

OPINIÃO

## Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil

AUTORES

Gláucia Fernandes

João Henrique de Azevedo

Matheus Ayello

Felipe Gonçalves

Este artigo expressa as opiniões dos autores, não representando necessariamente a opinião institucional da FGV

## Introdução

A tensão geopolítica entre a Rússia e a Ucrânia tem forçado vários países a antecipar os seus planos de transição energética, em particular, os investimentos em hidrogênio renovável<sup>1</sup>. A União Europeia colocou em prática o *REPowerEU*, um plano para reduzir rapidamente a dependência dos combustíveis fósseis russos e acelerar a transição. De maneira geral, as incertezas sobre o gás natural da Rússia, e a necessidade de reduzir a dependência de combustível desse país, já impeliram ao menos 25 países a movimentar cerca de US\$ 73 bilhões em hidrogênio verde em menos de 1 ano. Aproximadamente 14% desses recursos será oriundo dos setores públicos e privados da Alemanha. Nações africanas, como o Marrocos, também pretendem se tornar líderes mundiais nesse combustível, onde o país já se comprometeu a investir quase US\$ 10 bilhões no hidrogênio renovável (*Carbon Tracker*, 2022). Através do *Inflation Reduction Act* (IRA), o EUA pretende alocar 370 bilhões para a mudança climática e a transição energética, prevendo um incentivo de até US\$ 3 por kg H<sub>2</sub> classificado como limpo.

Dentre as diversas rotas para produção de hidrogênio renovável ou de baixo carbono, a do hidrogênio verde se apresenta como a mais explorada no momento. O hidrogênio verde é obtido por meio de um processo químico conhecido como eletrólise, em que se utiliza a corrente elétrica de fonte renovável para separar o hidrogênio do oxigênio que existe na água. Esta fonte de energia tem relevantes aspectos positivos, tais como o fato de ser de baixa intensidade de carbono, ser armazenável e ser versátil. A versatilidade do hidrogênio está relacionada ao fato de o mesmo poder ser transformado em eletricidade ou combustíveis sintéticos com finalidades comerciais, industriais ou de mobilidade. Por outro lado, essa fonte ainda apresenta um alto custo e um maior gasto de energia. Ademais, o hidrogênio é um elemento muito volátil e inflamável, exigindo requisitos de segurança elevados para evitar fugas e explosões.

## Panorama Internacional

A produção global de hidrogênio atingiu o patamar de 90 milhões de toneladas em 2020, e a previsão é que esta produção atinja a marca de 200 milhões de toneladas em 2040, no entanto algumas fontes mais otimistas estimam que esse patamar será alcançado logo em 2030, (CHIAPPINI, 2021). Atualmente 98% da produção vem direto de combustíveis fósseis, com apenas 1% sendo hidrogênio do tipo azul<sup>2</sup> e 1% restante é o H<sub>2</sub> verde. O mercado de hidrogênio verde atingiu o patamar de 300 milhões de dólares em 2020. Seguindo os pesados investimentos que estão sendo feitos no setor, há uma expectativa de que no final da década o mercado já movimente cerca de 10 bilhões de dólares, (EIKHAN, 2021). Esse crescimento

---

<sup>1</sup> O hidrogênio é considerado renovável quando a tecnologia utilizada para produção desse combustível pode ser carbono zero, ou seja, obtido sem emissão de CO<sub>2</sub>.

<sup>2</sup> Hidrogênio azul é aquele produzido a partir da reforma do gás natural com a captura do CO<sub>2</sub> liberado no processo.

inclui, não só um aumento do consumo tradicional de hidrogênio, mas também o consumo em novos mercados como o setor de transporte e o setor de energia. A Figura 1 ilustra o crescimento e os novos setores de atuação.

