

A EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL DOS LEILÕES DE HIDROGÊNIO E O PHBC¹

Nelson Siffert²

Katia Rocha³

SINOPSE

O Brasil está avançando na regulamentação da indústria do hidrogênio de baixo carbono (H2BC), com a criação do marco legal e do Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC), que destinará R\$ 18,3 bilhões até 2032 em incentivos fiscais para impulsionar o setor. A lei estabelece um modelo competitivo, em que os leilões são a principal ferramenta para concessão de créditos fiscais. Esse processo visa a promover a produção, gerar previsibilidade para os produtores e reduzir o custo global de apoio. A experiência internacional mostra que os leilões podem ser eficientes para promover tanto a oferta quanto a demanda de hidrogênio. Em 2023 e 2024, diversos países realizaram leilões com diferentes modelos, como subvenção para despesa de capital (*capital expenditure* – Capex) e contratos por diferença (CFD), buscando ajustar os preços entre o hidrogênio renovável e o convencional. A Fundação H2Global e o Banco Europeu do Hidrogênio patrocinam muitos desses leilões, o que destaca a importância de um desenho adequado para atrair investimentos. O PHBC oferece uma janela de oportunidade para o Brasil impulsionar a produção e o uso de H2BC, alinhando-se às melhores práticas internacionais e aproveitando suas vantagens competitivas em energia renovável para a transição energética e o crescimento econômico.

Palavras-chave: PHBC; hidrogênio de baixo carbono; leilões de H2BC.

1 INTRODUÇÃO

O ano de 2024 pode ser considerado exitoso, sob a ótica da regulação, para a indústria de hidrogênio de baixo carbono (H2BC) no Brasil. Nesse ano, foram sancionadas a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, Lei nº 14.948/2024, que regulamenta a produção e institui uma certificação voluntária (marco legal), e o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC), Lei nº 14.990/2024, que estabelece metas de desenvolvimento para o mercado interno e incentivos fiscais para a produção da molécula e seus derivados.

As políticas públicas de apoio ao desenvolvimento da nascente indústria do H2BC, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo, devem ter como foco, conforme destaca a Agência Internacional de Energia (em inglês, International Energy Agency – IEA), ações que busquem, sobretudo, mobilizar o lado da demanda (IEA, 2024). Espera-se, assim, reduzir o *gap* atualmente identificado na economia entre as intenções de investimento (MOU), que somam 520 GW em termos de capacidade de eletrólise, e as decisões finais de investimento (FID), que alcançam somente 7% desse montante.

¹ DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/radar79art2>

² Diretor da Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação Rede de Estudos do Setor Elétrico (ICT-Resel); e pesquisador bolsista do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea). E-mail: nelson.siffert@ictresel.org.br.

³ Técnica de planejamento e pesquisa na Diset/Ipea. E-mail: katia.rocha@ipea.gov.br.

Com a implantação do PHBC, créditos fiscais poderão ser utilizados na comercialização do H2BC, em um montante de até 100% da diferença de preço entre o H2BC e o hidrogênio de origem fóssil. Todavia, a lei expressamente recomenda que os incentivos sejam concedidos com base em *processos competitivos*, sendo os leilões o método mais provável a ser empregado, ainda que outras modalidades de licitação, como os diálogos competitivos,⁴ possam vir a ser examinados.

Ressalta-se que a indústria do H2BC tem encontrado nos leilões, em diferentes locais, um mecanismo competitivo para promover a produção e o uso do hidrogênio de baixo carbono. Isso ocorre porque, além de revelarem preços que tornam factível a remuneração dos produtores, os leilões oferecem previsibilidade de receitas a longo prazo, mobilizam a cadeia de valor e minimizam o custo global do apoio.

Uma vez que o marco legal do PHBC recomenda a adoção de mecanismos competitivos da concessão dos créditos fiscais, cabe examinar as experiências internacionais que usam tais mecanismos na concessão de subvenções, a exemplo dos leilões ocorridos em 2023 e 2024, com patrocínios da Fundação H2Global⁵ e do Banco Europeu do Hidrogênio (em inglês, European Hydrogen Bank – EHB).

O objetivo deste artigo é, portanto, a partir das proposições e dos instrumentos do PHBC, avaliar os potenciais impactos em termos de alavancagem de investimentos na cadeia do H2BC. Sendo assim, na seção 2, são apresentadas definições do marco legal do H2BC, bem como condicionantes e objetivos do PHBC. Na seção 3, busca-se, com base na experiência internacional relativa aos mencionados leilões, obter indicadores que permitam estimar o potencial impacto do PHBC. Por fim, na seção 4, são apresentadas as estimativas obtidas.

