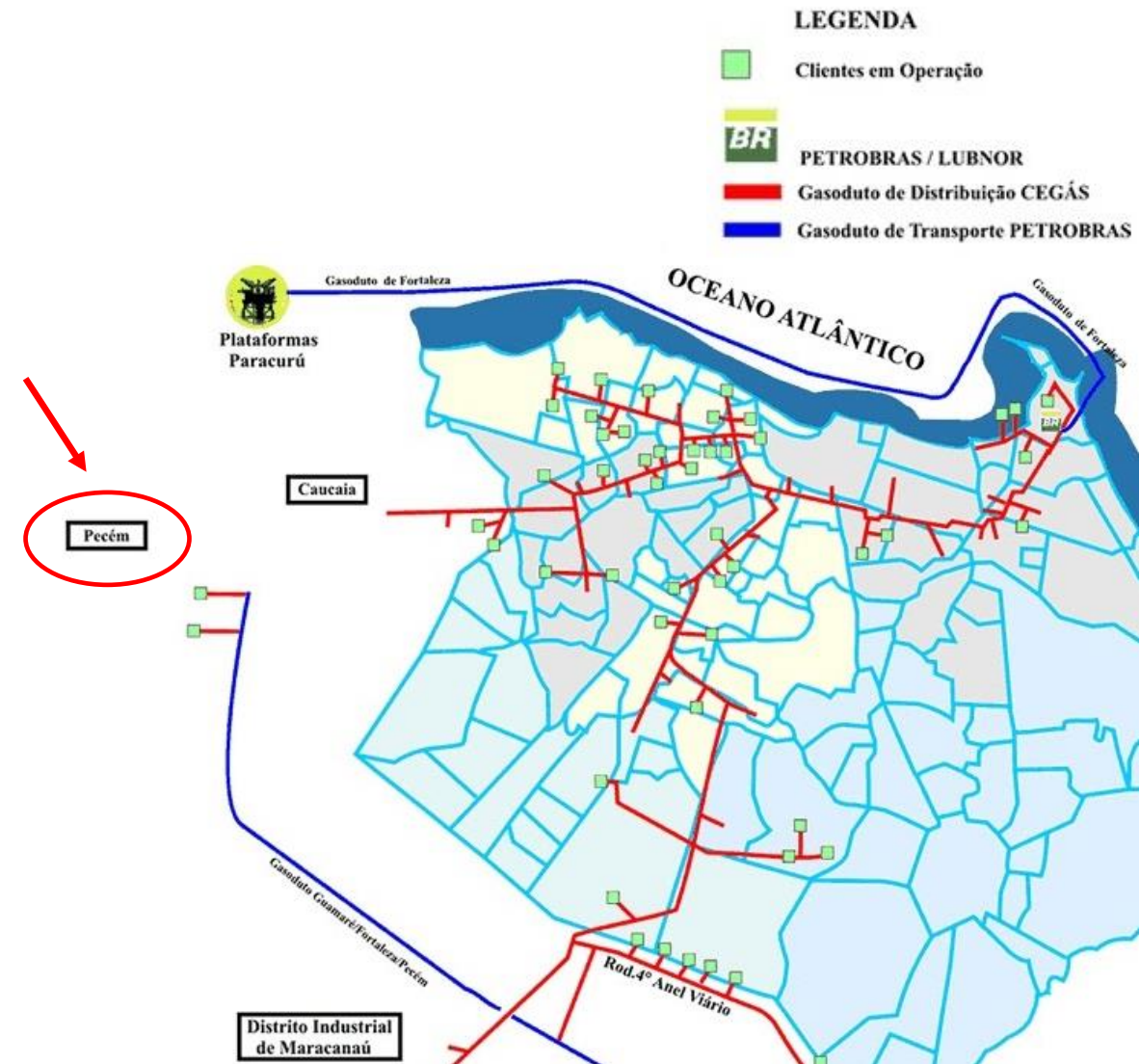


Caso Pecém: Oportunidades de uso

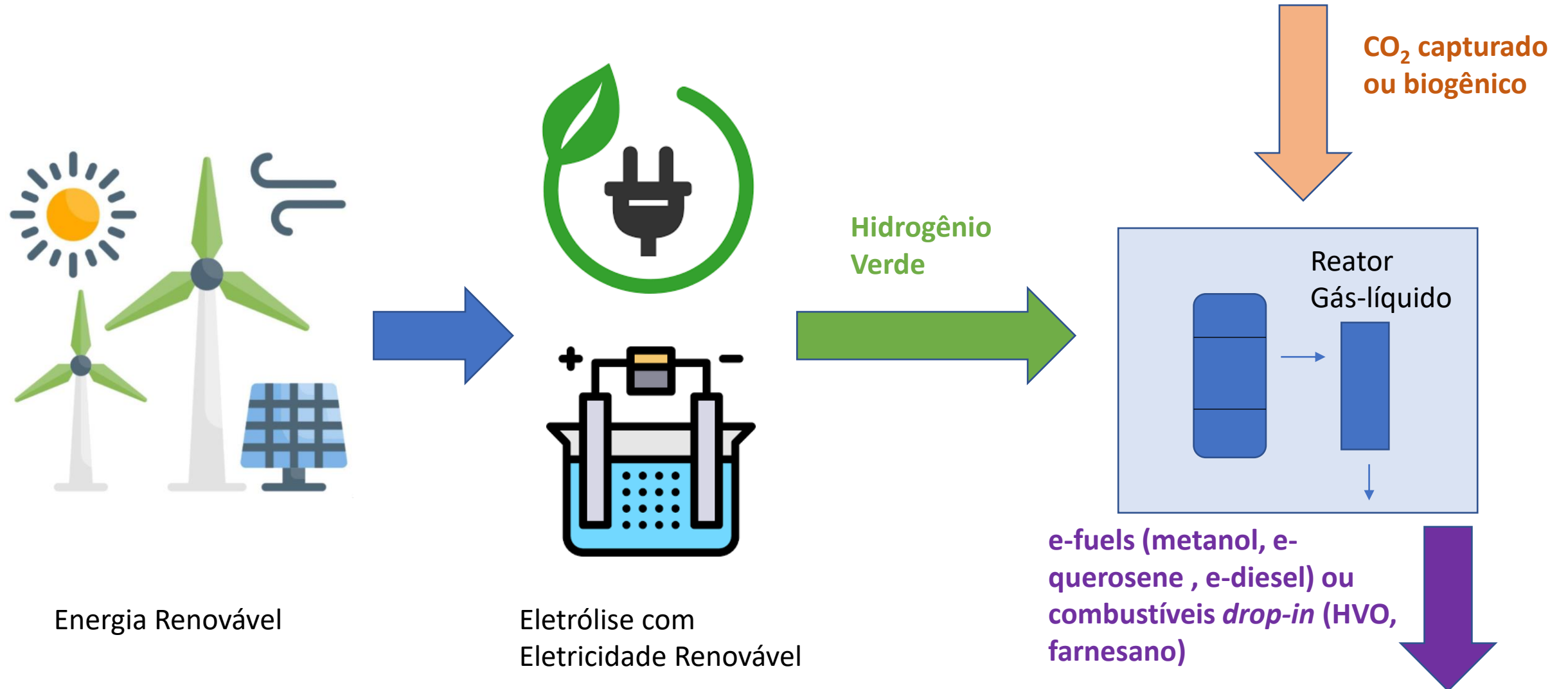
- **Injeção em rede de distribuição de gás;**
- **Polo de combustíveis sintéticos via captura de CO₂**
- **Geração termoelétrica;**
 - Suplementação para descarbonização e redução de emissões;
- **Amônia verde;**
 - Processo muito bem estabelecido com TRL 9;
 - Mercado favorável.
- **Oxigênio disponível para termoelétricas, pirólise e gaseificação;**
- **Distribuição internacional;**
 - Estabelecimento de benchmark para transporte (líquido, comprimido ou adsorvido).

