

Implementação do Marco Regulatório do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono no Brasil



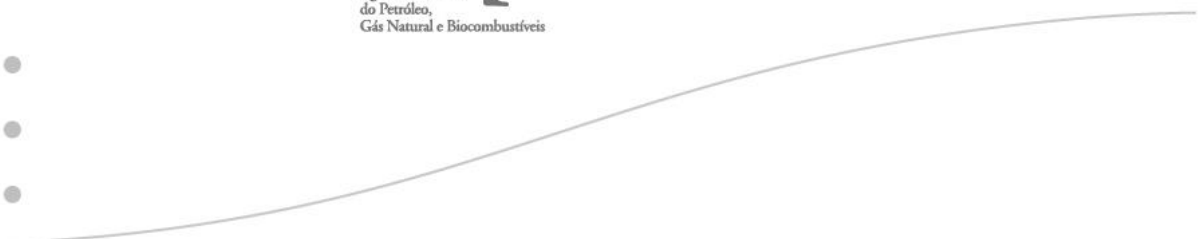
anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis



Implementação do Marco Regulatório do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono no Brasil



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis



Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Diretor-Geral

Rodolfo Henrique de Saboia

Diretores

Symone Christine de Santana Araujo

Daniel Maia Vieira

Fernando Wandscheer de Moura Alves

Bruno Conde Caselli (Diretor Substituto)

Coordenação do Grupo de Trabalho de Hidrogênio

Centro de Pesquisas e Análises Tecnológicas - CPT/SBQ

Membros do Grupo de Trabalho de Hidrogênio – Portaria nº 148/2022

Alex Rodrigues Brito de Medeiros (SBQ/CPT) (Coordenador) (Dir III), Felipe Feitosa de Oliveira (SBQ/CPT) (Dir III), Cristiane Zulivia de Andrade Monteiro (DG), Marina Abelha Ferreira (SPL) (Dir I), Renata Bona Mallemont Rebello (Assessoria) (Dir I), Raphael Neves Moura (STM) (Dir II) e Melissa Cristina Ponto Pires Mathias (Assessoria) (Dir II), Jackson da Silva Albuquerque (SBQ) (Dir III) e Bruna Rocha Rodrigues (Assessoria) (Dir III), Rosângela Moreira de Araújo (Assessoria) (Dir IV) e Heloise Helena Lopes Maia da Costa (SEP) (Dir IV)

Demais participantes

Adriana Nickel Lourenco, Alexandre Maciel Kosmalski Costa, Carlos Orlando Enrique da Silva, Cristiane Brito Costa, Grazielle Duarte Colbano, Dermeval da Silva Junior, Ingrid Borba do Nascimento Barbosa, Julio Cesar Candia Nishida, Luciana Palmeira Braga, Luis Eduardo Esteves, Maria Ines Souza, Mariana Rodrigues França, Mario Jorge Figueira Confort, Nilce Olivier Costa, Thiago da Silva Pires, Thiago Fernandes do Prado

Subgrupo I -Estudo da possibilidade de mistura de hidrogênio na rede de gás natural existente com foco na qualidade, nas condições do serviço de transporte, nos sistemas de medição e segurança operacional

Luciana Rocha de Moura Estevão (Coordenadora), Almir Beserra dos Santos, Guilherme de Biasi Cordeiro, Priscila Raquel Kazmierczak, Flávio Barroso Neves, Marcus Vinicius Quintanilha Werner, Jackson da Silva Albuquerque, Fábio da Silva Vinhado, Krongnon Wailamer de Souza Regueira, Marco Antônio Barbosa Fidélis, Luciano de Gusmão Veloso, Maíra Fortes Bonafé, Bruno Vieira Gullo, Helio da Cunha Bisaggio, Daniela Goñi Coelho, Tiago Machado de Souza Jacques, Erica Vanessa Albuquerque de Oliveira

Subgrupo II - Atividades de E&P de Hidrogênio Natural no Brasil

Marina Abelha Ferreira (Coordenadora), Marcelo Paiva Castilho Carneiro, Rodrigo Morelato, Thiago Neves Campos, Daniela Moreira de Melo, Maíra Fortes Bonafé, Tiago Machado de Souza Jacques, Daniela Godoy Martins Corrêa, André Tavares Fernandes, Rodrigo Milão de Paiva, Cristiane Zulivia de Andrade Monteiro, Hugo Candia Saad, Melissa Cristina Pinto Pires Mathias, Bruna Rocha Rodrigues, Guilherme Eduardo Zerbinatti Papaterra