2 O PHBC

O marco legal do H2BC apresenta uma definição clara: H2BC, independentemente da rota tecnológica de produção, é aquele que apresenta um nível de emissões, com base no ciclo de vida, menor ou igual a 7 kg CO₂eq/kgH₂. Desse modo, os incentivos previstos no PHBC estão abertos às diferentes rotas tecnológicas de produção de H2BC, e o valor previsto da subvenção deve ser proporcional às reduções das emissões diretas de CO₂.

O PHBC tem por objetivo desenvolver a economia do H2BC e, para isso, estabelece metas e objetivos, com foco na utilização da molécula em setores industriais de difícil descarbonização – como fertilizantes, siderúrgico, cimento, química e petroquímica – e de transporte pesado. Espera-se que a iniciativa do PHBC contribua para o desenvolvimento regional, para o enfrentamento e a adaptação à mudança do clima, para a difusão tecnológica e para a diversificação do parque industrial brasileiro.

Os valores a serem concedidos pelo PHBC somam R\$ 18,3 bilhões no período de 2028 a 2032, com tetos anuais de R\$ 1,7 bilhão em 2028; R\$ 2,9 bilhões em 2029; R\$ 4,2 bilhões em 2030; R\$ 4,5 bilhões em 2031; e R\$ 5 bilhões em 2032. Quando se compara com o Orçamento de subsídios da União, que totalizou, em 2023, R\$ 647 bilhões, sendo R\$ 519 bilhões (80%) na modalidade *subsídios tributários* (Brasil, 2024), evidencia-se que o montante alocado ao PHBC é razoável e passível de ser fiscalmente absorvido, uma vez que a quantia alocada anualmente ao programa (uma média de R\$ 3,6 bilhões) representa apenas 0,6% dos subsídios totais da União.

A lei estabeleceu que o critério de julgamento na seleção dos projetos deve ser o menor valor do crédito fiscal por kg de H2BC. O crédito fiscal pode ser utilizado tanto por produtores quanto por compradores de hidrogênio de baixo carbono. Com o potencial rebatimento do crédito fiscal no fluxo de caixa dos projetos apoiados,

⁴ Diálogo competitivo é uma modalidade de licitação prevista na Lei nº 14.133/2021, especialmente voltada para contratações públicas consideradas complexas.

⁵ Disponível em: <https://www.h2-global.org>.

torna-se viável tanto ao produtor promover uma redução no preço do H2BC, como ao *offtaker* pagar um valor mais elevado pelo H2BC, uma vez que, associado à produção ou ao consumo, estará presente a possibilidade de as partes contratantes usarem o crédito fiscal.

O dispositivo legal dispõe, ainda, que os créditos fiscais podem ser objeto de compensação com débitos próprios, vincendos ou vencidos, relativos aos tributos federais ou mesmo de ressarcimento em dinheiro em até 12 meses do pedido. Tal condição possibilita ao PHBC impactar favoravelmente o fluxo de caixa dos projetos de H2BC.

3 EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS E ASPECTOS COMPETITIVOS DOS LEILÕES

Um estudo recém-divulgado pela Agência Internacional para as Energias Renováveis (em inglês, International Renewable Energy Agency – Irena) apresenta diversas experiências de leilões de H2BC tanto no âmbito da União Europeia (com os casos do H2Global e do EHB) quanto no âmbito de países onde também ocorrem leilões de H2BC, como Chile, Dinamarca, Alemanha, Índia, Noruega e Inglaterra (Irena, 2024). Segundo o estudo, a primeira etapa no desenho de um processo competitivo com base em leilões é definir: i) o produto a ser leilado; ii) o orçamento de que se dispõe; e iii) o volume a ser transacionado (Irena, 2024).

Na prática, observa-se a adoção de diferentes modelagens de leilões, sejam voltadas à promoção da oferta, com foco na implantação de projetos, sejam voltadas ao incentivo ao uso do hidrogênio, elevando a demanda. Há também os leilões duplos, que promovem tanto a oferta quanto a demanda, caso em que atuam como contratos por diferença (CFD), ou seja, se os custos de aquisição da produção são maiores que os de venda, o déficit é absorvido pelo orçamento disponível para realização do leilão.

