

Combustíveis Renováveis: Hidrogênio Verde e sua Importância na Matriz de Transição Energética



Resumo:

A busca por fontes de energia limpa e sustentável tem impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de combustíveis renováveis, com destaque para o hidrogênio verde. Esse combustível, produzido a partir de fontes renováveis de energia, tem o potencial de desempenhar um papel fundamental na transição energética, auxiliando na redução das emissões de gases de efeito estufa e na diversificação da matriz energética. Este artigo técnico explora o conceito de hidrogênio verde, seus métodos de produção, aplicações e o papel que desempenha na transição para uma economia de baixo carbono.

Introdução:

A necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar os impactos das mudanças climáticas tem impulsionado a busca por alternativas aos combustíveis fósseis na matriz energética. Nesse contexto, os combustíveis renováveis desempenham um papel crucial. Dentre esses combustíveis, o hidrogênio verde tem se destacado como uma opção promissora devido às suas propriedades e potenciais aplicações.

O que é Hidrogênio Verde?

O hidrogênio verde refere-se ao hidrogênio produzido a partir de fontes de energia renovável, como energia solar, eólica, hidrelétrica ou biomassa. A produção ocorre por meio de processos de eletrólise da água, nos quais a energia elétrica renovável é utilizada para separar as moléculas de água em hidrogênio e oxigênio.

O hidrogênio resultante desse processo é livre de emissões de carbono e pode ser utilizado como um combustível limpo em diversas aplicações.

CONHECE AS “CORES” DE HIDROGÊNIO?
Variam de acordo com a fonte e o processo de extração.

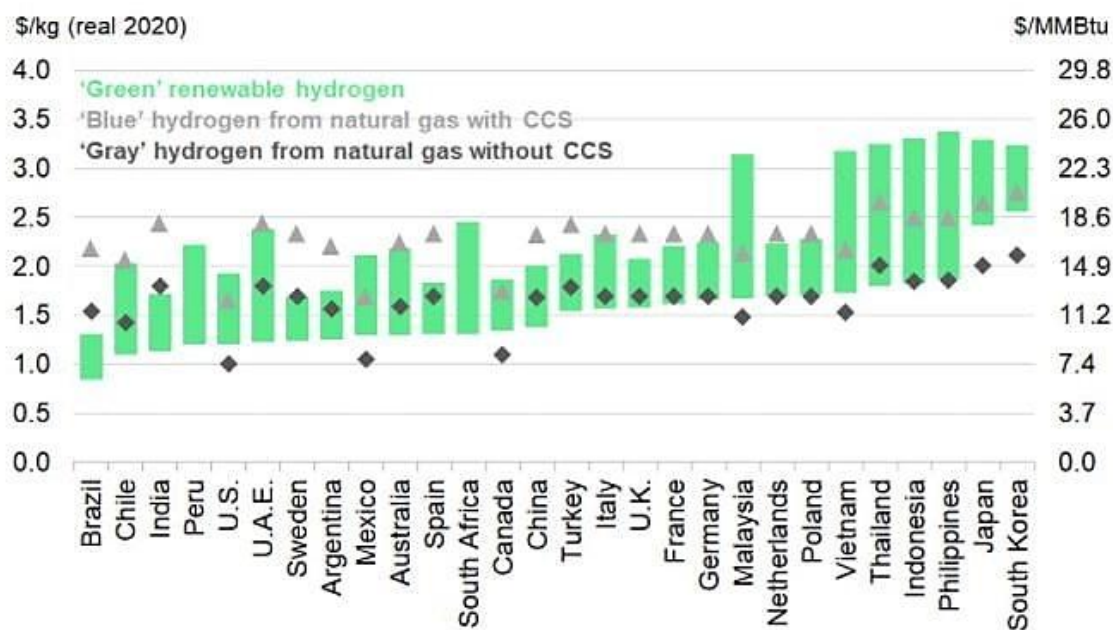
HIDROGÊNIO CINZA	HIDROGÊNIO AZUL	HIDROGÊNIO VERDE
<ul style="list-style-type: none">• Extraído a partir de fontes não renováveis, como o gás natural e carvão;• Produção com emissão de carbono;• Vilão do aquecimento global.	<ul style="list-style-type: none">• Extraído a partir de fontes não renováveis, como o gás natural e carvão;• Produção com captura e armazenamento de carbono;• Energia limpa com ressalvas.	<ul style="list-style-type: none">• Extraído a partir de fontes renováveis, como energia eólica e solar fotovoltaica;• Produção por eletrólise, sem emissão de carbono;• Alternativa mais limpa atualmente.
		

