

POLÍTICAS REGULATÓRIAS DO HIDROGÊNIO VERDE NA AMÉRICA LATINA E NA UNIÃO EUROPEIA

Luís Guilherme Tavares Santos  

Sebastião Patrício Mendes da Costa  

Contextualização: O Hidrogênio Verde tem atraído o interesse da comunidade internacional como alternativa na transição energética, tendência associada a uma urgência no fortalecimento das suas políticas regulatórias voltadas à segurança jurídica e à viabilidade econômica. O estudo das experiências normativas internacionais serve de base à construção do regime brasileiro do Hidrogênio Verde.

Objetivos: O artigo analisa as experiências regulatórias da América Latina e da União Europeia, buscando identificar nesses cenários desafios e iniciativas efetivas que possam orientar a formulação das políticas brasileiras para o Hidrogênio Verde.

Método: Adota-se um método qualitativo, jurídico-teórico e descritivo, amparado em bibliográfica especializada, relatórios técnicos, fontes normativas e documentos institucionais relacionados à transição energética e aos marcos regulatórios internacionais do Hidrogênio Verde.

Resultados: A pesquisa demonstra cenários contrastantes: a América Latina tem priorizado políticas voltadas à atração de investimentos e ao aproveitamento do potencial renovável regional, enquanto a União Europeia consolidou balizas regulatórias rígidas e maduras, com padrões ambientais e de certificação exigentes para a cadeia internacional. Para o Brasil, conclui-se que as duas experiências oferecem lições essenciais para converter o seu potencial energético em vantagem econômica, delineando um marco normativo que concilie rigor ambiental, atração de investimentos e operabilidade comercial no projeto da transição energética do Hidrogênio Verde.

Palavras-chave: Hidrogênio Verde; Transição Energética; América Latina; União Europeia; Regulação Internacional.

POLÍTICAS REGULATORIAS DEL HIDRÓGENO VERDE EN AMÉRICA LATINA Y LA UNIÓN EUROPEA

Contextualización: El Hidrógeno Verde ha atraído el interés de la comunidad internacional como alternativa en la transición energética, tendencia asociada a la urgencia de fortalecer las políticas regulatorias orientadas a la seguridad jurídica y a la viabilidad económica. El estudio de las experiencias normativas internacionales constituye una base para la construcción del régimen brasileño del Hidrógeno Verde.

Objetivos: El artículo analiza las experiencias regulatorias de América Latina y de la Unión Europea, con el fin de identificar en estos contextos desafíos e iniciativas efectivas que puedan orientar la formulación de las políticas brasileñas para el Hidrógeno Verde.

Método: Se adopta un método cualitativo, jurídico-teórico y descriptivo, sustentado en bibliografía especializada, informes técnicos, fuentes normativas y documentos institucionales relacionados con la transición energética y los marcos regulatorios internacionales del Hidrógeno Verde.

Resultados: La investigación muestra escenarios contrastantes: América Latina ha priorizado políticas enfocadas en la atracción de inversiones y en el aprovechamiento del potencial renovable regional, mientras que la Unión Europea ha consolidado marcos regulatorios estrictos y maduros, con exigentes estándares ambientales y de certificación en la cadena internacional. Para Brasil, se concluye que ambas experiencias ofrecen lecciones esenciales para convertir su potencial energético en ventaja económica, delineando un marco normativo que concilie rigor ambiental, atracción de inversiones y operabilidad comercial en el proyecto de transición energética del Hidrógeno Verde.

Palabras clave: Hidrógeno Verde; Transición Energética; América Latina; Unión Europea; Regulación Internacional.

REGULATORY POLICIES FOR GREEN HYDROGEN IN LATIN AMERICA AND THE EUROPEAN UNION

Contextualization: Green Hydrogen has attracted the interest of the international community as an alternative for the energy transition; a trend associated with the urgent need to strengthen regulatory policies aimed at legal certainty and economic feasibility. The study of international normative experiences serves as a foundation for building the Brazilian Green Hydrogen regulatory framework.

Objectives: This article analyzes the regulatory experiences of Latin America and the European Union, seeking to identify challenges and effective initiatives that can guide the formulation of Brazilian policies for Green Hydrogen.

Method: A qualitative, legal-theoretical, and descriptive method is adopted, supported by specialized literature, technical reports, normative sources, and institutional documents related to the energy transition and international regulatory frameworks for Green Hydrogen.

Results: The research reveals contrasting scenarios: Latin America has prioritized policies focused on attracting investments and leveraging regional renewable potential, while the European Union has consolidated strict and mature regulatory frameworks, with demanding environmental and certification standards for the international chain. For Brazil, the study concludes that both experiences provide essential lessons for converting its energy potential into economic advantage, outlining a regulatory framework that reconciles environmental rigor, investment attraction, and commercial operability in the Green Hydrogen energy transition project.

Keywords: Green Hydrogen; Energy Transition; Latin America; European Union; International Regulation.

INTRODUÇÃO

A construção normativa pressupõe uma compreensão prévia das necessidades do setor a ser regulado, permitindo que a regulação auxilie no enfrentamento dos problemas e ofereça caminhos viáveis de desenvolvimento. Partilhando desse entendimento, este artigo investiga experiências internacionais na regulação e financiamento dos projetos de Hidrogênio Verde, inserindo-as em um contexto de mudanças institucionais e transição energética.

A dimensão e complexidade dos tópicos subjacentes ao tema de pesquisa – e.g. transição energética, barreiras regulatórias em fontes renováveis de energia, reconfiguração dos mercados globais – exige uma delimitação quanto ao objeto de estudo, sob pena de tornar-se um trabalho de conclusões excessivamente genéricas e superficiais. Nesse ponto, o artigo opta por analisar esses modelos internacionais regulatórios do Hidrogênio Verde com foco nas experiências com maior potencial de oferecer ensinamentos para a implementação de projetos semelhantes a nível nacional – sobretudo ante o estágio inicial de desenvolvimento das normas brasileiras no setor –; aqui, a América Latina e a União Europeia, ambas escolhas justificadas.

Ao incluir uma análise das iniciativas da América Latina, permite-se conhecer como os países que partilham de contextos históricos e econômicos semelhantes ao Brasil têm lidado com os desafios da implementação de projetos nesse setor, retirando aprendizados dos desafios e experiências positivas por eles vivenciados; aprende-se as dificuldades de uma realidade comum. Já o estudo das normativas comunitárias se justifica ante a consolidação da União Europeia como um dos principais mercados consumidores no setor e como referência em maturidade regulatória. Essas bases serão analisadas de forma específica em seções do trabalho, mas sem a pretensão de esgotar todos os exemplos regionais e comunitários, cujo foco é extrair modelos destaques para o avanço nacional.

A escolha do tema do artigo reflete um crescente interesse político, governamental e acadêmico quanto aos investimentos em energias renováveis e aos instrumentos normativos necessários para tornar juridicamente seguro e economicamente viável implementar projetos voltados a *novas energias* como o Hidrogênio Verde; debate acerca do qual as ciências jurídicas não podem se mostrar omissas¹. Esse interesse é registrado

¹ Como exemplos de publicações científicas que partilham de temas relacionados ao objeto deste artigo, ver: Mendes, E. D.; Sampaio, R. J. S.; Collaço, F. M. de A. "Justice or just plans? Reviewing the energy transition strategy of Brazil's Ceará state". *Energy Research & Social Science* (2024); Torres, P. H. C.; et al. "Justiça climática e as estratégias de adaptação às mudanças climáticas no Brasil e em Portugal". *Estudos Avançados* (2021); Thomsen, M. *Desenvolvimento de uma economia de hidrogênio verde no Brasil: obstáculos e viabilizadores*. 2023. Dissertação (Mestrado) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa, Rio de Janeiro/RJ (2023); Furtado, G. R.; Santos, L. G. T. "Hidrogênio Verde como Fator de Desenvolvimento Sustentável no Piauí". In: Costa, Sebastião P. Mendes da et al. *Transição Energética e Sustentabilidade: Energia Renovável, Hidrogênio Verde e Mineração como Fatores de Desenvolvimento Sustentável do Estado do Piauí* (2024).

no Brasil pela aprovação de normas recentes no setor e o fortalecimento de políticas públicas voltadas à transição energética justa², de modo que se torna ainda mais urgente fomentar o debate de como avançar no setor, tomando-se de empréstimo os ensinamentos das experiências internacionais.

A pesquisa adota uma metodologia qualitativa e descritiva, jurídico-teórica, pautada na compilação e revisão da bibliografia especializada nos tópicos pertinentes ao tema – e.g. transição energética, políticas regionais e comunitárias para o Hidrogênio Verde, e diretivas normativas para proteção ao meio ambiente e estímulo à descarbonização. Ante a natureza jurídica do trabalho, privilegiar-se-á a utilização de fontes normativas, jurisprudencial, de relatórios técnicos especializados e da produção científica sobre o tema³.

Quanto à estrutura, o artigo está estruturado em duas seções. A primeira trata das mudanças institucionais relativas à transição energética e da necessidade de estudo dos modelos internacionais para viabilizar a construção regulatória brasileira, iniciando com o contexto da crise climática-ambiental⁴, da busca por novas fontes de energia e do interesse no Hidrogênio Verde, discutindo ao final, a experiência brasileira, a transformação institucional necessária e os ensinamentos da vivência da América Latina e da União Europeia em projetos semelhantes.

A primeira parte da segunda seção analisa o cenário da América Latina, iniciando com um panorama geral do potencial e do interesse crescente da região em projetos de Hidrogênio Verde, passando para uma análise das iniciativas nacionais de destaque e finalizando com uma síntese dos principais desafios regulatórios e financeiros regionais e os ensinamentos destes para o Brasil. A mesma estrutura é reproduzida na parte final dessa seção, transportando o debate para a União Europeia com foco nas suas políticas regulatórias, essenciais para o fim de exportação almejados na construção de uma relação comercial centrada nos projetos de Hidrogênio Verde brasileiros.

