

VIII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

DIREITO E SUSTENTABILIDADE I

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria - CONPEDI

Presidente - Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Naspolini - FMU - São Paulo

Diretor Executivo - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC - Santa Catarina

Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa - Pará

Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG - Goiás

Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos - Rio Grande do Sul

Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio - Rio de Janeiro

Vice-presidente Nordeste - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

Representante Discente: Prof. Dr. Abner da Silva Jaques - UPM/UNIGRAN - Mato Grosso do Sul

Conselho Fiscal:

Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - SKEMA/ESDHC/UFMG - Minas Gerais

Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UFERSA - Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Fernando Passos - UNIARA - São Paulo

Prof. Dr. Edinilson Donisete Machado - UNIVEM/UENP - São Paulo

Secretarias

Relações Institucionais:

Prof. Dra. Claudia Maria Barbosa - PUCPR - Paraná

Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia

Profa. Dra. Daniela Marques de Moraes - UNB - Distrito Federal

Comunicação:

Prof. Dr. Robison Tramontina - UNOESC - Santa Catarina

Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe

Relações Internacionais para o Continente Americano:

Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto - UPM - São Paulo

Relações Internacionais para os demais Continentes:

Profa. Dra. Gina Vidal Marcilio Pompeu - UNIFOR - Ceará

Profa. Dra. Sandra Regina Martini - UNIRITTER / UFRGS - Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Maria Claudia da Silva Antunes de Souza - UNIVALI - Santa Catarina

Educação Jurídica

Profa. Dra. Viviane Coêlho de Séllos Knoerr - Unicuritiba - PR

Prof. Dr. Rubens Beçak - USP - SP

Profa. Dra. Livia Gaigher Bosio Campello - UFMS - MS

Eventos:

Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - FDF - São Paulo

Profa. Dra. Norma Sueli Padilha - UFSC - Santa Catarina

Prof. Dr. Juraci Mourão Lopes Filho - UNICHRISTUS - Ceará

Comissão Especial

Prof. Dr. João Marcelo de Lima Assafim - UFRJ - RJ

Profa. Dra. Maria Creusa De Araújo Borges - UFPB - PB

Prof. Dr. Antônio Carlos Diniz Murta - Fumec - MG

Prof. Dr. Rogério Borba - UNIFACVEST - SC

D597

Direito e sustentabilidade I [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Ana Flavia Costa Eccard; Jerônimo Siqueira Tybusch; Regina Vera Villas Boas. – Florianópolis: CONPEDI, 2025.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5274-179-0

Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações

Tema: Direito Governança e Políticas de Inclusão

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Nacionais. 2. Direito. 3. Sustentabilidade. VIII Encontro Virtual do CONPEDI (2; 2025; Florianópolis, Brasil).

CDU: 34



VIII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

DIREITO E SUSTENTABILIDADE I

Apresentação

É com grande satisfação que prefaciamos os trabalhos selecionados e apresentados pelo Grupo de Trabalho “Direito e Sustentabilidade I” no âmbito do VII Encontro Virtual do Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito – CONPEDI. Com mais de uma década de tradição, este GT se consolidou como um espaço de excelência acadêmica, promovendo o debate crítico e interdisciplinar sobre temas fundamentais para o enfrentamento dos desafios socioambientais do nosso tempo.

Ao longo desses anos, o Grupo de Trabalho tem sido palco para o intercâmbio entre pesquisadoras, pesquisadores, estudantes de pós-graduação e profissionais do Direito de todas as regiões do Brasil, além de contar com ativa participação em eventos internacionais promovidos pelo CONPEDI. Essa diversidade de perspectivas é, sem dúvida, uma de suas maiores fortalezas.

Nesta edição especial, o GT reafirma sua relevância ao reunir reflexões atuais e profundamente conectadas com as grandes questões ambientais e climáticas globais. Os trabalhos discutidos abordam desde a (im)prescritibilidade do termo de embargo nos processos administrativos ambientais no Brasil e na Espanha até os desafios jurídicos associados à expansão do mercado de ouro e seus impactos sobre povos originários, como a comunidade Yanomami. A inteligência artificial, a regulação do mercado de carbono, a justiça tributária climática e a proteção da biodiversidade são apenas algumas das muitas temáticas abordadas com rigor e compromisso ético.

Os estudos apresentados discutem também temas emergentes como o hidrogênio verde no estado do Piauí, a economia circular na indústria automotiva, os nudges ambientais e a importância da educação ambiental para a efetividade dos direitos humanos e para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. Essa multiplicidade de enfoques revela a complexidade dos problemas enfrentados e a necessidade de soluções igualmente complexas, integradoras e sustentáveis.

O Grupo de Trabalho “Direito e Sustentabilidade I” segue, assim, cumprindo um papel essencial na formação de uma comunidade jurídica engajada com a transformação social e ambiental, contribuindo para o fortalecimento de um Direito comprometido com a justiça climática, a equidade intergeracional e a defesa dos bens comuns.

Desejamos a todas e todos uma leitura instigante, que desperte novas inquietações e fomenta o engajamento contínuo com as pautas da sustentabilidade e dos direitos ambientais.

Coordenação do Grupo de Trabalho Direito e Sustentabilidade I

VII Encontro Virtual do CONPEDI – 2025

A LEI ESTADUAL Nº 8.459/2024/PI E OS DESAFIOS NA CONSTRUÇÃO DO REGIME JURÍDICO DO HIDROGÊNIO VERDE NO ESTADO DO PIAUÍ
STATE LAW NO. 8.459/2024/PI AND THE CHALLENGES IN BUILDING THE LEGAL FRAMEWORK FOR GREEN HYDROGEN IN THE STATE OF PIAUÍ

Luís Guilherme Tavares Santos ¹
Sebastião Patrício Mendes da Costa ²

Resumo

O presente trabalho tem por objeto a construção do regime jurídico do Hidrogênio Verde no Estado do Piauí, analisando-a no contexto da transição energética brasileira e da aprovação recente da Lei Estadual nº 8.459/2024/PI. A hipótese investigada de que o êxito na atração de investimentos e viabilização dos projetos de energias renováveis a nível regional irá depender da criação de um marco regulatório estadual seguro e alinhado às diretrizes federais, especialmente à Lei Federal nº 14.948/2024. Adota-se uma metodologia qualitativa e de revisão da bibliografia especializada, com base em normas e relatórios técnicos, centrados nos desafios jurídicos relacionados à implementação de empreendimentos e políticas no setor. Identifica-se o potencial do Piauí como hub nacional para a produção do Hidrogênio Verde, embora ainda careça da estrutura normativa e institucional adequada. Conclui-se com o reconhecimento dos avanços trazidos pela Lei nº 8.459/2024/PI, mas destacando a necessidade de complementação normativa e integração federativa para o sucesso dos seus objetivos de proteção ambiental e de desenvolvimento econômico sustentável.

Palavras-chave: Hidrogênio verde, Transição energética, Energias renováveis, Lei nº 8.459 /2024/pi, Direito ambiental

Abstract/Resumen/Résumé

This paper focuses on the development of the legal framework for Green Hydrogen in the state of Piauí, analyzing it within the context of Brazil's energy transition and the recent enactment of State Law No. 8.459/2024/PI. The central hypothesis is that success in attracting investments and enabling renewable energy projects at the regional level will

Hydrogen production, although it still lacks the necessary regulatory and institutional infrastructure. The study concludes by recognizing the progress introduced by State Law No. 8.459/2024/PI, while highlighting the need for regulatory complementarity and federal integration to achieve its goals of environmental protection and sustainable economic development.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Green hydrogen, Energy transition, Renewable energies, Law no. 8.459/2024/pi, Environmental law

INTRODUÇÃO

Este artigo tem como tema a regulação do Hidrogênio Verde no Estado do Piauí e os desafios e oportunidades desse empreendimento no contexto da transição energética brasileira. Parte da perspectiva de que o enfrentamento das crises climática e energética é um desafio cuja dimensão exige a articulação internacional e medidas locais eficazes. Saber onde e como empregar os recursos são pressupostos para que a descarbonização se torne economicamente viável e atrativa.