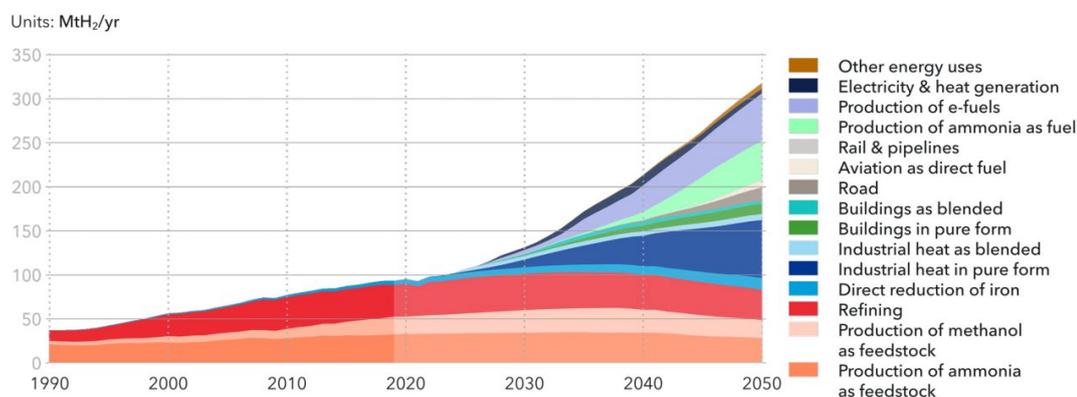


Figura 1 - Evolução e previsão da demanda mundial de hidrogênio no mundo. Fonte: (DNV, 2022)

Em um mundo onde clima e meio ambiente têm sofrido cada vez mais os efeitos negativos do uso de combustíveis fósseis, o uso do hidrogênio renovável passou a ser tratado como essencial para descarbonizar diversas atividades. É importante frisar, contudo, que esse gás não é a “bala de prata” contra a crise climática, e sim, mais uma solução na direção desse problema. O hidrogênio renovável é mais um fator essencial para que se atinjam os objetivos firmados na COP27 (27ª Conferência das Partes). Durante o evento realizado em novembro de 2022, no Egito, foi fechado um pacote de 25 ações colaborativas dentro de 5 temas chaves, dentre eles o hidrogênio, que serão entregues na COP28. Este pacote tem como objetivo acelerar a descarbonização para que a meta do Acordo de Paris de 2015, de limitar o aquecimento global a 1,5 graus Celsius até o final do século, seja alcançada.

Com os conflitos na Ucrânia, os cálculos dos custos para a produção de hidrogênio foram impactados, o que não significou um barateamento gás. Atualmente o custo do “hidrogênio fóssil” é de cerca de US\$ 1,4 por quilo de hidrogênio produzido. Já preço do hidrogênio verde varia entre US\$ 5 e US\$ 7 por quilo (CHIAPPINI, 2022). Todavia, diante dos elevados preços para o gás vindo da Rússia, a indústria tem recorrido a fontes renováveis de energia para produzir o gás verde e cumprir com as metas de *net zero emissions*. No caso da Europa, entre as medidas para impulsionar o hidrogênio verde, existe a expectativa de substituição do uso de veículos movidos à combustão por outros com combustíveis renováveis.

## Um Brasil de Oportunidades

O Brasil tem o potencial para ser um dos maiores produtores de hidrogênio verde do mundo devido as suas vantagens naturais associadas a uma matriz elétrica predominantemente renovável. Internamente, o hidrogênio tem potencial de aplicação em diversos setores industriais, de alimentos à fertilizantes, podendo também ser aplicado como substituto de combustíveis que têm alta intensidade de carbono. Além disso, pode ser utilizado como vetor

energético, acumulando energia renovável em períodos de alta produção e baixa demanda de energia elétrica.

Mesmo com cerca de 87% da sua matriz energética oriunda de fontes renováveis, o Brasil ainda tem grande capacidade de expansão destas fontes (MME/EPE, 2022). Para o hidrogênio verde ter uma maior competitividade, é de suma importância o barateamento das fontes renováveis, visto que a energia elétrica corresponde por 80% do CAPEX. Como o país tem uma das tarifas de energia mais caras (CAMARGO, 2022), faz-se mister, portanto, considerar os modelos de negócio de contratação de energia para que a fonte utilizada não ultrapasse os 25 US\$/MW (CHIAPPINI, 2022). Além disso, no Brasil, há o rastreamento da fonte de energia utilizada por contratos, favorecendo os modelos de negócio para produção do hidrogênio verde.

Há também uma tendência de utilizar a energia elétricas da fonte eólica offshore direcionada para a produção de hidrogênio verde. Esse arranjo, pode trazer um grande diferencial competitivo para o Brasil. Caso toda a produção esperada de eólicas offshore no Brasil seja destinada a produção de H2V, o Brasil poderia suprir até 40% da demanda energética europeia até 2040, fatia atualmente fornecida pela Rússia (FIERN, 2022). Além do potencial de geração dessa fonte, seria possível absorver o *know how* e infraestrutura da indústria de exploração offshore de O&G (Hunt, 2022). Neste modelo, a própria água do mar pode ser utilizada para a produção do hidrogênio, após a dessalinização.