² Recentemente foram criadas no âmbito nacional normas como a Lei Federal nº 14.993/2024 ("Combustível do futuro"), a Lei Federal nº 15.042/2024 ("Sistema brasileiro de comércio de emissões de gases de efeito estufa"), Lei Federal nº 15.097/2025 ("Marco legal da energia eólica offshore"), e, mais especificadamente quanto ao hidrogênio, a Lei Federal nº 14.948/2024 ("Marco legal do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono"), a Lei Federal nº 14.990/2024 ("Programa de desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono").

³ Considerando a natureza do tema deste artigo, grande parte das fontes bibliográficas utilizadas são provenientes de artigos científicos e relatórios técnicos internacionais, cujo conteúdo será transportado ao texto exclusivamente na forma de citações indiretas, inserindo-se o trecho do material fonte no idioma original quando relevante.

⁴ O presente trabalho não ignora a multidimensionalidade da crise citada, extensiva aos campos ambiental, climático, energético e socioeconômico. Contudo, o artigo considera equivalentes as expressões "crise climática-ambiental", "crise climática-energética", "crise climática", representando o desafio que a transição energética e as medidas a ela associadas almejam solucionar. Nesse sentido, cf. "Wallace-Wells, D. *A terra inabitável: uma história do futuro*. 1. ed. São Paulo: Companhia das letras, 2019."

1. MUDANÇAS INSTITUCIONAIS EM UMA REGULAÇÃO NASCENTE: A CONSTRUÇÃO NORMATIVA DO HIDROGÊNIO VERDE NO BRASIL E A RELEVÂNCIA DOS MODELOS INTERNACIONAIS

Antes das outras histórias, a origem de um problema comum. Entre os primeiros registros das mudanças climáticas causadas por ações humanas e a sua consolidação como uma pauta prioritário no debate público houve um significativo descompasso temporal, de modo que a posição assumida pela “transição energética” nas discussões políticas é um fenômeno mais recente e ainda cercado de indefinições quanto aos seus limites; o hiato entre os registros iniciais e a declaração de uma “crise” ou “emergência climática” foi significativo⁵.

Como resultado, persiste um cenário de indagações quanto à maneira mais eficaz de lidar com as consequências imediatas desse contexto de crises, passando o clima ao status de política pública prioritária no cenário internacional^{6 7 8 9 10 11 12}

⁵ YERGIN, Daniel. **O novo mapa: energia, clima e o conflito entre nações**. Tradução de Francisco Araújo da Costa. Porto Alegre: Bookman, 2023.

⁶ YERGIN, Daniel. **O novo mapa: energia, clima e o conflito entre nações**. Tradução de Francisco Araújo da Costa. Porto Alegre: Bookman, 2023.

⁷ WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). **Global Risks Report 2025**. Geneva: WEF, 2025. Disponível em: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2025.pdf. Acesso em: 15 jun. 2025.

⁸ RIZZO, Lia. Clima extremo é principal risco global de longo prazo, aponta relatório de Davos. **Exame**, 15 jan. 2025. Disponível em: <https://exame.com/esq/clima-extremo-e-principal-risco-global-de-longo-prazo-aponta-relatorio-de-davos/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

⁹ G20. **G20 Rio de Janeiro Leaders' Declaration**. Rio de Janeiro, 18-19 nov. 2024. Disponível em: <https://g20.org/wp-content/uploads/2024/11/G20-Rio-de-Janeiro-Leaders-Declaration-EN.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

¹⁰ OXFORD INSTITUTE FOR ENERGY STUDIES (OIES). **Key themes for the global energy economy in 2025**. 2025. OIES Paper: SP 35. Oxford: OIES, 2025. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2025/01/SP35-Key-Themes-for-the-Global-Energy-Economy-in-2025.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2025.

¹¹ Como exemplo ilustrativo da crescente atenção destinada ao tema, mesmo eventos cujo foco prioritário era em áreas diversas como o desenvolvimento econômico, passaram a incluir a agenda climática em seus debates, como feito pela edição mais recente do Fórum Econômico Mundial de Davos em 2025, cujo relatório final nomeou os eventos climáticos como um dos principais riscos a nível global (RIZZO, ref. 8, WORLD ECONOMIC FORUM (WEF), ref. 7). No mesmo sentido, o encontro do G20, grupo das 19 maiores economias globais e a União Europeia, realizado no ano de 2024 trouxe em seu relatório final uma expressa declaração de que os esforços para alcançar as metas de descarbonização se mostravam aquém do necessário, instando as nações a incrementar as políticas e contribuições nesse sentido, ponto já enfatizado e não solucionados em encontros anteriores do grupo (G20, ref. 9, G20, ref. 12, REUTERS, ref. 13). A tendência é que esse debate se acentue com a realização da Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima marcada para este ano, no Brasil – COP/30, cita-se: “[...] This is important because by the end of February 2025 countries are meant to have submitted their updated NDCs (Nationally Determined Contributions) which should demonstrate much greater focus on achieving net zero targets. The expectation is that many countries will miss the February deadline, but it will be vital to see if the new targets, which should be ratified at COP30, will add up to an overall trajectory that can suggest that the world is still on target to meet its climate goals or whether COP30 will finally be the time that we are forced to acknowledge that the world will heat up by more than 1.5o, and that perhaps even the 2o target is becoming increasingly difficult to achieve.” (OXFORD INSTITUTE FOR ENERGY STUDIES (OIES), ref.10, p. 6)

¹² G20. **G20 New Delhi Leaders' Declaration**. New Delhi: Ministry of External Affairs, 2023. Disponível em: <https://www.mea.gov.in/Images/CPV/G20-New-Delhi-Leaders-Declaration.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

1.1 Cenário De crises, a urgência da transição energética e o Hidrogênio Verde

O aumento das temperaturas globais e da proliferação dos desastres ligados ao clima trouxe uma urgência ausente aos debates que cercavam a transição energética, mas identificar o problema não reduziu a sua complexidade^{13 14 15, p. 12 16 17}. A necessidade de descarbonização e de buscar por novas fontes de energia também inclui desafios próprios como a estruturação de ações conjuntas e coordenadas na comunidade internacional e a repartição dos deveres de redução das emissões de gases e resíduos poluentes (GEE)¹⁸ de acordo com as condições preexistentes em cada país ou região^{19 20 21}.

Ciente dessas ressalvas, uma das rotas construídas pela comunidade internacional foi a celebração de acordos e convenções multilaterais com o objetivo de somar os esforços voltados à redução dos danos ao clima e ao meio ambiente, centrados em

¹³ ERA dos extremos climáticos já chegou ao Brasil, avaliam cientistas. **Eixos**. 31 jan. 2025. Disponível em: <https://eixos.com.br/politica/meio-ambiente/era-dos-extremos-climaticos-ja-chegou-ao-brasil-avaliam-cientistas/>. Acesso em: 25 jun. 2025.

¹⁴ BRASIL registra o ano mais quente da história em 2024. **Exame**. 4 jan. 2025. Disponível em: <https://exame.com/esg/brasil-registra-o-ano-mais-quente-da-historia-em-2024/>. Acesso em: 07 jul. 2025.

¹⁵ SALGADO, Felipe. Um planeta em transição. **MIT Technology Review**, ano 4, n. 3, abr/jun 2024, p. 10-21, 2024.

¹⁶ O registro de recordes no aumento das temperaturas média a nível global e nacional (Brasil), bem como um aumento do número e intensidade dos desastres ligados a questões climáticas em países como o Brasil e os Estados Unidos têm atraído a atenção do debate público quanto à urgência e extensão das consequências de um modelo de produção centrado em fontes que impactam diretamente o clima e meio ambiente (BRASIL, ref. 15, NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION (NOAA), ref. 18).

¹⁷ NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION (NOAA). **Billion-Dollar Weather and Climate Disasters**. 2025. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

¹⁸ A sigla GEE é utilizada neste trabalho como abreviação do termo "Gases de Efeito Estufa", englobando o conjunto de gases e resíduos poluentes emitidos em processos envolvendo combustíveis fósseis, geralmente via a sua combustão, impactando diretamente o clima e o meio ambiente, cujos exemplos principais são o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄).

¹⁹ Nesse sentido o alerta de Daniel Yergin, ref. 5 quanto às políticas de transição energética nos países em desenvolvimento: "A expressão 'transição energética' tem significados diferentes para nações diferentes, especialmente entre os países em desenvolvimento. Um bilhão de pessoas não têm acesso à eletricidade; 3 bilhões não têm acesso a combustíveis limpos para preparar seus alimentos. Em vez disso, queimam madeira, carvão vegetal, resíduos agrícolas ou esterco em ambientes fechados, o que prejudica a sua saúde. O resultado é uma perspectiva diferente. 'Dizem que temos que avançar além do gás natural, dar um passo além', diz Timipre Sylva, ministro do Petróleo da Nigéria. 'A realidade é que a África ainda não chegou à energia renovável. Temos que superar a questão da pobreza energética na África. Muitas e muitas coisas não são levadas em consideração em toda essa conversa sobre energia renovável e veículos elétricos.'" (YERGIN, ref. 5, p. 395).

²⁰ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA); INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA); UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION (UNSD); WORLD BANK (WB); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2024**. 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-sdg7-the-energy-progress-report-2024>. Acesso em: 10 jul. 2025.

²¹ Reforçando a necessidade de considerar condições socioeconômicas de cada país no debate sobre a transição energética, o relatório produzido conjuntamente por agências internacionais ligadas à questão climática, apontou uma persistente disparidade no acesso à eletricidade: "While hundreds of millions of people have gained access to electricity since 2010, progress has been uneven. Vast regional disparities in access rates persist and continue to widen. While Central and Southern Asia accounted for 36.8 percent of the access deficit in 2010, immense progress in electrification in the region shrank its share of the global unconnected population to 4.8 percent in 2022. Meanwhile, Sub-Saharan Africa's share of the global deficit ballooned from 49.6 percent in 2010 to 83.3 percent in 2022, with a slight increase in the number of unconnected people in 2022." (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA); INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA); UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION (UNSD); WORLD BANK (WB); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), ref. 21, p. 24).

substituição dos combustíveis fósseis e inserção de fontes de energia renováveis nos setores responsáveis pelo maior volume de emissão de GEE.