Elaboração do Relatório

Alex Rodrigues Brito de Medeiros, Cristiane Brito Costa, Luis Eduardo Esteves, Heloise Helena Lopes Maia da Costa e Krongnon Wailamer de Souza Regueira

RESUMO EXECUTIVO	6
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO	13
3. O HIDROGÊNIO COMO VETOR ENERGÉTICO	13
3.1. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO HIDROGÊNIO	14
3.2. ROTAS TECNOLÓGICAS E PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO	14
3.3. HIDROGÊNIO GEOLÓGICO OU NATURAL	16
3.4. TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO	17
3.5. CERTIFICAÇÃO DE HIDROGÊNIO DE BAIXO CARBONO	18
3.6. SEGURANÇA OPERACIONAL	19
3.7. USOS	19
3.8. HIDROGÊNIO NO TRANSPORTE	19
3.9. HIDROGÊNIO EM POSTOS REVENDEDORES	20
3.10. P, D & I EM HIDROGÊNIO	21
4. A EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL RELACIONADA AOS PLANOS NACIONAIS	22
4.1. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL	22
4.1.1. EXPERIÊNCIA EUA	23
4.1.2. EXPERIÊNCIA EUROPEIA	24
4.1.2.1. FRANÇA	24
4.1.2.2. ALEMANHA	26
4.1.2.3. HOLANDA	27
4.1.3. EXPERIÊNCIA ASIÁTICA	28
4.1.3.1. JAPÃO	28
4.1.3.2. COREIA DO SUL	29
4.1.3.3. AUSTRÁLIA	30
5. INICIATIVAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS RECENTES E DISCUSSÕES LEGISLATIVAS BRASILEIRAS	31
5.1. PROGRAMA NACIONAL DO HIDROGÊNIO	31
5.2. MODELO DE NEGÓCIOS E CONTEXTO NACIONAL	35
5.3. PROJETOS EM HIDROGÊNIO NO BRASIL	35

6. MAPEAMENTO DAS DEMANDAS REGULATÓRIAS E ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE APROVEITAMENTO DE NORMATIVOS VIGENTES	37
7. ESTRATÉGIA REGULATÓRIA	50
8. RECOMENDAÇÕES À DIRETORIA COLEGIADA	51
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

RESUMO EXECUTIVO

Na última década, os esforços para acelerar a descarbonização global têm ganhado bastante apoio de inúmeros governos ao redor do mundo. O Acordo de Paris, assinado em 2015, foi um catalisador importante deste processo, em que centenas de países concordaram em reunir esforços para mitigar os gases de efeito estufa. Com a ascensão das energias renováveis na matriz elétrica, há um cenário novo e disruptivo: um possível excesso de energias limpas e disponíveis prontamente, tornando cada vez mais viável a possibilidade de uso de um novo vetor energético: o hidrogênio de baixa emissão de carbono.

O hidrogênio de baixa emissão de carbono pode ser gerado, dentre outros processos, pela eletrólise da água e eventualmente o excedente de energia elétrica limpa que seria perdida, poderia ser utilizada para a geração do produto. Além disso, a geração de energia renovável, de forma exclusiva e dedicada, pode ter um papel importante na ampliação da produção da substância.

A matriz elétrica brasileira tem indicadores de renovabilidade em torno de 90% e com a pujança da geração de energia hidroelétrica e a ascensão importante da participação na matriz das energias eólica e fotovoltaica. Entre os países do G20 (grupo das maiores economias do planeta), o Brasil se destaca amplamente com a matriz elétrica mais renovável, o que traz uma vantagem competitiva bastante importante para o país na produção e uso de hidrogênio de baixa emissão de carbono.

A Lei nº 14.948/2024¹, publicada no último dia 02 de agosto de 2024 traz o marco legal nacional a respeito do hidrogênio de baixa emissão de carbono e atribui à ANP grande parte da regulação do produto. O hidrogênio de baixa emissão de carbono pode ser obtido pela já citada eletrólise da água, mas também por meio de diversas rotas dentre as quais: a reforma a vapor de gás natural com captura e estocagem de carbono, a pirólise de metano, a reforma do etanol, biogás ou biometano e outras rotas.