Oportunidades: injeção no grid de gás natural via Pecém

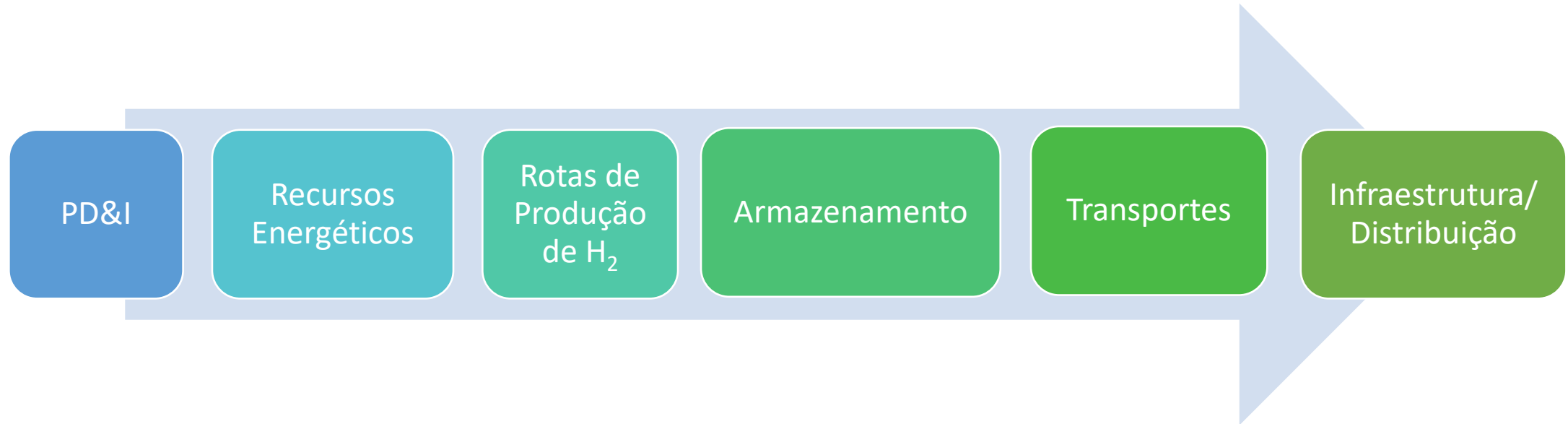
- Infraestrutura disponível com interligação no próprio Pecém;
- Aplicação de descarbonização imediata para indústrias, residências e comércio;
- Limites de segurança atuais em patamares incrementais de 0,2 a 2%;
- Necessidade de regulamentação e estudo de requalificação de rede.



Oportunidades: transformar o Pecém em um polo de combustíveis sintéticos



Oportunidades de investimento em PD&I a nível nacional e internacional.



➤ Tríplice Hélice:

- Inovação e empreendedorismo para o desenvolvimento da cadeia do H₂V;
- Governo – Empresas – Academia (centros de PD&I)



P&D em Transporte e Armazenamento de H₂:

Oportunidades:

- Impacto do transporte no ciclo de vida;
- Materiais para transporte de H₂;
- Segurança ambiental da alternativa amônia verde;
- Estudos em segurança e riscos de vazamento do hidrogênio líquido;
- Estudos de eficiência energética na conversão da amônia em hidrogênio gás;



Principais setores

O hidrogênio verde, no movimento de transformação energética mundial deverá ser, cada mais, elucidado. No entanto, faz-se necessário o constante mapeamento e incentivo/fomento de redes de PD&I que englobem a cadeia produtiva e de valor desse energético, especificamente, desde Produção, Transporte/Armazenamento e Uso do hidrogênio.

Oportunidades de Pesquisas e Desenvolvimento em Hidrogênio Verde.

PRODUÇÃO:

- Geração elétrica renovável (hidráulica, eólica, solar, biomassa);
- Eletrólise (PEM, membrana alcalina, alcalina convencional)

TRANSPORTE/ARMAZENAMENTO:

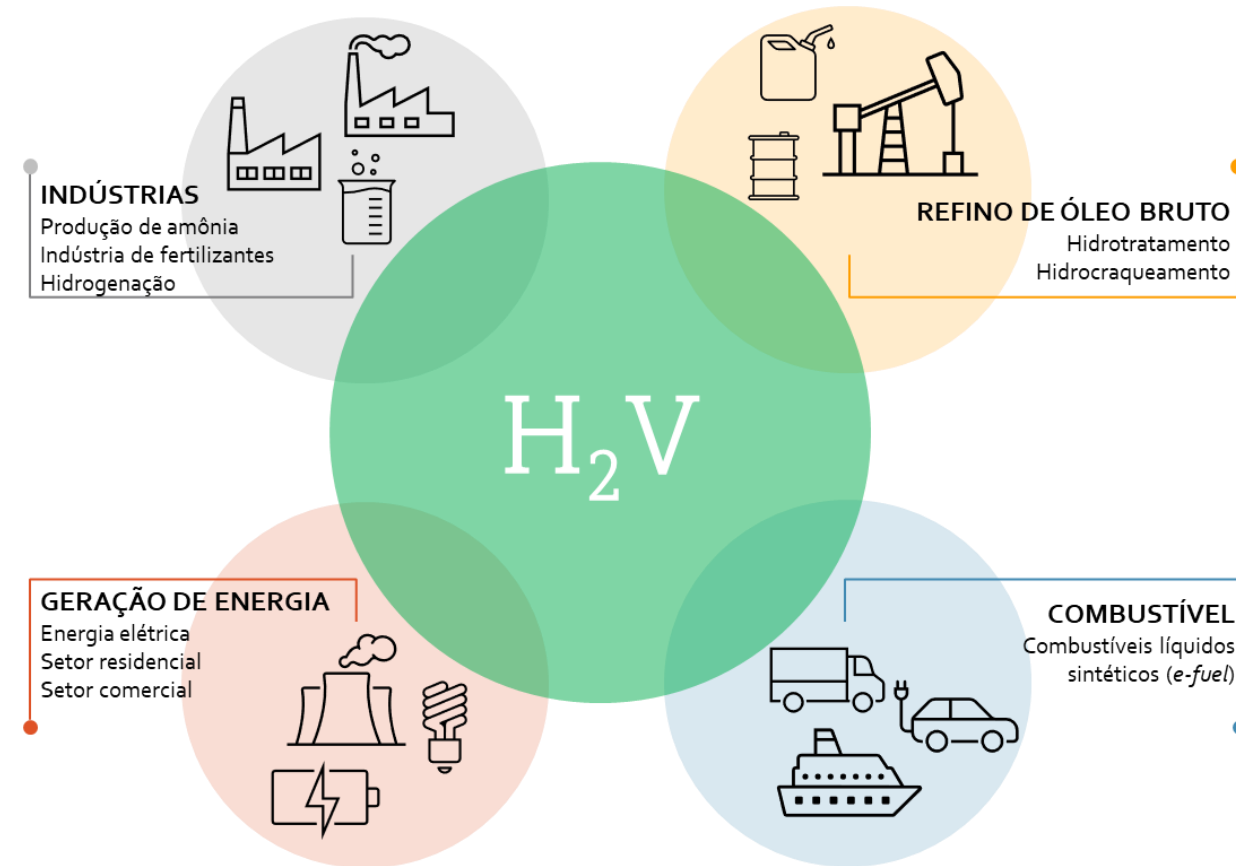
- Liquefeito, Comprimido, Adsorvido, Amônia verde

USO:

- Célula a combustível (SOFCs, PEM) --> Potência de Gás (Elétrica e Mobilidade);
- Enriquecimento de Gás Natural --> Combustão enriquecida.

Segmentos: industrial, energético e de transporte.

Exemplos de aplicações do hidrogênio verde



O hidrogênio verde possui potencial para aplicação em diferentes setores tendo-se como exemplos: síntese de produtos químicos, refino de óleo bruto, produção de combustíveis e biocombustíveis (*e-fuel*) e geração de energia elétrica.

Dessa forma, tendo em vista o poder do hidrogênio ecologicamente correto e seus derivados para a descarbonização e transição energética da economia, pode ser utilizada para fortalecer o mercado desse hidrogênio, também em aplicações que não podem ser diretamente ou facilmente atendidas por meio da eletrificação.



Tecnologia PtX (*Power-to-X*)

- Produzir hidrogênio para o modal rodoviário, movido a célula a combustível, ou querosene para o modal aeroviário, com baixo impacto ambiental;
- E pode permitir a integração da energia renovável com setores consumidores de energia que contribuem significativamente para a economia mundial, tais como: transporte; manufatura; produtos químicos; agricultura;
- Converter o excedente de energia gerado a partir de fontes renováveis, em outra forma armazenável.
- No centro das PtX renováveis está a eletrólise, processo no qual a eletricidade advinda de fontes como eólica ou solar pode ser convertida em H₂V, e este pode ser utilizado em processos secundários de conversão, produzindo variados produtos tendo-se como exemplos: aço verde; amônia; metanol e combustíveis.

