

HIDROGÊNIO VERDE: CADEIA PRODUTIVA E AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE PRODUÇÃO EM PLANTA DE REFINO DE PETRÓLEO

Gustavo Henrique Romeu da Silva, gustavo.romeu@unesp.br¹
Nazem Nascimento, nazem.nascimento@unesp.br²

¹ Universidade Estadual Paulista – Campus de Guaratinguetá, Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333 - Portal das Colinas - Guaratinguetá/SP.

² Universidade Estadual Paulista – Campus de Guaratinguetá, Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333 - Portal das Colinas - Guaratinguetá/SP.

Resumo. Hoje, uma das grandes preocupações sobre a produção de hidrogênio verde (HV) é a alta demanda de eletricidade para quebrar a molécula de água (eletrólise). No entanto, verifica-se, na literatura, que a tendência é que nos próximos 10 anos o custo de produção de HV cairá cerca de 70%. Seguindo esta linha de pensamento, propõe-se, neste trabalho, determinar a possibilidade concreta de produção de hidrogênio verde utilizando a estrutura de uma planta de refino de petróleo, por meio de pesquisas bibliográficas sobre a cadeia produtiva do HV - produção, armazenamento e geração de energia elétrica, e experimentos práticos. Atualmente, o hidrogênio já é produzido nas refinarias, porém, esse hidrogênio é caracterizado como hidrogênio cinza (HC), pois há emissão de dióxido de carbono. O projeto de pesquisa está em andamento; atualmente, são formuladas hipóteses acerca da possibilidade de produzir HV utilizando a estrutura de uma planta de refino de petróleo e a ideia central que está sendo avaliada é utilizar o hidrogênio azul (HA), que resulta da captura de dióxido de carbono, como porta de transição para HV ou mudar a matéria-prima, de fóssil para outra de fonte renovável e encontrar um método sustentável de extração utilizando refinarias.

Palavras-chave: Eletrólise. Energia. Hidrogênio Verde. Planta de Refino de Petróleo. Sustentável.

Abstract. Today, one of the major concerns about green hydrogen (GH) production is the high demand for electricity to break down the water molecule (electrolysis). However, it is verified in the literature that the trend is that in the next 10 years the cost of GH production will fall about 70%. Following this line of thought, it is proposed, in this work, to determine the concrete possibility of producing green hydrogen using the structure of an oil refining plant, through bibliographic research on the GH production chain - production, storage and generation of electricity, and practical experiments. Currently, hydrogen is already produced in refineries, however, this hydrogen is characterized as gray hydrogen (GH), because there is carbon dioxide emission. The research project is in progress; currently, hypotheses are formulated about the possibility of producing GH using the structure of an oil refining plant and the central idea being evaluated is to use blue hydrogen (BH), which results from the capture of carbon dioxide, as a transition port to GH or change the raw material, from fossil, to another renewable source and find a sustainable method of extraction using refineries.

Keywords: Electrolysis. Energy. Green Hydrogen. Oil Refining Plant. Sustainable.

1. INTRODUÇÃO

A emergente transição energética é particularmente descrita como um movimento em direção a um sistema mais limpo e com menor teor de carbono. Os governos buscam meios cada vez mais ambiciosos para conter as emissões de gases de efeito estufa e diminuir sua dependência de combustíveis fósseis ou diversificar suas economias de energia (ZHONG, 2018). Dessarte, o hidrogênio (H₂), há anos vem sendo destacado como a fonte energética do futuro. Este elemento é o componente químico mais abundante no universo e possui diversos campos científicos de interesse, principalmente sobre células de combustível (LAMEIRAS, 2019).

Em razão da evolução do mercado global e do avanço dos estudos na procura por novos métodos renováveis para obtenção de energia e por formas de minimizar as emissões de gases produzidos pela atividade industrial, na busca por recursos mais eficientes e sustentáveis de distribuição e armazenamento da energia, o hidrogênio mostra-se como escolha

de suma importância para ser estudado e avaliado. Especialmente no que concerne à distribuição e armazenamento concomitante a outras fontes, visto que alternativas já conhecidas como solar e eólica apresentam ainda alguns obstáculos neste segmento (FERREIRA, 2020).

Dentre os fatores que impulsionam o crescimento do uso do hidrogênio, tem-se a tendência de descarbonização das fontes de energia (como exemplo, o Acordo de Paris: principal e mais atualizado tratado internacional contra as mudanças climáticas causadas pelo homem), aquecimento global e a finitude das reservas de petróleo/gás natural.

A função do hidrogênio em um futuro mecanismo de energia com uma elevada parcela de fontes variáveis de energia renovável é considerada crucial para equilibrar as flutuações na geração de eletricidade. Tais flutuações podem ser compensadas por meio de medidas de flexibilidade, como geração flexível, expansão da transmissão e armazenamento (CAGLAYAN, *et al.*, 2019).