Ilustrando esse percurso histórico de fortalecimento das iniciativas globais de combate à crise climática-ambiental, a “Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima” (UNFCCC), criada em 1992, deu origem a um espaço institucional para debates no tema, ratificados e renovados anualmente por meio das Conferências realizadas por seus países-membros (COP) e pelos novos compromissos nela firmados²² ²³.

Exemplos recentes e de grande impacto foram a celebração do “Acordo de Paris” em 2015 durante a COP 21 e a criação da Agenda 2030 das Nações Unidas para o desenvolvimento sustentável, ambos compromissos multilaterais que trouxeram um conjunto partilhado de metas e instrumentos para combater o agravamento da crise climática-ambiental²⁴ ²⁵ ²⁶.

Nesse esforço comum, surgiram pactos quanto à fixação de limites para o aumento da temperatura global²⁷, à criação de modelos de divisão das contribuições de cada país na redução dos GEE, aos fundos internacionais necessários para o financiamento de projetos no setor²⁸, e à definição de um rol de “objetivos de desenvolvimento sustentável”

²² UNITED NATIONS. **United Nations Framework Convention on Climate Change**: with annexes. New York: United Nations, 1992. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_english_for_posting.pdf. Acesso em: 07 jul. 2025.

²³ Delimitando o objeto dessa Convenção, prevê o seu artigo 2º: “Article 2. Objective. The ultimate objective of this Convention and any related legal instruments that the Conference of the Parties may adopt is to achieve, in accordance with the relevant provisions of the Convention, stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system. Such a level should be achieved within a time frame sufficient to allow ecosystems to adapt naturally to climate change, to ensure that food production is not threatened and to enable economic development to proceed in a sustainable manner” (UNITED NATIONS, ref. 23). No mesmo sentido, o artigo 4º dessa Convenção trouxe alguns compromissos, posteriormente atualizados com o avanços das tratativas dos Países membros no tema: “All Parties, taking into account their common but differentiated responsibilities and their specific national and regional development priorities, objectives and circumstances, shall: [...] b) Formulate, implement, publish and regularly update national and, where appropriate, regional programmes containing measures to mitigate climate change by addressing anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of all greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol, and measures to facilitate adequate adaptation to climate change;” (UNITED NATIONS, ref. 23).

²⁴ UNITED NATIONS. **Resolution A/RES/70/1 – Transforming our world**: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <https://docs.un.org/en/A/RES/70/1>. Acesso em: 07 jul. 2025.

²⁵ MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Acordo de Paris**. Brasília: MCTI, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-parise-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf. Acesso em: 08 jan. 2025.

²⁶ UNITED NATIONS. **The Paris Agreement**: FCCC/CP/2015/10/Add.1. Bonn: UNFCCC Secretariat, 2016. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2025.

²⁷ Nesse aspecto, o principal exemplo foi a previsão no item 1 do artigo 2º do Acordo de Paris acerca dos esforços para limitar o aumento da temperatura média global para bem abaixo dos 2°C em comparação com os níveis pré-industriais, cujas medidas incluem tentar que sequer o limite de 1,5°C seja ultrapassado até o ano de 2030 (UNITED NATIONS. **Resolution A/RES/70/1 – Transforming our world**: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <https://docs.un.org/en/A/RES/70/1>. Acesso em: 07 jul. 2025).

²⁸ O modelo de cooperação firmado nos acordos citados tem como premissa um dever de cooperação centrado na “responsabilidade comum, mas diferenciada”, ou seja, apesar de ser um dever comum de todos os países atuar na redução das emissões de GEE, devem ser levadas em consideração as condições socioeconômicas preexistentes dos países em desenvolvimento; motivo pelo qual o aspecto financeiro é priorizado nessa agenda, incluindo a

(ODS) que vão desde a proteção do oceano à universalização do acesso a energias renováveis e seguras^{29 30 31 32}.

Especificamente no tocante às alternativas energéticas, ganha força o debate sobre as rotas para a descarbonização e substituição dos combustíveis fósseis, sopesando em cada novo caminho a viabilidade econômica de sua implementação e a capacidade dessa fonte energética para mitigar o volume de emissões de GEE a nível global. O panorama geral dos investimentos em transição energética revela uma tendência de crescimento anual, com aportes em campos de energias renováveis como a solar e eólica e em setores de eletrificação de veículos, observando-se o surgimento de novos protagonistas nesse volume de produção (i.e. China)^{33 34 35}.

Mesmo com os registros favoráveis de um crescimento contínuo, permanece ainda como um significativo desafio cumprir as metas assumidas em compromissos como a busca pela neutralidade de emissões até 2050 ("NZE-2050")^{36 37} e pelo respeito ao limite de 1,5°C no aumento da temperatura média global^{38 39}. Projeta-se que seria necessário para alcançá-los tanto a adoção de medidas voltadas a aumentar a capacidade e eficiência

previsão de criação de mecanismos de financiamento como o "Fundo Climático" com investimentos que deveriam chegar a 100 bilhões anuais até o ano de 2025 (UNITED NATIONS, ref. 27, SALGADO, ref. 16, p. 12).

²⁹ UNITED NATIONS. **Resolution A/RES/70/1 – Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <https://docs.un.org/en/A/RES/70/1>. Acesso em: 07 jul. 2025.

³⁰ UNITED NATIONS. **Resolution A/RES/70/1 – Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <https://docs.un.org/en/A/RES/70/1>. Acesso em: 07 jul. 2025.

³¹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA); INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA); UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION (UNSD); WORLD BANK (WB); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), ref. 21.

³² A "Agenda 2030" foi criada como um compromisso multilateral trazendo 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável, incluindo a proteção de recursos naturais, do oceano, clima, acesso a energia, como ilustrado pelo ODS 7 que busca assegurar o acesso de todos a energias modernas, sustentáveis, confiáveis e financeiramente acessível; e pelos ODS 13 e 14 que tratam do dever de tomar ações urgentes para combater a mudança climática e os seus impactos, bem como conservar e propagar o uso sustentável dos oceanos e recursos marinhos (UNITED NATIONS, ref. 25).

³³ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Renewables 2024: Analysis and forecasts to 2030**. Paris: IEA, 2024a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>. Acesso em: 10 jun. 2025.

³⁴ BLOOMBERGNEF. **Energy Transition Investment Trends 2024**. Abridged report. 30 jan. 2024. Disponível em: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends-2024.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2025.

³⁵ BLOOMBERGNEF. **Energy Transition Investment Trends 2025**. Abridged report. 30 jan. 2025. Disponível em: <https://about.bnef.com/energy-transition-investment/>. Acesso em: 08 jun. 2025.

³⁶ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global Energy and Climate Model: Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE)**. Paris: IEA, 2023a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model/net-zero-emissions-by-2050-scenario-nze>. Acesso em: 05 maio 2025.

³⁷ Sigla designada para denominar o cenário de neutralidade das emissões de GEE até 2050, estabelecendo rotas de descarbonização e a projeção de investimentos necessários, cf.: "The Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE Scenario) is a normative scenario that shows a pathway for the global energy sector to achieve net zero CO2 emissions by 2050, with advanced economies reaching net zero emissions in advance of others. This scenario also meets key energy-related Sustainable Development Goals (SDGs), in particular universal energy access by 2030 and major improvements in air quality" (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ref. 37).

³⁸ UNITED NATIONS. **Resolution A/RES/70/1 – Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <https://docs.un.org/en/A/RES/70/1>. Acesso em: 07 jul. 2025.

³⁹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Germany 2025: Energy Policy Review**. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/germany-2025>. Acesso em: 10 jul. 2025.

energética global, como a reconfiguração das estratégias de coordenação das políticas energéticas e o incentivo a novas rotas tecnológicas e de padronização, quanto um incremento nos aportes financeiros para esses setores^{40 41}.

Essas barreiras da realidade promovem um brusco contraste com as promessas comuns aos dos discursos sobre a transição energética, e a essas avaliações recentes sobre como os avanços nessa seara ainda estão aquém do necessário, somam-se novas preocupações como o surgimento de desafios geopolíticos – e.g. confrontos bélicos, crise na confiança na capacidade do modelo multilateralista, e a reestruturação das políticas de investimentos em energia pelos principais atores internacionais^{42 43 44}.

Ante a dimensão desses desafios, torna-se necessária a adoção de medidas capazes de lidar com eles de forma ampla e estrutural, ou seja, envolvendo não apenas políticas episódicas ou isoladas, mas uma verdadeira reconstrução da forma como as instituições existentes lidam com vistas a um modelo que concilie o desenvolvimento econômico com a implementação de fontes de energia em substituição aos combustíveis fósseis.

1.2 Novas instituições em um marco regulatório em construção: a nova cor do Hidrogênio

Sob a premissa de que o enfrentamento da crise climática-energética exige um novo modelo institucional, tem-se uma premissa básica: a urgência das medidas necessárias não pode implicar uma limitação completa da possibilidade de crescimento econômico, sob pena de se tornar um projeto incapaz de atrair capital político e financeiro necessário. Convencer os atores internacionais com capacidade de influenciar no cenário global da energia demanda esclarecer dois pontos: a dimensão das medidas a serem adotadas e o foco da aplicação dos escassos recursos disponíveis.

Quanto ao primeiro aspecto, fica evidente a necessidade de uma transformação macro, atingindo as próprias *regras do jogo* dos setores comerciais ligados à energia e à emissão de GEE, ou seja, reestruturação das bases que orientam as interações políticas e

⁴⁰ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA); INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA); UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION (UNSD); WORLD BANK (WB); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), ref. 21.

⁴¹ G20. **G20 Rio de Janeiro Leaders' Declaration**. Rio de Janeiro, 18-19 nov. 2024. Disponível em: <https://g20.org/wp-content/uploads/2024/11/G20-Rio-de-Janeiro-Leaders-Declaration-EN.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025

⁴² CHIAPPINI, Gabriel. Decisão de Trump de suspender repasses do IRA pode afetar projetos de hidrogênio nos EUA. **Eixos**. 20 jan. 2025. Disponível em: <https://eixos.com.br/hidrogenio/decisao-de-trump-de-suspender-repasses-do-ira-pode-afetar-projetos-de-hidrogenio-nos-eua/>. Acesso em: 09 jun. 2025.