Para além do processo produtivo, uma das possibilidades que emergem no novo cenário é a coleta do produto proveniente da exsudação natural do solo, no que foi convencionado chamar de hidrogênio natural ou geológico, cujas modalidades de outorga para exploração e produção ainda carecem de melhor detalhamento no regulamentador da nova Lei.

O uso desse produto como vetor energético promete revolucionar a descarbonização de indústrias “*hard to abate*”, ou de difícil descarbonização, tais como siderurgia, amônia e fertilizantes, além de um papel aguardado no setor de transportes, especialmente nos de longa distância, quando a utilização do hidrogênio for mais conveniente.

O transporte e armazenamento do hidrogênio permanece tecnicamente desafiador. Há necessidade de liquefação ou compressão sob altas pressões em face da natureza volátil e lábil do gás. O transporte intercontinental aposta ainda nos chamados “carreadores”, substâncias que podem apoiar ou facilitar o comércio internacional.

Os aspectos ligados à segurança operacional de igual maneira são bastante sensíveis e requerem regulação e critérios em muitos casos mais rigorosos em relação àqueles voltados aos derivados de petróleo e do próprio gás natural (o energético mais comparável ao hidrogênio dentro da matriz energética).

Além de um panorama sobre o tema, este relatório, buscou trazer alguns elementos técnicos relevantes a respeito do tema para uma introdução não exaustiva. Foram trazidos também alguns casos de políticas e ações adotadas sobre o tema em países selecionados que podem dar

¹ BRASIL. Lei Nº 14.948/2024, de 02 de agosto de 2024. Institui o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/14948.htm

pistas a respeito de decisões regulatórias futuras. Por fim, foram estudados os principais impactos decorrentes da Lei nº 14.948/2024 na estrutura e processos da Agência. A Tabela abaixo apresenta minimamente os elementos necessários à preparação para a recepção da regulação do setor nascente.

Inúmeros projetos em andamento mostram a pujança em andamento no desenvolvimento dessa indústria e a ANP entende seu papel central dentro do novo cenário que surge.

Tabela - Principais unidades organizacionais impactadas pelo novo marco legal

Artigo	Temas	Áreas Envolvidas
8º	Representação da ANP no COGES-PNH2	Diretoria Colegiada e Gabinete Diretor Geral
10	Gestão de Riscos e Acidentes	SEP, SDP, SPC, SIM, SDL, SSO e SFI
11	Autorizar e/ou dispensar a autorização de produção do hidrogênio	SPC
11	Aprovar a transferência de titularidade da autorização de produção do hidrogênio	SPC
37-8º- XXXVII 37-8º- XXXVIII	Regular e autorizar, em conjunto com outras agências reguladoras, as atividades relacionadas à produção de hidrogênio renovável e de baixo carbono que utilizem em seus processos produtivos insumos regulados por essas agências.	SPC
37 - 8º- VIII	Declarar a utilidade pública, para fins de desapropriação e instituição de servidão administrativa, das áreas necessárias à produção de hidrogênio	SDP, SPC
12	Aplicação do <i>sandbox</i> regulatório	ANP
13	Regular, autorizar e fiscalizar o exercício da atividade de exploração e de produção de hidrogênio natural no território nacional	SDT, SAG, SPL, SEP, SDP, SCL, SSO, NFP
14	Autorizar as atividades relacionadas ao carregamento, ao processamento, ao tratamento, à importação, à exportação, à armazenagem, à estocagem, ao acondicionamento, ao transporte, à transferência, à distribuição, à revenda e à comercialização de hidrogênio, derivados e carreadores	SDP, SPC, SIM, SDL, SBQ, SSO
15	Autoridade Reguladora do Sistema Brasileiro de Certificação do Hidrogênio (SBCH2)	SBQ
26	Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono	SEP, SDP, SIM, SPC, SCL, STM
37-8º	Promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do hidrogênio.	ANP
37-8º-XVIII	Especificar a qualidade do hidrogênio.	SBQ
37-8º-XXXVI	Regular, autorizar e fiscalizar as atividades relacionadas à produção, ao carregamento, ao processamento, ao tratamento, à importação, à exportação, à armazenagem, à estocagem, ao acondicionamento, ao transporte, à transferência, à distribuição, à revenda e à comercialização de hidrogênio, assim como avaliação de conformidade e certificação de intensidade de emissões.	ANP

