

HIDROGÊNIO COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA

HYDROGEN IS AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY

EL HIDRÓGENO COMO FUENTE ALTERNATIVA DE ENERGÍA

Bruno Corrêa Ivanov¹
Diego da Silva Neves²
Gabriel de Oliveira do Carmo³
João Paulo Bittencourt da Silveira Duarte⁴

RESUMO: O hidrogênio, que é representado pelo símbolo H na tabela periódica, é um gás inflamável que, ao entrar em contato com o oxigênio, pode formar água. O intuito deste estudo foi realizar uma revisão da produção de energia a partir do hidrogênio. A revisão da literatura técnico-científica revelou que a descoberta do uso do hidrogênio como combustível é relativamente recente e oferece perspectivas significativas para os próximos anos. Contudo, o seu armazenamento, atualmente, é uma das principais limitações para a sua utilização em larga escala como fonte de combustível. Neste contexto, diversas pesquisas ainda estão em andamento para aprimorar o seu armazenamento, com o intuito de consolidar sua aplicabilidade futura.

Palavras-chave: Elemento. Hidrogênio. Armazenamento.

ABSTRACT: Hydrogen, which is represented by the symbol H in the periodic table, is a flammable gas that, when it comes into contact with oxygen, can form water. The purpose of this study was to carry out a review of energy production from hydrogen. The review of the technical-scientific literature revealed that the discovery of the use of hydrogen as a fuel is relatively recent and offers significant perspectives for the coming years. However, its storage is currently one of the main limitations for its large-scale use as a fuel source. In this context, several studies are still underway to improve its storage, with the aim of consolidating its future applicability.

Keywords: Element. Hydrogen. Storage.

RESUMEN: El hidrógeno, que está representado por el símbolo H en la tabla periódica, es un gas inflamable que, al entrar en contacto con el oxígeno, puede formar agua. El objetivo de este estudio fue realizar una revisión de la producción de energía a partir del hidrógeno. La revisión de la literatura técnico-científica reveló que el descubrimiento del uso del hidrógeno como combustible es relativamente reciente y ofrece perspectivas significativas para los próximos años. Sin embargo, su almacenamiento es actualmente una de las principales limitaciones para su uso a gran escala como fuente de combustible. En este contexto, todavía están en marcha varios estudios para mejorar su almacenamiento, con el objetivo de consolidar su aplicabilidad futura.

Palabras clave: Elemento. Hidrógeno. Almacenamiento.

¹Graduando do curso de engenharia elétrica pela universidade vassouras.

²Graduando do curso de engenharia elétrica pela universidade vassouras.

³Graduando do curso de engenharia elétrica pela universidade vassouras.

⁴Orientador - Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora.

INTRODUÇÃO

A energia, considerada um insumo essencial à indústria, constitui-se também como garantia à sobrevivência de nossa espécie. A geração desta acarreta várias questões na mudança climática global e diante deste cenário, é importante o comprometimento dos países no cumprimento da meta de redução de emissão de Gases de Efeito Estufa, estabelecida no Protocolo de Quioto (1997) (LIMA et al., 2006) e, recentemente confirmada, na Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (RIO+20).

No Brasil e no resto do mundo os subsídios oferecidos à combustíveis fósseis são enormes. No âmbito das discussões sobre a questão energética, aprofundada pelo cenário internacional de escassez do petróleo e pelas mudanças no clima, ocasionadas pela queima de combustíveis fósseis, surgem pesquisas e estudos técnicos, econômicos e de impactos sócio-econômicos e ambientais (JANNUZZI, 2002). Em dias atuais, estão sendo realizados empreendimentos de energias alternativas ou renováveis voltados para o desenvolvimento de alternativas na produção de energia, a partir de matéria orgânica de origem animal e vegetal, a biomassa; a partir da força dos ventos, a chamada energia eólica; através da captação da luz do sol, a energia solar, e a partir de pequenas centrais hidrelétricas, as quais atendem às demandas em áreas periféricas ao sistema de transmissão (PACHECO, 2006).

4112

Em meio a tal cenário global, a atual busca por fontes de energias renováveis e limpas é extremamente importante para que se alcance um desenvolvimento sustentável (DAS; VEZIROGLU, 2001).

O hidrogênio se tornará “A escolha da energia limpa” do futuro, junto com a eletricidade serão a principal fonte de energia e fornecerão a base para uma sociedade sustentável (BENEMANN, 1996).