Diversos parâmetros precisam ser considerados pelos formuladores de políticas públicas no desenho e na implantação dos leilões, conforme descrito a seguir.

- 1) Orçamento disponível, o qual define, em boa medida, a quantidade a ser apoiada pelo mecanismo competitivo.
- 2) Objeto (hidrogênio, seus derivados, capacidade implantada de eletrolisadores ou determinado volume de produção anual).
- 3) Requisitos de qualificação.
- 4) Conteúdo local da cadeia de valor do hidrogênio, que podem estar associados às políticas de leilões.
- 5) Questões de natureza financeira, como indexação dos contratos, dos prazos e das variações cambiais.
- 6) Abrangência do leilão, que determina as possíveis localizações dos projetos, as tecnologias adotadas, os limites de produção e o cronograma de entregas.
- 7) Matriz de risco (referente ao preço da energia renovável, à qualidade do produto, à disponibilidade de infraestrutura, à segurança, à performance do *offtaker*, entre outras), que deverá ser endereçada às partes interessadas (*stakeholders*) dos empreendimentos, em especial aos governos, aos empreendedores e aos consumidores.

A tabela 1 apresenta indicadores e resultados observados na experiência internacional de leilões de H2BC, no período entre 2021 e 2024, quando foram alocadas subvenções aos projetos vencedores.

TABELA 1

Indicadores e resultados dos leilões de H2BC

País/região	Ano	Suporte institucional	Modelagem	Orçamento	Número de vencedores	Capacidade de eletrólise	Produção de H2BC	Valor médio da subvenção
Chile	2021	Corfo	Subvenção Capex	US\$ 50 milhões	6	400 MW	45 kt/ano	US\$ 2,4 milhões a US\$ 16,9 milhões por projeto
Dinamarca	2023	Agência Dinamarquesa de Energia	Menor prêmio fixo	US\$ 181 milhões	6	280 MW	40 a 50 kt/ano	US\$ 0,16/kg a US\$ 1,17/kg
Alemanha	2023	Fundação H2Global	CFD	€ 300 milhões (lote 1 amônia)	7	100 MW	397 kt de amônia verde entre 2027 e 2033	Não disponível
União Europeia (Espanha, Portugal, Noruega e Finlândia)	2024	EHB	Menor prêmio fixo	US\$ 720 milhões	7	1,5 GW	158 kt/ano	€ 0,37/kg a € 0,48/kg
Índia	2023	Sight	Menor prêmio fixo	US\$ 2,4 bilhões	10	410 kt/ano com eletrólise	450 kt/ano	US\$ 0,6/kg; US\$ 0,48/kg; US\$ 0,36/kg

Fonte: Irena (2024).

Elaboração dos autores.

Obs.: Corfo – Corporación de Fomento de la Producción; Capex – despesa de capital (*capital expenditure*); e Sight – Strategic Interventions for Green Hydrogen Transition.

Observa-se, na experiência internacional, que todos os leilões se deram a partir de um preço-teto (*ceiling price*) e que o prêmio fixo em relação à produção do H2BC foi o critério de incentivo mais adotado. O CFD, no qual se garante determinado preço ao vendedor do H2BC ou de seus derivados (amônia), bancando-se a diferença em relação à revenda do produto no mercado, foi escolhido apenas pela Fundação H2Global, na Alemanha. Este caso é o único em que ocorreu um leilão duplo, de compra e venda; nos demais, ocorreram leilões únicos, de suporte à produção.

Em relação ao Chile, observa-se um processo de subvenção ao Capex dos projetos. Não se apurou, neste caso, o valor da subvenção média por quilo de H2BC produzido. Nos demais países analisados, percebe-se que o patamar da subvenção por quilo de H2BC encontra-se disperso, com maior concentração no intervalo entre US\$ 0,38 e US\$ 1,17.

A Irena (2024) aponta que os objetivos do leilão devem estar alinhados às metas específicas da política pública que se busca implantar – com foco na oferta, na demanda ou em ambos, levando-se em conta as condições de mercado. Os leilões têm o condão de pôr em movimento a cadeia de valor da indústria do H2BC, estabelecendo-se um *pipeline* de projetos com os respectivos indicadores econômico-financeiros.

No caso do Brasil, o PHBC descortina a oportunidade de estabelecer o primeiro leilão de H2BC no mercado local. Vejamos.