Ciente desse ônus de delimitação, o presente artigo responde a essas perguntas elegendo o Hidrogênio Verde e o Estado do Piauí como elementos de pesquisa, investigando como o tratamento jurídico dessa nova fonte de energia efetuado a nível Estadual pode contribuir para os esforços de descarbonização da matriz energética nacional de proteção ambiental. Reflete, portanto, um crescente interesse acadêmico, em especial das ciências jurídicas, sobre o papel da regulação para viabilizar a transição energética para fontes renováveis, coerente com os compromissos de proteção ambiental assumidos pelo Brasil.¹

A título ilustrativo, o Brasil tem demonstrado forte interesse no Hidrogênio Verde, com a aprovação recente de legislações e políticas públicas no setor, mas cuja implementação exigirá uma cooperação ativa dos Estados nas esferas normativa e econômica, especialmente os situados em regiões com maior potencial produtivo, a fim de adaptarem as diretrizes federais às particularidades locais.² É o caso do Estado do Piauí, rico em fontes de energia renováveis – eólica, solar e recursos hídricos – e que tem anunciado acordos nacionais e internacionais para a instalação de projetos de Hidrogênio Verde. No campo regulatório, o Estado instituiu recentemente a Política Pública Estadual do Hidrogênio Verde (Lei nº 8.459/2024/PI), dando mostras dos esforços de consolidação do Piauí como um *Hub* no setor, cujas disposições servirão neste trabalho como um dos parâmetros de estudo.

Delimitado, este trabalho discute os desafios e oportunidades relacionados à regulação do Hidrogênio Verde no Estado do Piauí, com foco na Lei nº 8.459/2024/PI, sob a hipótese de que ela traz avanços no tratamento local das energias renováveis, mas cuja eficácia dependerá da coordenação com as diretrizes federais. Essa pesquisa, descritiva e qualitativa, emprega uma

¹ Como exemplos de publicações recentes, 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).

² Nesse sentido, destaca-se a aprovação das Leis Federais nº 14.948/2024 (institui o Marco Legal do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono), nº 14.990/2024 (institui o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono e Investimento – PHBC); do “Programa Nacional do Hidrogênio” (criado pela resolução nº 6/2021 do Conselho Nacional de Política Energética) e o seu “Plano de Trabalho para o triênio 2023-2025”.

metodologia de pesquisa e revisão da literatura científica especializada em tópicos como o regime jurídico das energias renováveis, as normas constitucionais e legais de proteção ao meio ambiente, a participação dos Estados nas políticas de transição energética, os efeitos da implementação de novas energias no desenvolvimento regional, (i.e. Hidrogênio Verde no Estado do Piauí); com referência às disposições normativas e jurisprudenciais relevantes, bem como aos relatórios técnicos especializados.

O artigo está estruturado em duas grandes seções. A primeira investiga o papel do Hidrogênio Verde na transição energética, desde o seu conceito às razões para os investimentos a ele direcionados e a importância do tratamento jurídico para que ele se torne uma alternativa viável de descarbonização; finaliza-se essa seção com exposição de projetos de regulação no cenário internacional e uma introdução ao setor no Brasil. Na segunda seção, analisa-se o regime jurídico do Hidrogênio Verde no Estado do Piauí, descrevendo as razões que justificam este interesse localizado e as normativas existentes, com especial foco na Lei nº 8.459/2024/PI. Na parte final, são analisados os desafios jurídicos sob o parâmetro comparativo dos marcos legais de destaque na esfera federal (Lei nº 14.948/2024) e estadual (Lei nº 8.459/2024).

1. AS RAZÕES DO HIDROGÊNIO VERDE: Interesses, experiências internacionais e o recente desafio brasileiro

A regulação torna-se inócua, ou ao menos ineficaz, quando desassociada de uma compreensão mínima do objeto tutelado. Logo, a investigação das regras para o Hidrogênio Verde deve ser acompanhada de uma compreensão anterior quanto às razões para que essa fonte de energia seja um foco de investimentos nacional e local (Piauí). Esta seção traz as “razões do Hidrogênio Verde”, conceituando-o, apresentando suas vantagens e desafios regulatórios, bem como ilustrando-os com experiências similares do cenário internacional e da esfera federal.

1.1. A redescoberta do Hidrogênio em novas cores.

A utilização do Hidrogênio como fonte de energia não é uma novidade, justificada por sua capacidade de armazenamento energético e a diversidade de métodos pelos quais pode ser obtido; contudo, em regra esses processos de obtenção do Hidrogênio resultam na emissão de gases e resíduos poluentes (CNI, 2022, p. 23). No relatório da Agência Internacional de Energia (IEA) de 2024, identificou-se que a demanda global por Hidrogênio continuou a crescer no ano de 2023, alcançando 97 Mt (noventa e sete milhões de toneladas métricas), com aumento de 2,5% em relação a 2022, e previsão de 100Mt em 2024 (IEA, 2024, p. 21).

Todavia, essa demanda permanece concentrada em aplicações em campos tradicionais como as indústrias e a refinaria, de modo que o seu uso em setores voltados à descarbonização – industriais pesadas, transportes de altas cargas e longas distâncias e armazenamento energético – representa menos de 1% da demanda global, ainda que tenha crescido quase 40% se comparado a 2022 (IEA, 2024, p. 20). Contrastando com esse cenário, identifica-se um crescente interesse nos métodos de obtenção do Hidrogênio que não emitam gases e resíduos poluentes (IEA, 2024, p. 23-24). Aqui se insere o “Hidrogênio Verde”, nomenclatura recorrente na literatura científica e política para identificar o hidrogênio obtido no processo eletroquímico de eletrólise da água utilizando energia renovável, tais como energia solar, eólica, hidrelétrica, obtendo-se como resultado apenas oxigênio, na forma de vapor d’água (O₂) e o próprio hidrogênio (Verde) (H₂) (CNI, 2022, p. 29).³

A referência a esse modelo de classificação baseado em uma tabela de cores não é isenta de críticas nem é a única tipologia disponível, mas serve para tornar didática a compreensão das “espécies” de hidrogênio a depender do método de produção utilizado. Considerando os fins deste artigo e o debate a ele subjacente quanto à descarbonização de setores comerciais, duas outras cores ganham destaque, o “Hidrogênio Cinza”, utilizado para o hidrogênio obtido por meio da combustão do Gás Natural e de processos industriais que utilizam combustíveis fósseis, correspondendo a 99% da produção global; e o “Hidrogênio Azul”, nos quais a emissão de GEE é limitada por uma tecnologia de captura e armazenamento subterrâneo (CCS) (IEA, 2023, p. 7; IEA, 2024, p. 20; Jaradat et al, 2024, p. 7-8; Barnes, 2024, p. 9-11).⁴

Quanto ao Hidrogênio Verde, o crescente interesse se justifica pela sua capacidade de aplicação em setores considerados de difícil descarbonização, e.g. “indústrias pesadas” – siderurgia, transporte de cargas pesadas, produção de combustíveis de aeronaves e embarcações – nos quais o abandono dos combustíveis fósseis e a eletrificação não são tecnicamente viáveis ou atrativos do ponto de vista da eficiência energética e do equilíbrio econômico (Weichenhain,

³ Para definições complementares: “O hidrogênio verde é obtido por meio de um processo químico conhecido como eletrólise, em que se utiliza a corrente elétrica de fonte renovável para separar o hidrogênio do oxigênio que existe na água”. (Fernandes et al, 2023, p. 3). “Hydrogen can be produced from several sources and is categorized in different colors based on the production method and associated emissions. Grey hydrogen is produced from natural gas via steam methane reforming, while blue hydrogen couples this process with carbon capture and storage to reduce emissions. Green hydrogen is produced through water electrolysis powered by renewable energy sources like solar and wind, resulting in minimal greenhouse gas emissions” (Martins, 2024, p. 2)

⁴ No mesmo sentido: “CCS is identified as a critical technology to reduce CO₂ emissions to achieve global climate goals. It refers to the process of separating the CO₂ from a gas stream and then storing it underground. In addition to offering a solution to the problem of CO₂ emissions from hard-to-abate sectors such as the cement and the steel industries and reducing emissions from existing energy infrastructure, CCS is required in the production of low-carbon hydrogen from fossil fuels (often referred to as blue hydrogen) which is considered by many as essential to decarbonize a wide range of sectors including heavy industry, the heat and power sectors, and transport” (Fattouh, 2022, p. 24).

Schmitt, 2022, p. 9).⁵ Além destas, o Hidrogênio Verde pode ser utilizado na indústria química para produção de amônia, fertilizantes nitrogenados e Metanol, bem como no armazenamento e transporte de energias renováveis com caráter sazonal (e.g. eólica) (CNI, 2022, p. 88).