Neste contexto, foram feitas algumas recomendações à Diretoria Colegiada no sentido de direcionar esforços para uma estratégia que contemple o hidrogênio na nova realidade da Agência, conforme abaixo:

1. solicitar à Superintendência de Governança e Estratégia (SGE) revisar o regimento interno da ANP de modo a reconhecer a regulação por *sandbox* regulatório ou projeto piloto como instrumento adequado ao tratamento dos projetos relacionados às atividades relacionadas à indústria do hidrogênio que ficarão sob a responsabilidade regulatória da ANP até que todo arcabouço normativo seja finalizado, sendo todos eles apreciados e aprovados pela Diretoria Colegiada da ANP;
2. solicitar à Superintendência de Governança e Estratégia (SGE) revisar o regimento interno da ANP de modo a estabelecer as competências nos processos de aprovação das atividades relacionadas à indústria do hidrogênio que ficarão sob a responsabilidade regulatória da ANP. Para aquelas atividades em que houver transversalidade na análise, identificar, neste mesmo instrumento, a unidade que ficará responsável por receber o requerimento, coordenar a análise, encaminhar a proposta de autorização e estruturar sua fiscalização.
3. viabilizar novos recursos financeiros para capacitação do corpo técnico da ANP nas diferentes etapas relacionadas às atividades da indústria do hidrogênio além de solicitar à Superintendência de Gestão de Pessoas e do Conhecimento (SGP) a reserva e aporte deste investimento, a partir de levantamento pormenorizado a ser apresentado pelas unidades organizacionais envolvidas com este processo (e elencadas no item 6 deste relatório) no PDP anual de cada área.
4. viabilizar novos recursos financeiros para instrumentalização da ANP nesta nova atribuição como por exemplo: i) para intensificação de ações de acompanhamento e fiscalização para garantir os resultados dos *sandboxes* regulatórios, ii) para estruturação de sistemas de informática modernos capazes de receber, armazenar e analisar grandes volumes de dados, dentre outras demandas que venham ser identificadas como essenciais para adequada regulação da atividade ao longo do processo de regulamentação, iii) eventual aquisição de equipamentos científicos para estudo e qualificação do produto, iv) bem como para a realização de visitas técnicas a outros órgãos reguladores e/ou entidades governamentais relacionadas com o desenvolvimento da indústria do hidrogênio, de modo a permitir que a ANP se estruture mais rapidamente para cumprir integralmente todas novas atribuições.
5. solicitar à Superintendência de Governança e Estratégia (SGE) para considerar, no âmbito do projeto de reestruturação da ANP, o ingresso das novas atribuições advindas das atividades relacionadas à indústria do hidrogênio que ficarão sob responsabilidade da ANP de modo que haja correta identificação das novas atribuições com as áreas responsáveis.
6. solicitar à Superintendência de Gestão de Pessoas e do Conhecimento (SGP) para efetuar estudo de redimensionamento da força de trabalho, de modo a compatibilizar o quantitativo de servidores das unidades organizacionais com o recebimento, em suas atribuições institucionais, da regulação de atividades relacionadas à indústria do hidrogênio, apresentando o resultado a Diretoria Colegiada no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias a contar da publicação da Lei nº 14.948/2024. Após a apresentação dos resultados do estudo pela SGP, encaminhá-lo ao Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (MGI), com o propósito de compor dossiê existente com a falta de pessoal na ANP capaz de fazer frente às novas competências regimentais. O envio do

documento ao MGI visa fortalecer o pleito de realização de novo concurso público em menor prazo possível.

7. aprimorar ações com outras entidades governamentais para reduzir a assimetria de informações e garantir que durante a elaboração dos atos regulatórios sejam envolvidos todos os atores necessários, por meio do estabelecimento de novos acordos de cooperação técnica, memorandos de entendimento, dentre outros instrumentos possíveis.

