

Ciclo de Vida e o Hidrogênio

Luana Oliveira¹
José Vinícius²
Nivalde de Castro³
Sayonara Eliziário⁴
Marta Célia Dantas⁴

A demanda energética vem crescendo nas últimas décadas de forma bastante acelerada, além de estar se alterando devido à mudança de pensamentos da sociedade, que passou a valorizar a sustentabilidade. Desta maneira, é cada vez mais recorrente a necessidade de utilização de fontes limpas e renováveis de energia, de modo que sejam mitigados os impactos do aquecimento global. Assim, o hidrogênio, vetor energético, surgiu recentemente como uma alternativa a todo o contexto das emissões excessivas de carbono, com uma grande perspectiva de transformar toda a cadeia energética.

No entanto, como possui uma cadeia de valor ainda em desenvolvimento, o hidrogênio necessita de investimentos em projetos com capital intensivo para se tornar mais eficiente, sustentável e rentável. Neste sentido, torna-se fundamental a realização de estudos relacionados à maximização da rentabilidade e da sustentabilidade das tecnologias tangentes ao mercado de hidrogênio. A partir destes estudos, os investimentos poderão ser otimizados, de forma que a eficiência máxima do hidrogênio seja alcançada e a cadeia de valor deste vetor energético do futuro seja desenvolvida o mais rápido possível e com um melhor aproveitamento dos investimentos.

¹ Pesquisadora Júnior do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL).

² Pesquisador Júnior do GESEL.

³ Professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador do GESEL.

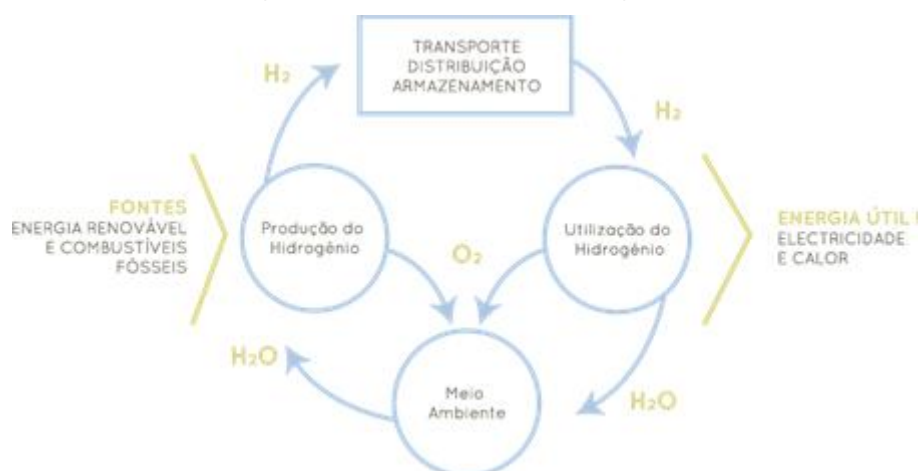
⁴ Departamento de Engenharia de Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB.

Ademais, pode-se esperar que, após 2030, a difusão da tecnologia do hidrogênio levará a economias de escala, o que reduzirá a quantidade de investimentos adicionais gradualmente. Nota-se, portanto, que análises econômicas são extremamente necessárias para afirmar que o desenvolvimento do setor, tanto no Brasil quanto no resto do mundo, irá avançar.

Diante do alto potencial do hidrogênio, a busca pela adoção de novas tecnologias é de extrema importância, por meio de ferramentas que possibilitem o controle de variáveis que influenciam o estado dos impactos econômicos, sociais e ambientais. Todavia, para que uma análise econômica completa seja realizada, todos os âmbitos (sociais e ambientais) devem ser avaliados. Por isso, deve ser realizada a coleta de informações na perspectiva de uma análise de ciclo de vida, prevendo potenciais impactos ambientais relacionados aos produtos ou processos da cadeia de valor, para garantir uma boa política e tomada de decisões adequadas (Petrillo *et al.*, 2017).