Apesar do gás hidrogênio ser produzido a partir de energia renovável – chamado como 'hidrogênio verde' - seja o destino da indústria, a análise aponta que o setor só pode escalar realisticamente para grandes volumes e infraestrutura com hidrogênio livre de carbono produzido a partir de combustíveis fósseis combinados com tecnologia CCS (*Cascading Style Sheets*), ou o que é conhecido como 'hidrogênio azul' (*Offshore Energy*).

2. METODOLOGIA E MATERIAIS

Inicialmente, neste trabalho de pesquisa, realiza-se uma revisão bibliográfica, a fim de adquirir conhecimentos suficientes para realizar todas as etapas da pesquisa de forma correta e na aparição de problemas, saber resolvê-los de forma ágil e precisa. Logo após, o foco é na cadeia produtiva do hidrogênio, analisando os produtos derivados do H₂ e o emprego do mesmo em outras cadeias produtivas de matriz energética, determinando-se as vantagens e desvantagens da produção e aplicação desse elemento.

Após os estudos e análises do H₂, investigar-se-á sobre uma refinaria de petróleo, nesse sentido se procederá a formulação de hipóteses acerca da possibilidade de produzir hidrogênio verde em planta de refino de petróleo. Posterior a isto, testar-se-á essas hipóteses utilizando-se de métodos qualitativos e quantitativos e, em seguida, será interpretado os resultados das análises a fim de determinar a concreta contingência de produzir hidrogênio verde em refinarias para, por fim, efetuar-se o desenvolvimento do projeto detalhado.

2.1 Desenvolvimento

O desenvolvimento do trabalho se deu em etapas:

Etapa 1: Revisão Bibliográfica.

Etapa 2: Estudo da cadeia produtiva do hidrogênio.

Etapa 3: Análise dos produtos derivados do hidrogênio e do emprego do mesmo em outras cadeias produtivas.

Etapa 4: Estudo das vantagens e desvantagens da produção e emprego do hidrogênio.

Etapa 5: Estudo de uma refinaria de petróleo.

Etapa 7: Formular hipóteses acerca da possibilidade de produzir hidrogênio verde em planta de refino de petróleo.

Testar as hipóteses utilizando métodos qualitativos e quantitativos.

Etapa 8: Interpretação dos resultados das análises. Desenvolvimento do projeto detalhado.

Na atualidade, estuda-se a possibilidade de utilizar HA, que resulta da captura de dióxido de carbono, como porta de transição para HV ou trocar a matéria-prima, de fóssil, para outra de fonte renovável e encontrar um método sustentável de extração utilizando refinarias.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

3.1 Cadeia produtiva

Através da revisão bibliográfica, elaborou-se uma tabela contendo a descrição dos principais tipos de hidrogênio de interesse para a pesquisa:

Tabela 1. Classificação do hidrogênio – avaliadas na pesquisa (Os Autores)

Cor	Classificação	Descrição
	hidrogênio cinza	produzido do gás natural sem CCUS (captura de CO ₂)
	hidrogênio azul	produzido a partir de gás natural (eventualmente, também a partir de outros combustíveis fósseis) com CCUS
	hidrogênio verde	produzido a partir de fontes renováveis (particularmente, energias eólica e solar) via eletrólise da água

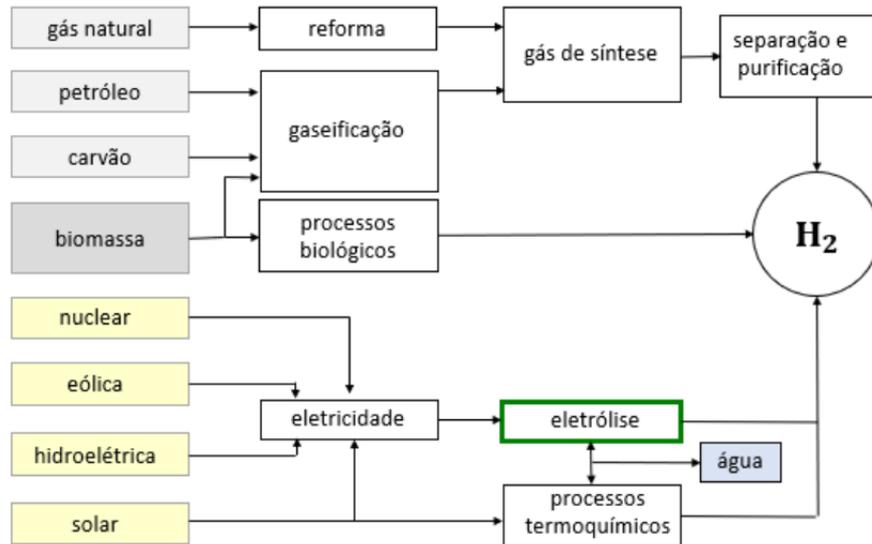


Figura 1. Diagrama do processo produtivo do hidrogênio (Os Autores)

O processo de obtenção do hidrogênio verde se dá por meio da eletrólise da água. Podendo ser de duas maneiras: convencional ou avançada.