O uso da água é uma questão importante quando se fala em hidrogênio verde, pois deve-se considerar uma quantidade considerável processo de produção. Além da água do mar, é possível considerar o reaproveitamento de aquíferos poluídos. Águas que são impróprias para o consumo humano podem ser utilizadas para a produção de H2V e, ao realizar essa coleta de água, o manancial acaba sendo renovado, pois a água poluente é retirada. Esse cenário pode ser explorado no Brasil. O aquífero de São Sebastião por exemplo, localizado abaixo do polo petroquímico de Camaçari, já não apresenta uma qualidade adequada para consumo humano, é um bom exemplo desse reaproveitamento. O governo Baiano vê uma oportunidade em recuperar a qualidade da água do aquífero enquanto desenvolve uma cadeia de produção de H2V no estado.

O país tem grande potencial de se destacar nesse mercado, em face dos diferenciais competitivos apresentados. Dessa forma, é necessária uma orientação estratégica para desenvolver uma economia do hidrogênio em harmonia com as demais fontes da matriz energética. As resoluções do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) nº 2 e nº 6 e o PL 725/22, de autoria do senador Jean Paul Prates (PT/RN), são importantes marcos nesse processo. O PL insere o hidrogênio verde na matriz energética brasileira, estabelece a necessidade de adicioná-lo aos gasodutos e atribui unicamente à Agência Nacional do Petróleo (ANP) a competência de regulamentação desse combustível. Por sua vez, a Resolução nº 6, de 23 de junho de 2022, do CNPE, instituiu o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2) e

estabeleceu a estrutura de governança do programa. Em 14 de dezembro de 2022, o MME abriu para consulta pública o Plano Trienal do PNH2 através da Portaria nº 713/GM/MME.

O quanto essa *commodity* agregará à economia brasileira depende do volume de recursos destinados para essa finalidade. De certo é que as boas condições nacionais para a produção dessa fonte energética têm despertado o interesse de investidores nacionais e internacionais. Atualmente no Brasil essa tecnologia é representada por algumas plantas-piloto conduzidas em parcerias público-privadas. A maior parte está no Nordeste, entre outros fatores, por causa da existência de parques de energia eólica e solar. Em setembro de 2021, o Governo do Ceará anunciou um investimento de R\$ 42 milhões pela companhia EDP do Brasil, em uma usina de hidrogênio verde que deve começar a operar no início de 2023. Outro empreendimento é da Unigel, que está construindo em Camaçari (BA) uma planta com capacidade de produção de 10 mil ton de hidrogênio verde e 60 mil ton de amônia verde, previsto para iniciar operação até 2025.

Começam a se desenhar pelo menos três hubs para produção de hidrogênio verde no país. Esses centros orbitam em torno dos portos de Pecém (CE), de Suape (PE), e do Açu (RJ), que já firmaram memorandos de entendimento com grandes grupos internacionais. O objetivo inicial é a exportação. No entanto, a expansão dessa economia representa outras possibilidades no mercado interno, impulsionando redução de emissão de gás carbono em setores como mobilidade, siderurgia, produção de energia, entre outros.

O desenvolvimento do hidrogênio, envolve uma densa cooperação internacional acoplada à oferta de linhas de financiamentos públicos e privados. Deste modo, requer quadros regulatórios transparentes e consistentes para atração de investimento privado. O Grupo Banco Mundial anunciou recentemente a criação da *Hydrogen for Development Partnership* (H4D), uma iniciativa global para impulsionar a implantação de hidrogênio de baixo carbono em países em desenvolvimento. Já o BNDES divulgou a sua iniciativa denominada BNDES net zero e firmou o compromisso de ser neutro em carbono até 2050, sendo a primeira instituição a realizar esse tipo de anúncio entre os bancos de desenvolvimento internacionais.

Todos esses esforços se justificam pelo aumento da segurança energética e da diminuição da necessidade de insumos importados, além do desenvolvimento científico e tecnológico, da criação de novos empregos, a qualificação da mão de obra e inserção do país no novo mercado internacional.

## Oportunidade para exportação

A H2Global da Alemanha inicia o primeiro mecanismo para subsidiar a exportação de hidrogênio verde do mundo. O subsídio está sendo oferecido pelo Ministério Federal para Assuntos Econômicos e Proteção Climática (BMWK) da Alemanha. A produção dos derivados

de hidrogênio deve ocorrer fora dos estados da União Europeia (EU) e da Associação Europeia de Livre Comércio (EFTA) e ser exportada para os portos localizados na Alemanha, Bélgica ou Amsterdam. O objetivo da H2Global é acelerar o crescimento do mercado internacional para produtos sustentáveis de hidrogênio por meio de um mecanismo de financiamento inovador e eficiente.