⁴³ OXFORD INSTITUTE FOR ENERGY STUDIES (OIES). **Key themes for the global energy economy in 2025**. 2025. OIES Paper: SP 35. Oxford: OIES, 2025. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2025/01/SP35-Key-Themes-for-the-Global-Energy-Economy-in-2025.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2025.

⁴⁴ BLOOMBERGNEF. **Energy Transition Investment Trends 2025**. Abridged report. 30 jan. 2025. Disponível em: <https://about.bnef.com/energy-transition-investment/>. Acesso em: 08 jun. 2025.

econômicas nesse campo^{45 46}. Entender essas transformações envolve a compreensão da ideia de *matriz institucional* e de *mudanças* institucionais, aqui trazidas como as normas formais e informais vigentes dentro de um contexto social que influenciam o modo como aquela sociedade se desenvolve e os meios pelos quais esse sistema de normas pode ser alterado, respectivamente^{47 48}.

Aproximando esse conceito deste trabalho, o Direito é um exemplo de instituição formal ao estabelecer regras que irão influenciar as interações e comportamentos em um determinado contexto social, estimulando práticas que entende benéficas e impondo restrições àquelas vistas como prejudiciais ao desenvolvimento daquela sociedade^{49 50}. Visto sob essa lente, as mudanças institucionais no campo jurídico envolvem não apenas a criação ou modificação de uma norma existente, mas a avaliação sobre seu efetivo impacto na estrutura institucional de um país, reduzindo incertezas e possibilitando a evolução nacional^{51 52}.

Esse aspecto da dimensão das medidas necessárias é especialmente sensível no tema da transição energética, uma vez que as regras jurídicas são capazes de influenciar diretamente as escolhas dos atores nesses setores, privilegiando as condutas que contribuam para lidar com a crise climática, incentivando a preferências por fontes de energia renováveis, os investimentos em tecnologias de descarbonização, e incluindo normas que imponham uma reestruturação do modelo comercial vigente ainda pautado em fontes com alta emissão de GEE^{53 54}.

No entanto, ainda que o Direito possua uma capacidade real de gerar mudanças na base institucional do país, a sua eficácia estará associada às escolhas de investimentos. É importante saber qual a rota capaz de trazer o maior retorno no propósito de reduzir o volume de emissões e de substituição dos combustíveis fósseis em setores centrais da econômica. Nesse sopesamento o hidrogênio passou a ser reconsiderado como uma

⁴⁵ NORTH, Douglass C. Institutions. **The Journal of Economic Perspectives (1986-1998)**, Nashville, v. 5, n. 1, p. 97, Winter 1991. Disponível em: <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.5.1.97>. Acesso em: 20 jun. 2025.

⁴⁶ PIAIA, Thami Covatti. Instituições, organizações e mudança institucional: análises e perspectivas. **Revista Justiça do Direito**, v. 27, n. 2, 257-274, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5335/rjd.v27i2.4672>. Acesso em: 04 jul. 2025.

⁴⁷ HODGSON, Geoffrey M. What Are Institutions? **Journal of Economic Issues**, Lincoln, v. 40, n. 1, p. 1-25, mar 2006. Disponível em: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/what-are-institutions/docview/208854994/se-2?accountid=17252>. Acesso em: 05 maio 2025.

⁴⁸ PIAIA, ref. 47.

⁴⁹ NORTH, ref. 46.

⁵⁰ PIAIA, ref. 47.

⁵¹ NORTH, ref. 46.

⁵² PIAIA, ref. 47.

⁵³ OLIVEIRA, Rosana Cavalcante de. **Panorama do Hidrogênio no Brasil**. Brasília: IPEA, 2022. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/porta/publicacoes>. Acesso em: 08 jun. 2025.

⁵⁴ YERGIN, ref. 5.

alternativa nova, capaz de agir como um vetor de descarbonização em campos nos quais as rotas tecnológicas mais consolidadas não se mostram tão eficazes, desde que obtido em um processo livre de emissões, para os fins deste artigo, o Hidrogênio Verde.

Em um contexto de alta disponibilidade de rotas possíveis de descarbonização, a escolha sobre onde alocar investimentos em novas energias depende de uma avaliação objetiva de como esse fonte renovável poderá reduzir os impactos ambientais mantendo a produtividade. Com o fortalecimento de alternativas como a eletrificação de veículos, a energia solar, a energia eólica e os biocombustíveis, o interesse passa a se intensificar quanto às ferramentas disponíveis para descarbonizar setores nos quais essas tecnologias mais maduras não se mostram aplicáveis ou perdem efetividade – como por exemplo a siderurgia, a indústria de fertilizantes, transportes de grandes cargas –, bem como para lidar com desafios de sazonalidade, de armazenamento e de transporte dessa produção energética^{55 56 57}.

É precisamente nesses aspectos que o Hidrogênio Verde tem atraído interesse, ante a sua versatilidade quanto aos campos em que pode ser aplicado e à função principal desempenhada (armazenamento de energia, matéria prima industrial, combustível), cuja obtenção se dá por meio de um processo livre de emissões de GEE^{58 59 60 61 62}. Apesar de debates quanto à nomenclatura mais adequada^{63 64 65}, utiliza-se o termo Hidrogênio

⁵⁵ THOMSEN, M. **Desenvolvimento de uma economia de hidrogênio verde no Brasil: obstáculos e viabilizadores**. 2023. Dissertação (Mestrado) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

⁵⁶ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022. 137 p. ISBN 978-65-86075-53-3. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

⁵⁷ WEICHENHAIN, U.; SCHMITT, C. Green Hydrogen investments: enabling clean energy and industry. In: EBNER, M.; ENGELMANN, T. (Coord.). **Green Hydrogen investments, from buzz to boom: a macroeconomic, technological, regulatory and market overview of Hydrogen opportunities**. 2022. Disponível em: <https://www.wfw.com/wp-content/uploads/2022/10/KGAL-Whitepaper-Hydrogen-Energy-English.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

⁵⁸ GURLIT, Wieland; GUILLAUMON, João; AUDE, Marcelo; CEOTTO, Henrique. **Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo**. McKinsey & Company, 25 nov. 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>. Acesso em: 11 jun. 2025.

⁵⁹ THOMSEN, ref. 56.

⁶⁰ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI), ref. 57.

⁶¹ WEICHENHAIN; SCHMITT, ref. 58.

⁶² OLIVEIRA, ref. 54.

⁶³ BARNES, Alex. **How proper measurement of low carbon hydrogen's carbon intensity can reduce regulatory risk**. Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2024. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org>. Acesso em: 01 jun. 2025.

⁶⁴ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Towards Hydrogen Definitions Based on Their Emissions Intensity**. Paris: IEA, 2023b. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/acc7a642-e42b-4972-8893-2f03bf0bfa03/Towardshydrogendefinitionsbasedontheiremissionsintensity.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

⁶⁵ Nesse sentido, parte da literatura científica apresenta objeções ao modelo de classificação do Hidrogênio por cores associadas ao método de produção, justificando que esse sistema não traz clareza quanto a elementos como o volume de emissões, criando obstáculos para a consolidação de uma cadeia comercial internacional, apontando alternativas como a classificação com base no volume de emissão ("intensidade de carbono"); padronização que

Verde para designar aquele oriundo de um processo de eletrólise da água, abastecido por um fonte de energia renovável (e.g. solar, eólica), resultando apenas no hidrogênio e vapor d'água^{66 67 68}.

Essa modalidade de produção do hidrogênio ainda se encontra em um estágio inicial de desenvolvimento, tendo correspondido no ano de 2023 a menos de 1% da demanda global, que ainda permanece dependente de rotas que utilizam processos como a queima do gás natural e outros combustíveis fósseis, também referido nesse modelo de classificação por cores como o “Hidrogênio Cinza”⁶⁹.

Levando em consideração esse estágio de maturidade do Hidrogênio Verde e o seu potencial de utilização na transição energética, forma-se um cenário competitivo entre as nações que possuem os recursos naturais, tecnológicos e financeiros para fomentar uma cadeia produtiva no setor, pontos associados às ideias de mudanças institucionais para criação de um arcabouço regulatório capaz de atrair investimentos^{70 71 72}.

O caso brasileiro é um bom ilustrativo desses aspectos, uma vez que o país se coloca como um dos potenciais *hubs* na produção de Hidrogênio Verde a nível global, amparado em sua matriz energética marcada por uma forte presença de renováveis, especialmente no campo da energia elétrica, indústrias crescentes de energia eólica, solar e biocombustíveis, território amplo e com diversidade geográfica, e fortalecimento de políticas governamentais ligadas aos compromissos de redução das emissões de GEE^{73 74 75}. Esse potencial mapeado esbarra em desafios que vão desde o financiamento à criação

já foi reconhecida como uma questão prioritária em reuniões recentes de países com interesse nos investimentos em hidrogênio para fins de transição energética (BARNES, ref. 64, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ref. 65).

⁶⁶ FERNANDES, Gláucia; AZEVEDO, João Henrique de; AYELLO, Matheus; GONÇALVES, Felipe. **Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil**. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2023. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/opiniao_artigo_hidrogenio_verde_matriz.pdf. Acesso em: 14 jun. 2025.

⁶⁷ MARTINS, F. P. et al. Hydrogen and the sustainable development goals: Synergies and trade-offs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 204, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032124005227>. Acesso em 11 jun. 2025.

⁶⁸ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI), ref. 57, p. 29.

⁶⁹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global Hydrogen Review 2024**. Paris: IEA, 2024b. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>. Acesso em: 15 jun. 2025.

⁷⁰ UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Green Hydrogen Industrial Clusters Guidelines**. Unido, 2023. Disponível em: <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2023-11/Green%20Hydrogen%20Industrial%20Clusters%20Guidelines.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2025.

⁷¹ THOMSEN, ref. 56.

⁷² OLIVEIRA, ref. 54.

⁷³ FURTADO, Gabriel Rocha; SANTOS, Luís Guilherme Tavares. Hidrogênio Verde como Fator de Desenvolvimento Sustentável no Piauí. In: Costa, Sebastião P. Mendes da et al. **Transição Energética e Sustentabilidade: Energia Renovável, Hidrogênio Verde e Mineração como Fatores de Desenvolvimento Sustentável do Estado do Piauí**. Porto Alegre: Editora Fundação Fênix, 2024. Disponível em: <https://fundarfenix.com.br/ebook/311energiarenovavel/>. Acesso: 15 jun. 2025.