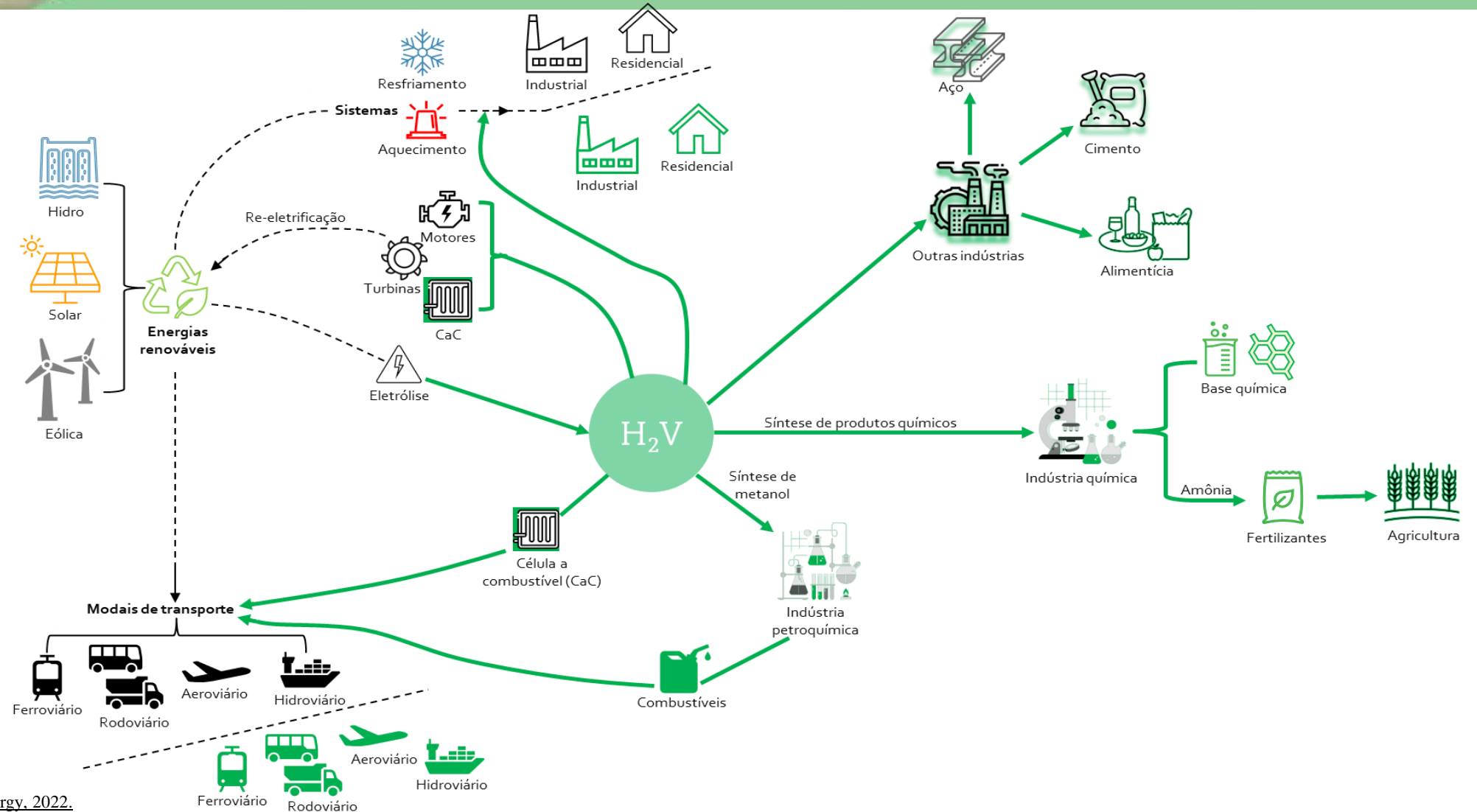


Power-to-X e forma de energia

O “X” da coisa: responsável pela identificação da forma de energia ou finalidade:

- *Power-to-Gas*;
- *Power-to-Heat*;
- *Power-to-Liquid* ou finalidade *Power-to-Fuel*;
- *Power-to-Chemicals* ou *Power-to-Ammonia*.