A primeira parcela de € 900 milhões será dividida em 3 licitações distintas para importação de derivados de H2 para vender a clientes europeus: de amônia (Lot 1), metanol (Lot 2) e e-SAF (Lot 3). Para isso o primeiro chamado da licitação foi publicado em dezembro de 2022. Os documentos da licitação de amônia informam que os interessados têm até 19/1/2023 (18:00h CET) para enviar questionamentos e até 7/2/2023 (18:00h CET) para enviar a documentação para interesse na participação efetiva na licitação.

Este é o recurso já aprovado para esta primeira rodada. O chanceler alemão Olaf Scholz quer quadruplicar o dinheiro disponível para a H2Global para € 4 bilhões (Hydrogen Central, 2022), mas a UE ainda não deu luz verde a essa expansão sob seus regulamentos de auxílio estatal. O recurso obtido através da licitação, será pela parceira intermediária Hydrogen Intermediary Network (HintCo) e será utilizado para subsidiar 10 anos do projeto.

O contrato será feito na forma de um *Hydrogen Purchase Agreement* (HPA) e um *Hydrogen Sales Agreement* (HSA), em que a HintCo custeará a diferença entre o preço de venda da amônia verde e o preço em que o comprador na Europa está disposto a pagar pelo produto (Official Journal of the European Union, 2022). Os € 900 milhões serão desembolsados pela BMWK para a HintCo da seguinte forma:

- 2024: EUR 20 milhões
- 2025: EUR 60 milhões
- 2026 a 2033: EUR 102,5 milhões por ano

As diferentes durações dos contratos representam um elemento-chave do mecanismo H2Global: contratos de longo prazo do lado da oferta (HPA - Hydrogen Purchase Agreement) se opõem a contratos de venda de curto prazo do lado da demanda (HSA - Hydrogen Sales Agreement). Isso permite que a diferença entre os preços de oferta (produção e transporte) e os preços de demanda (transmissão e consumo) diminua ao longo do tempo à medida que os preços dos produtos verdes continuam aumentando devido a incentivos regulatórios e as mudanças no comportamento do consumidor custeiem essas diferenças. Como observado na Figura 2, se as receitas do lado das vendas aumentam, os custos diferenciais a serem cobertos pelo setor público entre os preços de oferta e demanda são reduzidos de acordo com o tempo.

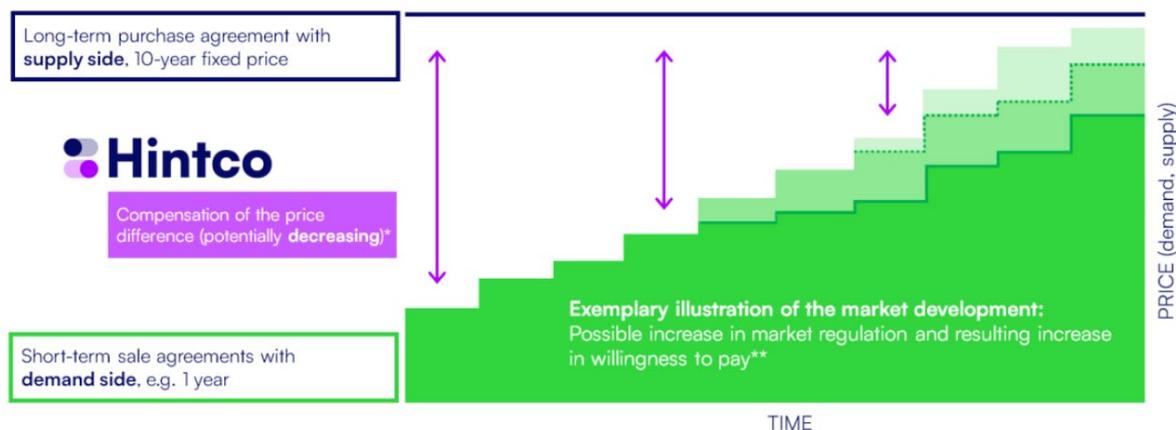


Figura 2 - Mecanismo de financiamento H2Global.

Fonte: (H2Global Stitung, 2022)

No caso da licitação de amônia, como por exemplo apresentado na Tabela 1, para que a proposta seja elegível, o interessado terá que trabalhar em um teto de preço de € 1282/ ton ammonia e o critério para seleção será a proposta com maior economia. Ou seja, aquele que oferecer e entrega da maior quantidade de amônia verde no menor preço durante os 10 anos de contrato.

Tabela 1 – Exemplo de tabela com preço teto para compra da amônia na licitação.