Neste contexto, o hidrogênio tem emergido como uma promissora alternativa energética, despertando interesse devido às suas características únicas e potencial para enfrentar desafios ambientais e energéticos. Na fórmula, com uma abundante presença no planeta, o hidrogênio oferece vantagens significativas, por exemplo, com seu uso como fonte de combustível, ele oferece uma alta velocidade de combustão e alta eficiência no seu uso em células de combustível.

No entanto, apesar dessas vantagens, a utilização do hidrogênio também apresenta desafios substanciais. A dependência de metais nobres, como a platina, pode aumentar os custos de produção e tornar os processos mais complexos. Além disso, por tornar um custo elevado

associado à sua produção, armazenamento e distribuição pode limitar sua viabilidade econômica.

Outro ponto desafiador, está no transporte e na distribuição do hidrogênio também não são tarefas simples. Sua baixa densidade energética requer sistemas de transporte e infraestrutura específicos, o que pode resultar em dificuldades logísticas e custos adicionais. Apesar das limitações, a crescente preocupação com as mudanças climáticas e a busca por fontes de energia mais limpas têm impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de soluções para superar os obstáculos relacionados (CENPE, 2020).

O objetivo do presente trabalho é discutir como as propriedades do hidrogênio podem ser aproveitadas como fonte alternativa de energia sustentável, considerando simultaneamente os desafios, vantagens e perspectivas futuras em relação à sua produção e utilização.

MÉTODOS

A pesquisa realizada neste trabalho baseou-se no método da pesquisa bibliográfica, que se define como uma abordagem metódica que envolve a obtenção, interpretação e síntese de informações. O processo metodológico envolveu as seguintes etapas:

Definição dos Objetivos: Foram estabelecidos objetivos gerais e específicos que direcionaram a pesquisa, com a identificação das principais questões a serem abordadas.

Seleção de Fontes Bibliográficas: Foram selecionadas fontes bibliográficas relevantes, incluindo livros, artigos científicos, e estudos acadêmicos.

Análise Crítica: As fontes selecionadas foram submetidas a uma análise crítica. Isso envolveu a avaliação da qualidade, relevância e confiabilidade das fontes, bem como a identificação de lacunas e contradições na literatura.

Síntese de Informações: As informações coletadas foram sintetizadas e organizadas de acordo com os tópicos relevantes para a pesquisa.

A pesquisa bibliográfica permitiu uma abordagem abrangente e fundamentada do tema, incorporando perspectivas teóricas e evidências empíricas relevantes. Além disso, proporcionou uma compreensão aprofundada sobre como o hidrogênio pode ser utilizado como fonte alternativa de energia, contribuindo assim para o desenvolvimento do conhecimento acerca do tema.

RESULTADOS

Hidrogênio, o primeiro elemento da tabela periódica, é o elemento menos complexo e o elemento mais abundante no universo (PUSZ, 2001). O hidrogênio é um elemento-chave da água, que abrange mais de 60% da superfície do planeta. O hidrogênio aparece em diferentes formas de plantas, animais, seres humanos, combustíveis fósseis, e outros compostos químicos (SLOOP, 1978).

O hidrogênio é constantemente estudado como uma eficiente fonte de combustível limpa e sustentável devido à sua versatilidade e mínimo impacto ambiental quando utilizado em determinadas aplicações. Sabe-se que o interesse pelo hidrogênio começou no início na década de 90 quando a poluição atmosférica e as mudanças climáticas tornaram-se aparentes (BENEMANN, 1996).

Na busca por fontes de energia alternativas e sustentáveis, o hidrogênio se destaca como uma opção promissora. Ele é visto como um vetor energético essencial para o futuro, especialmente por seu papel nas pilhas de combustível, que podem ser aplicadas na indústria automobilística, além de permitir a produção descentralizada de energia. Assim, o hidrogênio tem o potencial de se tornar uma das formas mais sustentáveis de energia nos próximos anos, tendo diversas formas de utilização como combustível.