Setor de H₂V via *Power-to-X*



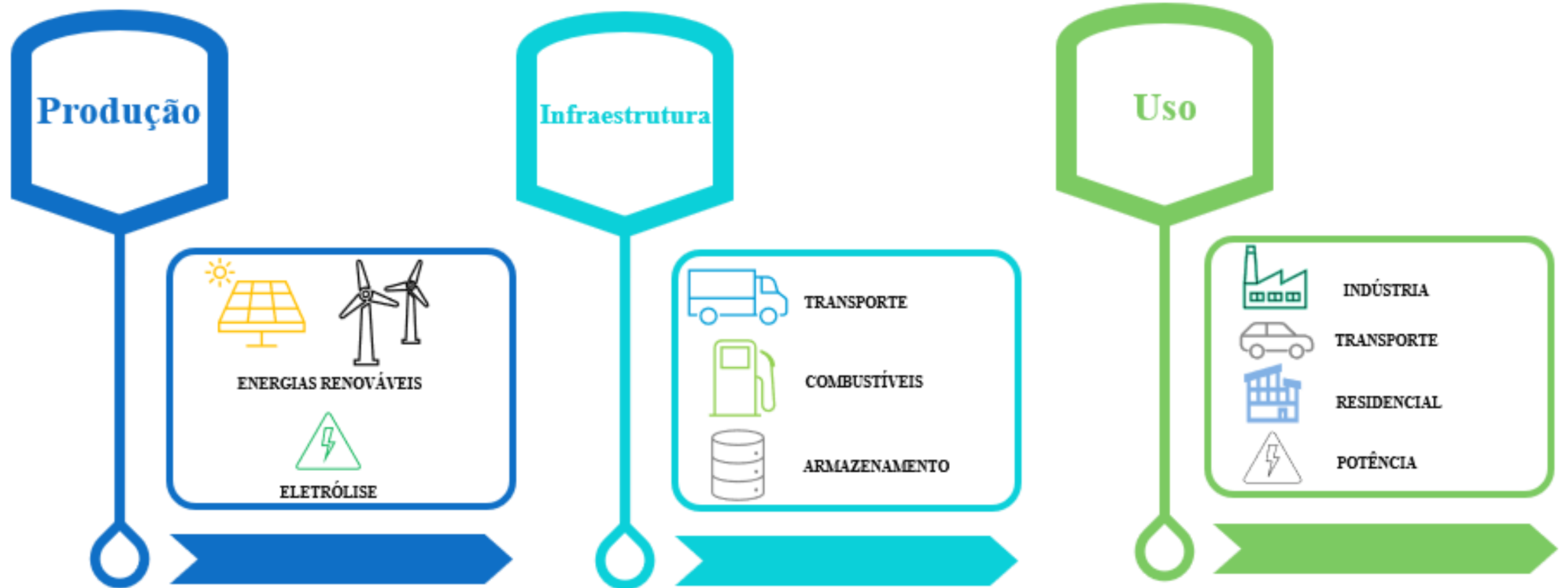
•Fonte: Adaptado de Siemens Energy, 2022.

Disponível em: <https://www.siemens-energy.com/br/pt/solucoes/energia-renovavel/solucoes-de-hidrogenio.html>

Aplicações do H₂

FORMA	APLICAÇÃO	SETOR
Gás	Geração de calor e eletricidade	Indústria
Células a combustível	Geração de eletricidade	Indústria
		Transportes
		Construção civil
Gás	Armazenamento de energia (principalmente para compensação de variações sazonais)	Rede elétrica
Combustíveis sintéticos	Propulsão de veículos	Transportes
Gás	- Produção de amônia	Indústria química
Gás	- Hidrogenação de óleo vegetal	Indústria de alimentos
Gás	- Produção de metanol	Indústria química
Gás	- Redução direta de minério de ferro	Indústria siderúrgica

Pilares do desenvolvimento de políticas de incentivo à economia do H₂





Políticas para incentivo ao consumo de hidrogênio verde

- Estratégia governamental específica para o hidrogênio verde;
- Estratégia governamental que norteie e coordene iniciativas, para que o avanço do mercado de hidrogênio verde não ocorra em ritmo lento e a abrangência fique limitada a projetos de menor escala, locais ou regionais, comprometendo o eficiente aproveitamento das oportunidades que se apresentam;
- Análise de custos, implementação e ampliação da infraestrutura e ganho de escala quando comparado às alternativas convencionais.



Políticas para incentivo ao consumo de hidrogênio verde

- Políticas de incentivo bem desenhadas e com *roadmaps* bem fundamentados podem gerar a expansão necessária para o hidrogênio se beneficiar dos ganhos de escala que o tornarão mais atrativo economicamente;
- Os investimentos relacionados à cadeia de produção de hidrogênio verde e seus usos podem se reverter na geração de emprego e renda no país e no Estado;
- O Nordeste, tem concentração de pobreza, e se destaca pelo potencial de geração eólica e solar, sendo uma das regiões mais promissoras para empreendimentos dessa natureza;
- O uso do hidrogênio permite a descarbonização de setores como: transportes, indústria química, residencial, bem como de geração de matéria-prima “limpa” para a indústria, como por exemplo, o setor de siderurgia, entre outros.