⁷⁴ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI), ref. 57.

⁷⁵ THOMSEN, ref. 56.

de uma estrutura de certificação e padronização da produção no setor, conforme identificado no Plano de Trabalho do Programa Nacional do Hidrogênio do Governo Federal para o triênio de 2023-2025⁷⁶.

À aprovação desse plano, seguiu-se a introdução de dois marcos de destaque no setor, ambos criados recentemente no ano de 2024. O primeiro foi a Lei Federal nº 14.948 que estabelece um “Marco Legal do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono”, apresentando uma definição das classes e rotas de produção de hidrogênio, com expressa previsão do Hidrogênio Verde, trazendo regras sobre os incentivos financeiros disponibilizados a esses projetos, normas de controle de riscos e um regime de governança e certificação ainda em estágio inicial⁷⁷.

Esse marco foi complementado pela Lei Federal nº 14.990, que trata do “Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono e Investimento” (PHBC), fixando alguns incentivos fiscais que poderão ser concedidos àqueles que integrem a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, mas também ainda pendente da edição de uma regulação complementar⁷⁸.

Apesar de representarem avanços e uma mostra concreta do interesse brasileiro nesse produto, a simples aprovação dessas duas normas não foi capaz de promover uma alteração tão significativa no cenário institucional do Hidrogênio Verde do Brasil, o que só será possível com a edição das normas complementares e de políticas públicas que auxiliem a efetivação desses novos projetos, fortalecendo as regras dessa cadeia produtiva e comercial, transformando-o de um campo em desenvolvimento em um setor de alta maturidade regulatória e institucional.

É nesse aspecto da pesquisa, ao identificar que o cenário regulatório brasileiro ainda se encontra um estágio inicial, incapaz de lidar com as dificuldades inerentes à implementação dos projetos de Hidrogênio Verde, que se mostra essencial transportar a investigação para as experiências normativas internacionais. Por meio do estudo destas, desde que delimitadas de forma objetiva os contextos a serem analisados, será possível identificar as barreiras recorrentes em projetos no setor, bem como as soluções que se mostraram exitosas para lidar com esses desafios (i.e. experiência da América Latina);

⁷⁶ MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Programa Nacional do Hidrogênio** – Plano de Trabalho

2023-2025. Brasília: MME, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt#br/assuntos/transicao-energetica/programa-nacional-do-hidrogenio>. Acesso em: 17 dez. 2024.

⁷⁷ BRASIL. Lei nº 14.948, de 12 de agosto de 2024. Dispõe sobre a política nacional do hidrogênio de baixa emissão de carbono e outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: Presidência da República, [2024a]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/Lei/L14948.htm. Acesso em: 14 set. 2024.

⁷⁸ BRASIL. Lei nº 14.990, de 27 de setembro de 2024. Institui o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC); e altera a Lei nº 14.948, de 2 de agosto de 2024. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF: Presidência da República, [2024b]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14990.htm. Acesso em: 21 jan. 2025.

além de possibilitar uma antecipação quanto aos padrões de regulação – certificação, padronização e governança – exigidos pelos países que se apresentam como os principais parceiros comerciais do Brasil na produção e exportação do Hidrogênio Verde (i.e. União Europeia).

2. O CENÁRIO INTERNACIONAL DO HIDROGÊNIO VERDE: EXPERIÊNCIAS DA AMÉRICA LATINA E DA UNIÃO EUROPEIA NA IMPLEMENTAÇÃO DOS PROJETOS DE HIDROGÊNIO VERDE

O panorama internacional de regulação do Hidrogênio Verde é marcada pela disparidade dos estágios de maturidade dos projetos nacionais, reproduzindo-se também neste setor o hiato econômico e tecnológico que distingue países em desenvolvimento e aqueles com maior poder de investimento; cuja exemplificação neste artigo resulta da comparação entre a América Latina e a União Europeia. Estudar algumas das principais iniciativas existentes nesses cenários serve de indicador de como tem se estruturado a cadeia comercial do Hidrogênio Verde, uma corrida geopolítica entre esses países que almejam fazer uso estratégico das vantagens competitivas que possuem, posicionando-se como polos consumidores ou exportadores, e firmando vínculos comerciais a fim de atrair novas parcerias e investimentos^{79 80}.

2.1 América Latina: desafios comuns, avanços distintos

Sem ignorar as ressalvas necessárias ao tratar de forma conjunta uma região que abriga países com contextos socioeconômicos e políticos distintos, é possível identificar na América Latina a presença de diversos países cujas características geográficas e a disponibilidade de recursos naturais e estruturas de energias renováveis (e.g. solar, eólica, hidrelétrica), os colocam com expressivo potencial para a produção de Hidrogênio Verde, atraindo o interesse comercial dos setores econômicos considerados de “difícil descarbonização”^{81 82}.

Contudo, o registro atual da região ainda envolve uma subutilização desse potencial, no qual o hidrogênio e seus derivados tem sido obtido por meio das rotas tradicionais ligadas aos combustíveis fósseis, especialmente com a combustão do gás

⁷⁹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ref. 34.

⁸⁰ OLIVEIRA, ref. 54.

⁸¹ GOMES, Ieda; PATONIA, Aliaksei; GOGORZA, Agustín; CARATORI, Luciano; CARLINO, Hernan; GAMA, Nathalia; DIAZGRANADOS, Luis; HARTMANN, Nuria; KULENKAMPFF, Hans-Werner. **Hydrogen for the 'low hanging fruits' of South America: Decarbonising hard-to-abate sectors in Brazil, Argentina, Colombia, and Chile**. Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2024. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/publications/hydrogen-for-the-low-hanging-fruits-of-south-america-decarbonising-hard-to-abate-sectors-in-brazil-argentina-colombia-and-chile/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

⁸² INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ref. 34, p. 234.

natural, reproduzindo o panorama global no qual prevalece o uso do denominado “Hidrogênio Cinza”⁸³. Apesar desse retrato de baixa implantação de projetos de Hidrogênio Verde, as estimativas recentes projetam que região poderá se tornar um polo de produção no médio a longo prazo, como visto em estudo realizado no ano de 2021 que identificou mais de 10 estratégias nacionais em desenvolvimento na região, com distintos graus de maturidade e focos em setores econômicos como transporte, indústria química e refinaria^{84 85 86}.

Nesse período, as maiores economias da região tem fortalecido as estratégias nacionais para fazer proveito das vantagens competitivas citadas, com destaque para as políticas públicas implementadas e em desenvolvimento por países como o Brasil, Argentina, Chile e Colômbia⁸⁷. Como principal economia da região, o Brasil segue como um dos líderes do setor, conjugando essa capacidade econômica com uma matriz energética com alta presença de renováveis e setores industriais intensivos em energia.

Além das normativas recentemente aprovadas na esfera federal já citadas, a estratégia nacional envolve também a elaboração de planos setoriais, como o “Plano Nacional de Fertilizantes” apresentado em 2022, e as iniciativas listadas no Plano de Trabalho do Hidrogênio do Ministério de Minas e Energia para o triênio 2023-2025, ambos com previsão de alta demanda interna para que o Hidrogênio Verde substitua importações intensivas em carbono e setores industriais altamente poluentes como a siderurgia^{88 89}. Esse potencial ainda permanece limitado pelos altos custos de produção e reduzida infraestrutura energética para lidar com a escala dos projetos de Hidrogênio Verde, realidade partilhada por outros dos líderes regionais^{90 91}.

Na Argentina, o interesse nos empreendimentos de Hidrogênio verde é impulsionado pela urgência em descarbonizar setores como o transporte e pela alta dependência do país em importações de fertilizantes nitrogenados, tendo registrado apenas no ano de 2022 um volume de importações de mais de 2,2 milhões de toneladas de ureia, sinalizando um mercado interno robusto e que poderá ser aproveitado por

⁸³ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ref. 34, p. 234.

⁸⁴ GOMES, ref. 82, p. 34-36.

⁸⁵ OLIVEIRA, ref. 54, p. 30.

⁸⁶ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ref. 70, p. 61-62, 234.

⁸⁷ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ref. 34, p. 242.

⁸⁸ GOMES, ref. 82, p. 10-12.

⁸⁹ MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, ref. 77.

⁹⁰ GOMES, ref. 82, p. 13-14.

⁹¹ THOMSEN, ref. 56.

produtos derivados desse hidrogênio como a “amônia verde”⁹².

Como reforço ao potencial argentino, projeta-se um aumento significativo na demanda interna por hidrogênio produzido por rotas com baixa ou nula emissão de carbono – incluindo o Hidrogênio Verde – até o ano de 2050, com destaque para as iniciativas na região da Patagônia, onde características como a abundância de recursos eólicos possibilita uma produção que se mostre economicamente competitiva⁹³.

O Chile é apontado como o país da região com a experiência regulatória mais avançada, tendo lançado sua estratégia nacional para o Hidrogênio Verde ainda no ano de 2020, fixando metas concretas e um conjunto sólido de incentivos regulatórios, fiscais e financeiros, com a meta de se tornar um polo global para a exportação desse recurso até o ano de 2030^{94 95}. Dentre as iniciativas desenvolvidas nessa rota pioneira, incluem-se o desenvolvimento de *hubs* regionais de hidrogênio, especialmente nas regiões de Antofagasta e Magalhães, cuja proximidade a centros industriais e portuárias é estratégica tanto para fins de consumo interno quanto para a exportação dessa produção; e a presença de projetos-piloto apoiados em um modelo parceria público-privada para estímulo da indústria nacional⁹⁶.

A Colômbia é outro destaque regional, com esforços concentrados em projetos ligados aos setores de transportes e à produção de amônia, com foco em reduzir a dependência externa e honrar com os seus compromissos de promoção de instrumentos de descarbonização em setores industriais estratégicos⁹⁷. O panorama colombiano conta com um crescente interesse em modelos de investimentos privados, associado à estruturação de uma base jurídica que torne essa aplicação de recursos atraente e segura aos investidores, e aos projetos voltados à melhoria da infraestrutura nacional de geração de energia renovável a ser alocada nos empreendimentos do Hidrogênio Verde⁹⁸.