Considerando o cenário atual de utilização do hidrogênio, em quase sua totalidade na espécie “cinza”, a promoção da gradual substituição deste pelo Hidrogênio Verde representaria uma medida capaz de conciliar a urgência dos esforços de limitação do aquecimento global por meio da descarbonização assumidos por quase todos os países em compromissos internacionais, bem como oferecer alternativa de crescimento industrial às nações com abundância de recursos energéticos renováveis (Unido, 2023, p. 10). Cientes dessa urgência, diversos países tem desenvolvido políticas voltadas ao mapeamento e à formulação de incentivos normativos à incorporação de tecnologias do Hidrogênio Verde em suas matrizes, a fim de que possam fazer uso das vantagens competitivas que dispõem e a consolidar a sua posição na cadeia produtiva em surgimento, cujas trajetórias antecipam alguns dos principais desafios inerentes a essa empreitada (Thomsen, 2023, p. 14; Oliveira, 2022, p. 7-10; Unido, 2023, p. 11).

1.2. Experiências internacionais em projetos de Hidrogênio Verde.

No cenário internacional, algumas iniciativas estão em um estágio mais avançado, sobretudo em países considerados polos tecnológico, com maior capacidade de investimento, como o *Inflation Reduction Act* dos Estados Unidos, aprovado em 2022, que instituiu linhas de créditos para projetos voltados à produção de Hidrogênio com base em energias renováveis (Thomsen, 2023); e a iniciativa da Alemanha denominada “H2Global” que promove um financiamento para produtores no setor, considerado o primeiro mecanismo global de subsídio à exportação do Hidrogênio Verde, exigindo que a produção seja fora da União Europeia e que sejam respeitados critérios técnicos de sustentabilidade – e.g. quantidade máxima de água, regras de utilização da água e terra, uso de eletricidade completamente renovável, adicionalidade, correlação geográfica e temporal (Fernandes et al, 2023; Aquino et al, 2024).

Transportando o debate à América Latina, constata-se que os países dessa região possuem vantagens competitivas para a produção do Hidrogênio Verde ante a disponibilidade

⁵ Em sentido complementar: “The existing demand for hydrogen, which has so far been almost entirely produced from fossil fuels, comes mainly from the fertiliser industry, refineries and some other industrial applications. In these sectors, a speedy switch from fossil (mainly grey) hydrogen to green hydrogen will be possible with small-to-no additional upfront investments on behalf of the offtaker. These sectors represent an obvious entry point for green hydrogen, and price competitiveness with grey hydrogen will be key. However, the market for green (and other low-carbon forms of) hydrogen is expected to be substantially larger than the existing fossil hydrogen market because it can decarbonise so-called hard-to-abate sectors by replacing various other (primary) fossil fuels like coal, natural gas and crude oil, or processed derivatives thereof.” (Ganbold, 2022, p. 27).

de recursos naturais e fontes de energia renováveis, mas esse potencial tem sido subutilizado, seguindo a tendência global de uso majoritário do gás natural (Hidrogênio Cinza), em razão principalmente dos desafios econômicos da região e das limitações na capacidade dos sistemas de energia renováveis já instalados (IEA, 2024, p. 234). Para efetivar esse potencial, torna-se urgente a concretização dos projetos já anunciados, voltando-se a atenção à formação de *Hubs* regionais (IEA, 2024, p. 269-271). Em 2021 foram identificados 11 (onze) países com estratégias no setor, com destaque para o Chile, que apresentou uma estratégia nacional para se consolidar como um dos maiores exportadores mundiais nos campos de refinaria, indústria química/fertilizantes e transportes como os mais promissores (Oliveira, 2022, p. 30; Gomes et al, 2024, p. 34-36). Considerando as quatro maiores economias da região – Brasil, Argentina, Colômbia e Chile – identifica-se um potencial de exportação aos grandes mercados consumidores como Japão, Coreia do Sul e União Europeia, cujas estratégias nacionais se distinguem pelas indústrias e fontes utilizadas (Gomes et al, 2024, p. 39-40).

Compilando esses avanços normativos, verifica-se o surgimento de uma *geopolítica do hidrogênio*, nos quais os países e entes subnacionais buscam apresentar as rotas tecnológicas e vantagens competitivas que possuem – recursos naturais, arcabouço político-normativo –, bem como direcionam o foco dos investimentos que buscam realizar ou atrair, a depender da posição que almejam ocupar na cadeia comercial internacional do hidrogênio, e.g. programas voltados ao mercado interno (Coreia do Sul, Japão), à exportação (Chile, Austrália), ou mistos (China, Estados Unidos, Oriente Médio) (Oliveira, 2022; IEA, 2024).

Ainda que sujeitas a variações em razão do contexto geográfico e político de cada país, as dificuldades de implementações dos projetos de Hidrogênio Verde na matriz energética estão relacionadas principalmente aos altos custos de produção, à estrutura logística necessária para viabilizar as atividades de produção e exportação desse recurso, e aos padrões regulatórios, em especial sobre aspectos como a certificação desse Hidrogênio, modelos contratuais, aspectos concorrenciais, balizamento de preços e estrutura de governança (Thomsen, 2023, p. 14; CNI, 2022, p. 113-114; Fernandes et al, 2023, p. 8-10). No caso do Brasil, esses desafios podem ser mitigados pelos recursos naturais e condições geográficas que o país possui, bem como pelos significativos avanços no campo político-normativo, solidificando o interesse nacional no setor como uma alternativa de crescimento econômico ambientalmente sustentável.

1.3. O Hidrogênio Verde brasileiro, um empreendimento em construção.

Nesse contexto de transição energética, o Brasil possui vantagens competitivas oriundas de suas dimensões continentais, configuração geográfica diversa e uma matriz energética já consolidada com forte presença de fontes renováveis, especialmente quanto à utilização de recursos hidrelétricos, eólicos e solares (Gurlit et al, 2021). Soma-se a isso os recentes investimentos na expansão do setor, a disponibilização de linhas creditícias e incentivos fiscais, bem como a modernização da legislação relativa às atividades de produção, distribuição e modernização do setor de energia;⁶ extensíveis ao Hidrogênio Verde (CNI, 2022, p. 22).

Ciente disso, o Brasil realizou um mapeamento dos setores nos quais haveria maior eficiência da inserção do Hidrogênio Verde e das regiões com recursos para implementar as estruturas produtivas do setor, e passou a investir em políticas e normas para tornar viável a descarbonização por meio do hidrogênio. Nesse sentido, em 2022 foi editado o “Plano de Trabalho do Programa Nacional do Hidrogênio” para o triênio de 2023-2025, destacando o potencial brasileiro para se destacar no mercado mundial, com a aplicação aos já citados campos de difícil descarbonização (e.g. siderurgia, indústria de cimento, transporte pesados, refinaria, indústria química [amônia] e fertilizantes de baixa intensidade de carbono); definindo-se 06 (seis) eixos de investimentos, dentre os quais se insere a necessidade de um “arcabouço legal e regulatório-normativo” capaz de lidar com os desafios da taxonomia, certificação, governança e fixação de incentivos econômicos desse hidrogênio (MME, 2023).

Essa preocupação normativa tem sido acolhida pelo poder legislativo federal, com a recente aprovação de normas no setor do Hidrogênio e das energias renováveis em geral. Para este trabalho, a principal inovação é a Lei Federal nº 14.948/2024 que criou o “Marco Legal do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono”, definindo categorias com menção direta ao Hidrogênio Verde, à sua cadeia produtiva e aos incentivos financeiros e fiscais a ele oferecidos, bem como acerca das exigências de medidas prévias e controle de riscos, e do regime de certificação e governança (Brasil, 2024a). Complementado pela aprovação da Lei Federal nº 14.990/2024 que institui o “Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC)”, prevendo a concessão de incentivos fiscais na comercialização desse Hidrogênio e dos seus produtos derivados (Brasil, 2024b).