Fonte: (Official Journal of the European Union, 2022)

Lot	Product	Mean value studies in €/t	Standard delta in €/t	Mark-up	Price ceiling in €/t
Los 1	Ammonia	952	330	35%	1.282

Além do critério de economicidade, para estar elegível o interessado terá que atender a diversos critérios técnicos, ambientais (chamados de adicionais) e de sustentabilidade.

- Especificações Técnicas do Produto – quantidade máxima de água, oxigênio e óleo no produto, além de temperatura máxima de -33° C no local de entrega.
- Requerimentos Adicionais de Sustentabilidade – regras para utilização da água e da terra, diminuição do impacto a biodiversidade local e sistema de gestão ambiental específico da EM ISO 14001:2015<sup>3</sup>, criação de valor local e diversidade de gênero e que atenda a normas específicas de trabalho. Estas avaliações precisarão ser realizadas por uma auditoria externa de forma periódica.
- Especificações Adicionais do Produto – regras para comprovar que a eletricidade utilizada para produzir o hidrogênio seja totalmente renovável, critérios de adicionalidade, correlação geográfica e temporal e estabelecimento de limites referente as emissões de GEE.

<sup>3</sup> ISO standard 14001:2015, Environmental management systems — Requirements with guidance for use (<https://www.iso.org/standard/60857.html>)

Estas “Especificações Adicionais do Produto”, são ajustadas com relação ao desenvolvimento regulatório da Diretiva da UE 2018/2001 (*Renewable Energy Directive II* ou RED II) e orientado de acordo com os “Delegated Acts Drafts” disponíveis até a conclusão do chamado para a licitação. Até o momento da divulgação, os critérios que estão constantes no documento se referem ao draft Delegated Act on Article 27(3) of RED II (20 May 2022, Ref. Ares(2022)3836651) e o draft Delegated Act on Article 28(5) (20 May 2022, Ref. Ares(2022)3836721). No entanto, a Comissão Europeia está trabalhando em um novo draft e no dia 1/12/2022 foi divulgado uma nova versão (Ref. Ares(2022)8315045), então essas regras precisarão ser revistas. Em análise no novo documento, as seguintes principais regras foram constatadas:

- **Modalidades:** poderá ser contabilizada como energia renovável tanto instalações com conexões diretas, como com PPA ou direto da rede, seguindo algumas regras especificada no documento para comprovação da origem da eletricidade renovável.
- **Adicionalidade:** a planta de geração de energia renovável não poderá ter entrado em operação mais do que 36 meses antes da planta de produção de hidrogênio entrar em operação.
- **Subsídio:** a planta geradora de eletricidade renovável não pode ter recebido apoio sob a forma de auxílio ao funcionamento ou auxílio ao investimento, com algumas ressalvas citadas no documento como ajuda para conexão à rede.
- **Correlação temporal:** até 31/3/2028 será considerado a análise de forma trimestral e a partir de 1/4/2028 será exigido uma análise horária. Ou seja, a geração de energia renovável precisa bater com o consumo de energia na planta de produção de hidrogênio.
- **Correlação geográfica:** no caso do Brasil, entende-se que a planta de geração de energia renovável precisa estar no mesmo submercado (“bidding zone” no conceito europeu) que a planta de produção de hidrogênio.
- **Regra de transição:** o critério de adicionalidade e subsídio não se aplicam até 2036, para plantas de hidrogênio que entrem em operação até 2026.

## Certificação de hidrogênio

A CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) recentemente deu um passo importante para comprovação dos critérios adicionais exigidos pela licitação, que estão de acordo com a revisão do RED II. Em 7 de dezembro de 2022 foi lançado ao mercado a versão inicial da Certificação de Hidrogênio, que tem como objetivo comprovar a origem e rastrear os atributos ambientais do produto (CCEE, [FG1] 2022). A CCEE tem o registro de todos os contratos de energia, além da medição de toda geração e consumo no ACL (Ambiente de Contratação Livre). Assim, a CCEE pode fornecer de forma certificada as informações suficientes para comprovar a origem da eletricidade utilizada para produção do hidrogênio e os outros requisitos da revisão do RED II. Abaixo, na Figura 3, as modalidades e classificações da certificação de hidrogênio.