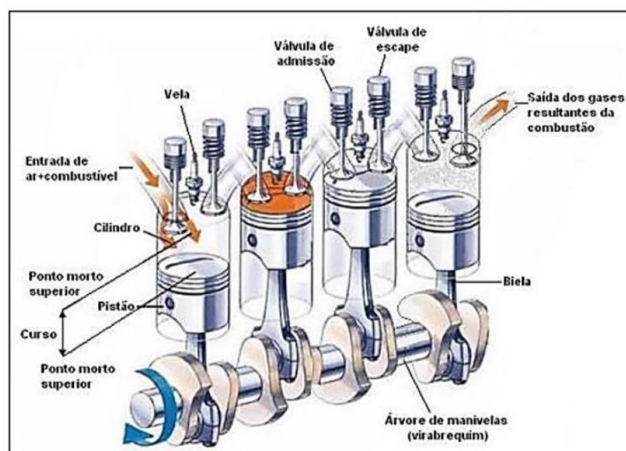
4114

“Nos motores de combustão interna, ou endotérmicos, o combustível é queimado no interior do cilindro motor. Os motores a gasolina, a gasóleo, a metano e a gás líquido pertencem a esta categoria.” (LIMA, 2009, p.04).

Os motores que possuem o processo de combustão interna produzem trabalho através da queima de combustível, o seu princípio básico de funcionamento tende a aproveitar, ao máximo, o aumento de pressão causado pela reação de combustão entre o ar e o combustível, a fim de se gerar movimento de rotação no motor de um veículo automotivo (MACHADO, 2014).

A figura abaixo ilustra a estrutura de um motor de combustão interna de quatro tempos, mostrando as diferentes peças que o compõem. Ela também detalha o processo que ocorre durante a fase de combustão, explicando como tudo funciona em cada etapa.

Figura 2 - Estrutura de um motor de combustão interna de 4 tempos.



Fonte: (WOLLMANN, 2013)

De acordo com Da Silva (2017a, p. 30), o objetivo de um motor de combustão interna é gerar potência mecânica a partir da energia química presente no combustível. Nesse sentido, Martins (2006) acrescenta que esses motores são dispositivos que, por meio da queima de combustível, realizam trabalho.

O uso do hidrogênio em motores de combustão interna apresenta várias vantagens, principalmente no que diz respeito à redução das emissões de poluentes. Como o hidrogênio, quando queimado, produz apenas vapor d'água como subproduto, sua utilização pode contribuir significativamente para a diminuição da poluição do ar em comparação com combustíveis fósseis, que emitem dióxido de carbono e outros gases nocivos (KRAUSS, 2020).

No entanto, a adoção do hidrogênio como combustível em motores de combustão interna enfrenta algumas limitações. Um dos principais desafios é a necessidade de adaptações tecnológicas nos motores existentes, pois o hidrogênio possui características de combustão diferentes, como uma taxa de ignição mais rápida e uma faixa de inflamabilidade mais ampla (PEREIRA, 2019). Além disso, a infraestrutura para produção, armazenamento e distribuição de hidrogênio ainda é limitada, o que pode dificultar a sua implementação em larga escala e aumentar os custos associados (SILVA, 2021).

O hidrogênio que se obtém através de sua forma pura através do processo da eletrólise da água, pode apresentar algumas propriedades químicas e físicas que torna adequado o seu uso principalmente em motores de combustão interna. Além disso, o uso desse elemento no motor

faz com que o nível de emissão de gases poluentes possa diminuir, tendo em vista que o mesmo se torna livre de carbono (SILVA, 2017).

O hidrogênio tem sido explorado em diversas aplicações práticas em motores de combustão interna, principalmente no setor automotivo. Vários fabricantes estão testando motores que operam com hidrogênio, utilizando-o como combustível alternativo para reduzir as emissões de carbono. Por exemplo, a Toyota e a BMW têm investido em tecnologias que permitem a adaptação de motores a gasolina para o funcionamento com hidrogênio, visando manter a performance e a eficiência dos veículos enquanto minimizam o impacto ambiental (MARTINS, 2021).

Além do setor automotivo, o hidrogênio também pode ser aplicado em máquinas industriais e equipamentos pesados, onde a potência e a eficiência são cruciais. Em ambientes como canteiros de obras e operações de mineração, motores de combustão interna movidos a hidrogênio podem oferecer uma alternativa à diesel, reduzindo as emissões de poluentes e melhorando a qualidade do ar (SOUZA, 2020).

O funcionamento das células a combustível se baseia em reações eletroquímicas. Ocorrendo da seguinte maneira, o hidrogênio é injetado no ânodo, local onde acontece a separação em elétrons e prótons. No momento em que os prótons permeiam o eletrólito em direção ao cátodo, os elétrons passam por um circuito externo, concebendo corrente elétrica que pode ser usada em veículos ou dispositivos. No cátodo, os prótons e os elétrons se harmonizam com o oxigênio do ar, gerando como subproduto o vapor d'água, tornando o processo, além de eficiente, menos agressivo ao meio ambiente.