Contudo, a dimensão do empreendimento excede o objeto definido por estas leis federais, observando-se o surgimento de Políticas Estaduais que buscam adequar os interesses

⁶ Como exemplos de alguns dessas movimentações recentes, pode-se citar aprovação da Lei Federal nº 14.300/2022 (Marco Legal da geração distribuída), a aprovação da Política Nacional de Transição Energética pela EPE (2024), e projetos legislativos em temas vinculados à implementação de novas fontes de energia como o Marco Legal do Mercado de Carbono (Lei Federal nº 15.042/2024), o Marco Legal da Energia Eólica Offshore (Lei Federal nº 15.097/2025) e a “Lei do Combustível do Futuro (Lei Federal nº 14.993/2024).

locais às diretrizes federais e propor mecanismos de integração do Hidrogênio Verde à matriz energética Estadual, com maior atenção às peculiaridades de Ente Subnacional. Por isso, os Estados assumem papel de destaque na construção regulatória, especialmente considerando a desigualdade na distribuição territorial dos recursos utilizados na produção do Hidrogênio Verde, com cada região moldando sua cadeia comercial às vantagens que possui (e.g. Nordeste com matriz energética com forte participação da energia solar e eólica, posição geográfica favorável à exportação à Europa, reservas de recursos hídricos) (MME, 2023, p. 15).

Considerar os desafios dessa coordenação de esferas de interesses no empreendimento do Hidrogênio Verde é indispensável nas discussões sobre a construção desse marco regulatório e os seus desafios, uma vez que inserção dessa energia deve ser acompanhada de uma sinergia com a atuação dos Estados como agentes de fiscalização e regulamentação complementar. Neste artigo, esse ponto será analisado sob a perspectiva do Estado do Piauí, apresentando-se as suas vantagens competitivas, os empreendimentos e a base normativa estadual existente no setor, com foco na Lei Estadual nº 8.459/2024 (Piauí, 2024); a fim de associá-los aos desafios jurídicos existentes na viabilização desses empreendimentos.

2. AS REGRAS DO HIDROGÊNIO VERDE: O Hidrogênio Verde no Estado do Piauí, a Lei 8.459/2024 e os desafios normativos no setor.

2.1. O interesse e potencial do Piauí no Hidrogênio Verde

A dimensão regional dos desafios dessa alternativa de descarbonização é aqui ilustrada pelo Estado do Piauí, cuja escolha se justifica por duas razões. Primeiro, o Piauí dispõe dos recursos naturais e de localização geográfica estratégica para atrair a instalação de projetos voltados à obtenção do Hidrogênio Verde; já a segunda razão de escolha se dá pelos esforços político-normativos recentes para criar um arcabouço regulatório compatível com as diretrizes federais, exemplificados neste trabalho por meio da Lei Estadual nº 8.459/2024.

Comparativamente às demais modalidades da obtenção de hidrogênio, especialmente às vinculadas aos combustíveis fósseis⁷, uma das principais barreiras ao Hidrogênio Verde é o alto

⁷ A título ilustrativo e complementar, em estimativas recentes sobre a comparação entre as modalidades de hidrogênio no aspecto econômico comercial, identifica-se uma significativa disparidade entre os custos do Hidrogênio Verde (6 a 12 USD/kg de acordo com a tecnologia utilizada), Cinza (5 a 8 USD/kg) e Azul (3 a 6 USD/kg) (IEA, 2024, p. 81-82). Quando analisados sobre a perspectiva brasileira, a diferença diminui, acentuando a competitividade dos projetos de Hidrogênio Verde, o preço da produção no Brasil poderia ter um dos valores mais baixos no cenário mundial, influenciado também por aspectos como a região de produção e a conexão ao sistema integrado: “O Brasil está entre os países mais competitivos para produção de hidrogênio verde no mundo: segundo nosso estudo, o custo nivelado do hidrogênio (LCOH₄) verde brasileiro ficaria ao redor de ~1,50 USD/kg

custo envolvido na sua produção, cuja maior parcela corresponde aos gastos com a energia elétrica utilizada (50 a 70%), seguido pelos custos das instalações das Plantas de produção (cerca de 20 a 30%)⁸, mas cuja competitividade poderá crescer com a tendência de diminuição dos custos das energias renováveis e dos eletrolisadores, e a instalação desses *Hubs* em localizações estratégicas (Thomsen, 2023, p.14-15; IEA, 2024, p. 84).⁹ Nesse ponto, o Piauí tem uma significativa vantagem, haja vista a variedade de fontes de energia renováveis que dispõe, especialmente no campo eólico e solar, a existência de reservas hídricas indispensáveis à eletrólise, bem como a localização estratégica do Estado para fins de exportação a potenciais mercados consumidores (e.g. Europa) (Jota, 2025; Investe Piauí, 2025).¹⁰

Demonstrando essa capacidade, o Piauí esteve entre os Estados com maior crescimento no campo da geração energia eólica nos anos de 2021 e 2022, situando-se como terceiro maior produtor nacional no setor, com capacidade atual de mais de 3,5 GW, ainda em expansão, com destaque para empreendimentos como o “Complexo Lagoa dos Ventos”, situado nos municípios de Dom Inocêncio, Lagoa do Barro do Piauí e Queimada Nova, considerado o segundo maior parque eólico da América Latina no ano de 2023 (Furtado; Santos, 2024, p. 85). Cenário semelhante é identificado na energia solar, cuja produção estimada é de 1,46 GW, com previsões de investimentos para até 13 GW de geração, segmentados em mais de 50 empreendimentos no

de H2 em 2030, o que está alinhado às melhores localizações dos EUA, Austrália, Espanha e Arábia Saudita, e ~1,25 USD/kg de H2 em 2040. [...] Um projeto de grande escala, no Nordeste, off-grid, teria custo total de produção do hidrogênio em 2030 de ~1,90 USD/kg de H2 (considerando inclusive custos estimados de transporte e armazenagem do hidrogênio para uso em alguma aplicação associada). Caso esse mesmo projeto seja *on-grid*, o custo do hidrogênio cai ~10% para ~1,70 USD/kg – a conexão à rede permite um dimensionamento mais adequado do eletrolisador e da geração renovável, além da venda de eletricidade excedente em alguns momentos e compra em outros. Para a região Sudeste do Brasil, que não tem os mesmos recursos naturais que o Nordeste, a diferença é ainda maior – o custo de produção de hidrogênio verde cai de ~2,30 para ~1,60 USD/kg”. (Gurlit et al, 2021).

⁸ Dentre os principais custos do Hidrogênio Verde, identifica-se o custo da eletricidade utilizada, o investimento de capital (CapEx), que inclui os gastos com eletrolisadores e instalação da planta; os custos fixos e variáveis de operação e manutenção (FOM e VOM), bem como taxas e tributos associados à conexão com a rede elétrica (Ganbold, 2022, p. 30; Gurlit et al, 2021).

⁹ No mesmo relatório da IEA: “The Asia Pacific region could be the cheapest in terms of production cost, with most of the volume coming from hydrogen from solar PV in China: here about 1 Mtpa H2 could be produced at a cost around or below USD 3/kg H2 in the NZE Scenario. In Europe, electrolytic hydrogen production volume could reach nearly 9 Mtpa (see Figure 3.12), but the majority of production from dedicated renewable electricity would be realised at a cost above USD 4/kg H2 in both the STEPS and the NZE Scenario. [...] Based on the supply cost curve in Figure 3.12, more than half of the production could be between USD 2/kg H2 and USD 4/kg H2 in the NZE Scenario, with Australia and Latin America occupying the largest part of this range. However, the LCOH from renewable sources could fall even further and reach values below USD 2/kg H2 in locations with excellent resources, and by considering a hybrid renewable configuration” (IEA, 2024, p. 84).

¹⁰ Dentre algumas das iniciativas estaduais com grande repercussão menciona-se a construção do Porto de Luís Correia/PI e da Zona de Processamento de Exportação (ZPE), focadas no Hidrogênio Verde; a instalação do projeto “Green Energy Park Piauí”, que conta com apoio da União Europeia, em colaboração entre o Governo local, a Green Energy Park e o porto de KRK (Croácia); além da Planta de Hidrogênio Verde da Empresa Espanhola “Solatio”; que prometem atrair mais de R\$ 200 bilhões de reais de investimentos nos próximos anos. Informações disponibilizados no portal eletrônico do “Hub” do Hidrogênio Verde da subsidiária do Governo Estadual *Investe Piauí* (Investe Piauí, 2025; Jota, 2025).

setor; o destaque fica para o Parque Solar localizado no município de São Gonçalo do Gurgueia, um dos maiores da América do Sul até o momento (Furtado; Santos, 2024, p. 86).

