

O Uso da Água na Produção de Hidrogênio Verde: Desafios da Escassez Hídrica e Soluções Sustentáveis

Samuel Rodrigues Araujo

Graduando em Engenharia Elétrica Industrial, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), São Luís – MA. E-mail: samuelr@acad.ifma.edu.br

Guilherme França dos Santos

Graduando em Engenharia Elétrica Industrial, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), São Luís – MA. E-mail: guilhermesantos@acad.ifma.edu.br

Lorena do Nascimento Dutra

Graduando em Engenharia Elétrica Industrial, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), São Luís – MA. E-mail: lorena.cullen@hotmail.com

Dayane Gonçalves Caliberda

Graduada em Engenharia Elétrica Industrial, Instituto Federal de Educação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), São Luís – MA. E-mail: dayanegoncalves1995@gmail.com

RESUMO

A produção de hidrogênio verde (H₂V) via eletrólise da água é uma tecnologia promissora para a descarbonização global, mas levanta preocupações significativas sobre o consumo de recursos hídricos. Este artigo explora a demanda de água para a produção de H₂V, os impactos potenciais da escassez hídrica, especialmente em regiões com alto potencial de energias renováveis como o Brasil, e propõe soluções sustentáveis para mitigar esses desafios. Serão abordadas tecnologias de eletrólise, o uso de fontes de água não convencionais (como água do mar dessalinizada e efluentes tratados) e a otimização de processos para garantir a viabilidade ambiental do H₂V.

Palavras-chave: Hidrogênio Verde. Escassez Hídrica. Eletrólise da Água. Dessalinização. Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O hidrogênio verde (H₂V), produzido a partir da eletrólise da água utilizando energia de fontes renováveis, é amplamente reconhecido como um vetor energético chave para a transição global rumo a uma economia de baixo carbono [1]. Sua versatilidade permite aplicações em diversos setores, desde a indústria pesada e transporte até o armazenamento de energia. No entanto, a dependência da água como matéria-prima essencial para a eletrólise levanta questões críticas sobre a sustentabilidade hídrica, especialmente em um cenário global de crescente escassez de água doce [2].

Este artigo visa analisar o papel da água na produção de H₂V, quantificar seu consumo, discutir os desafios impostos pela escassez hídrica e apresentar as principais estratégias e tecnologias para garantir que a expansão da economia do hidrogênio verde seja ambientalmente responsável e resiliente a futuras crises hídricas.

2. METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório e descritivo. A metodologia consistiu no levantamento, análise e compilação de informações de diversas fontes, incluindo artigos científicos, relatórios de agências governamentais e internacionais (como a Empresa de Pesquisa Energética - EPE e a Agência Internacional de Energia - IEA), teses, dissertações e publicações especializadas no setor de energia. A busca por referências foi realizada em bases de dados acadêmicas e em portais de instituições de pesquisa, utilizando como descritores: "hidrogênio verde", "energias renováveis", "transição energética", "eletrólise" e "economia do hidrogênio".

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 O Consumo de Água na Produção de Hidrogênio Verde

A eletrólise da água é o processo fundamental para a produção de H₂V, onde a molécula de água (H₂O) é dividida em hidrogênio (H₂) e oxigênio (O₂) pela passagem de corrente elétrica. Teoricamente, são necessários 9 kg de água para produzir 1 kg de hidrogênio. Contudo, na prática, devido a perdas no processo e à necessidade de água para resfriamento e purificação, o consumo real é maior. Estudos indicam que a produção de 1 kg de H₂V pode consumir entre 20 a 30 litros de água, dependendo da tecnologia de eletrólise e da eficiência da planta [3]. Embora esse volume possa parecer significativo, é comparável ou até menor do que a quantidade de água necessária para a produção de hidrogênio a partir de combustíveis fósseis (hidrogênio cinza), que requer entre 20 a 40 litros de água por kg de H₂ [4]. As principais tecnologias de eletrólise incluem: Eletrólise Alcalina (AEL), Eletrólise por Membrana de Troca Protônica (PEMEL) e Eletrólise por Óxido Sólido (SOEC).

3.2 Impactos da Escassez Hídrica e Desafios para o Brasil

A crescente demanda por H₂V pode exacerbar a escassez hídrica em regiões já vulneráveis, especialmente aquelas com alto potencial de geração de energia renovável,

mas com recursos hídricos limitados. O Brasil, apesar de possuir uma das maiores reservas de água doce do mundo, enfrenta desafios de distribuição hídrica em diversas regiões, como o Nordeste, que é também uma área estratégica para a produção de energia solar e eólica [5]. Projetos de grande escala de H₂V em áreas com estresse hídrico podem gerar conflitos pelo uso da água com outras atividades essenciais. A necessidade de água pura para a eletrólise implica em processos de tratamento que também demandam energia e podem gerar efluentes, adicionando complexidade ao gerenciamento hídrico [6].