Existem uma grande diversidade de células a combustível, cada uma com suas características:

- Células a Combustível de Membrana de Troca de Prótons (PEMFC): Utilizam um eletrólito de polímero, são compactas e operam em baixas temperaturas, usualmente usadas em veículos e aplicações portáteis.
- Células a Combustível de Óxido Sólido (SOFC): Operam em altas temperaturas, comumente entre 500°C e 1000°C, sendo indicadas para aplicações estacionárias, como fornecimento de energia para indústrias e residências.
- Células a Combustível de Ácido Fosfórico (PAFC): Portam uma boa eficiência e estabilidade, trabalhando casualmente com temperatura intermediária de 200°C, sendo usadas em aplicações estacionárias para geração de energia em pequena escala.

- **Células a Combustível Alcalinas (AFC):** Eram utilizadas em programas espaciais, apesar de oferecerem alta eficiência e baixo custo, são sensíveis à contaminação por dióxido de carbono.

O uso do hidrogênio em células combustíveis é uma alternativa auspiciosa para a produção de energia, porém acarreta vantagens e limitações que precisam ser levadas em consideração.

- **Fonte de energia versátil,** que pode ser aplicada em transportes como, automóveis, ônibus e trens, geração de energia estacionária e até mesmo eletrônicos portáteis (Li et al., 2015).

- **Potencial de descarbonização em massa,** como ele é produzido a partir de fontes renováveis, o hidrogênio acaba permitindo que as células a combustível sejam parte de um sistema sustentável (Saba et al., 2018).

Já as limitações são, o alto custo de produção, transporte e distribuição, além das células a combustível enfrentarem problemas de degradação com o passar do tempo, aumentando os custos da manutenção e limitando sua vida útil (Litster & McLean, 2004).

DISCUSSÃO

4117

De acordo com Zan (2010), as vantagens do hidrogênio decorrem dos seguintes fatores:

Redução das Emissões de Poluentes na Atmosfera: O uso de hidrogênio como combustível resulta em emissões reduzidas de poluentes no ambiente, o que é benéfico para a qualidade do ar e para a saúde pública.

Velocidade de Combustão Superior: O hidrogênio possui uma velocidade de combustão mais rápida em comparação com outros combustíveis, o que pode resultar em maior eficiência e desempenho nos motores.

Eficiência da Célula Combustível: As células de combustível movidas a hidrogênio tendem a ser mais eficientes do que os motores de combustão interna convencionais, aumentando a eficácia da conversão de energia.

Recurso Ilimitado: O hidrogênio é considerado um recurso virtualmente ilimitado, pois pode ser obtido a partir de várias fontes, incluindo água e materiais orgânicos.

Redução de Emissões de Dióxido de Carbono: Mesmo que a produção inicial de hidrogênio possa envolver combustíveis poluentes, seu uso como combustível pode

resulta em uma diminuição significativa (até 50%) nas emissões de dióxido de carbono em comparação com combustíveis tradicionais, tornando-o uma alternativa renovável e ambientalmente mais amigável.

Esses pontos positivos destacam o potencial do hidrogênio como uma alternativa promissora para enfrentar os desafios ambientais e energéticos atuais. Segundo o documento da "Célula de Combustível" (2013), algumas das desvantagens associadas ao uso do hidrogênio são as seguintes:

Dependência de Metais Nobres, como a Platina: A fabricação de células de combustível muitas vezes requer o uso de metais nobres, como a platina, o que pode aumentar os custos e a complexidade do processo.

Custo Elevado: A produção, armazenamento e distribuição do hidrogênio podem envolver custos consideráveis, especialmente devido à necessidade de tecnologias e infraestrutura específicas.

Desafios de Transporte: O transporte do hidrogênio pode ser complicado devido à sua baixa densidade energética em relação ao volume. Isso requer sistemas de transporte especializados, que podem ser dispendiosos e complexos.

Dificuldades na Distribuição: A distribuição do hidrogênio para pontos de consumo também pode ser uma tarefa desafiadora devido à necessidade de infraestrutura de armazenamento e distribuição específica.

Essas desvantagens evidenciam que, apesar das vantagens do hidrogênio como fonte de energia, ainda existem obstáculos técnicos e econômicos que precisam ser superados para sua implementação em larga escala.