8. solicitar à Superintendência de Comunicação Institucional (SCI) que promova um plano de comunicação para apresentar ao mercado as novas atribuições da ANP e as ações que a Agência está executando para o desenvolvimento da indústria do hidrogênio no Brasil.

9. promover *workshop* técnico com vistas a debater os conceitos constantes neste relatório com a indústria, prestadoras de serviço e todos os *stakeholders* envolvidos no tema.

10. realizar aproximação permanente com os órgãos que irão suportar o desenvolvimento da regulação do hidrogênio de baixa emissão de carbono (em especial, ANEEL, ANA, EPE, IBAMA, MME e outros que possam vir a ser relevantes).

É preciso reforçar ainda que os instrumentos de regulação experimental, tais como o *sandbox* regulatório e pilotos que necessitam ser utilizados para absorver os primeiros projetos, conforme recomendação do próprio marco legal em seu art. 12. A ANP já possui alguma experiência com a implementação de projetos piloto e esse tipo de mecanismo regulatório será de grande valia, neste primeiro momento.

Por fim, é preciso reforçar a oportunidade que emerge ao Brasil no desenvolvimento do novo setor, com investimentos prometidos da ordem de centenas de bilhões de reais nos próximos anos e que podem trazer efetivamente desenvolvimento perene a inúmeras regiões do país, o que torna crucial o desenvolvimento de uma regulação ativa, efetiva e ágil para o setor.

1. INTRODUÇÃO

O uso não racional de combustíveis fósseis tem contribuído significativamente com a emissão suplementar de dióxido de carbono (CO₂) e de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, o que vem agravando a poluição atmosférica.

A Lei nº 9.478/1997 endereça esse tema, incluindo no art. 8º, que elenca as competências da ANP, o inciso IX, que trata da necessidade de “fazer cumprir as boas práticas de conservação e uso racional do petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis e de preservação do meio ambiente”.

Quase duas décadas depois da criação da ANP, o Acordo de Paris, assinado em 2015, representou um marco nas iniciativas para a mitigação das mudanças climáticas e na consolidação do desenvolvimento sustentável como objetivo das principais economias do mundo. Dentre suas metas, está a promoção de reduções significativas de GEE, por meio da descarbonização dos sistemas energéticos, da maior participação de fontes renováveis e da ampliação da eletrificação da oferta energética que, em conjunto, poderiam representar cerca de 75% de redução nas emissões.

De acordo com o IRENA (Agência Internacional de Energias Renováveis), em um cenário tido como otimista, no qual se sustenta um acréscimo de 1,5 °C na temperatura global até 2050, um conjunto bem definido de produtos e tecnologias são apontados como a base da descarbonização global conforme Figura 1.

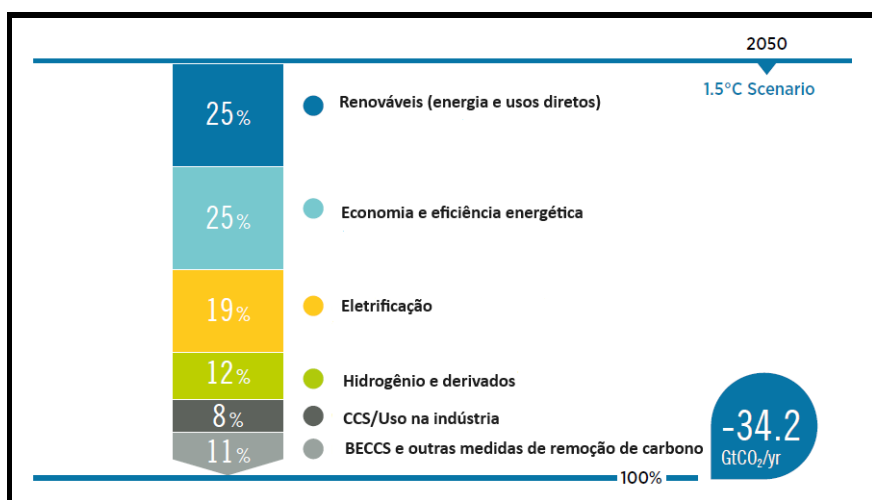


Figura 1: Principais vetores de descarbonização global em um cenário de elevação de 1,5 °C de aumento da temperatura global de acordo com o IRENA (IRENA, 2023)

O acréscimo de 1,5 °C da temperatura global quando comparada a temperatura em níveis pré-industriais (1850 a 1900) foi considerado, no Acordo de Paris, o limite seguro de aumento para que as mudanças climáticas não causem impactos extremos. A escalada notável e exponencial das emissões de GEE, conforme Figura 2, vem preocupando a todos e força a adoção de soluções céleres e disruptivas para a mitigação dos danos e o agravamento da crise climática.