Essa disponibilidade de recursos possibilita que o Piauí seja capaz de gerar o Hidrogênio Verde a um preço competitivo no mercado global, tornando-o uma alternativa economicamente viável às modalidades mais danosas ao meio ambiente; razão pela qual o Estado tem sido visto como um dos potenciais *Hubs* brasileiros no setor, junto às iniciativas de Açu (RJ), Suape (PE), Pecém (CE) e Alto do Rodrigues (RN) (CNI, 2022; Oliveira, 2022). Essas características tem sido utilizadas pelo Governo do Estado como forma de atrair a atenção de potenciais investidores para a implementação de projetos no Piauí. No portal eletrônico Hub de Hidrogênio Verde da subsidiária “Investe Piauí” constam dados sobre 23 Memorandos de Entendimento (MOU ’s) assinados, expectativa de geração de mais de 10.000 empregos e a criação de 03 Hubs situados nas cidades de Teresina, São João do Piauí e o “Coast Hub”, este último voltado à exportação por meio do Porto de Luis Correia/PI (Investe Piauí, 2025).

Dentre os já anunciados, os destaques são os projetos “Solatio” e o “Green Energy Park Piauí”. O primeiro é voltado à criação de uma planta de Hidrogênio Verde na Zona de Processamento de Exportação (ZPE) situada em Parnaíba/PI, cuja capacidade anual estimada será de 1,7 milhão de toneladas de Hidrogênio Verde e 9,6 milhões de toneladas de Amônia Verde, fruto de um investimento de 42 bilhões de euros no período de 13 anos, fazendo uso de usinas fotovoltaicas para o suprimento energético, em empreendimento de seis fases, com início previsto para janeiro de 2028 (Investe Piauí, 2025). Já o segundo é resultado de uma parceria entre o Governo estadual, o Porto de Luis Correia e a empresa “Green Energy Park” (KRK, Croácia), cuja meta é a exportação anual de 15 milhões de toneladas de Amônia Verde e 2,8 milhões de toneladas de Hidrogênio Verde, a serem distribuídas via Porto de KRK para mercados europeus, asiáticos e do oriente médio; a ser suprido por um parque solar de 30 GWp e investimentos iniciais de 200 bilhões de reais em 10 anos (Investe Piauí, 2025).

Contudo, as iniciativas acima ainda estão distantes de uma fase de implementação efetiva, de modo que até o momento os esforços do Estado tem ficado restritos a discussões preliminares – memorandos de entendimento (MoU) e afins. Esse diagnóstico reforça o alerta de que essas vantagens competitivas se tornam inócuas caso não sejam concretizadas, o que exige para além da vontade política de empreender os investimentos necessários, a criação urgente de uma base normativa estadual que satisfaça dois requisitos: assegure a coerência com as diretrizes federais para viabilizar a atração de investimentos dessa esfera e transmita aos investidores que o Estado detém segurança jurídica para receber projetos de grande dimensão.

2.2. O tratamento jurídico das energias renováveis no Piauí e a Política Pública Estadual para o Hidrogênio Verde (Lei nº 8.459/2024)

Investigando o acervo legislativo do Piauí no campo das energias renováveis, constata-se uma significativa lacuna entre a diversidade de recursos que o Estado detém e a estrutura institucional já existente. A título de exemplo, a Constituição Estadual só possui um artigo relacionado ao tema (energias), quando disciplina em seu artigo 246 a energia elétrica oriunda de recursos hídricos (Piauí, 1989)¹¹; cenário parcialmente complementado pela aprovação do “Programa Piauiense de Incentivo ao Desenvolvimento de Energias Limpas” (Lei Estadual nº 6.901/2016) e da Lei Estadual nº 7.001/2017 que prevê benefícios fiscais destinados aos empreendimentos que utilizem energia solar ou eólica e criou o “Fundo de Desenvolvimento Industrial do Estado do Piauí (FUNDIPI)” (Costa; Reis, 2024, p. 27-28; Piauí, 2016; Piauí, 2017). Essas leis vão além da Constituição Estadual ao tentar inserir no cenário regulatório estadual incentivos às energias renováveis, tentando se aproximar ao regime existente na esfera federal – e.g. conceituando a energia renovável, criando projetos de cooperação técnica e modelos de governança, criando benefícios fiscais –, mas ainda relegando às parcerias com a iniciativa privada a viabilização econômica dessas iniciativas (Costa; Reis, 2024, p. 27-28).

Essa insuficiência normativa tornou-se ainda mais evidente com o fortalecimento do interesse Governamental no Hidrogênio Verde, uma vez que apesar da divulgação de acordos preliminares e tratativas comerciais para atrair investimentos e um reforço público do potencial do Estado como produtor e exportador, não havia norma estadual tratando especificamente do tema, enquanto Estados como Goiás, Ceará e Pernambuco aprovaram legislações nesse sentido ainda em 2023 (Furtado; Santos, 2024, p. 81). Apenas no final do ano de 2023 foi aprovada a Resolução nº 52 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) regulando a etapa de licenciamento ambiental do Hidrogênio Verde e dos seus subprodutos, incluindo a possibilidade de flexibilização quando da emissão da respectiva licença pela primeira vez (Piauí, 2023).

Pondera-se, contudo, que atuação normativa limitada dos Estados ocorria em grande medida pela ausência de uma Lei Federal sobre o Hidrogênio Verde, retirando a margem para que os Governos locais tratassem do tema sem risco de transgredir competências ou contradizer as diretrizes federais posteriores. Com o avanço da matéria no cenário federal, em especial pela

¹¹ Inteiro teor do artigo citado (246): “Na articulação com a União, quando da exploração dos serviços e instalações de energia elétrica e do aproveitamento energético dos cursos de água em seu território, o Estado levará em conta os usos múltiplos, o controle das águas, a drenagem e o aproveitamento das várzeas.”

criação da Lei Federal nº 14.948/2024, o Piauí aprovou a Lei nº 8.459/2024, instituindo a “Política Pública Estadual do Hidrogênio Verde”, almejando conciliar as metas de redução das emissões de gases poluentes e diversificação da matriz energética estadual.

Considerando a importância dessa Lei discussão central deste artigo, optou-se por uma segmentação do seu conteúdo com base nos temas tratados, não observando necessariamente a ordem dos artigos, dividindo-a em três seções: a primeira inclui os artigos que apresentam os objetivos da Lei nº 8.459/2024; a segunda trata dos instrumentos da Política Estadual e dos benefícios disponibilizados para viabilizar esses objetivos; por fim, a terceira seção abarca as exigências administrativas e as medidas de controle dos riscos envolvidos nesses projetos.

O artigo 3º da Lei nº 8.459/2024 enuncia expressamente quais os objetivos da Política Estadual instituída, que variam desde metas mais amplas como aumentar a participação do Hidrogênio Verde na matriz energética do Estado (I, VI), combater as mudanças climáticas e proteger o meio ambiente (III, XIII), preservar o interesse estadual (XII) e proporcionar a sinergia entre as fontes de geração de energias renováveis, até os seus objetivos específicos relacionados ao crescimento econômico do Estado (Piauí, 2024). Quanto a estes, prevê o estímulo a certas aplicações do Hidrogênio Verde como fonte energética e na produção de fertilizantes agrícolas (II), viabilizando a “cadeia produtiva do Hidrogênio Verde” e o desenvolvimento tecnológico a ela relacionado, seja por meio de regras, instrumentos administrativos, incentivos fiscais, bem como pela atração de investimentos em infraestrutura para produção e distribuição dessa fonte de energia (IV, V, VII, IX, X) (Piauí, 2024).

Já no segundo grupo temático – instrumentos a serem utilizados para concretizar os objetivos –, o artigo 4º inclui, exemplificativamente, ações de planejamento relacionadas às áreas de pesquisa e desenvolvimento, a celebração de convênios com instituições públicas e privadas para modernização dos recursos tecnológicos e redução dos custos desses sistemas de energia, além da capacitação de profissionais para atuação nessa cadeia produtiva (I, III) (Piauí, 2024). Para tornar esses empreendimentos economicamente viáveis, prevê ainda a criação de instrumentos fiscais e creditícios para incentivar a produção e aquisição de materiais voltados ao Hidrogênio Verde, bem como a destinação de recursos financeiros da legislação orçamentária para custear os programas e projetos desse campo (II, V) (Piauí, 2024).

Ainda sobre esses instrumentos, o inciso IV do artigo identifica os setores do transporte público e da agricultura como destinações preferenciais do emprego do Hidrogênio Verde produzido, antecipando os potenciais focos de investimentos dessa Política. Já o artigo 8º da prevê expressamente que os empreendimentos relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio

Verde, independentemente da modalidade (e.g. consórcio, cooperativa, parceria público-privada) serão considerados “Empresas de Base Tecnológica (EBT)”, ou seja, fazem jus aos instrumentos econômicos e benefícios trazidos na Lei Federal nº 10.973/2004 como medidas de estímulo à inovação (Piauí, 2024).