O ciclo de vida aborda desde o início até o final da cadeia de valor do elemento estudado. Ou seja, desde a captação da matéria prima até o uso final desejado, analisando cada processo de extração, produção, transporte, distribuição, armazenamento, utilização e reutilização, como é ilustrado, para o caso do hidrogênio, na Figura 1, abaixo.

Figura 1. Ciclo de vida do hidrogênio



Fonte: AP2H₂.

A avaliação ambiental do ciclo de vida da produção de hidrogênio, a partir do aumento do interesse em sua economia, é tratada com um significado

especial, com as finalidades de auxiliar a identificação de oportunidades, melhorar o desempenho ambiental, orientar decisões desafiadoras e selecionar entre caminhos de tecnologia. Vale destacar ainda que os métodos de avaliação do impacto do ciclo de vida estão evoluindo rapidamente, para analisar com mais detalhes e precisão os vários impactos ambientais do desenvolvimento de produtos e processos.

Uma ferramenta que pode facilitar a tomada de decisão industrial em direção à gestão sustentável de recursos é a Avaliação do Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment - LCA*), que permite a avaliação de risco, além de promover o desenvolvimento de tecnologias (Li *et al.*, 2020). Assim, a LCA tem se tornado, na última década, uma ferramenta de uso dominante em pesquisas e formulações de políticas para estudar todo o ciclo de vida de um produto em termos de sustentabilidade (Mehmeti *et al.*, 2018).

A LCA permite a compilação e a avaliação de entradas, saídas e potenciais impactos ambientais de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida. A ferramenta abrange, ainda, todos os processos relacionados ao funcionamento de um produto, desde a extração da matéria-prima, passando pela produção, uso e manutenção, até o reaproveitamento e destinação final de todos os resíduos (Mehmeti *et al.*, 2018). Além disso, a LCA é padronizada de acordo com a ISO 14040 e 14044, definida em quatro etapas: determinação do propósito e escopo, análise de inventário, avaliação do impacto e interpretação dos resultados (Rajput *et al.*, 2021).

Observa-se que a aplicação de LCA na produção de hidrogênio aumentou rapidamente, com a finalidade de orientar decisões desafiadoras e selecionar os caminhos da tecnologia que proporcionariam melhores resultados ambientais (Mehmeti *et al.*, 2018). Neste sentido, a ferramenta pode apoiar decisões em estágios iniciais do processo de desenvolvimento de um sistema de tecnologia e facilitar inovações sustentáveis promissoras desde o início.

Dentro desse contexto, Delpierre *et al.* (2021) utilizaram a análise do ciclo de vida para obter mais informações sobre os impactos ambientais potenciais entre duas tecnologias de eletrólise alimentadas com fontes renováveis de

energia, quais sejam, o Eletrólito Alcalino (AE) e a Membrana Eletrolítica Polimérica (PEM), inovações sustentáveis e promissoras. Assim, foi desenvolvida uma metodologia refinada para estudar os efeitos da implementação da produção sustentável de hidrogênio em grande escala, representando um exemplo do potencial e da utilidade da aplicação da LCA.

Além do exposto, outra ferramenta fundamental para os estudos ambientais-econômicos é o *Life Cycle Cost* (LCC), método de análise que avalia a soma de todos os custos associados ao ciclo de vida completo de um produto ou processo. Neste caso, o LCC sintetiza os dados recolhidos para auxiliar a tomada de decisões, considerando despesas futuras, a comparação entre soluções alternativas e a avaliação de oportunidades de redução de custos. Apesar de não ser considerada uma ferramenta exata, já que não é um estudo que indica o parâmetro mais vantajoso entre todos, o LCC também pode auxiliar na tomada de decisões (Petrillo *et al.*, 2017).

