

Análise do custo de produção do hidrogênio de baixo carbono no Brasil

artigo escrito por: Barbara Barbosa, Danieli Batista, Stewart Estevam, Rafael Lobato, Luiz Novellino para a formação no CapacitaCCEE - turma 6

madrinha: Lisandra Castro

Introdução

O hidrogênio de baixo carbono tem se mostrado uma alternativa global capaz de minimizar as emissões de carbono em diversos setores de difícil descarbonização, uma vez que os atuais indicadores mostram que dificilmente atingiremos a meta do Acordo de Paris e do Net Zero by 2050. Em contraponto, o Brasil está entre os principais preponentes com um cenário favorável para produção e venda do hidrogênio de baixo carbono, devido a sua ampla capacidade de produção de energia renovável, advinda de uma matriz energética diversa e mantida a um preço competitivo.

Neste artigo explora-se a viabilidade da produção do hidrogênio de baixo carbono, a partir da análise do impacto do custo da energia em seu processo produtivo. Ressalta-se que o hidrogênio de baixo carbono, antes conhecido como “hidrogênio verde” ou “hidrogênio renovável”, é aquele cuja molécula do gás é produzida a partir do processo de eletrólise da água, com eletricidade renovável.

No capítulo Composição do Custo de Produção do Hidrogênio, detalha-se os custos provenientes da produção do hidrogênio de baixo carbono, que normalmente é impulsionado pelo CAPEX ou pelas despesas de capital (para investimentos e manutenções com eletrolisadores), custo da eletricidade (que deve ser o principal foco de estudo deste artigo, a se considerar que os motivadores econômicos devem ser focados em manter-se uma produção renovável do hidrogênio e ao mesmo tempo condicionar o custo mais viável para sua produção), níveis de utilização de eletrolisadores e custos logísticos, que não menos importante, tendem a ser uma dificuldade para o processo de comercialização deste gás.

Em adicional, no capítulo Preço da Eletricidade por Fonte de Geração, discute-se o preço da energia no Brasil por fonte de geração, com a missão de entender a relação entre a região onde a energia é produzida e a disponibilidade de seu uso para produção do hidrogênio. Por fim, no capítulo Análise Brasil – Panorama de Projeção do Custo da Energia, apresenta-se um horizonte sobre o peso do preço da energia por fonte, ao longo do tempo, vislumbrando um futuro em que a produção do hidrogênio de baixo carbono seja viabilizada e facilitada pelo acesso à energia renovável no Brasil.

Composição do Custo de Produção do Hidrogênio

Um dos fatores de competitividade na indústria de hidrogênio de baixo carbono é a projeção da redução dos custos de produção. Considerando que cerca de 50% a 85% desse custo é da eletricidade (IEA, 2023), com a queda nos custos das energias renováveis observada na última década (IRENA, 2023), espera-se que algo semelhante venha ocorrer para o hidrogênio. Além disso, o fator de transporte e o armazenamento possuem impacto no custo final.

De acordo com um estudo realizado pela Agora Industry (2023), o custo nivelado de produção do hidrogênio (LCOH) de baixo carbono é composto aproximadamente de 68% de custo de eletricidade, 23% CAPEX (custo de investimento) e 9% OPEX (despesas operacionais), conforme apresentado na Figura 1.

Considerando uma queda no custo de produção de energia solar e eólica, Christiaan Gischler et al. (2023) estimam que a parcela do custo de produção de energia elétrica no LCOH de baixo carbono será reduzida a 64% em 2030, como mostra a Figura 2.

Destaca-se que cerca de 85% dos custos de produção de hidrogênio de baixo carbono podem ser reduzidos a longo prazo por uma combinação de eletricidade mais barata e investimento em CAPEX do eletrolisador, além de maior eficiência e operação otimizada desta tecnologia (IRENA, 2020).