Fonte: Lactec

Métodos de Produção de Hidrogênio Verde:

Existem diferentes métodos de produção de hidrogênio verde, sendo a eletrólise da água o mais comum. Nesse processo, a água é submetida a uma corrente elétrica, promovendo a separação das moléculas em hidrogênio e oxigênio. Além disso, outras tecnologias, como a fotólise direta, a fermentação bacteriana e a termólise, estão sendo pesquisadas e desenvolvidas para ampliar a eficiência e a viabilidade econômica da produção de hidrogênio verde.

'Green' versus 'blue' hydrogen costs, 2030



Source: BloombergNEF

Aplicações do Hidrogênio Verde:

O hidrogênio verde apresenta um amplo leque de aplicações em diversos setores. Na indústria, pode ser utilizado como matéria-prima na produção de amônia, metanol, produtos químicos e materiais sintéticos. No setor de transporte, pode ser utilizado em células de combustível para alimentar veículos elétricos movidos a hidrogênio, oferecendo uma alternativa de mobilidade limpa. Além disso, o hidrogênio verde também pode ser utilizado em sistemas de armazenamento de energia, atuando como uma forma de armazenar energia renovável para uso posterior em períodos de alta demanda.

Como o hidrogênio verde pode ser armazenado e utilizado para lidar com a variabilidade da geração renovável?

O hidrogênio verde pode ser armazenado de várias maneiras e utilizado como forma de lidar com a variabilidade da geração renovável. Aqui estão algumas abordagens comuns:

1. **Armazenamento em forma de gás:** O hidrogênio verde pode ser comprimido e armazenado em tanques de alta pressão. Nessa forma, ele pode ser facilmente transportado e utilizado em aplicações que exigem combustível gasoso, como células de combustível para veículos ou sistemas de cogeração. O armazenamento em forma de gás é uma opção eficiente e amplamente utilizada.
2. **Armazenamento em forma de líquido:** O hidrogênio também pode ser liquefeito a baixas temperaturas, em torno de $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$, o que reduz significativamente seu volume e permite um armazenamento mais denso. O

hidrogênio líquido pode ser armazenado em tanques criogênicos, embora o processo de liquefação exija energia e infraestrutura específica. O armazenamento em forma líquida é particularmente útil em situações em que o espaço é limitado.

3. **Armazenamento em materiais sólidos:** O hidrogênio pode ser absorvido e armazenado em materiais porosos, como hidretos metálicos ou carbono ativado. Essa técnica, conhecida como armazenamento de hidrogênio em sólidos, permite uma alta densidade de armazenamento e liberação controlada do hidrogênio quando necessário. No entanto, ainda são necessárias pesquisas adicionais para melhorar a eficiência desses materiais e tornar o processo de armazenamento mais viável economicamente.
4. **Conversão em outros combustíveis:** O hidrogênio verde pode ser convertido em outros combustíveis, como metano (CH₄) ou amônia (NH₃), para facilitar o armazenamento e o transporte. O metano produzido a partir do hidrogênio verde pode ser injetado na rede de gás natural existente, permitindo o armazenamento em infraestrutura já estabelecida. A amônia, por sua vez, é um combustível líquido que pode ser transportado e armazenado facilmente. Ambas as opções oferecem uma maneira de armazenar grandes quantidades de hidrogênio verde e usar sua energia posteriormente.

Ao lidar com a variabilidade da geração renovável, o hidrogênio verde armazenado pode ser utilizado de várias formas:

1. **Geração de eletricidade:** O hidrogênio verde pode ser utilizado em células de combustível para gerar eletricidade de forma limpa e eficiente. Quando a geração renovável é baixa ou indisponível, o hidrogênio armazenado pode ser convertido novamente em eletricidade por meio das células de combustível, fornecendo uma fonte alternativa de energia.
2. **Combustível para transporte:** O hidrogênio verde pode ser utilizado em veículos movidos a células de combustível, permitindo a mobilidade sustentável sem emissões de gases de efeito estufa. O armazenamento de hidrogênio verde possibilita a disponibilidade de combustível para veículos elétricos a hidrogênio, mesmo quando a geração renovável é intermitente.
3. **Aplicações industriais:** O hidrogênio verde pode ser utilizado como matéria-prima na indústria, substituindo combustíveis fósseis em processos de produção. Ele pode ser usado na fabricação de amônia, metanol, produtos químicos e materiais sintéticos, contribuindo para a redução das emissões de carbono no setor industrial.