Apesar desses avanços, os países latino-americanos enfrentam desafios estruturais comuns relacionados à implementação plena de seu potencial produtivo. Um dos principais obstáculos identificados reside na expansão da capacidade energética necessária para sustentar o crescimento do setor do Hidrogênio Verde, exigindo investimentos expressivos em geração e transmissão de energia elétrica⁹⁹.

⁹² GOMES, ref. 82, p. 21.

⁹³ GOMES, ref. 82, p. 18-21.

⁹⁴ GOMES, ref. 82, p. 34-36.

⁹⁵ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ref. 70, p. 242.

⁹⁶ GOMES, ref. 82, p. 34-38.

⁹⁷ GOMES, ref. 82, p. 26-30.

⁹⁸ GOMES, ref. 82, p. 30-32.

⁹⁹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ref. 70, p. 242-245.

A esse desafio estrutural, soma-se a ausência de uma abordagem regional coordenada quanto à certificação do Hidrogênio Verde, cujo principal risco é transmitir uma fragmentação regulatória que dificulte a sua competitividade nos mercados internacionais¹⁰⁰. Como mostra da preocupação regional com esse aspecto da certificação, os governos de 14 países latino-americanos celebraram acordo voltado ao estabelecimento de um esquema de certificação comum, denominado “CertHiLAC”, a ser implementado com apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento e da Organização de Energia da América Latina¹⁰¹.

Essas experiências fornecem importantes lições ao Brasil, sobretudo pela ênfase dada pelos países latino-americanos à vocação exportadora do Hidrogênio Verde, acompanhada de uma preocupação crescente com a criação de normas robustas de certificação ambiental e padronização regulatória. Tendo em vista que o mercado internacional exige critérios claros e confiáveis de sustentabilidade para a importação de hidrogênio e seus derivados, compreender e alinhar-se aos padrões desses principais mercados consumidores torna-se essencial.

Nesse sentido, ganha relevância a análise do arcabouço regulatório da União Europeia, cujo mercado consumidor já demonstra exigências rigorosas em relação à origem e à pegada ambiental do hidrogênio importado, destacando-se como referência normativa fundamental para garantir a competitividade internacional dos projetos brasileiros^{102 103}.

2.2 União Europeia: maturidade regulatória e requisitos de sustentabilidade

A União Europeia consolidou-se como um dos principais polos regulatórios e consumidores globais no emergente mercado do hidrogênio de baixa emissão, especialmente no que se refere ao Hidrogênio Verde. Inserido no contexto mais amplo da transição energética e das metas climáticas do Pacto Ecológico Europeu, o bloco europeu tem adotado políticas robustas para fomentar tanto a produção quanto a importação de hidrogênio produzido por fontes renováveis.

Essa atuação reflete a ambição da União de alcançar a neutralidade climática até

¹⁰⁰ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ref. 70, p. 242-243.

¹⁰¹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Germany 2025: Energy Policy Review**. Paris: IEA, 2025, p. 198. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/germany-2025>. Acesso em: 10 jul. 2025.

¹⁰² INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Germany 2025: Energy Policy Review**. Paris: IEA, 2025, p. 242-243. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/germany-2025>. Acesso em: 10 jul. 2025.

¹⁰³ GOMES, Ieda; PATONIA, Aliaksei; GOGORZA, Agustín; CARATORI, Luciano; CARLINO, Hernan; GAMA, Nathalia; DIAZGRANADOS, Luis; HARTMANN, Nuria; KULENKAMPFF, Hans-Werner. **Hydrogen for the 'low hanging fruits' of South America: Decarbonising hard-to-abate sectors in Brazil, Argentina, Colombia, and Chile**. Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2024, pp. 39-41. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/publications/hydrogen-for-the-low-hanging-fruits-of-south-america-decarbonising-hard-to-abate-sectors-in-brazil-argentina-colombia-and-chile/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

2050 e de reduzir, progressivamente, sua dependência de combustíveis fósseis — objetivos que exigem o desenvolvimento de um mercado interno sólido e a consolidação de parcerias internacionais para garantir o suprimento do insumo energético¹⁰⁴.

Ao mesmo tempo, a política energética europeia tem direcionado esforços para estabelecer critérios rigorosos de sustentabilidade, padronização e certificação aplicáveis a toda a cadeia de valor do hidrogênio e de seus derivados, criando, assim, um ambiente regulatório complexo e exigente para os países e empresas que almejam acessar esse mercado¹⁰⁵ ¹⁰⁶. Essa liderança normativa torna essencial o estudo das diretrizes europeias, especialmente para países como o Brasil, que se posicionam como potenciais exportadores globais de Hidrogênio Verde.

No plano regulatório, a União Europeia estabeleceu um conjunto abrangente de normas voltadas à definição, monitoramento e certificação do hidrogênio renovável, com destaque para os atos delegados da Diretiva de Energias Renováveis (RED II), aprovados em 2023. Esses atos regulamentares especificam os critérios que o hidrogênio deve cumprir para ser classificado como “Renewable Fuel of Non-Biological Origin” (RFNBO), inclusive quando importado de países terceiros.

Entre os requisitos, estão a obrigatoriedade de que a eletricidade utilizada no processo de eletrólise seja proveniente de fontes renováveis adicionais à matriz existente, com comprovação temporal e geográfica da coincidência entre a geração e o consumo energético, além de metas mínimas de redução de emissões de gases de efeito estufa de 70% em relação aos combustíveis fósseis de referência¹⁰⁷.

Tais exigências refletem a preocupação europeia em evitar a dupla contagem de emissões e garantir que o Hidrogênio Verde represente, de fato, um avanço ambiental em termos líquidos. Complementarmente, a União Europeia criou o “Carbon Border Adjustment Mechanism” (CBAM), cuja fase transicional se iniciou em 2023, com previsão de exigência formal de pagamento a partir de 2026. Esse instrumento impõe a importadores de produtos intensivos em emissões — incluindo o hidrogênio e seus derivados — a obrigação de reportar as emissões incorporadas aos bens comercializados,

¹⁰⁴ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen derivatives for global trade: Supply, demand and the role of ports**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Green-hydrogen-derivatives-for-global-trade>. Acesso em: 08 jun. 2025.

¹⁰⁵ GRUPO DE ESTUDOS DO SETOR ELÉTRICO (GESEL). **Estruturas de financiamento para projetos de hidrogênio verde e derivados**. Rio de Janeiro: Instituto de Economia da UFRJ, 2024. Disponível em: <https://www.gesel.ie.ufrj.br/index.php/2024/05/17/nt-gesel-estrutura-de-financiamento-para-projetos-de-hidrogenio-verde-e-derivados/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

¹⁰⁶ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen derivatives for global trade: Supply, demand and the role of ports**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Green-hydrogen-derivatives-for-global-trade>. Acesso em: 08 jun. 2025.

¹⁰⁷ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen derivatives for global trade: Supply, demand and the role of ports**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Green-hydrogen-derivatives-for-global-trade>. Acesso em: 08 jun. 2025, p. 17-18.

com vistas a evitar a chamada “fuga de carbono” e assegurar isonomia regulatória com os produtores locais¹⁰⁸. Juntos, esses mecanismos regulatórios demonstram o elevado grau de maturidade normativa da União Europeia no tema e impõem desafios relevantes para países exportadores, que devem alinhar seus modelos de certificação e rastreabilidade às exigências do bloco.

O cumprimento dos requisitos regulatórios estabelecidos pela União Europeia pressupõe o uso de sistemas robustos de rastreabilidade e certificação, tornando tais instrumentos elementos centrais na estrutura de governança do mercado de Hidrogênio Verde. O reconhecimento de um combustível como RFNBO, por exemplo, exige comprovação documental de que sua produção atende aos critérios técnicos estabelecidos pelos atos delegados da RED II — incluindo a adicionalidade da energia renovável utilizada, a coincidência temporal (correlação horária até 2030) e a conexão geográfica entre a unidade produtora e a fonte de eletricidade renovável¹⁰⁹.

Nesse cenário, os esquemas de certificação passam a ter papel duplo: além de conferir legitimidade ambiental ao produto comercializado, funcionam como barreiras regulatórias de acesso ao mercado europeu. A própria IRENA destaca que diversos esquemas de certificação vêm sendo desenvolvidos ou adaptados com o objetivo de assegurar a conformidade com os padrões europeus, como o “CertifHy”, o “ISCC” e o “RSB” — cada um com metodologias distintas de mensuração das emissões, limites de fronteiras contábeis e graus variados de reconhecimento internacional¹¹⁰.

A heterogeneidade entre esses sistemas, no entanto, tende a gerar incertezas e custos adicionais para produtores e exportadores, especialmente aqueles que almejam comercializar seus produtos em múltiplas jurisdições. Por esse motivo, organismos internacionais têm incentivado a harmonização e a interoperabilidade dos sistemas de certificação, como forma de evitar sobreposição de exigências e estimular o crescimento de um mercado global de hidrogênio e seus derivados¹¹¹.

A Alemanha desponta como um dos países europeus com maior protagonismo na formulação e implementação de políticas nacionais voltadas ao desenvolvimento do

¹⁰⁸ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen derivatives for global trade: Supply, demand and the role of ports**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Green-hydrogen-derivatives-for-global-trade>. Acesso em: 08 jun. 2025, p. 22-24.

¹⁰⁹ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen derivatives for global trade: Supply, demand and the role of ports**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Green-hydrogen-derivatives-for-global-trade>. Acesso em: 08 jun. 2025, p. 17-18.

¹¹⁰ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen derivatives for global trade: Supply, demand and the role of ports**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Green-hydrogen-derivatives-for-global-trade>. Acesso em: 08 jun. 2025, 31-37.