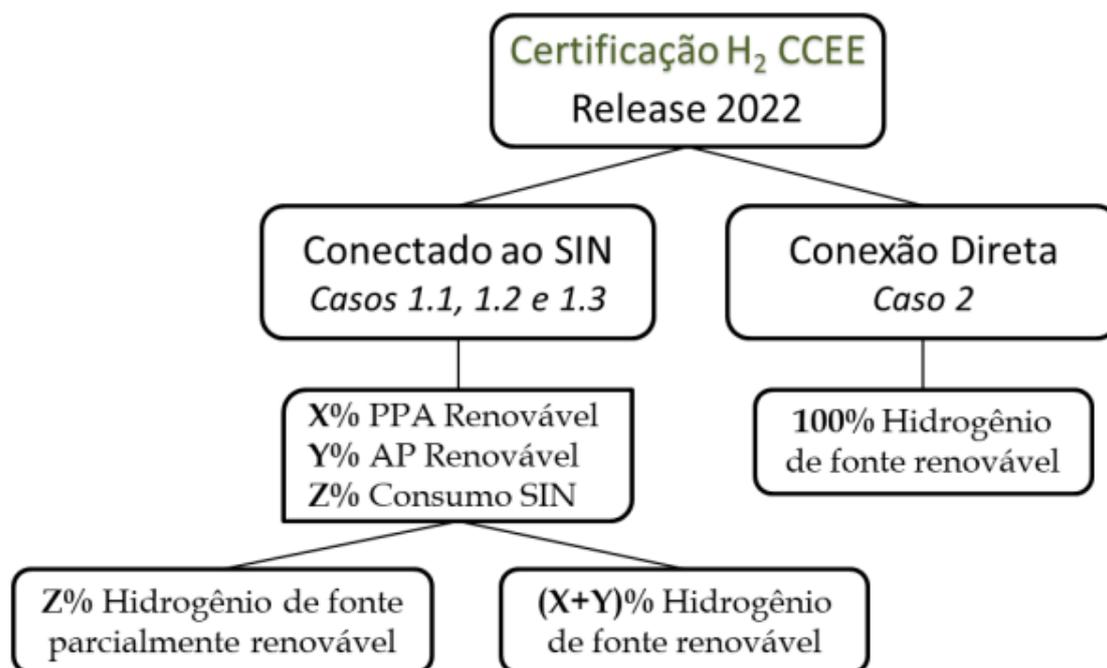


Figura 3 – Modalidades e classificações da certificação de hidrogênio.

Fonte: (CCEE, 2022)

A certificação de hidrogênio funciona no sistema *Book and Claim*, que permite uma maior abrangência nos modelos de negócio do produtor, já que através dele é possível que o certificado seja negociado, transferindo os atributos ambientais da produção de hidrogênio para outro produtor. A Figura 4 demonstra como um certificado pode ser transferido. Além disso, ao final da sua vida, ou seja, quando o certificado tiver seu uso final, este precisará ser cancelado. Todos os registros de transferência e cancelamento serão precisos ser solicitados pelo produtor de hidrogênio de modo a serem registrados na CCEE. Este registro é fundamental para o rastreamento, o que evita principalmente a dupla contagem.

## BOOK & CLAIM

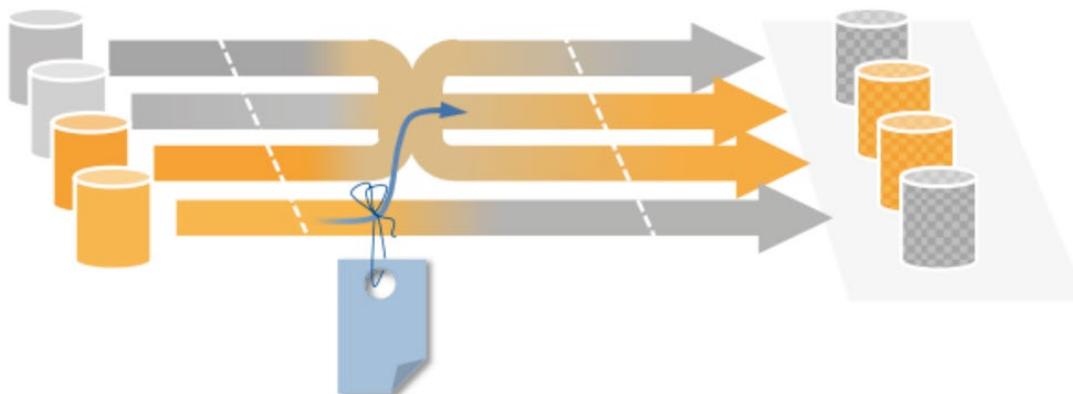


Figura 4 – Ilustração do sistema de certificação *Book and Claim*.