3.3 Soluções e Melhorias para a Produção Sustentável de H₂V

- **Dessalinização de Água do Mar:** A utilização de água do mar, após dessalinização por osmose inversa, é uma solução viável para regiões costeiras. Embora o processo seja energeticamente intensivo, a integração com a própria energia renovável utilizada para a eletrólise pode mitigar o impacto ambiental e econômico [7]. Cientistas já desenvolveram dispositivos que produzem H₂V e água potável usando apenas sol e água do mar [8].
- **Reuso de Efluentes Tratados:** A água proveniente de estações de tratamento de esgoto ou efluentes industriais, após tratamento adequado, pode ser uma fonte alternativa. Isso não só reduz a demanda por água doce, mas também contribui para a economia circular e a gestão de resíduos [9].
- **Água Salobra:** Em algumas regiões, a água salobra de aquíferos pode ser utilizada, necessitando de tratamento menos intensivo que a água do mar.

Outra frente é a

- **Eletrólise de Alta Eficiência:** O desenvolvimento de eletrolisadores mais eficientes que minimizem as perdas de água e energia é crucial. Tecnologias como a SOEC, que utiliza vapor d'água, podem reduzir a demanda por água líquida.
- **Gerenciamento Integrado de Recursos:** A implementação de sistemas de gerenciamento hídrico que otimizem o uso da água em todas as etapas do processo, incluindo resfriamento e purificação, é essencial. Isso pode envolver a recirculação de água e a minimização de perdas por evaporação.
- **Localização Estratégica:** A escolha de locais para as plantas de H₂V deve considerar a disponibilidade de recursos hídricos e a proximidade de fontes de água não convencionais, evitando áreas com estresse hídrico severo.

Investimentos contínuos em P&D são fundamentais para o avanço de tecnologias que reduzam ainda mais o consumo de água, como a eletrólise direta de água do mar sem dessalinização prévia, ou o desenvolvimento de novos materiais para eletrolisadores que operem com menor pureza de água.

4. CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de hidrogênio verde é uma peça fundamental na estratégia de descarbonização global, mas sua expansão deve ser cuidadosamente planejada para não comprometer a segurança hídrica. O consumo de água, embora gerenciável, exige atenção especial no Brasil, dadas suas particularidades regionais de disponibilidade hídrica. A adoção de fontes de água não convencionais, a otimização dos processos e o investimento em P&D são caminhos essenciais para garantir que o hidrogênio verde seja uma solução energética verdadeiramente sustentável. A colaboração entre governos, indústria e academia será crucial para consolidar o Brasil como um líder na economia do hidrogênio verde, com responsabilidade ambiental.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua profunda gratidão a Deus, à sua família pelo apoio incondicional, aos amigos e colegas pela parceria e colaboração.

6. REFERÊNCIAS

- [1] IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector**. Paris: IEA, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>. Acesso em: 20 set. 2025.
- [2] FERNANDES, G.; AZEVEDO, J. H.; AYELLO, M. **Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil**. FGV ENERGIA, 2023. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/opiniao_artigo_hidrogenio_verde_matriz.pdf. Acesso em: 20 set. 2025.
- [3] VALOR ECONÔMICO. **Produção de H2V tem alto consumo de água e energia**. 7 dez. 2023. Disponível em: <https://valor.globo.com/publicacoes/especiais/hidrogenioverde/noticia/2023/12/07/producao-de-h2v-tem-alto-consumo-de-agua-e-energia.ghtml>. Acesso em: 20 set. 2025.
- [4] RMI. **Distilling Green Hydrogen's Water Consumption**. 2 ago. 2023. Disponível em: <https://rmi.org/hydrogen-reality-check-distilling-green-hydrogens-water-consumption/>. Acesso em: 20 set. 2025.

- [5] ABES. **809-HIDROGÊNIO VERDE**. Disponível em: https://abesdn.org.br/anaisletronicos/33cbesa/809_tema_xi.pdf. Acesso em: 20 set. 2025.
- [6] CLEAN ENERGY GROUP. **Are Blue and Green Hydrogen Too Water Intensive to Be Sustainable?**. 10 set. 2024. Disponível em: <https://www.cleangroup.org/blue-green-hydrogenwater-intensive/>. Acesso em: 20 set. 2025.
- [7] LNEG. **Água para a Produção de Hidrogênio Verde (Renovável)**. 2021. Disponível em: https://www.lneg.pt/wpcontent/uploads/2021/10/PB_UER_Fontes_de_Agua_para_H2_2021_PT_v7.pdf. Acesso em: 20 set. 2025.
- [8] NOTÍCIAS AMBIENTALES. **Cientistas desenvolvem dispositivo que produz hidrogênio verde e água potável usando apenas sol e mar**. 19 jun. 2025. Disponível em: <https://noticiasambientales.com/innovacion-pt/cientistas-desenvolvem-dispositivo-que-produz-hidrogenio-verde-e-agua-potavel-usando-apenas-sol-e-mar/>. Acesso em: 20 set. 2025.
- [9] PAIVA, S. S. M. **Produção de hidrogênio verde ambientalmente sustentável**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/47548>. Acesso em: 20 set. 2025.