Ao combinar o armazenamento de hidrogênio verde com a geração renovável, é possível suavizar a variabilidade da produção de energia, permitindo um suprimento mais constante e confiável. Essa capacidade de armazenamento e liberação controlada do hidrogênio verde desempenha um papel vital na integração de fontes intermitentes de

energia renovável na rede elétrica, contribuindo para uma transição energética mais estável e sustentável.

Importância do Hidrogênio Verde na Transição Energética:

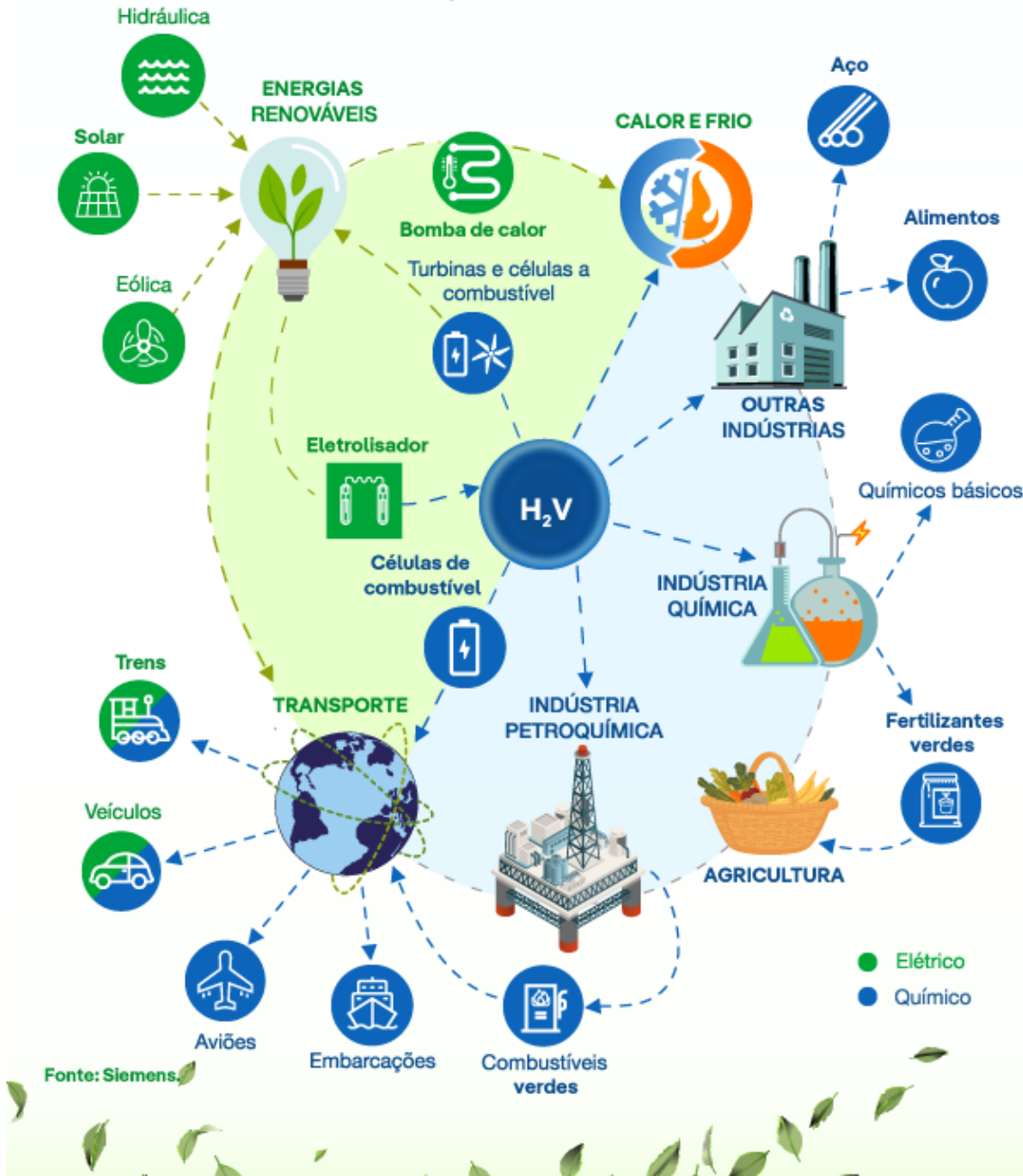
O hidrogênio verde desempenha um papel crucial na transição para uma matriz energética mais limpa e sustentável. Sua produção a partir de fontes renováveis contribui para a redução das emissões de carbono, uma vez que não libera gases de efeito estufa durante sua utilização. Além disso, o hidrogênio verde pode atuar como um vetor energético, facilitando a integração de fontes intermitentes de energia renovável, como a solar e eólica, na rede elétrica. Sua capacidade de armazenamento também é valiosa para lidar com a variabilidade da geração renovável.

