**HIDROGÊNIO VERDE E O CENÁRIO ENERGÉTICO NO NORDESTE DO BRASIL**

**Irlamildo Lira Mendes**

Discente - Centro Universitário Fametro - Unifametro

irlamildomendes@hotmail.com
**Kaio Gefferson de Almeida Mesquita**

Docente - Centro Universitário Fametro - Unifametro

kaio.mesquita@professor.unifametro.edu.br

**Área Temática:** Gestão, Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade na Construção Civil

**Área de Conhecimento:** Ciências Tecnológicas

**Encontro Científico:** XII Encontro de Iniciação à Pesquisa

**RESUMO**

**Introdução:** O hidrogênio verde, produzido com energia renovável, é essencial para uma matriz energética sustentável e redução de emissões. O Brasil, especialmente o Nordeste, está emergindo como líder na produção de hidrogênio verde e aproveitando seu potencial. **Objetivo:** O trabalho explora a produção de hidrogênio verde no Nordeste Brasileiro, destacando seu potencial, eficiência, custos e aplicações. **Métodos:** Buscamos ambientar o leitor na atmosfera do hidrogênio verde produzindo um resumo de um TCC que aborda o tema. **Resultados:** O hidrogênio, é produzido através de métodos como eletrólise da água, reforma a vapor do gás natural e gaseificação do carvão. A eletrólise, usando energia renovável, gera hidrogênio "verde" sem emissões de carbono, mas enfrenta desafios devido ao seu custo elevado. A reforma do gás natural produz CO2, enquanto a gaseificação do carvão é a mais poluente. Novas tecnologias, como painéis de hidrogênio e fotossíntese artificial, estão sendo desenvolvidas para tornar a produção mais sustentável. O hidrogênio é classificado por cores: preto e cinza (maior impacto ambiental) e verde (fonte renovável). A transição para o hidrogênio verde é crucial para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e cumprir metas climáticas, com investimentos significativos de países como China, Europa e Estados Unidos. No Brasil, projetos como o Complexo do Pecém no Nordeste destacam-se pela produção e exportação de hidrogênio verde. **Considerações finais:** O texto destacando o potencial do hidrogênio verde para sua produção e exportação. Aborda novas tecnologias e projetos regionais. Apesar dos desafios, o apoio crescente indica grande potencial econômico e tecnológico.

**Palavras-chave:** Hidrogênio verde; Tecnologia renovável; Nordeste do Brasil; Energia; Hidrogênio.

**INTRODUÇÃO**

O hidrogênio é o elemento mais abundante que existe. Em nosso planeta ele é encontrado na água e em combustíveis fósseis (como o gás natural e o petróleo, mas também pode ser obtido por outros métodos e fontes. O hidrogênio ajuda a fazer bombas muito poderosas, fundindo-se e liberando muita energia. Esse material é bom para fazer calosidades e libera muita energia quando queima, o que mostra que funciona bem como potencia energética. O hidrogênio verde, produzido a partir da água e eletricidade de fontes renováveis (solar e eólica, por exemplo), surge como uma solução impar na transição para uma matriz energética sustentável e na redução da dependência de combustíveis fósseis, como o petróleo. Este tipo de fonte é capaz de atender a várias necessidades econômicas, desde indústrias até transportes e é vital para o cumprimento de metas globais na redução de emissão de gases do efeito estufa. O Brasil, em especial o Nordeste, está se destacando no desenvolvimento e produção desta fonte energética, aproveitando seu potencial renovável e sua localização para se tornar um dos mais importantes ícones em energia limpa da América Latina.

O presente trabalho explora o panorama atual da produção de hidrogênio verde e os desafios e oportunidades para sua implementação no Brasil. Temos como objetivo fornecer uma visão larga sobre a produção de hidrogênio verde no Nordeste do Brasil, assinalando sua importância tanto no cenário nacional quanto global.

Inicialmente abordaremos as características do hidrogênio, os métodos de produção, sua eficiência e os custos associados a esta prática. Discutiremos também a classificação do hidrogênio para determinação da sua sustentabilidade, e incluímos aplicações práticas em diversos setores. Por fim, analisaremos os panoramas global, nacional e regional, dando destaque à região nordeste, seu de produção, os desafios e as oportunidades relacionados a esse processo.

**METODOLOGIA**

O presente estudo consiste em um resumo expandido de um trabalho de conclusão de curso de engenharia que reúne definições, aplicações e perspectivas do Hidrogênio Verde, visando sua alta no mercado.