¹¹¹ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen derivatives for global trade: Supply, demand and the role of ports**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Green-hydrogen-derivatives-for-global-trade>. Acesso em: 08 jun. 2025, p. 50-53.

mercado de hidrogênio de baixa emissão, em particular o Hidrogênio Verde. Reconhecendo que a descarbonização completa de setores industriais como siderurgia, química e transporte pesado depende de vetores energéticos não fósseis, o governo alemão estruturou uma estratégia nacional do hidrogênio (“Nationale Wasserstoffstrategie”) que prioriza o uso do hidrogênio renovável em setores de difícil eletrificação. A meta é transformar o hidrogênio em um dos pilares da transição energética nacional, com previsão de forte ampliação da infraestrutura de produção e distribuição, bem como da cooperação internacional para garantir o suprimento a preços competitivos. A Alemanha busca viabilizar essa transição por meio de uma combinação de medidas regulatórias, incentivos financeiros e planejamento integrado dos sistemas de gás, eletricidade e hidrogênio, tendo inclusive instituído o “System Development Strategy 2024”, que coordena a expansão simultânea dessas redes¹¹², p. 7-9.

Entre os instrumentos regulatórios e financeiros mais relevantes adotados pela Alemanha destaca-se o mecanismo de “Carbon Contracts for Difference” (CCfD), que visa estimular a demanda por hidrogênio de baixa emissão ao oferecer segurança econômica para projetos industriais pioneiros. Por meio desses contratos, o Estado cobre a diferença entre o custo de produção do hidrogênio verde e o preço de mercado de alternativas mais poluentes, garantindo assim a viabilidade comercial de investimentos de maior risco tecnológico e financeiro.

Além disso, a Alemanha também lidera iniciativas internacionais como o “H2Global”, fundo voltado à compra de hidrogênio renovável de países parceiros para posterior revenda no mercado europeu, funcionando como um mecanismo de equalização de preços e estímulo à criação de um mercado global. Tais medidas evidenciam a abordagem integrada e estratégica adotada pelo país, que combina diretrizes europeias com políticas domésticas específicas, reforçando o papel da Alemanha como centro articulador da economia do hidrogênio na Europa e no mundo^{113 114}.

A estrutura normativa construída pela União Europeia — reforçada por políticas nacionais ambiciosas como as da Alemanha — impõe um novo padrão internacional de exigência técnica, ambiental e documental para a comercialização de Hidrogênio Verde. Países que almejam inserir-se como exportadores estratégicos nesse mercado, como o Brasil, devem considerar com atenção os critérios de rastreabilidade, adicionalidade da

¹¹² INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Germany 2025: Energy Policy Review**. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/germany-2025>. Acesso em: 10 jul. 2025.

¹¹³ GRUPO DE ESTUDOS DO SETOR ELÉTRICO (GESEL). **Estruturas de financiamento para projetos de hidrogênio verde e derivados**. Rio de Janeiro: Instituto de Economia da UFRJ, 2024. Disponível em: <https://www.gesel.ie.ufrj.br/index.php/2024/05/17/nt-gesel-estrutura-de-financiamento-para-projetos-de-hidrogenio-verde-e-derivados/>. Acesso em: 11 jun. 2025, p. 23-26.

¹¹⁴ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Germany 2025: Energy Policy Review**. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/germany-2025>. Acesso em: 10 jul. 2025, p. 73-87.

energia renovável, contabilização de emissões e certificação de origem exigidos pelas normas europeias.

A capacidade de internalizar essas exigências e de estruturar marcos regulatórios e mecanismos de verificação compatíveis será decisiva para o acesso a mercados externos e para a atração de investimentos internacionais no setor. A assimetria entre o estágio regulatório da União Europeia e o contexto jurídico ainda incipiente em países emergentes ressalta a importância de se estudar essas experiências não apenas como referência técnica, mas como condicionantes para a integração econômica e energética global na era da descarbonização^{115 116}.

A análise comparada das experiências latino-americanas e europeias permite concluir que, embora a América Latina avance em estratégias nacionais voltadas à atração de investimentos e aproveitamento do potencial renovável, é a União Europeia quem dita, com maior coesão e rigor, os padrões regulatórios e ambientais do mercado internacional de Hidrogênio Verde. Esse descompasso impõe aos países exportadores, como o Brasil, o desafio de estruturar marcos jurídicos compatíveis com as exigências dos países importadores, sob pena de verem comprometida sua competitividade. Assim, a construção de um ambiente regulatório interno robusto, interoperável e alinhado às diretrizes internacionais, especialmente no tocante à rastreabilidade, certificação e padronização das emissões, mostra-se essencial para que o país converta seu potencial energético em inserção efetiva na transição energética global.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de um marco jurídico e institucional para o Hidrogênio Verde no Brasil exige mais do que a criação de normas pontuais ou incentivos fiscais isolados. Trata-se de uma tarefa estrutural, que demanda compreensão aprofundada das dinâmicas internacionais de regulação e financiamento, assim como da natureza estratégica do hidrogênio como vetor de reconfiguração da ordem energética global. O presente artigo partiu da premissa de que a experiência internacional oferece subsídios relevantes para o aprimoramento das iniciativas nacionais, sobretudo ao evidenciar a importância de se estruturar um ambiente regulatório coeso, interoperável e alinhado às exigências de mercados externos.

¹¹⁵ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen derivatives for global trade: Supply, demand and the role of ports**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Green-hydrogen-derivatives-for-global-trade>. Acesso em: 08 jun. 2025, p. 50-53.

¹¹⁶ GRUPO DE ESTUDOS DO SETOR ELÉTRICO (GESEL). **Estruturas de financiamento para projetos de hidrogênio verde e derivados**. Rio de Janeiro: Instituto de Economia da UFRJ, 2024. Disponível em: <https://www.gesel.ie.ufrj.br/index.php/2024/05/17/nt-gesel-estrutura-de-financiamento-para-projetos-de-hidrogenio-verde-e-derivados/>. Acesso em: 11 jun. 2025, p. 21-27.

A análise comparativa revelou que, enquanto a América Latina tem buscado consolidar seu papel como fornecedora de energia limpa, com foco na atração de investimentos e no aproveitamento do potencial renovável, a União Europeia ocupa posição de protagonismo na definição dos parâmetros normativos, ambientais e comerciais do novo mercado energético. Essa assimetria expressa, em parte, a própria divisão internacional da regulação: países do Norte Global, com maior capacidade institucional e força econômica, atuam como reguladores do mercado e detentores do poder normativo; países do Sul Global, por outro lado, concentram-se na adequação e na tentativa de compatibilização com tais padrões, sob pena de exclusão das cadeias globais de valor.

Nesse cenário, o Brasil encontra-se diante de uma encruzilhada regulatória: ou constrói um modelo jurídico próprio, tecnicamente robusto e estrategicamente coordenado com os fluxos internacionais, ou corre o risco de permanecer na periferia da transição energética, fornecendo apenas energia primária a baixos preços e arcando com os custos ambientais e sociais dos grandes empreendimentos. O desafio regulatório não se resume à legislação técnica – envolve também decisões de fundo sobre soberania energética, coordenação federativa, equilíbrio entre atração de capital estrangeiro e fortalecimento de cadeias produtivas locais, além da compatibilização entre desenvolvimento econômico e justiça ambiental.

A partir dessa perspectiva, torna-se evidente que o Hidrogênio Verde não é apenas uma promessa tecnológica ou um insumo industrial, ele representa um dos pilares centrais da “nova geopolítica da energia”, marcada pela disputa entre modelos de transição, pela competição por acesso a matérias-primas críticas e pela redefinição das alianças comerciais globais¹¹⁷.

Nesse contexto, a ausência de um marco jurídico consistente pode ser lida como fragilidade estratégica. O Brasil, por seu potencial energético, por sua posição geográfica e por sua capacidade industrial latente, tem condições de ocupar papel relevante nesse cenário – desde que saiba traduzir esse potencial em credibilidade institucional, previsibilidade regulatória e ambição política.

Portanto, o caminho para a construção de um regime jurídico do Hidrogênio Verde não deve ser apenas reativo, moldado pela pressão de investidores estrangeiros ou pelas exigências normativas de países importadores. Ele deve ser propositivo, baseado em diagnóstico técnico, alinhamento com compromissos climáticos nacionais, valorização de ativos ambientais e fortalecimento das capacidades regulatórias do Estado brasileiro. A transição energética, como mostra a experiência internacional, será tanto um processo

¹¹⁷ YERGIN, Daniel. **O novo mapa: energia, clima e o conflito entre nações**. Tradução de Francisco Araújo da Costa. Porto Alegre: Bookman, 2023.

jurídico quanto uma disputa política, cujos resultados dependerão, em grande medida, da qualidade das instituições e da capacidade de projetar o futuro com lucidez, planejamento e senso de urgência.

REFERÊNCIAS DAS FONTES CITADAS

BARNES, Alex. **How proper measurement of low carbon hydrogen's carbon intensity can reduce regulatory risk**. Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2024. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org>. Acesso em: 01 jun. 2025.

BLOOMBERGNEF. **Energy Transition Investment Trends 2024**. Abridged report. 30 jan. 2024. Disponível em: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends-2024.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2025.

BLOOMBERGNEF. **Energy Transition Investment Trends 2025**. Abridged report. 30 jan. 2025. Disponível em: <https://about.bnef.com/energy-transition-investment/>. Acesso em: 08 jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.948, de 12 de agosto de 2024. Dispõe sobre a política nacional do hidrogênio de baixa emissão de carbono e outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília: Presidência da República, [2024a]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/Lei/L14948.htm. Acesso em: 14 set. 2024.

BRASIL. Lei nº 14.990, de 27 de setembro de 2024. Institui o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC); e altera a Lei nº 14.948, de 2 de agosto de 2024. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF: Presidência da República, [2024b]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14990.htm. Acesso em: 21 jan. 2025.

BRASIL registra o ano mais quente da história em 2024. **Exame**. 4 jan. 2025. Disponível em: <https://exame.com/esg/brasil-registra-o-ano-mais-quente-da-historia-em-2024/>. Acesso em: 07 jul. 2025.

CHIAPPINI, Gabriel. Decisão de Trump de suspender repasses do IRA pode afetar projetos de hidrogênio nos EUA. **Eixos**. 20 jan. 2025. Disponível em: <https://eixos.com.br/hidrogenio/decisao-de-trump-de-suspender-repasses-do-ira-pode-afetar-projetos-de-hidrogenio-nos-eua/>. Acesso em: 09 jun. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022. 137 p. ISBN 978-65-86075-53-3. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

ERA dos extremos climáticos já chegou ao Brasil, avaliam cientistas. **Eixos**. 31 jan. 2025. Disponível em: <https://eixos.com.br/politica/meio-ambiente/era-dos-extremos-climaticos-ja-chegou-ao-brasil-avaliam-cientistas/>. Acesso em: 25 jun. 2025.