Atualmente, o Grupo de Trabalho SETAC-Europa definiu três tipos de LCC. O primeiro é o LCC convencional, que consiste em uma avaliação econômica considerando várias etapas do ciclo de vida (Ness *et al.*, 2007; Petrillo *et al.*, 2017). O segundo é o LCC ambiental, que funciona de forma análoga ao LCA, utilizando limites do sistema e unidades funcionais equivalentes, de modo a abordar o ciclo de vida completo. O último é o LCC social, consistindo em um conjunto maior de custos relevantes no longo prazo para todos os envolvidos direta e indiretamente afetados pelo ativo (Hunkeler, 2006; Petrillo *et al.*, 2017).

Segundo Petrillo *et al.* (2017), ao longo dos anos, vantagens e desvantagens do custeio do ciclo de vida foram identificadas por vários autores, sendo as mais importantes: (i) o estudo é útil para reduzir o custo total; (ii) a ferramenta é útil para a tomada de decisões associadas ao orçamento; (iii) o método é útil para comparar o custo de projetos concorrentes; e (iv), além disso, também é útil para fazer uma seleção entre os contratantes e fabricantes concorrentes. Geralmente, os métodos estimulam a otimização, a simulação, o

cálculo ou a estimativa e o apoio à decisão, na intenção de que o investimento possua o máximo de retorno possível.

Portanto, enfatiza-se a necessidade de se realizar estudos relacionados ao ciclo de vida para o desenvolvimento da cadeia de valor do hidrogênio, considerando que é um setor que demanda investimentos de capital intensivo. Destaca-se que, para atingir uma maior segurança dos investimentos, tendo em vista que precisam ser realizados em grandes quantidades, é sempre importante utilizar métodos para aumentar a confiabilidade de retorno.

Desta forma, nota-se que as ferramentas aqui apresentadas ampliam a rentabilidade dos investimentos no mercado de hidrogênio, bem como sua sustentabilidade e segurança. Além disso, destaca-se que, como o hidrogênio está substituindo, cada vez mais, o gás natural de diversas formas, um impacto indireto na preservação do meio ambiente pode ser percebido. Portanto, o mercado do hidrogênio, com seu crescimento gigantesco previsto para os próximos anos, pode ser beneficiado por estudos do ciclo de vida, com maior segurança dos investimentos, mais cuidados ambientais e uma maior eficiência de estudos econômicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AP2H₂. **SOBRE O HIDROGÊNIO: O QUE É?** AP2H₂. Disponível em: <https://www.ap2h2.pt/sobre-h2.php>. Acesso em: 26 de agosto de 2021.

Delpierre, M.; Quist, J.; Mertens, J.; Prieur-Vernat, A.; Cucurachi, S. **Assessing the environmental impacts of wind-based hydrogen production in the Netherlands using ex-ante LCA and scenarios analysis**. Journal of Cleaner Production, Volume 299, 25 May 2021, 2017.

Li, G.; Wang, S.; Zhao, J.; Qi, H.; Ma, Z.; Cui, P.; Zhu, Z.; Gao, J.; Wang, Y. **Life cycle assessment and techno-economic analysis of biomass-to-hydrogen production with methane tri-reforming**. Energy, Volume 199, 2020.

Mehmeti, A.; Angelis-Dimakis, A.; Arampatzis, G.; McPhail, S.; Ulgiati, s. **Life Cycle Assessment and Water Footprint of Hydrogen Production Methods:**

From Conventional to Emerging Technologies. *Environments*, Volume 05, p. 24, 2018.

Petrillo, A.; Felice, F.; Jannelli, E.; Minutillo, M. **Supply Chain, Life Cycle Analysis and Energy Transition for Sustainability.** *Hydrogen Economy*, pp. 121-138, 2017.

Rajput, S.; Verma, S.; Gupta, A.; Paul, A.; Jain, A.; Haque, N. **Environmental Impact Assessment of Coal Gasification in Hydrogen Production.** IOP Publishing, Volume 795, 2021.