A princípio busquei nas principais plataformas de repositório trabalhos utilizando as palavras-chave citadas. Após esta etapa fiz seus estudos e busquei fazer pontes entre os trabalhos comparando suas informações. Como terceira etapa aprofundei tópicos que assinalei com maior relevância para a proposta deste resumo utilizando as fontes citadas pelos autores. Por fim trabalhei na produção deste texto buscando ambientar o leitor na atmosfera do hidrogênio verde, inicialmente destacando o elemento isolado, sua produção e classificação, e em seguida analisando suas aplicações e importância na atual sociedade destacando seu alto crescimento e apontando sua utilização global, nacional e regional.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O hidrogênio é o elemento mais farto que existe, entretanto, não é possível ser encontrado em sua forma simples, somente em compostos como a água e minerais, então, para que ele seja utilizado como fonte de energia, deve ser extraído desses compostos, o que exige tecnologia dedicada e um considerável consumo de energia. Sua produção é feita a partir de diversas fontes como biomassa, energia solar, energia nuclear e combustível fóssil, cada uma gerando um nível próprio de eficácia, custo diferenciado e impacto ambiental próprio.

Um dos processos de extração é a eletrólise, processo eletroquímico que utiliza uma corrente elétrica contínua e assim consegue dividir a água em hidrogênio e oxigênio. Uma vez que a eletricidade gerada por essa “quebra” venha de uma fonte renovável, o hidrogênio produzido leva o nome de “hidrogênio verde”, tendo uma eficiência aproximada de 95% do hidrogênio puro, o que favorece o meio ambiente porque não produz emissão de carbono ou outro composto poluente.

O método mais comum na produção de hidrogênio é a reforma a vapor utilizando gás natural. Esta envolve uma reação do gás com vapor d’água em temperaturas elevadas e resulta em hidrogênio e carbonos. Apesar de eficiente, possui uma desvantagem significativa e com isso contribui para o efeito estufa e aquecimento global.

Outro método é a chamada gaseificação do carvão, um método tradicional para geração de hidrogênio. Nele, alimentamos o carvão em um reator com temperatura elevada, vapor de água e oxigênio, e com esta reação produzimos um gás de síntese que tem o hidrogênio contido nele. O que torna este método inapropriado é a presença do combustível fóssil, o carvão. Desta forma também é produzido carbonos e metano, o que retira este método da lista sustentável.

Com o avanço tecnológico, outras soluções estão sendo implementadas para uma maior redução de impactos ambientais nesta produção. Os painéis de hidrogênio, por exemplo, está entre essas inovações. Esta tecnologia utiliza luz solar para a conversão de vapor de água contido no ar em hidrogênio, e embora ainda esteja em fase de estudo, a maior vantagem é que possui uma capacidade de produzir hidrogênio a partir de vapor d’agua, uma fonte abundantemente renovável. Sua previsão para lançamento comercial é em 2006. Também a fotossíntese artificial e a eletrólise aprimorada com ondas sônicas.

Por sua vez, a fotossíntese artificial se assemelha ao processo natural utilizado pela vegetação com água e luz solar utilizando um foto catalisador. Neste processo a água é aquecida para acelerar a separação das moléculas de hidrogênio e oxigênio. Devido a temperatura de aquecimento da água, o maior desafio se torna aumentar a durabilidade dos componentes. É uma tecnologia promissora, porém, necessita ser melhor desenvolvida afim de melhorar a eficiência (atualmente 9,2%) e a vida útil do equipamento.

A eletrólise aprimorada com ondas sônicas é uma técnica inovadora que utiliza ondas sônicas de alta frequência para aumentar a produção de hidrogênio e reduzir o consumo de energia. Este método demonstrou aumentar a produção de hidrogênio em até 14 vezes e economizar cerca de 27,3% de energia em comparação com métodos tradicionais. Além disso, a tecnologia permite o uso de eletrodos de alumínio, mais baratos que os de platina, o que pode reduzir significativamente os custos de produção.

O impacto ambiental e os custos de produção do hidrogênio variam amplamente de acordo com o método utilizado. A produção pode ser realizada de forma centralizada, com distribuição posterior, ou distribuída, onde o hidrogênio é gerado diretamente no local de uso. O hidrogênio pode ser classificado por cores para refletir seu impacto ambiental. O hidrogênio preto e marrom são produzidos pela gaseificação do carvão, ambos sem captura de carbono (CCUS), resultando em altas emissões de CO₂. O hidrogênio cinza, obtido pela reforma a vapor do gás natural, também gera emissões significativas de CO₂. O hidrogênio azul, produzido a partir de gás natural com captura e armazenamento de carbono (CCUS), é uma opção mais sustentável em comparação com o cinza e o preto.

O hidrogênio verde, produzido pela eletrólise da água com energia renovável, é a opção mais sustentável, mas ainda enfrenta desafios devido ao alto custo de produção. No entanto, espera-se que os custos diminuam com o avanço tecnológico e o aumento da demanda por hidrogênio de baixa emissão de carbono.