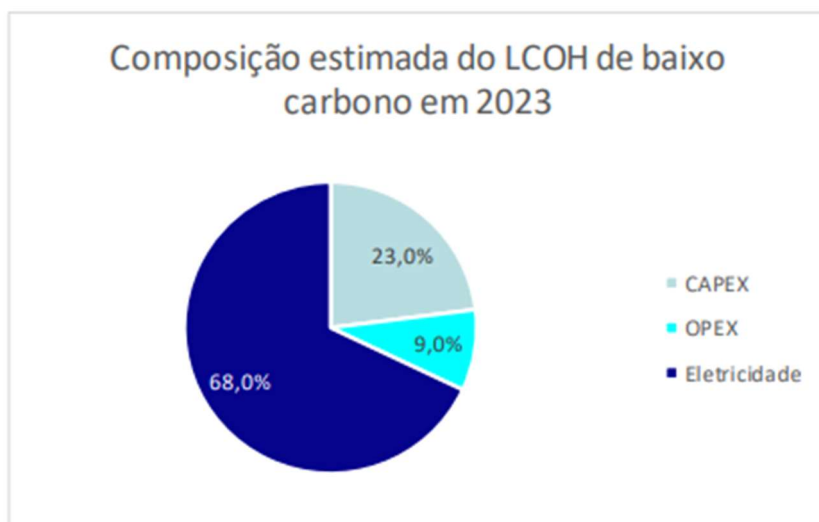


Figura 1: Composição do LCOH de baixo carbono [Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados apresentados em Agora Industry (2023)].



Figura 2: Composição estimada do LCOH de baixo carbono em 2030

Preço da eletricidade por fonte de geração

A CCEE realizou um estudo (Pazzini e Cechini (2020) entre 2015 e 2019 com o objetivo de apresentar o custo final da energia elétrica produzida pelas fontes renováveis, levando-se em conta um conjunto de dados disponíveis na CCEE e as diretrizes estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica para mensuração de preços.

Apurou-se que as usinas eólicas têm os menores custos, consequentes dos baixos preços praticados no conjunto de leilões do período estudado. O preço médio detectado para energia eólica foi de R\$ 230,90/MWh. A biomassa, por sua vez, apesar de ser uma fonte sazonal de produção de energia, foi considerada a segunda mais barata, com uma média de valor de R\$ 253,50/MWh.

Mais recentemente, em setembro de 2022, um estudo elaborado pelo economista Braúlio Borges, pesquisador associado do FGV-IBRE e economista-sênior da LCA Consultores, apontou a importância da energia eólica no Brasil, tanto pelo seu fator renovável quanto pelo baixo preço de geração. Os dados mostram que entre 2011 e 2020, as eólicas movimentaram R\$ 321 bilhões na economia nacional. Cada real investido em parque eólico elevou o PIB brasileiro em cerca de R\$ 2,90, fato que corrobora para que o Brasil seja o principal preponente no incentivo à produção do hidrogênio de baixo carbono.

Como resultado, podemos afirmar que, atualmente, a energia eólica é a fonte renovável que detém o menor preço para se produzir energia elétrica no país e, em vistas de atrelá-la à produção de hidrogênio, é possível reduzir o custo de produção desse insumo.

Análise Brasil – panorama de projeção do custo da energia

A expectativa é a de que os custos de geração eólica e fotovoltaica sejam reduzidos significativamente nas próximas décadas. Além disso, um possível aumento no fator de capacidade dessas usinas também pode contribuir para uma redução desses custos. A Tabela 1 apresenta uma estimativa dos custos de

produção de energia para os anos de 2020, 2030 e 2050, conforme apresentado em Carvalho et al. (2023).

Ano	Custo da energia solar por MWh (US\$/R\$)	Custo da energia eólica por MWh (US\$/R\$)
2020	53/284	33/177
2030	34/182	26/139
2050	26/139	20/107

Tabela 1: Custos estimados de geração de energia eólica e fotovoltaica [Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados apresentados em Carvalho et al. (2023)]

Já a Tabela 2 apresenta estimativas para o custo nivelado de produção de hidrogênio de baixo carbono no Brasil, excluindo custos de compressão e liquefação.

Ano	US\$/Kg H ₂ (2020)	R\$ / Kg H ₂ (2020)
2020	3,4	18
2030	2,6	14
2050	1,3	7

Tabela 2: Custos estimados de geração de energia eólica e fotovoltaica [Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados apresentados em Carvalho et al.(2023)].

Sob a ótica ambiental, a produção de hidrogênio de baixo carbono a partir da eletrólise apresenta taxas de emissões muito inferiores às observadas nos outros processos de produção, como a produção a partir do gás natural em processo SMR (refrigerante misto único) e SMR+CCS (SMR com captura e armazenamento de carbono), entre outros. A Figura 3, apresentada em Carvalho et al. (2023), exibe uma comparação das emissões de gases do efeito estufa (GEE) em toda a cadeia produtiva para diferentes processos de produção de hidrogênio. As barras representam as emissões a partir do fator potencial de aquecimento global de 100 anos (GWP100) e os triângulos a partir do fator de 20 anos (GWP20).