Fonte: (CCEE, 2022)

## Conclusão

Conclui-se que, passados 10 anos de projetos e avaliações, temos o controle da tecnologia e movido pela transição energética global, o hidrogênio renovável e de baixo carbono será economicamente competitivo até 2030. No entanto, para que isso aconteça deverá haver uma forte e contínua união de esforços dos países para uma maior e mais rápida difusão desta nova cadeia produtiva. Além disso, é importante manter uma constância de debates de maneira a alinhar as agendas para atendimento da demanda global versus questões internas, tais como capacitação da mão de obra, infraestrutura de exportação, adaptação da matriz energética e uso da água.

O Brasil poderá assumir um papel importante nesta transição da cadeia energética, mas precisa aproveitar a janela de oportunidade da tecnologia e assumir um papel de produtor desta commodity. A produção deverá não apenas mirar o mercado interno, mas também o externo. A oportunidade provinda de países mais desenvolvidos como o H2Global da Alemanha, pode alavancar projetos, elevando a capacidade de desenvolvimento no Brasil e iniciar o mercado de exportação dos derivados para a Europa. No mercado interno, existem oportunidade de descarbonização para diversos setores industriais importantes como cimento, aço, alimentício, fertilizantes, petroquímico, dentre outros.

Por fim, o mundo está se preparando para esta transição e os países estão se posicionando estrategicamente para este mercado em ascensão. A cadeia produtiva global vai muito além da planta de produção de hidrogênio. Envolve desde a extração da matéria prima necessária para fabricação de equipamentos de eletrólise como a platina e o irídio, até o estudo de materiais e revestimentos adequados para o transporte de hidrogênio via dutos. É preciso ter uma visão estratégica mais bem consolidada de como o Brasil pode atuar nesta cadeia. Uma política de investimentos adequada para pesquisa e desenvolvimento, aliada a mecanismos de financiamento e incentivos fiscais, será essencial para o amadurecimento e crescimento do mercado.

## Referências bibliográficas

(CAMARGO, 2022): CAMARGO, Janaina de. Energia elétrica: Brasil é o 2º país com a conta mais cara no mundo. Disponível em: <https://www.moneytimes.com.br/energia-eletrica-brasil-e-o-2o-pais-com-a-conta-mais-cara-no-mundo/>. Acesso no dia: 18/01/2023

(CCEE, 2022): Certificação de Energia. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Link: [https://www.ccee.org.br/web/guest/certificacao\\_de\\_energia](https://www.ccee.org.br/web/guest/certificacao_de_energia). Acesso no dia: 15/12/2022.

(CHIAPPINI, 2021): CHIAPPINI, Gabriel. Demanda de hidrogênio deve superar 200 milhões de toneladas em 2030, diz IEA. Epbr, 2021. Disponível em: <https://epbr.com.br/demanda-de-hidrogenio-deve-superar-200-milhoes-de-toneladas-em-2030-diz-iea/>. Acesso em: 13/12/2022.

(CHIAPPINI, 2022): CHIAPPINI, Gabriel. Custo do hidrogênio verde precisa cair a US\$ 3/kg para ser competitivo, diz diretor da Prumo. Epbr, 2022. Disponível em: <https://epbr.com.br/custo-do-hidrogenio-verde-precisa-cair-a-us-3-kg-para-ser-competitivo-diz-diretor-da-prumo/>. Acesso em: 13/12/2022.

(DNV, 2022): DNV Hydrogen Report, 2022.

(EC, 2022): Delegated act draft: COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) .../... supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union methodology setting out detailed rules for the production of renewable liquid and gaseous transport fuels of non-biological origin. Link: <https://webgate.ec.europa.eu/regdel/web/meetings/3458/documents/9611>. Acesso no dia: 17/12/2022

(EIKHAN, 2021): Elkhan Richard Sadik-Zada. Political Economy of Green Hydrogen Rollout: A Global Perspective. 2021.

(FIERN, 2022): FIERN. Com eólicas offshore e H2 verde, Brasil conseguiria suprir 40% da energia importada pela Europa, diz ISI-ER. FIERN, 2022. Disponível em: <https://www.fiern.org.br/com-eolicas-offshore-e-h2-verde-brasil-conseguiria-suprir-40-da-demanda-de-energia-importada-pela-europa-diz-isi-er/>. Acesso no dia: 13/12/2022.

(H2Global, 2022): H2Global – Idea, Instrument and Intentions. Link: [http://files.h2-global.de/H2Global-Stiftung-Policy-Brief-01\\_2022-EN.pdf](http://files.h2-global.de/H2Global-Stiftung-Policy-Brief-01_2022-EN.pdf). Acesso no dia: 17/12/2022.