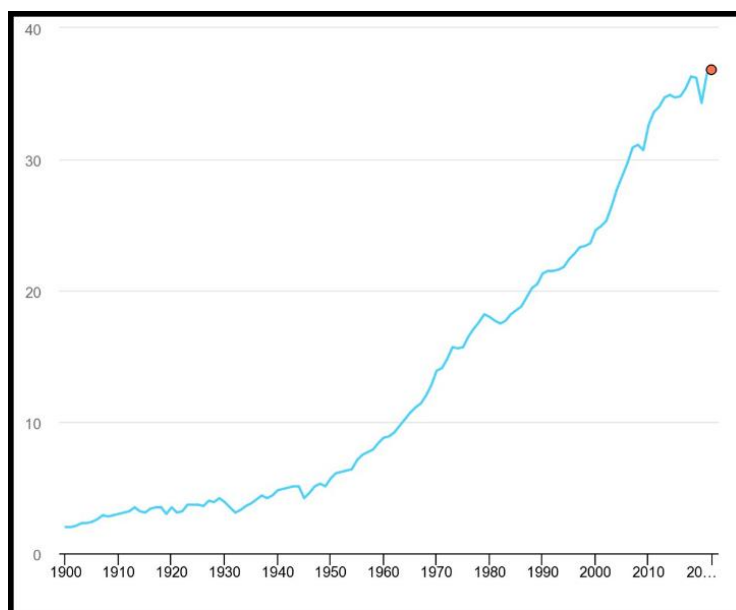


Figura 2: Emissões globais de CO₂ (Gt/CO₂) provenientes da combustão de energéticos e de processos industriais, 1900-2022 (Fonte: IEA, 2022)

Neste contexto, a ANP vem estimulando ao longo de sua história a adoção e uso de soluções renováveis, como os biocombustíveis.

Os pioneiros nessa história, são: o etanol combustível e o biodiesel. No caso do etanol, o país se destaca pela sua introdução, seja puro ou misturado à gasolina automotiva. Somos o único país do mundo a consumir etanol 100% (etanol hidratado) e com maior teor na gasolina, atualmente, em 27% de etanol anidro. No biodiesel, temos o maior teor obrigatório, hoje em 14% e com previsão para março de 2025, aumentar para 15%. Apesar de o uso puro ainda não ser liberado, a procura pelo uso específico de biodiesel puro para fins de substituição do óleo diesel B (diesel com 14% de biodiesel), tanto no segmento rodoviário (frotas cativas), como no segmento aquaviário tem crescido nos últimos dois anos

O uso crescente de biodiesel se deve, em parte, ao trabalho da Agência nos inúmeros processos que envolvem a cadeia de distribuição do produto, desde a autorização de produção até as regras de mistura e uso, refletidas na edição das especificações técnicas de qualidade.

No etanol combustível os estoques são monitorados e os processos de autorização de produção armazenagem, estocagem, comercialização, distribuição, revenda, importação e exportação, são atribuições da ANP.

Produtos como querosenes alternativos de aviação, que incluem o chamado SAF – *Sustainable Aviation Fuel*, combustíveis sustentáveis de aviação, biometano de resíduos agrossilvopastoris e oriundo de aterro sanitário e o diesel verde foram definidos e especificados pela Agência nos últimos 10 anos, estimulando a adoção de soluções sustentáveis em alternativa aos derivados de petróleo e gás natural.

Mais além, a ANP é protagonista na execução da Política Nacional dos Biocombustíveis - Lei nº 13.576/2017, em cujos regramentos consta o programa denominado Renovabio. O programa foi instituído para reduzir a intensidade de carbono nos combustíveis e prevê a emissão pelos produtores de biocombustíveis e, a aquisição compulsória pelos distribuidores de combustíveis de créditos de descarbonização, os chamados CBios. O programa já evitou o lançamento de mais de 100 milhões de toneladas de CO₂ equivalentes para a atmosfera desde sua implementação.