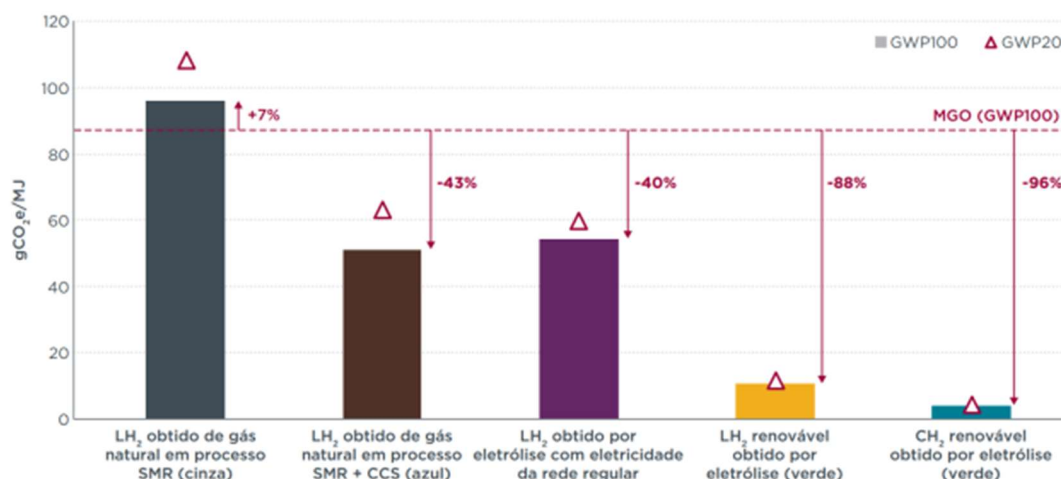


Figura 3: Emissões de gases do efeito estufa, em toda a cadeia produtiva, para diferentes processos de produção de hidrogênio [Fonte: Carvalho et al. (2023)]

Conclusão

Considerando que em média cerca de 64% da composição do custo nivelado de produção do hidrogênio de baixo carbono advém da eletricidade, cabe aos investidores uma avaliação da projeção de preços de energia elétrica a ser considerada no projeto. Na análise apresentada neste artigo, verifica-se que a energia eólica seria a fonte mais barata em comparação com a energia solar no Brasil.

Com a tendência de queda nos preços das energias renováveis, haveria um impacto positivo na projeção dos custos do hidrogênio de baixo carbono. Como mostrado na Tabela 2, o custo era de U\$ 3,4/ kgH₂ em 2020, mas poderá chegar a U\$ 2,6/ kgH₂ em 2030, e até U\$ 1,3/ kgH₂ em 2050, para um cenário otimista, em comparação com outros estudos publicados.

O Brasil, por fim, se destaca por ter uma matriz elétrica limpa, e está entre os potenciais produtores e exportadores do hidrogênio de baixo carbono, em concorrência com outros países que possuem o potencial de produção de energia renovável. Para um cenário de exportação, há um fomento na competição entre esses países, e aquele que conseguir produzir o gás hidrogênio e transportá-lo a um menor custo obterá vantagem competitiva em preço e margem de lucratividade.

Referências

Agora Industry and Umlaut (2023): Levelised cost of hydrogen. Making the application of the LCOH concept more consistent and more useful.

Christiaan Gischler et al. (2023). Unlocking Green and Just Hydrogen in Latin America and the Caribbean. Inter-American Development Bank (“IDB”) (DOI: <http://dx.doi.org/10.18235/0004948>).

Francielle Carvalho, Liudmila Osipova, Yuanrong Zhou (2023). Emissões de gases de efeito estufa do ciclo de vida do hidrogênio como combustível marítimo e custo de produção do hidrogênio verde no Brasil. International Council on Clean Transportation.

IEA (2023), Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/towards-hydrogen-definitions-based-on-their-emissions-intensity>, License: CC BY 4.0.

IRENA (2020), Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IRENA (2023), Renewable power generation costs in 2022, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Luis Pazzini e Cristian Cechini (2020). Nota Técnica 0046/2020, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE.

Rosana Cavalcante de Oliveira (2022). Panorama do Hidrogênio no Brasil, Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 1990-2022.