Por fim, as disposições incluídas na terceira seção temática tem como foco definir as regras administrativas e de controle dos riscos envolvidos na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde. Os artigos 5º, 6º e 7º estabelecem um regime de responsabilidade solidária para todos os envolvidos na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, a obrigatoriedade de que essas atividades sejam submetidas à etapa de licenciamento ambiental de acordo com potencial poluidor, bem como às normas de segurança contra incêndios a nível estadual e federal (Piauí, 2024). A previsão desse regime de responsabilidade e de etapas obrigatórias como o licenciamento ambiental repercutem na previsão trazido no art. 9º da Lei acerca das “medidas para gestão de risco de acidentes ou desastres”, com a obrigatoriedade de realização dos instrumentos a cargo do órgão responsável pelo licenciamento ambiental: estudo de análise de risco; plano de gerenciamento de risco; e plano de ação de emergência (Piauí, 2024).

Feita essa apresentação temática da Lei nº 8.459/2024/PI, retoma-se a questão central deste artigo, investigar a relação desta com as diretrizes federais equivalentes, em especial com a recém aprovada Lei nº 14.948/2024, e as contribuições decorrentes dessa interação para lidar com os desafios do regime jurídicos existentes na viabilização dos projetos de Hidrogênio Verde no Estado do Piauí; tópico a que se dedica a parte final deste trabalho.

2.3. Desafios para o regime jurídico do Hidrogênio Verde no Piauí

Dentre os desafios jurídicos já introduzidos ao longo deste trabalho, o primeiro ponto de atenção é o sucesso do objetivo maior dessa construção legislativa, ou seja, que as normas forneçam a segurança jurídica necessária para atrair e consolidar investimentos na produção e distribuição do Hidrogênio Verde no Piauí, viabilizando os empreendimentos e a destinação de recursos já anunciados, aqui visto sob o parâmetro comparativo das legislações estaduais (Lei 8.459/2024/PI) e federal (Lei 14.948/2024).

Nesse sentido, os investidores e agentes desse setor buscam uma legislação que abarque pontos básicos como a delimitação conceitual do hidrogênio cuja produção será incentivada, as etapas vinculadas à cadeia comercial, e.g. regime de certificação; exigências que se mostram especialmente sensíveis no cenário internacional, haja vista os debates quanto aos critérios de classificação do Hidrogênio (e.g. modelo de cores ou das taxas de emissões) e à existência de

requisitos adicionais para fins de exportação (i.e. adicionalidade, correlação geográfica) (IEA, 2023; Barnes, 2024; Fernandes et al, 2023, p. 8-9).

Ilustrando essa preocupação, a Lei Federal nº 14.948/2024 prevê em seu artigo 4º um conjunto de definições que incluem desde os envolvidos na cadeia comercial – e.g. comprador, produtor –, as etapas indispensáveis à produção, certificação e controle de risco desse vetor energético, e a taxonomia do próprio hidrogênio. Sobre este último, optou-se na legislação federal pela adoção da categoria mais ampla do “Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono”, que abarca a produção de hidrogênio que emite GEE desde que limitada a 7kgCO₂eq/kg (sete quilogramas de dióxido de carbono equivalente por quilograma de hidrogênio produzido); incluindo dentre as suas subcategorias o “Hidrogênio Renovável” e o “Hidrogênio Verde”, este último foco do trabalho (artigo 4º, XII, XIII, XIV) (Brasil, 2024a).

Esse reconhecimento legal do Hidrogênio Verde como objeto de uma política de investimentos representou um significativo avanço na construção de uma base normativa para o setor, mas também deu abertura a um aprofundamento dos debates a ele relacionados. A categoria de Hidrogênio Verde passou a ser conceituada pela Lei 14.948/2024 em seu artigo 4º, XIV, como aquele produzido por eletrólise da água com a utilização de fontes renováveis, que incluem a energia solar, eólica, hidráulica, biomassa, etanol, biogás, biometano, gases de aterro, geotérmica, em um rol que poderá ser expandido com o avanço tecnológico (Brasil, 2024a).

Transportando o debate para o cenário estadual, a Lei nº 8.459/2024/PI não se propõe a reproduzir todas as categorias apresentadas na esfera federal, optando por restringir a política pública estadual ao Hidrogênio Verde, utilizando-se como base a definição apresentada na Lei nº 14.948/2024. Contudo, a Lei Estadual se preocupou em trazer uma definição adicional, a previsão em seu artigo 3º, §2º, do conceito de “cadeia produtiva do Hidrogênio Verde”, que incluir “empreendimentos e arranjos produtivos ligados entre si e que façam parte de setores da economia que prestam serviços e utilizam, produzem, geram, industrializam, distribuem, transportam ou comercializam hidrogênio verde e produtos derivados do seu uso” (Piauí, 2024).

Essa seção de debates sobre a delimitação conceitual apenas introduz os desafios jurídicos do Hidrogênio Verde, que se expandem para etapas de padronização especialmente relevantes para aquelas cadeias produtivas que se voltam à exportação desse Hidrogênio e dos seus derivados. Nesse tópico a legislação estadual não criou nenhuma disposição específica, seja pela limitação das suas competências nesse campo, seja pelo caráter recente e ainda incompleto da legislação federal, ao qual impede que o Estados atuem de modo subsidiário e complementar. O que há disponível foi introduzido pela Lei nº 14.948/2024, que nos artigos 15

a 25 trata do “Sistema Brasileiro de Certificação de Hidrogênio (SBCH2)”, com o objetivo de assegurar que a produção nacional respeite os limites de emissão e o cumprimento das etapas obrigatórias dos padrões internacionais exigidos para fins de exportação (Brasil, 2024a).¹²

Junto com a definição da taxonomia e dos padrões de certificação, o maior empecilho à inclusão do Hidrogênio Verde na matriz energética é o alto custo de produção se comparado aos modelos tradicionais que emitem gases e resíduos poluentes, como adiantado no item 2.1. Portanto, viabilizar esses projetos exige um arcabouço legal que inclua a previsão de incentivos econômicos capazes de transmitir uma perspectiva de retorno dos recursos empregados, seja pela redução dos custos dos insumos, seja pelo fomento à criação de um mercado consumidor ativo (Aquino et al, 2024, p. 54).¹³ Esse é um dos objetivos expressos da Lei nº 8.459/2024/PI – incentivos à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde –, a ser feito por meio de instrumentos fiscais e creditícios, pela destinação de recursos na legislação orçamentária, e pela aplicação dos benefícios previstos para as empresas de base tecnológica (EBT) (Piauí, 2024).

Há, portanto, pouca especificação na legislação estadual dos instrumentos de viabilização dos empreendimentos no setor, especialmente em comparação com o disposto na Lei Federal nº 14.948/2024. Nesta, esses incentivos são incluídos dentre os instrumentos da “Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono”, criando-se um Regime Especial – “Rehidro” – com o objetivo de “fomentar o desenvolvimento tecnológico e industrial, a competitividade e a agregação de valor nas cadeias produtivas nacionais” (Brasil, 2024a). Os incentivos tributários desse regime passam a vigor em janeiro de 2025, por cinco anos, disponibilizados a pessoas jurídicas que atuem nos setores vinculados ao Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, excetuando aquelas sujeitas ao “Simples Nacional” (Brasil, 2024a).

¹² Em complemento sobre esses desafios de certificação e padronização, ver: “The infant stage of the certification for the clean hydrogen supply chain and for the product itself is also very likely to slow down the development of both domestic and export projects. While the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) issued a few standards, and several others are currently being discussed within the working group of the Special Study Commission on Hydrogen Technologies – ABNT/CeE-067 (Energy Partnership, 2021), only the Brazilian Chamber for Energy Trading (CCEE) started working on the matter of green hydrogen certification in 2022, and produced a draft document to certify H2 production from a pilot project (CCEE, 2022). Although these efforts are extremely important, they still seem to be insufficient for the adjustment of the country’s entire economy to domestically manufactured clean hydrogen.” (Gomes, 2024, p. 15; IEA, 2024). .