(HUNT, 2022) HUNT, J. D., NASCIMENTO, A., NASCIMENTO, N., VIEIRA, L. W., ROMERO, O. J. Possible pathways for oil and gas companies in a sustainable future - From the perspective of a hydrogen economy. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022.

(Hydrogen Central, 2022): Scholz Ups Global Hydrogen Ambitions, Dwarfs EU Initiative, Plan to Invest More than €4 Billion Into H2global. Link: <https://hydrogen-central.com/scholz-ups-global-hydrogen-ambitions-dwarfs-eu-initiative-plan-invest-more-e4-billion-h2global/>. Acesso no dia: 17/12/2022.

(Official Journal of the European Union, 2022): Tender Electronic Daily: Supplies - 675894-2022. Link: <https://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:675894-2022:TEXT:EN:HTML&tabId=1>. Acesso no dia: 18/12/2022.

(Carbon Tracker, 2022): Clean Hydrogen's Place in the Energy Transition: Destined for dramatic growth if obstacles overcome. Disponível em: <https://carbontracker.org/reports/clean-hydrogens-place-in-the-energy-transition/>. Acesso no dia: 23/01/2023.

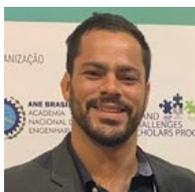
(MME/EPE, 2022): Plano Decenal de Expansão de Energia 2031. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/Documents/PDE%202031\\_RevisaoPosCP\\_rvFinal\\_v2.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal_v2.pdf). Acesso no dia 23/01/2023.



**Felipe Gonçalves** é doutorando em Sistemas Computacionais da Engenharia Civil e Mestre em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ. Engenheiro de Produção com mais de 15 anos de experiência na gestão de operações, otimização de sistemas produtivos e planejamento estratégico organizacional. Após atuação no setor de varejo – onde participou do projeto desenvolvimento do Arranjo Produtivo Sul Fluminense em convênio com o Governo do Estado do RJ – atuou como Engenheiro de Processos do Operador Nacional do Sistema Elétrico ONS, gerenciando projetos de Business Intelligence e de automação do acompanhamento da integração de usinas e linhas de transmissão ao SIN. Em 2010 se tornou Superintendente da Rede de Conveniadas da FGV, sendo responsável pela gestão da rede cursos de educação executiva e MBA com mais de 1.000 turmas simultâneas e um total de 40.000 alunos. Desde 2014 participa da criação e implantação do Think Tank FGV Energia, Centro de Estudos em Energia da FGV.



**Glauca Fernandes** é economista pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Obteve o título de Mestre em Economia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e os títulos de Doutor em Finanças e Pós-doutor em Engenharia Industrial pela PUC-Rio. Durante o doutorado, foi pesquisadora visitante na *University of Texas at Austin - McCombs School of Business*. Foi Pesquisadora do Núcleo de Energia e Infraestrutura - NUPEI, no Departamento de Administração da PUC-Rio. Foi Assessora do Mestrado de Matemática Profmat, com núcleo no IMPA. Dentre seus interesses destacam-se: análise de risco, análise de projetos & investimento, estrutura de capital, modelos de opções com aplicações direcionadas ao Setor Elétrico Brasileiro.



**João Henrique de Azevedo** é doutorando em Engenharia Mecânica com ênfase em Sistemas Energéticos pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Mestrado em Petróleo e Energia pela PUC-Rio, fazendo parte do projeto Atlas Rio Solar. Graduado em Engenharia Mecânica pela PUC-Rio, tendo realizado um ano de graduação sanduíche na Australian National University (ANU). Possui experiência de 8 anos em gerenciamento e execução de projetos voltados a geração de energia, sustentabilidade e educação. Responsável pela captação de recursos, elaboração de projetos, gerenciamento de equipes e prestação financeira de projetos financiados por grandes empresas como Alcoa/Arconic, Tetra Tech, MRV, Statkraft e Radix. Atuante no setor de energia solar fotovoltaica desde 2014 com diversas instalações concluídas e em funcionamento no Brasil. Atualmente pesquisador pela PUC-Rio no Projeto H2 (GUASCOR/PUC-Rio/GESEL) e pela FGV Energia.



**Matheus Ayello** é engenheiro eletricitista e aluno de mestrado pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Possui experiência em proteção, automação e controle de sistemas elétricos, assim como na Norma IEC 61850. Pesquisador na FGV Energia com ênfase em projetos de pesquisa e desenvolvimento com o setor elétrico e no mercado de hidrogênio verde.