FERNANDES, Gláucia; AZEVEDO, João Henrique de; AYELLO, Matheus; GONÇALVES, Felipe. **Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil**. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2023. Disponível: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/opinioao_artigo_hidrogenio_verde_matriz.pdf. Acesso em: 14 jun. 2025.

FURTADO, Gabriel Rocha; SANTOS, Luís Guilherme Tavares. Hidrogênio Verde como Fator de Desenvolvimento Sustentável no Piauí. In: Costa, Sebastião P. Mendes da *et al.* **Transição Energética e Sustentabilidade: Energia Renovável, Hidrogênio Verde e Mineração como Fatores de Desenvolvimento Sustentável do Estado do Piauí**. Porto Alegre: Editora Fundação Fênix, 2024. Disponível em: <https://fundarfenix.com.br/ebook/311energiarenovavel/>. Acesso: 15 jun. 2025.

G20. **G20 New Delhi Leaders' Declaration**. New Delhi: Ministry of External Affairs, 2023. Disponível em: <https://www.mea.gov.in/Images/CPV/G20-New-Delhi-Leaders-Declaration.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

G20. **G20 Rio de Janeiro Leaders' Declaration**. Rio de Janeiro, 18-19 nov. 2024. Disponível em: <https://g20.org/wp-content/uploads/2024/11/G20-Rio-de-Janeiro-Leaders-Declaration-EN.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

GOMES, Ieda; PATONIA, Aliaksei; GOGORZA, Agustín; CARATORI, Luciano; CARLINO, Hernan; GAMA, Nathalia; DIAZGRANADOS, Luis; HARTMANN, Nuria; KULENKAMPPF, Hans-Werner. **Hydrogen for the 'low hanging fruits' of South America: Decarbonising hard-to-abate sectors in Brazil, Argentina, Colombia, and Chile**. Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2024. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/publications/hydrogen-for-the-low-hanging-fruits-of-south-america-decarbonising-hard-to-abate-sectors-in-brazil-argentina-colombia-and-chile/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

GRUPO DE ESTUDOS DO SETOR ELÉTRICO (GESEL). **Estruturas de financiamento para projetos de hidrogênio verde e derivados**. Rio de Janeiro: Instituto de Economia da UFRJ, 2024. Disponível em: <https://www.gesel.ie.ufrj.br/index.php/2024/05/17/nt-gesel-estrutura-de-financiamento-para-projetos-de-hidrogenio-verde-e-derivados/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

GURLIT, Wieland; GUILLAUMON, João; AUDE, Marcelo; CEOTTO, Henrique. **Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo**. McKinsey & Company, 25 nov. 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>. Acesso em: 11 jun. 2025.

HODGSON, Geoffrey M. What Are Institutions? **Journal of Economic Issues**, Lincoln, v. 40, n. 1, p. 1-25, mar 2006. Disponível em: <https://www.proquest.com/scholarly->

journals/what-are-institutions/docview/208854994/se-2?accountid=17252. Acesso em: 05 maio 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global Energy and Climate Model: Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE)**. Paris: IEA, 2023a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model/net-zero-emissions-by-2050-scenario-nze>. Acesso em: 05 maio 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Towards Hydrogen Definitions Based on Their Emissions Intensity**. Paris: IEA, 2023b. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/acc7a642-e42b-4972-8893-2f03bf0bfa03/Towardshydrogendefinitionsbasedontheiremissionsintensity.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Renewables 2024: Analysis and forecasts to 2030**. Paris: IEA, 2024a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>. Acesso em: 10 jun. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global Hydrogen Review 2024**. Paris: IEA, 2024b. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>. Acesso em: 15 jun. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Germany 2025: Energy Policy Review**. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/germany-2025>. Acesso em: 10 jul. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA); INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA); UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION (UNSD); WORLD BANK (WB); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2024**. 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-sdg7-the-energy-progress-report-2024>. Acesso em: 10 jul. 2025.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen derivatives for global trade: Supply, demand and the role of ports**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Green-hydrogen-derivatives-for-global-trade>. Acesso em: 08 jun. 2025.

MARTINS, F. P. *et al.* Hydrogen and the sustainable development goals: Synergies and trade-offs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 204, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032124005227>. Acesso em: 11 jun. 2025.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Acordo de Paris**. Brasília: MCTI, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-parise-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf. Acesso em: 08 jan. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Programa Nacional do Hidrogênio – Plano de Trabalho 2023-2025**. Brasília: MME, 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/mme/pt#br/assuntos/transicao-energetica/programa-nacional-do-hidrogenio>. Acesso em: 17 dez. 2024.

NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION (NOAA). **Billion-Dollar Weather and Climate Disasters**. 2025. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

NORTH, Douglass C. Institutions. **The Journal of Economic Perspectives (1986-1998)**, Nashville, v. 5, n. 1, p. 97, Winter 1991. Disponível em: <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.5.1.97>. Acesso em: 20 jun. 2025.

OLIVEIRA, Rosana Cavalcante de. **Panorama do Hidrogênio no Brasil**. Brasília: IPEA, 2022. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>. Acesso em: 08 jun. 2025.

OXFORD INSTITUTE FOR ENERGY STUDIES (OIES). **Key themes for the global energy economy in 2025**. 2025. OIES Paper: SP 35. Oxford: OIES, 2025. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2025/01/SP35-Key-Themes-for-the-Global-Energy-Economy-in-2025.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2025.

PIAIA, Thami Covatti. Instituições, organizações e mudança institucional: análises e perspectivas. **Revista Justiça do Direito**, v. 27, n. 2, 257-274, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5335/rjd.v27i2.4672>. Acesso em: 04 jul. 2025.

REUTERS. **G20 agrees to pursue tripling renewables capacity but stops short of major goals**. Reuters, 9 set. 2023. Disponível em: <https://www.reuters.com/sustainability/g20-agrees-pursue-tripling-renewables-capacity-stop-short-major-goals-2023-09-09/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

RIZZO, Lia. Clima extremo é principal risco global de longo prazo, aponta relatório de Davos. **Exame**, 15 jan. 2025. Disponível em: <https://exame.com/esg/clima-extremo-e-principal-risco-global-de-longo-prazo-aponta-relatorio-de-davos/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

SALGADO, Felipe. Um planeta em transição. **MIT Technology Review**, ano 4, n. 3, abr/jun 2024, p. 10-21, 2024.

THOMSEN, M. **Desenvolvimento de uma economia de hidrogênio verde no Brasil: obstáculos e viabilizadores**. 2023. Dissertação (Mestrado) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

UNITED NATIONS. **United Nations Framework Convention on Climate Change**: with annexes. New York: United Nations, 1992. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_english_for_postin_g.pdf. Acesso em: 07 jul. 2025.

UNITED NATIONS. **Resolution A/RES/70/1 – Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <https://docs.un.org/en/A/RES/70/1>. Acesso em: 07 jul. 2025.

UNITED NATIONS. **The Paris Agreement**: FCCC/CP/2015/10/Add.1. Bonn: UNFCCC Secretariat, 2016. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2025.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Green Hydrogen Industrial Clusters Guidelines**. Unido, 2023. Disponível em: <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2023-11/Green%20Hydrogen%20Industrial%20Clusters%20Guidelines.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2025.

WEICHENHAIN, U.; SCHMITT, C. Green Hydrogen investments: enabling clean energy and industry. In: EBNER, M.; ENGELMANN, T. (Coord.). **Green Hydrogen investments, from buzz to boom**: a macroeconomic, technological, regulatory and market overview of Hydrogen opportunities. 2022. Disponível em: <https://www.wfw.com/wp-content/uploads/2022/10/KGAL-Whitepaper-Hydrogen-Energy-English.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). **Global Risks Report 2025**. Geneva: WEF, 2025. Disponível em: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2025.pdf. Acesso em: 15 jun. 2025.

YERGIN, Daniel. **O novo mapa**: energia, clima e o conflito entre nações. Tradução de Francisco Araújo da Costa. Porto Alegre: Bookman, 2023.

COMO CITAR:

SANTOS, Luís Guilherme Tavares; COSTA, Sebastião Patrício Mendes da. Políticas regulatórias do hidrogênio verde na América Latina e na União Européia. **Revista Direito e Política**. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, v^o 21, n^o2, 2^o quadrimestre de 2026. Disponível em: <https://periodicos.univali.br/index.php/rdp> - ISSN 1980-7791. DOI: <https://doi.org/10.14210/rdp.v21n2.p411-338>

SOBRE OS AUTORES:

Luís Guilherme Tavares Santos

Possui graduação em Direito pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (1996), Especialização em Integração e Mercosul pela UFRGS (1999), Mestrado em Relações Internacionais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2004) e Doutorado em Estudos Estratégicos Internacionais pela UFRGS (2012). Atualmente é Assessor de Assuntos Interinstitucionais e Internacionais e professor permanente do Mestrado em Direito e Sociedade além de integrar o corpo docente do Curso de Relações Internacionais da Universidade La Salle. Tem experiência na área de Relações Internacionais, com ênfase em Política Externa e Análise da Política Externa, Integração Regional, Organizações Internacionais, Direito Internacional, Constituição e Relações Exteriores e Internacionalização da Educação Superior.

Sebastião Patrício Mendes da Costa

Docente permanente do Programa de Pós-graduação em Direito da UFPI. Pós-doutorado em Direito Civil e Filosofia do Direito pela Universität Augsburg (Alemanha). Doutor em Direito pela PUCRS. Mestre em Direito e Estado pela UnB. Mestre em Antropologia e Arqueologia pela UFPI. Professor do curso de graduação e mestrado em Direito da UFPI. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6810023102929766> Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2821-1235>. Email: sebastiaocosta@ufpi.edu.br.

Recebido em: 03/03/2026
Aprovado em: 11/07/2026

Received: 03/03/2026
Approved: 11/07/2026