Neste contexto, interessante notar que as fontes renováveis, incluindo aí os biocombustíveis continuarão a desempenhar papel relevante no contexto de descarbonização

global até 2050, de acordo com a Figura 1, sendo responsáveis por até 25% do abatimento de emissões globais.

Ainda no contexto da Figura 1, a mais dos biocombustíveis, tecnologias como CCUS (*Carbon Capture, Use and Storage*), BECCS (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*) e o uso de hidrogênio e seus derivados emergem como novas rotas tecnológicas que prometem apoiar os processos de descarbonização, além de contribuir de forma relevante ao alcance das metas de redução de emissões.

Recentemente, a ANP publicou um relatório específico sobre a implementação do marco regulatório de CCUS, de forma a antecipar a identificação das áreas envolvidas e dos instrumentos regulatórios que precisarão ser adaptados ou estabelecidos após eventual aprovação da política pública (ANP, 2024).

É importante destacar nesta discussão, que as energias renováveis têm sido historicamente consideradas custosas e sua implantação requer subsídios, na forma de mandatos ou impostos sobre carbono. No entanto, ao longo de sua história, os avanços tecnológicos, a inovação e as políticas climáticas permitiram que as energias renováveis pudessem, cada vez mais, competir com os combustíveis fósseis. (NIJSSE ET AL. 2023)

Adicionalmente, com a crescente participação das energias solar e eólica na matriz de energia elétrica global, há uma demanda crescente por sistemas de armazenamento de energia que possam apoiar a utilização do excedente dessas energias renováveis. As baterias usualmente citadas como mecanismos capazes de promover esse armazenamento ainda são bastante caras para esse fim e, tecnologicamente, carecem de evolução para cumprir essa missão. Assim, a transformação da energia elétrica renovável excedente em algum tipo de substância energética armazenável seria uma solução bastante promissora.

Essa transformação existe e é caracterizada por uma reação simples de quebra da molécula de água em hidrogênio e oxigênio – a eletrólise ou hidrólise da água, sendo o hidrogênio um subproduto combustível, conhecido há séculos.

Dessa forma, o hidrogênio teria potencial de ser um eficiente **vetor ou carreador de energia**, exercendo funções de descarbonização, seja da matriz elétrica, seja na promoção da descarbonização de transportes e industrial.

O hidrogênio produzido a partir de eletrólise da água se utilizando de energias renováveis é conhecido historicamente como hidrogênio “verde”. No entanto, a fim de evitar discriminação de rotas de produção que pudessem ser tão limpas quanto a da eletrólise, convencionou-se nos últimos anos a chamar o hidrogênio proveniente da eletrólise da água e outras rotas que possam demonstrar, através da análise de ciclo de vida, sua baixa pegada de carbono, de **hidrogênio de baixa emissão de carbono**. De acordo com a Lei nº 14. 948/2024, hidrogênio de baixa emissão de carbono é o hidrogênio combustível ou insumo industrial coletado ou obtido a partir de fonte diversas de processo de produção e que possua emissão de gases de efeito estufa (GEE), conforme análise de ciclo de vida com valor inicial menor ou igual a 7 kgCO₂eq/kgH₂ (sete quilogramas de CO₂ equivalente por kg de H₂ produzido), limiar este definido até 31 de dezembro de 2030, podendo ser revisto após esta data.

A Lei ainda define o conceito de hidrogênio renovável que seria o hidrogênio de baixa emissão de carbono, combustível ou insumo industrial coletado como hidrogênio natural ou obtido a partir de biomassa, etanol e outros biocombustíveis, bem como hidrogênio eletrolítico, produzido por eletrólise da água usando energias renováveis tais como solar, eólica, hidráulica, biomassa, etanol, biogás, biometano, gases de aterro, geotérmica e outras a serem definidas pelo poder público. Neste tipo de hidrogênio não podem ser utilizadas fontes fósseis como gás natural ainda que se faça a captura e estocagem de carbono.