Na indústria, o hidrogênio tem várias aplicações importantes. No agronegócio, é usado na produção de amônia para fertilizantes. Na siderurgia, pode substituir o coque na produção de ferro e aço, reduzindo significativamente as emissões de CO₂. Nas refinarias, é empregado em processos como hidrocraqueamento e hidrotratamento de petróleo. No setor de transporte, o hidrogênio é utilizado em células a combustível para veículos de grande porte, como aviões, ônibus e trens. Além disso, o hidrogênio é importante na produção de metanol verde, utilizado em combustíveis e polímeros.

A transição global para fontes de energia sustentáveis é crucial para combater os impactos negativos das emissões de gases de efeito estufa, como o aquecimento global e a elevação do nível do mar. O hidrogênio verde surge como uma alternativa promissora para substituir combustíveis fósseis e é considerado essencial para a transição energética global e o cumprimento das metas climáticas estabelecidas no Acordo de Paris. A expectativa é que o avanço tecnológico e as políticas públicas favoráveis ajudem a reduzir os custos de produção ao longo do tempo.

Diversos países investem na produção de hidrogênio verde como parte de suas estratégias de descarbonização. A China está ampliando seus investimentos em eletrolisadores e capacidade de produção. A Europa está acelerando sua corrida pelo hidrogênio devido a questões geopolíticas e à necessidade de reduzir a dependência de gás natural da Rússia. Nos Estados Unidos, incentivos e investimentos em pesquisa estão promovendo a adoção de hidrogênio verde e azul, com foco em transporte e infraestrutura. No Brasil, o hidrogênio verde representa uma oportunidade significativa para diversificar a matriz energética, dada a abundância de fontes renováveis. Projetos como a Usina de Hidrogênio Verde de Itumbiara destacam o potencial do país para se tornar um líder na produção de hidrogênio sustentável.

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste texto foi abordado o hidrogênio, suas aplicações, desafios e oportunidades para sua implementação frisando a região Nordeste do Brasil, destacando o potencial da região para produção e exportação de hidrogênio verde. Foi explorada a versatilidade do hidrogênio e novas tecnologias em pesquisa, como os painéis de hidrogênio e o hidrogênio gerado com ondas sônicas, que prometem avanços na eletrólise da água. O Nordeste emergiu como a área com mais avanços significativos no país, com projetos em andamento como os do porto de Suape e do Complexo do Pecém, aproveitando seu potencial de energia solar e eólica. Os desafios incluem altos custos de produção e a competição com o hidrogênio cinza que é mais sólido e mais barato, além da falta de infraestrutura de transporte. Contudo, o crescente apoio do governo e de empresas privadas indica um grande potencial tecnológico e econômico para o hidrogênio verde na região.

**REFERÊNCIAS**

ALCÂNTARA, Thiago Rodrigues. **Estratégias, desenvolvimento e perspectivas do hidrogênio verde no Brasil.** 2023.

BARROSO, Amanda Maria Rodrigues; ROCHA, Brenda Virna Sousa; MEIRELES FILHO, Mário RG. **Obtenção do Hidrogênio Verde a partir de energias renováveis.** 2022.

CRUZ, F. E. da. **Produção de hidrogênio em refinarias de petróleo: avaliação energética e custo de produção. São Paulo.** 2010. 164 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

ELEMENTAR. **Hidrogênio Verde: O Novo Petróleo?** 2023. Disponível em: <https://youtu.be/zqTgIxG3gXo>. Acesso em: 18 set 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Bases para a consolidação da estratégia brasileira do hidrogênio.** 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Hidrogênio cinza: Produção a partir da reforma a vapor do gás natural**. 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-654/NT%20Hidrog%C3%AAnio%20Cinza.pdf. Acesso em: 18 set 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano decenal de expansão de energia 2031**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>. Acesso em: 18 set 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Produção e consumo de hidrogênio em refinarias no brasil**. 2022. Disponível em:https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-667/NT-EPE-DPG-SDB-2022-01%20-%20Hidrog%C3%AAnio%20em%20Refinarias.pdf. Acesso em: 18 set 2024.

LIMA, Ana Carolina Oliveira. **Hidrogênio verde: principais perspectivas do cernário energético no Nordeste brasileiro**. Ana Carolina Oliveira Lima. 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidroge%CC%82nio\_23Fev2021NT%20(2).pdf>. Acesso em: 23 out. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Programa Nacional de Hidrogênio - PNH2**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/ptbr/assuntos/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programanacional-do-hidrogenio-pnh2/HidrognioRelatriodiretrizes.pdf>. Acesso em: 23 out. 2024.

OLIVEIRA, Rosana Cavalcante de. **Panorama do hidrogênio no Brasil**. 2022.