¹³ “Por se tratar de uma indústria nascente, existe uma dificuldade de viabilização considerando os altos custos de implantação (CAPEX) e de operação (OPEX) comparativamente com outros recursos energéticos substitutos. Toda a cadeia de valor requer investimentos que demandam suporte financeiro incentivado, o que inclui, nos momentos iniciais, recursos não exigíveis e aporte de capital pelos empreendedores. O Brasil conta com órgãos reguladores e bancos de fomento experientes no desenho de arcabouços regulatórios e com condições de financiamento apropriadas ao incentivo à estruturação de projetos em setores com tecnologia em desenvolvimento. Esses instrumentos permitiram e apoiaram a implantação de projetos inovadores, como energia eólica e solar, e poderão ser utilizados nas iniciativas da cadeia de hidrogênio.”(Aquino, 2024, Op. Cit., p. 54).

Esse rol de instrumentos econômicos foi complementado com a posterior aprovação da Lei Federal nº 14.990/2024, que incorporou o conteúdo vetado quando da sanção da Lei nº 14.948/2024 e criou o “Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC)” (Brasil, 2024b). Esses benefícios serão indispensáveis para que a produção do Hidrogênio Verde atinja um preço competitivo no mercado internacional, reduzindo ou retirando a carga fiscal existente nas suas diversas etapas de produção (Aquino, 2024, p. 7; Gomes, 2024, p. 15; Mata, 2024, p. 96-97).¹⁴

Ainda que delimitada as especificações do Hidrogênio Verde e criados os instrumentos para torná-lo uma alternativa energética economicamente vantajosa, a cadeia produtiva dele exige uma estrutura de governança e fiscalização para atenuar os riscos de quebra da padronização necessária à sua comercialização. Nesse ponto, a Lei Estadual nº 8.459/2024 é silente quanto às autoridades e etapas de fiscalização mencionando apenas que as atividades serão submetidas ao licenciamento ambiental na forma da legislação federal e estadual, e que a autoridade responsável por esse procedimento definirá também os critérios e a necessidade da elaboração dos instrumentos de gestão de riscos de acidentes ou desastres (Piauí, 2024).

Já na Lei Federal nº 14.948/2024 há a preocupação com a estrutura de governança e fiscalização para todos os instrumentos dessa Política Nacional do Hidrogênio, definindo os órgãos públicos responsáveis por sua implantação e as competências que decorrem desse poder, fixando a estrutura interna do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2) e do Sistema Brasileiro de Certificação do Hidrogênio (SBCH2). Além disso, estabelece a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) como órgão regulador responsável pela autorização da produção e atividades desse Hidrogênio e das atividades relacionadas a essa cadeia produtiva (e.g. armazenamento, transporte, estocagem) (Brasil, 2024a).

Por fim, a já citada natureza inflamável e volátil do Hidrogênio em sua forma mais comum – gasosa – traz preocupações acerca dos riscos envolvendo o seu armazenamento e transporte, motivo pelo qual se discute a conversão deste em subprodutos que facilitem a logística como a “amônia verde” e o metanol, bem como a instituição de normas rígidas quanto

¹⁴ “Atrair com sucesso o investimento privado para alavancar o H2V requer instrumentos financeiros adaptados aos desafios e níveis de risco dos ativos financiados em toda a cadeia de valor. O exemplo recente da implantação de energias renováveis (como eólica e solar) oferece uma boa ilustração do papel desencadeador que os financiamentos público e privado desempenham na formação de uma indústria que era, inicialmente, imatura tecnologicamente e de maior custo, mas que recebeu apoio no âmbito internacional e nacional. As intervenções públicas através de políticas fiscais, incluindo subsídios diretos, se mostram como uma possibilidade para tornar os projetos de H2V financiáveis e apoiar a sua implementação comercial. A título de exemplo da experiência internacional, os Estados Unidos (EUA), através da Inflation Reduction Act (IRA), oferecem um subsídio de US\$ 3 por kg de H2V à produção a fim de promover o mercado de hidrogênio verde e as suas indústrias a jusante (DOE, 2022)” (Aquino, 2024, Op. Cit., p. 7).

às medidas de segurança a serem adotadas. Sobre este ponto, tanto a Lei Federal nº 14.948/2024 quanto a Lei Estadual nº 8.459/2024 trazem previsão idêntica, enumerando três instrumentos para esse controle de risco: o “estudo de análise de risco (EAR)”, o “plano de gerenciamento de risco (PGR)” e o “plano de ação de emergência (PAE)”, mas apenas a norma federal trata de apresentar as definições legais de cada uma dessas exigências administrativas, cujo conceito será estendido para a aplicação na seara estadual (Brasil, 2024a; Piauí, 2024).

Apesar de não ser o foco deste artigo, inclusive pelas limitações do objeto proposto, esse elemento do risco – ambiental e de segurança geral – envolvido na produção e transporte do Hidrogênio Verde ganha contornos especiais por ser uma das barreiras logísticas de maior relevância, repercutindo inclusive no aspecto econômico da operação, atraindo também a necessidade de aprofundamento de debates com a normativa própria de setores como o Direito Ambiental e a subsequente aplicação de princípios como da prevenção e precaução, ilustrando a natureza interdisciplinar das discussões atinentes às energias renováveis (Fiorillo, 2021).

Em seu objetivo de apresentar o regime jurídico do Hidrogênio Verde no Piauí, essa seção do trabalho indicou como o Estado tem agido para viabilizar o potencial de inclusão desse recurso em sua matriz energética, materializado pelos avanços na esfera político-normativa. Nesse campo jurídico, foram apresentadas as principais normas voltadas às energias renováveis existentes no Estado, tendo como núcleo a recém aprovada Lei nº 8.459/2024. Por fim, essa nova lei e os seus dispositivos foram analisados tanto sob a perspectiva de compatibilidade com as normas federais, quanto no aspecto de enfrentamento dos desafios jurídicos do Piauí.

CONCLUSÕES

A consciência nublada da gravidade do desastre climático e energético existente mitiga a urgência com que as políticas voltadas à descarbonização são vistas. Superar essa ignorância leva a uma conclusão com traços contraditórios de resignação e esperança, visto que ao tempo em que pesa nas gerações mais recentes a responsabilidade pela maior parcela dos prejuízos ambientais, também são elas quem detêm os meios para revertê-los (Wallace-Wells, 2019, p. 276-278).¹⁵ A dimensão do desafio não pode, contudo, retirar uma premissa: os projetos de

¹⁵ Inspirado no trecho: “Se isso soa trágico, e deveria soar, considere que dispomos de todas as ferramentas necessária, hoje, para impedir o desastre: um imposto de carbono e o aparelhamento político para eliminar agressivamente a energia suja; uma nova abordagem de práticas agrícolas e uma guinada na dieta mundial de carne e laticínios; e investimento público em energia verde e captura de carbono. [...] Pessoalmente, penso que a mudança climática em si oferece a imagem mais revigorante, na medida em que mesmo sua crueldade enaltece nossa sensação de poder, e ao fazê-lo conclama o mundo, como um só, à ação” (Wallace-Wells, 2019, p. 276-278).

descarbonização e transição energética são realizados em sua maioria em escalas locais, e são esses interesses os principais afetados, positivamente ou não, pelas escolhas das novas energias.

Essa foi a perspectiva que guiou este trabalho, cujo objetivo principal foi apresentar os desafios para a construção de um regime jurídico do Hidrogênio Verde no Estado do Piauí. Desse modo, a investigação teve por base uma apresentação inicial do renovado interesse no Hidrogênio como alternativa energética, desde a sua tipologia em cores, às vantagens que possui e às experiências internacionais. A trajetória nacional no Hidrogênio Verde foi trazida como um empreendimento em construção, com a recente aprovação da Lei nº 14.948/2024, primeiro marco legal na esfera federal sobre o tema. Tópicos a que se dedicou a primeira seção.

A seção final transportou essas conclusões para a esfera estadual, indicando as características do Piauí que o colocam com potencial no campo do Hidrogênio Verde, além de sintetizar os avanços jurídicos registrado, principalmente com a Lei nº 8.459/2024/PI. Essa lei foi objeto de análise minuciosa quanto às suas inovações e à compatibilidade com as diretrizes federais, bem como acerca da sua capacidade de viabilizar os projetos de Hidrogênio Verde no Estado, garantindo a segurança jurídica e equilíbrio econômico necessários.