CONCLUSÃO

No cenário atual, a notável progressão relacionada ao hidrogênio (H) é evidentemente positiva. No entanto, permanece de suma importância impulsionar novas pesquisas direcionadas ao seu uso como combustível, incluindo melhorias no armazenamento e na distribuição por todo o território brasileiro. Os principais avanços concentram-se na capacidade de armazenamento e na utilização como fonte de combustível, emergindo como uma opção ecologicamente sustentável e de fabricação acessível. Em última análise, este estudo contribuiu significativamente para um melhor e mais profundo entendimento do hidrogênio e seu processo de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

BENEMANN JR. Hydrogen Biotechnology: Progress and Prospects. *Nat. Biotechnol.*, v. 14, p. 1101-1103, 1996.

DAS, D.; VEZIROGLU, N. Hydrogen Production by Biological Processes: A Survey of Literature. *Int. J. Hydrogen Energy*, v. 26, p. 13-28, 2001.

DA SILVA, Givanildo Santos et al. Automóveis Movidos a Base de Água, Através da Célula Produtora de Combustível Hidrogênio. *UNIT, Alagoas*, v. 3, n. 3, p. 30, 2017a.

DE SÁ, V.; CAMAROTAN, M. C. FERREIRA-LEITÃO, V. S. Produção de Hidrogênio via Fermentação Anaeróbia: Aspectos Gerais e Possibilidade de Utilização de Resíduos Agroindustriais Brasileiros. *Química Nova*, v. 37, p. 857-867, 2014.

HIDROGÊNIO: O FUTURO DA ENERGIA. 2020. Disponível em: <https://www.cenpe.gov.br/hidrogenio-o-futuro-da-energia>. Acesso em: 15 out. 2024.

JANUZZI, G. M. Energia e Mudanças Climáticas: Barreiras e Oportunidades para o Brasil. 2002. Disponível em: <http://www.comciencia.br>. Acesso em: 11 set. 2024.

KRAUSS, A. O Hidrogênio como Combustível do Futuro. *Revista de Energia Renovável*, v. 12, n. 4, p. 34-45, 2020

LIMA, M. S. O.; REBELATTO, D. A. N.; SAVI, E. M. S. O Papel das Fontes Renováveis de Energia na Mitigação da Mudança Climática. In: XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, p. 1-9, 6 a 8 de Novembro de 2006.

4119

LI, H.; ZHANG, S.; XU, Q.; ZHU, X. Hydrogen Production from Water Electrolysis: Development and Perspectives. *Journal of Power Sources*, v. 285, p. 10-18, 2015.

LITSTER, S.; MCLEAN, G. PEM Fuel Cell Electrodes. *Journal of Power Sources*, v. 130, n. 1, p. 61-76, 2004.

MACEDO, M. U.; CARVALHO, A. Química. Instituto Brasileiro de Edições Pedagógicas, 2006.

MARTINS, J. A Nova Era do Hidrogênio no Setor Automotivo. *Revista de Engenharia Automotiva*, v. 18, n. 1, p. 45-56, 2021.

PACHECO, F. Energias Renováveis: Breves Conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, Salvador: SEI, v. 149, out. 2006, p. 4-11.

PEREIRA, L. Tecnologia dos Motores de Combustão Interna. *Journal of Automotive Engineering*, v. 15, n. 2, p. 123-130, 2019.

SABA, S. M.; MOLLIÉ, R.; PERNIAREK, D.; WERNER, D. The Investment Costs of Electrolysis: A Comparison of Cost Modeling Approaches. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 43, n. 3, p. 1381-1389, 2018.

SANTOS, F. M. S. M.; SANTOS, F. A. C. M. O Combustível "Hidrogênio". Educação, Ciência e Tecnologia, 2001.

SILVA, G. M.; SILVA, L. G. M. OIKNINE, L.; DASSOLER, T. S. Produção Biotecnológica de Hidrogênio. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Química e Alimentos, 2009.

SILVA, R. A Infraestrutura de Hidrogênio: Desafios e Oportunidades. Revista Brasileira de Tecnologia Energética, v. 10, n. 3, p. 67-78, 2021.

SLOOP, L. J. Liquid Hydrogen as a Propulsion Fuel. The NASA History Series, Washington (DC); 1978.

SOUZA, P. R. Hidrogênio em Aplicações Industriais: Desafios e Oportunidades. Journal of Industrial Technology, v. 14, n. 2, p. 112-120, 2020.

ZAN, G. F. F. Hidrogênio, o Combustível do Futuro. Complexo Educacional Contemporâneo, 2010.