3.1.1 Eletrólise Convencional

Na eletrolise convencional trabalha-se em um ambiente alcalino. A água é alimentada ao catodo, sofre um processo de redução formando hidrogênio e OH^- , que passa pelo diafragma, e no anodo, esse OH^- , sofre uma reação de oxidação liberando o oxigênio e formando água.



3.1.2 Eletrólise Avançada

Na eletrólise avançada tem-se a utilização de uma membrana como eletrólito. Nesse tipo de eletrólise a água é alimentada ao anodo da célula, e neste, ocorre uma semirreação de oxidação formando o oxigênio e prótons, os quais são transportados através do eletrólito até o lado do catodo e, neste, os prótons se combinam com os elétrons formando o hidrogênio.

3.2 Avaliação da possibilidade de produção em planta de refino de petróleo

Na primeira hipótese, espera-se encontrar uma matéria-prima que seja rica em hidrogênio e um método sustentável de extração utilizando refinarias. Na segunda hipótese, objetiva-se utilizar o hidrogênio azul como porta de transição para o hidrogênio verde, de modo a inibir quaisquer níveis de dióxido de carbono gerado no processo produtivo.

4. DISCUSSÕES

Nos últimos anos, o gás hidrogênio tem gerado uma atenção significativa de pesquisadores e governantes, uma vez que é apontado como um combustível alternativo, com a promessa de significativa contribuição para a transição energética e substancial no processo de descarbonização. Nessa perspectiva, segundo um estudo realizado pelo Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), embora diversas políticas públicas de incentivo estejam sendo implantadas no mundo, a aplicação do hidrogênio ainda é restrita essencialmente ao refino de petróleo e à fabricação de produtos químicos - especialmente amônia e metanol. Existe, contudo, a conformidade de que o H_2 é uma tecnologia de energia de baixo carbono muito promissora e vem sendo estimulada pela queda dos custos da energia renovável e pelo crescimento tecnológico dos veículos elétricos, das células a combustível e dos dispositivos de eletrólise. Nesse cenário, o hidrogênio verde vem ganhando cada vez mais repercussão, tanto no cenário internacional, como no nacional. Isto devido ao aumento da demanda energética mundial e da crescente pressão pelo controle de emissões poluentes, principalmente àquelas relacionadas ao aquecimento global.

Como proposta inicial a ser avaliada, tem-se que, primeiramente, avaliar o custo de produção de HV comparado ao custo de produção do HA. Uma vez que a dependência da rede é suprimida no processo azul, o custo do processo de eletrólise aumenta significativamente, dado que requer uma alta demanda de eletricidade. Deste modo, o custo da produção de eletricidade (energia solar e eólico) torna-se um parâmetro determinante no processo. Uma vez analisado o detalhamento do custo da produção de hidrogênio verde, a maior parcela vai para o custo da eletrólise.

Segundo um estudo realizado pela *Internacional Renewable Energy Agency* (IRENA), no ano de 2019 o custo de produção de hidrogênio verde ficou em torno de 4 a 7 dólares por quilo. No entanto, segundo a Profa. Dra. Mariana de Mattos, membro da Escola de Química, da UFRJ, existe uma tendência de redução elevada destes valores para os próximos anos. Segundo a pesquisadora, entre os anos de 2030 e 2035 o custo de produção de HV estará próximo ao custo de produção do HC, oriundo de fontes fósseis. Desse modo, é possível constatar que nos próximos 10, ou 20 anos, será possível produzir hidrogênio verde a custos competitivos com o hidrogênio de matriz fóssil.

Em um estudo internacional recente denominado: *Green hydrogen as an alternative fuel for the shipping industry* (ATILHAN, *et al.*, 2021), publicado pela Revista Elsevier, os pesquisadores apontam que embora o custo da eletrólise dificulte a implementação da técnica de produzir HV, com o avanço em materiais e outras questões técnicas é possível ultrapassar os problemas relacionados a esta abordagem. Segundo o estudo, o custo da produção de hidrogênio verde será reduzido em cerca de 70% durante a próxima década – em conformidade com os estudos da Dra. Mariana de Mattos. Assim, permitirá a implementação generalizada da abordagem de produção de hidrogênio.

5. CONCLUSÕES

O gás hidrogênio pode ser utilizado como fonte energética em substituição aos hidrocarbonetos tradicionais, cuja produção ocorre a partir de diversas tecnologias, como combustíveis fósseis, energia nuclear e energias renováveis, com uma eficiência razoável. Constata-se que, hoje, uma das grandes preocupações sobre a produção de hidrogênio verde é a alta demanda de eletricidade para quebrar a molécula de água (eletrólise). No entanto, verificou-se na literatura que a tendência é que nos próximos 10 anos, o custo de produção de HV cairá cerca de 70%.