4 ESTIMATIVA DO IMPACTO DO PHBC

Para se estimar a quantidade de hidrogênio que será objeto de apoio no PHBC, é necessário assumir uma premissa quanto ao valor da diferença de preço entre o hidrogênio renovável (sem emissões diretas) e o hidrogênio cinza. De acordo com a publicação anual *Global hydrogen review* (IEA, 2023), o custo de produção do hidrogênio depende da tecnologia e do custo da fonte de energia que são empregados.

As estimativas para o custo nivelado do hidrogênio (LCOH) de origem fóssil variam entre US\$ 1,5/kg a US\$ 3,6/kg de H2, ao passo que a molécula proveniente do processo de eletrólise varia de US\$ 3,4/kg a 12,0/kg de H2. Os indicadores mais competitivos, de menor custo, apontam um *gap* de preços de US\$ 1,9/kg entre o H2 de origem fóssil e o de origem eletrolítica. Por outro lado, os valores apresentados na tabela 1, elaborada com base nos leilões realizados, apontam para valores médios US\$ 0,52/kg de H2.

Assumindo a hipótese, para o caso de um leilão de H2BC no Brasil, de que o resultado, em termos do valor da subvenção por créditos fiscais, seja equivalente à média observada entre os dados da tabela 1 e os da literatura especializada, obtém-se uma estimativa para subvenção equivalente a US\$ 1,20/kg de H2BC. Espera-se que um ambiente de alta concorrência seja estabelecido. Com base no orçamento disponível para o PHBC (R\$ 18,3 bilhões), pode-se estimar um volume de H2BC passível de ser subvencionado de cerca de 500 mil t/ano, considerando o horizonte de cinco anos do programa. Esse volume representa montante próximo ao observado no leilão realizado na Índia. No caso da rota tecnológica da eletrólise, o montante de produção de H2BC representa uma capacidade instalada de 3 a 4 GW.⁶

Tomando por base as premissas e o cálculo realizado, são elencadas as considerações a seguir.

- 1) Os investimentos decorrentes da iniciativa do PHBC poderão atingir de US\$ 15 bilhões a US\$ 20 bilhões, mostrando que, para cada R\$ 1 de incentivo, podem ser obtidos cerca de R\$ 5 a R\$ 6,5 em novos investimentos.⁷
- 2) Caso o prazo de utilização dos incentivos, sem alterar o orçamento proposto, possa alcançar 10 anos, será favorecida a bancabilidade dos empreendimentos com base no *project finance*, uma vez que será necessário recebível de longo prazo como garantia aos financiadores.
- 3) Dado o grande volume de H2BC potencialmente passível de apoio, é recomendável que haja mais de um leilão para seleção dos projetos.
- 4) Caso os incentivos fiscais sejam alocados exclusivamente aos *compradores* do H2BC, fomenta-se a demanda, por meio do estabelecimento de contratos de longo prazo de compra e venda de H2BC. Dessa forma, concentram-se esforços na superação do principal gargalo: *a ausência de demanda de longo prazo*. A demanda passa a ter o protagonismo no desenvolvimento da cadeia de produção e definição de modelos de negócios.
- 5) Os projetos apresentados deverão ser configurados na forma de consórcios, incluindo, necessariamente, o produtor do H2BC, o *offtaker* (demandante e beneficiário do programa), o produtor de energia renovável (ou o contrato de fornecimento de longo prazo de energia), o fornecedor de equipamentos e uma instituição pública ou privada de pesquisa e tecnologia.
- 6) O leilão pode se dar em duas fases. Na primeira, focaliza-se a habilitação e a qualificação e verifica-se a aderência do consórcio aos requisitos técnicos e financeiros do leilão. Nesta fase, também se exige a apresentação de um plano de negócios que explicita o modelo técnico-operacional e econômico-financeiro, com indicadores como LCOH, taxa interna de retorno (TIR), Índice de Cobertura do Serviço da Dívida (ICSD), taxa de remuneração do capital (WACC), entre outros. Outras informações importantes para se incluir nos requisitos são o montante do Capex, os valores do Opex e a origem do *funding* (capital próprio e de terceiros). Também deve ser apresentada uma declaração de um agente financeiro atestando as premissas econômico-financeiras adotadas e o resultados das projeções realizadas.