Como resultado, identificou-se lacunas no arcabouço regulatório existente, sobretudo na perspectiva estadual, o que acentua as dificuldades da transição energética do Hidrogênio Verde. As barreiras identificadas no campo normativo reforçam a dimensão do esforço exigido para integrar novas fontes de energia, haja vista os custos de implementação e operação inicial, que exigem o suporte de incentivos financeiros que integrem o poder público e o setor privado, além de uma modernização no aspecto regulatório-institucional. Portanto, uma alternativa para assegurar que a legislação instituída pelo Piauí dê base aos projetos no setor seria observar as experiências da implementação de políticas similares como a indústria da energia eólica e da energia solar, contribuindo para que a base normativa deflagrada pela Lei nº 8.459/2024 se torne mais completa e coerente com as diretrizes federais.

As razões do Hidrogênio Verde justificam o interesse e esperança nele depositados, mas junto à resolução de operar uma transição energética reside o desafio de pensar como ela será realizada; espera-se que este trabalho tenha contribuído para diagnosticar *o que há*, e expor alternativas e ressalvas para *como fazer* essa reconfiguração da matriz energética.

REFERÊNCIAS

Aquino, Thereza; Castro, Nivalde de; Moszkowicz, Maurício; Chaves, Ana Carolina; Branquinho, Adely; Brito, Kalyne; Leal, Luiza Masseno; Braz, Vinícius José; Julião, Igor Barreto. **Estruturas de financiamento para projetos de hidrogênio verde e derivados**. Texto

de Discussão do Setor Elétrico – TDSE N° 125. Rio de Janeiro: GESEL/UFRJ, abr. 2024. <https://gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2024/06/TDSE-125-Financ-H2V.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

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 fev. 2025.

Brasil. **Lei n. 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, 12 ago. 2024. 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, 30 set. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/114990.htm . Acesso em: 21 jan. 2025.

Confederação Nacional da Indústria. **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2022/8/hidrogenio-sustentavel-perspectivas-epotencial-para-industria-brasileira/> . Acesso em: 12 out. 2024.

Costa, S. P. M. da; Reis, E. R. “Fronteiras regulatórias contemporâneas da energia eólica e solar piauiense: percurso para um planejamento energético democrático sustentável”. In Costa, S. P. M. et al. **Transição energética e sustentabilidade: energia renovável, hidrogênio verde e mineração como fatores de desenvolvimento sustentável do estado do Piauí**. Livro eletrônico ISBN: 978-65-5460-133-7. Porto Alegre: Editora Fundação Fênix, 2024. Disponível em: <https://fundarfenix.com.br/ebook/311energiarenovavel/>

Fattouh, B. Enabling CCS is vital for blue hydrogen. **Oxford Energy Forum**, n. 130, p. 24-28, Jan. 2022.

Fiorillo, C. A. **Curso de direito ambiental brasileiro**. 21. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2021.

Furtado, G. R.; Santos, L.G.T. “Hidrogênio Verde como fator de desenvolvimento sustentável no Piauí”. In Costa, S. P. M. et al. **Transição energética e sustentabilidade: energia renovável, hidrogênio verde e mineração como fatores de desenvolvimento sustentável do estado do Piauí**. Livro eletrônico ISBN: 978-65-5460-133-7. Porto Alegre: Editora Fundação Fênix, 2024. Disponível em: <https://fundarfenix.com.br/ebook/311energiarenovavel/>

Ganbold, A. “The economics of (green) hydrogen”. In Ebner, M.; Engelmann, T. (Coord.). **Green Hydrogen investments, from buzz to boom: a macroeconomic, technological, regulatory and market overview of Hydrogen opportunities**. 2022. <https://www.wfw.com/wp-content/uploads/2022/10/KGAL-Whitepaper-Hydrogen-Energy-English.pdf> Acesso em: 10 out. 2024

Gomes, I. et al. **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, OIES Paper: ET33, 2024. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2024/05/ET33-Hydrogen-for-the-%E2%80%98low-hanging-fruits-of-South-America.pdf> . Acesso em: 21 jan. 2025.

Fernandes, G. et al. **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 set. 2024.

Gurlit, W. et al. **Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo.** McKinsey & Company, 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: 12 dez. 2024.

International Energy Agency (IEA). **Global Hydrogen Review 2024.** Paris: IEA, 2024. Disponível em: <www.iea.org>. Acesso em: 26 nov. 2024.

International Energy Agency. **Towards Hydrogen Definitions Based on Their Emissions Intensity.** Paris: IEA, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/>. Acesso em: 01 fev. 2025.

Investe Piauí. **Hub Hidrogênio Verde.** Disponível em: <https://investepiaui.com/hub-hidrogenio-verde/> Acesso em 29 jan. 2025.

Jaradat, M.; et al. Green Hydrogen in Focus: A Review of Production Technologies, Policy Impact, and Market Developments. **Energies**, v. 17, n. 3992, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en17163992> . Acesso em: 17 nov. 2024.

JOTA. **Piauí energiza o futuro: a escolha pelo hidrogênio verde.** JOTA, Brasília, 20 jan. 2025. Disponível em: <https://www.jota.info/artigos/piaui-energiza-o-futuro-a-escolha-pelo-hidrogenio-verde> . Acesso em: 21 jan. 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 nov. 2024.

Mata, A. L. S. “Transformação do sistema tributário brasileiro para fomentar o hidrogênio verde: a tributação como ferramenta para promover a transição justa e sustentável”. In Cavalcante, D. L.; Caliendo, P. A. (org.). **Estudos de tributação ambiental.** Livro eletrônico ISBN: 978-65-5460-120-7. Porto Alegre: Editora Fundação Fênix, 2024. Disponível em: <http://www.fundarfenix.com.br> . Acesso em: 01 fev. 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.

Oliveira, Rosana Cavalcante de. **Panorama do Hidrogênio no Brasil.** Brasília: IPEA, 2022. <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>. Acesso em: 10 set. 2024.

Piauí. **Constituição (1989)**. Constituição do Estado do Piauí: promulgada em 5 de outubro de 1989. Atualizada até a Emenda Constitucional nº 61, de 2019. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70447/CE_PI_EC_054-2019_com_EC_55-61.pdf?sequence=8&isAllowed=y. Acesso em: 11 fev. 2025.

Piauí. **Lei nº 8.459, de 25 de julho de 2024**. Institui a Política Estadual do Hidrogênio Verde no Estado do Piauí. Diário Oficial do Estado, Teresina, 25 jul. 2024. Disponível em: https://sapl.al.pi.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2024/6310/sei_00010.007773_2024_83.pdf. Acesso em 04 out. 2024.

Piauí. **Lei Estadual nº 7.001, de 27 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre benefícios fiscais destinados aos empreendimentos que utilizem energia solar ou eólica e cria o Fundo de Desenvolvimento Industrial do Estado do Piauí (FUNDIPI). Diário Oficial do Estado, Teresina, 27 dez. 2017. Disponível em: https://sapl.al.pi.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2017/4161/4161_texto_integral.pdf. Acesso em: 29 de jan. 2025.

Piauí. **Lei Estadual nº 6.901, de 15 de dezembro de 2016**. Dispõe sobre o Programa Piauiense de Incentivo ao Desenvolvimento de Energias Limpas. Diário Oficial do Estado, Teresina, 15 dez. 2016. Disponível em: https://sapl.al.pi.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2016/4039/4039_texto_integral.pdf. Acesso em 29 jan. 2025.

Piauí. Conselho Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CONSEMA). **Resolução CONSEMA nº 52, de 11 de outubro de 2023**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental para empreendimentos de produção de hidrogênio verde no Estado do Piauí. Diário Oficial do Estado, Teresina, 16 out. 2023. Disponível em: [[https://www.diario.pi.gov.br/doe/files/diarios/anexo/cdb94dae-771f-49af-88ab-a08d2b46c576/DIARIO-OFICIAL-DO-ESTADO-DO-PIAUI-PUBLICACAO-N-198%20\(1\).pdf](https://www.diario.pi.gov.br/doe/files/diarios/anexo/cdb94dae-771f-49af-88ab-a08d2b46c576/DIARIO-OFICIAL-DO-ESTADO-DO-PIAUI-PUBLICACAO-N-198%20(1).pdf)] Acesso em 28 jan. 2025.

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.

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 nov. 2024.

Wallace-Wells, D. **A terra inabitável: uma história do futuro**. 1.ed. São Paulo: Companhia das letras, 2019.

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. <https://www.wfw.com/wp-content/uploads/2022/10/KGAL-Whitepaper-Hydrogen-Energy-English.pdf> Acesso em: 10 out. 2024