Desafios e Oportunidades:

Embora o hidrogênio verde apresente um enorme potencial como combustível renovável, existem desafios a serem superados. A produção em larga escala ainda enfrenta obstáculos relacionados à eficiência e à viabilidade econômica. Além disso, a infraestrutura de transporte, armazenamento e distribuição de hidrogênio verde precisa ser desenvolvida e expandida. No entanto, esses desafios também representam oportunidades para a inovação e investimento em pesquisa e desenvolvimento.

As aplicações do hidrogênio verde

O hidrogênio verde será um elemento-chave para a **descarbonização do planeta** e terá impacto em várias indústrias e setores.



Quais são os principais desafios para a utilização do hidrogênio verde na indústria?

A utilização do hidrogênio verde na indústria enfrenta alguns desafios significativos que precisam ser superados para sua adoção em larga escala. Aqui estão alguns dos principais desafios:

1. **Custo de produção:** Atualmente, a produção de hidrogênio verde é mais cara em comparação com os combustíveis fósseis tradicionais. A infraestrutura necessária para a produção em grande escala ainda está em desenvolvimento, e os custos de eletricidade renovável e tecnologias de eletrólise precisam ser reduzidos para tornar o hidrogênio verde mais competitivo em termos de preço.
2. **Escala e capacidade de produção:** A demanda por hidrogênio verde na indústria é potencialmente muito alta, mas a capacidade de produção ainda é limitada. É necessário investimento em infraestrutura para aumentar a escala de produção e a capacidade de atender à demanda industrial.
3. **Armazenamento e logística:** O armazenamento e a distribuição do hidrogênio verde também apresentam desafios. O hidrogênio é um gás leve e volumoso, exigindo infraestrutura específica para seu transporte e armazenamento seguro. Além disso, o transporte de hidrogênio líquido criogênico requer tecnologias complexas e custosas.
4. **Integração em processos industriais existentes:** A utilização de hidrogênio verde em processos industriais existentes pode exigir adaptações e modificações significativas para garantir a compatibilidade. Além disso, a substituição de combustíveis fósseis por hidrogênio verde em certos processos pode exigir a reformulação de infraestruturas industriais e exigir investimentos substanciais.
5. **Certificação e padrões de qualidade:** É necessário estabelecer certificações e padrões de qualidade para o hidrogênio verde, a fim de garantir sua pureza, segurança e eficiência. Os usuários industriais precisam ter confiança na qualidade do hidrogênio verde para sua utilização em processos produtivos.
6. **Desenvolvimento de tecnologias de conversão:** Em alguns setores, como a produção de amônia, é necessário desenvolver tecnologias de conversão para substituir os processos existentes baseados em combustíveis fósseis. Isso requer investimentos em pesquisa e desenvolvimento para viabilizar tecnologias eficientes e economicamente viáveis.

Apesar desses desafios, é importante notar que a utilização do hidrogênio verde na indústria também apresenta oportunidades significativas. A transição para uma economia de baixo carbono impulsiona a inovação e o desenvolvimento de soluções tecnológicas mais eficientes e economicamente atrativas. Com o avanço contínuo da pesquisa e o aumento dos investimentos, espera-se que muitos desses desafios sejam superados, permitindo a adoção generalizada do hidrogênio verde como uma alternativa sustentável nos processos industriais.

Como a indústria está lidando com os desafios de armazenamento e logística do hidrogênio verde?