⁶ Considerando-se uma taxa de câmbio de US\$ 1 = R\$ 5,80, o valor médio da subvenção de US\$ 1,2/kg de H2BC e o orçamento do PHBC de R\$ 18,3 bilhões, chega-se a uma quantidade total passível de ser apoiada de 2,6 Mt nos cinco anos do programa (taxa de câmbio de 5,80). De acordo com estudo realizado pelo Instituto Fraunhofer (Hank *et al.*, 2023), 1 GW de capacidade de eletrólise, operando com 95% de fator de capacidade é capaz de produzir cerca de 150 mil t/ano de H2. Estima-se a necessidade de € 5 bilhões de investimentos para implantar 1 GW de capacidade de eletrólise, integrados com um parque de geração renovável solar PV e eólico com 300 MW de capacidade, capaz de garantir elevado nível de autossuprimento de energia. Logo, para se obter uma produção de 500 kt/ano, são necessários de 3 a 4 GW de capacidade.

⁷ A estimativa de investimentos, de US\$ 15 bilhões a US\$ 20 bilhões, leva em conta as inversões relativas ao parque de geração de energia renovável (eólica e solar PV), as unidades de eletrólise de 3 a 4 GW de capacidade e as demais infraestruturas de conexão à rede, água etc. Considerando-se uma taxa de câmbio de US\$ 1 = € 1 e US\$ 1 = R\$ 5,80, é possível estimar os investimentos a partir da produção anual passível de ser apoiada pelo PHBC, equivalente a 500 kt/ano de H2BC, utilizando os indicadores de Capex apresentados pelo Instituto Fraunhofer.

- 7) Dada a complexidade dos projetos, o risco tecnológico e a ausência de modelos de negócios consolidados, é possível que a modalidade de licitação denominada diálogo competitivo seja empregada.
- 8) Uma vez qualificados na primeira fase, os participantes do leilão ingressam na segunda fase, que consiste em processo competitivo por meio de propostas fechadas de deságio sobre o valor teto do leilão para o H2BC, indicado o valor do crédito fiscal e as quantidades de produto para cada ano. Deverão ser respeitados os limites mínimos e máximos de subvenção anteriormente definidos.
- 9) As propostas selecionadas serão aquelas com a menor subvenção média por kg de H2BC comercializado, ponderado pela quantidade de H2BC produzido e comercializado. Isso enfatizará critérios competitivos e de minimização dos gastos públicos.
- 10) Não se deve restringir o processo apenas à comercialização direta do H2BC, mas também se deve considerar a participação de seus derivados (amônia, metanol, combustível sustentável de aviação – em inglês, *sustainable aviation fuel* – SAF). Neste caso, é considerada a quantidade de H2 contida nesses produtos.

Verifica-se que o PHBC possui o condão de dar impulso à decolagem (*takeoff*) da indústria do H2BC no Brasil. O custo associado parece razoável, visto que o montante alocado ao PHBC anualmente (média de R\$ 3,6 bilhões/ano) representa apenas 0,6% dos subsídios totais da União. O PHBC representa uma janela de oportunidade que, uma vez que esteja bem estruturada em sua implantação, permitirá ao Brasil, em 2030, revelar sua capacidade de usar suas vantagens competitivas em energias renováveis e atividades industriais, contribuindo para a transição energética, a reindustrialização e o desenvolvimento econômico e social do país.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. **Orçamento de subsídios da União**. Brasília: MPO, jun. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/planejamento/pt-br/assuntos/avaliacao-de-politicas-publicas-1/arquivos/orcamento-de-subsidios-da-uniao/orcamento-de-subsidios-da-uniao-8a-edicao.pdf>.

HANK, C. *et al.* **Site-specific, comparative analysis for suitable Power-to-X pathways and products in developing and emerging countries**. Freiburg: Fraunhofer ISE, 2023. Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/power-to-x-country-analyses.html>.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global hydrogen review**: 2024. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Green hydrogen auctions**: a guide to design. Abu Dhabi: Irena, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Oct/Green-hydrogen-auctions-A-guide-to-design>.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BRANQUINHO, A. *et al.* O primeiro leilão do Banco Europeu do Hidrogênio. **Valor Econômico**, 13 jun. 2024. Disponível em: <https://valor.globo.com/opiniaao/coluna/o-primeiro-leilao-do-banco-europeu-do-hidrogenio.ghtml>.

DIRECTORATE-GENERAL FOR CLIMATE ACTION. Winners of first EU-wide renewable hydrogen auction sign grant agreements, paving the way for new European production. **European Commission**, 7 out. 2024. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/winners-first-eu-wide-renewable-hydrogen-auction-sign-grant-agreements-paving-way-new-european-2024-10-07_en.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global hydrogen review**: 2023. Paris: IEA, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>.