Diante disso, seguindo essa tendência de descarbonização das fontes de energia, este trabalho tem como proposta apresentar um método de extração de H_2 mais sustentável. Para tanto, avaliar-se-á a aplicação do hidrogênio na indústria, sua cadeia produtiva, suas tecnologias, produção, armazenamento e geração de energia elétrica, de modo a determinar o potencial para possível inclusão de produção de HV em plantas de refino de petróleo.

Em conformidade com o estudo realizado pela GESEL, acreditamos que o H_2 realmente é uma tecnologia de energia de baixo carbono muito promissora e que o atual estudo é de grande relevância na busca do barateamento da produção de HV. Atualmente, já se produz hidrogênio em refinarias, no entanto, esse hidrogênio é caracterizado como Hidrogênio Cinza, pois há a emissão de gás carbônico.

Nesse cenário, vários países já realizam estudos técnico-econômicos e desenvolvem projetos com importância significativa na compatibilidade do H_2 com a infraestrutura de gás natural ou com a sua reforma. Em primeira instância, a introdução de hidrogênio produzido a partir de fontes renováveis, denominado de “hidrogênio verde”, torna o metano fóssil menos poluente, posto que gera um elevado impacto climático quando queimado. Em segunda instância, permitindo que o H_2 seja misturado ao gás natural no gasoduto, o governo poderia fornecer um mercado confiável aos produtores de gás hidrogênio, garantindo o escoamento da produção.

Atualmente, a ideia central que está sendo avaliado na pesquisa é utilizar o hidrogênio azul, o qual decorre da captura de CO_2 , como uma ponte para produzir o hidrogênio verde em refinarias, ou mudar a matéria-prima, de fóssil, para outra de fonte renovável.

O projeto de pesquisa está em andamento; atualmente, são formuladas hipóteses sobre a possibilidade de produzir HV utilizando a estrutura de uma planta de refino de petróleo para finalmente desenvolver o projeto detalhado. Na primeira hipótese, espera-se encontrar um material rico em hidrogênio e um método de extração sustentável usando refinarias. Na segunda hipótese, o objetivo é usar o hidrogênio azul como porta de transição para o hidrogênio verde, para inibir quaisquer níveis de dióxido de carbono gerados no processo de produção.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho tem o apoio financeiro da ANP, FINEP e MCTI, através do programa PRH 34.1 FEG/UNESP.

7. REFERÊNCIAS

ATILHAN, S.; PARK, S.; EL-HALWAGI, M. M.; ATILHAN, M.; MOORE, M.; NIELSEN, R. B. Green hydrogen as an alternative fuel for the shipping industry. ELSEVIER, Amsterdã, v. 31, n. 1, p. 1-8, 8 fev. 2021. Disponível em: <doi.org/10.1016/j.coche.2020.100668 >. Acesso em: 25/02/2022

CAGLAYAN, D.G.; WEBER, N.; HEINRICH, H.U.; LINBEN, J.; ROBINIUS, M.; KUKLA, P.A. Technical potential of salt caverns for hydrogen storage in Europe. *Hydrogen Energy*, 2019; 45:6793–805. Disponível em: <doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.12.161 >.

ELIZIÁRIO, S; DANTAS, M. C; SILVA, K; THOMAS, A. Novas perspectivas para o mercado de hidrogênio com o novo mercado de gás. CanalEnergia, v. 1, n. 1, p. 1-7, 17 nov. 2020. Disponível em: www.canalenergia.com.br/artigos/53153984/novas-perspectivas-para-o-mercado-de-hidrogeniocom-o-novo-mercado-de-gas. Acesso em 25/02/2022.

FERREIRA, A. R. Perspectivas de futuro do uso do hidrogênio como recurso renovável na matriz energética. Universidade Federal de Minas Gerais, 2020. p. 1-62. Disponível em: < hdl.handle.net/1843/36163 >. Acesso em: 06/03/2022.

LAMEIRAS, F. L. O hidrogênio como vetor de energia. Escola superior de Guerra, 2019. 14-20. Disponível em: <antigo.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=1d8b37a8-a0d4-deee-74fe-02f4e4abc65d&groupId=36208>

Offshore Energy. Hydrogen on oil and gas industry's decarbonization horizon. 2020. Disponível em: <www.offshore-energy.biz/hydrogen-on-oil-and-gas-decarbonisation-horizon/>.

ZHONG M., Brazilian M.D. Contours of the energy transition: Investment by international oil and gas companies in renewable energy, 2018; 31:82–91. Disponível em: <doi.org/10.1016/j.tej.2018.01.001>.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.