A indústria está trabalhando em várias soluções para enfrentar os desafios de armazenamento e logística do hidrogênio verde. Aqui estão algumas abordagens que estão sendo exploradas:

1. **Infraestrutura de transporte:** Está sendo desenvolvida uma infraestrutura de transporte adequada para o hidrogênio verde. Isso inclui a construção de tubulações dedicadas para transportar o hidrogênio gasoso em grandes quantidades. Além disso, o hidrogênio líquido pode ser transportado em caminhões criogênicos especiais ou por meio de navios-tanque.
2. **Armazenamento em cavernas e reservatórios subterrâneos:** O hidrogênio verde pode ser armazenado em cavernas e reservatórios subterrâneos, aproveitando as estruturas geológicas existentes. Essas cavernas funcionam como espaços de armazenamento em grande escala e podem ajudar a compensar a variabilidade da produção e demanda de hidrogênio.
3. **Materiais de armazenamento:** Pesquisas estão sendo realizadas para desenvolver materiais de armazenamento de hidrogênio mais eficientes e seguros. Isso inclui o uso de hidretos metálicos, como ligas de magnésio, que podem absorver e liberar hidrogênio de forma controlada. O armazenamento em materiais sólidos oferece uma alta densidade de armazenamento e pode ser uma solução viável para o armazenamento em menor escala.
4. **Conversão em outros portadores de energia:** O hidrogênio verde pode ser convertido em outros portadores de energia, como metano ou amônia, para facilitar o armazenamento e a logística. O metano produzido a partir do hidrogênio verde pode ser injetado na rede de gás natural existente, permitindo o armazenamento em infraestrutura já estabelecida. A amônia, por sua vez, é um combustível líquido que pode ser transportado e armazenado mais facilmente.
5. **Pesquisa em novas tecnologias:** A pesquisa continua na busca por novas tecnologias e soluções inovadoras para o armazenamento e a logística do hidrogênio verde. Isso inclui o desenvolvimento de sistemas de armazenamento mais eficientes, como tanques de alta pressão mais leves e seguros, e a exploração de novas técnicas de armazenamento, como o uso de hidrogênio sólido ou a adsorção em materiais porosos.
6. **Parcerias e colaborações:** A indústria está buscando parcerias e colaborações entre empresas, governos e instituições de pesquisa para enfrentar os desafios de armazenamento e logística do hidrogênio verde. Essas parcerias visam compartilhar conhecimento, recursos e experiências para acelerar o desenvolvimento e a implantação de soluções eficazes.

Embora ainda existam desafios a serem superados, o setor industrial está investindo em soluções de armazenamento e logística para o hidrogênio verde. Com o avanço contínuo da tecnologia e o aumento da demanda, espera-se que essas soluções se tornem mais

eficientes, acessíveis e amplamente disponíveis, impulsionando ainda mais a transição para uma economia baseada em hidrogênio verde.

Conclusão:

O hidrogênio verde, produzido a partir de fontes renováveis de energia, apresenta uma série de benefícios que o tornam uma solução promissora para a transição energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Além de ser uma opção sustentável e de baixo carbono, o hidrogênio verde possui diversas aplicações em setores-chave, como a indústria e o transporte.

Na indústria, o hidrogênio verde pode ser utilizado como matéria-prima para a produção de amônia, metanol, produtos químicos e combustíveis sintéticos. Essa diversificação da matriz energética industrial contribui para a redução das emissões de carbono e a mitigação das mudanças climáticas.

No setor de transporte, o hidrogênio verde pode ser utilizado em células de combustível para alimentar veículos elétricos a hidrogênio, oferecendo uma alternativa aos veículos movidos a combustíveis fósseis. Além disso, o hidrogênio verde pode ser utilizado em caminhões, trens e até mesmo em aeronaves, permitindo a descarbonização desses modos de transporte.

Apesar dos desafios enfrentados, como o custo de produção e a necessidade de infraestrutura adequada de armazenamento e logística, investimentos contínuos em pesquisa, desenvolvimento e infraestrutura são essenciais para maximizar o potencial do hidrogênio verde e acelerar sua adoção em escala global.

A transição para uma matriz energética baseada em combustíveis renováveis, com destaque para o hidrogênio verde, não apenas impulsiona a sustentabilidade, mas também oferece uma oportunidade significativa para enfrentar os desafios climáticos que enfrentamos atualmente. Além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, a adoção do hidrogênio verde pode contribuir para a segurança energética, a criação de empregos verdes e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras.

Portanto, é fundamental que governos, indústrias e instituições de pesquisa continuem a colaborar e investir no desenvolvimento do hidrogênio verde, a fim de alcançar uma economia mais limpa, sustentável e resiliente às mudanças climáticas. Ao fazê-lo, construiremos um futuro energético mais promissor para as gerações presentes e futuras.

author: Elcio J. Blanco

CEO at Grennmark Consulting

Consultor Sênior de ESG / EHS/Explosive Atmosphere