Por fim, o marco legal traz a definição de hidrogênio verde que seria o hidrogênio produzido exclusivamente pela eletrólise da água, utilizando fontes de energia renováveis.

O hidrogênio de baixa emissão de carbono pode desempenhar o importante papel de equilibrar as emissões de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo para a sustentabilidade do setor energético e para o alcance das metas definidas em acordos internacionais.

A Lei nº 14.948/2024 aponta a ANP como um dos principais órgãos responsáveis pela regulação e fiscalização das atividades relacionadas ao hidrogênio de baixa emissão de carbono, motivando a elaboração deste documento.

2. OBJETIVO

Este relatório, pretende apresentar um breve histórico do tema do ponto de vista governamental, as principais etapas e rotas tecnológicas de produção do hidrogênio de baixa emissão de carbono e uma contextualização internacional. Na sequência, a partir da análise do *status* da atividade e dos marcos legais e regulatórios de hidrogênio no mundo, serão apresentados o contexto nacional e em seguida destacados, de forma estruturada, um mapeamento das demandas regulatórias, além das ações estruturantes necessárias para preparar a ANP para novas atribuições advindas de novas competências citadas no parágrafo anterior. Para tanto, foram consultadas diversas áreas da Agência.

Por fim, este estudo apresentará as recomendações à Diretoria Colegiada e considerações finais.

Espera-se que o presente documento possa balizar e acelerar a implementação, por parte da ANP, de instrumentos regulatórios que apoiem o desenvolvimento de uma indústria de hidrogênio de baixa emissão de carbono segura, ágil e sustentável, contribuindo para a descarbonização do setor regulado e para o atingimento das metas de redução de emissões compromissadas pelo Brasil.

3. O HIDROGÊNIO COMO VETOR ENERGÉTICO

O hidrogênio foi descoberto inicialmente pelo cientista irlandês Robert Boyle em 1671, ao fazer um experimento utilizando ferro elementar e ácido sulfúrico. Boyle, no entanto, não conseguiu caracterizar a substância completamente. Foi apenas em 1766, que o franco-britânico Henry Cavendish produziu o gás novamente após uma reação com mercúrio e o reconheceu como um elemento químico distinto. Alguns anos depois, o francês Antoine Lavoisier deu-lhe o nome atual composto por duas palavras gregas “hydro” que significa água e “genes” que significa “formação”.

O hidrogênio é o mais leve dos elementos químicos e o gás mais abundante do universo representando cerca de 90% do cosmos visível. Ao considerar o seu conteúdo energético por unidade de massa, o hidrogênio é cerca de 3 vezes mais energético que o a gasolina automotiva.

Apesar de abundante no universo, obter hidrogênio na forma elementar é laborioso. O gás não é constituinte significativo da atmosfera terrestre e o caminho mais direto para obtê-lo é por meio da quebra da molécula da água, processo com alta demanda energética. Existem inúmeras outras formas de produzi-lo. É possível, por exemplo, produzir hidrogênio por meio de gaseificação e oxidação parcial do petróleo e carvão; pirólise ou reforma do gás natural; eletrólise, fotólise ou termólise da água, fermentação, gaseificação ou pirólise de biomassa, dentre inúmeros outros processos.

O hidrogênio é um combustível atrativo do ponto de vista de emissões, pois durante a geração de energia, o produto da reação de oxidação do hidrogênio é apenas a água. O combustível pode ser utilizado nos chamados motores de combustão interno (HICE) para produzir energia

mecânica ou em uma célula a combustível para produzir energia elétrica em aplicações automotivas. Dentre as diversas células a combustível, a célula do tipo PEM (*Proton Exchange Membrane*) se destaca por apresentar alta eficiência e densidade energética.

A indústria historicamente enxergou o gás hidrogênio como um produto químico intermediário. Utilizado para processos de refino de petróleo e na produção de amônia, metanol e ureia, por exemplo. No refino de petróleo, o seu uso principal se dá em plantas de hidrotreatamento e hidrocrackeamento, essenciais para o atendimento das especificações físico-químicas dos produtos regulados.

O hidrogênio pode vir a se tornar um vetor de energia importante, apoiando, por exemplo, a segurança do fornecimento de energia elétrica, já que, caso haja um excedente energético renovável, essa geração não precisaria ser perdida, podendo ser convertida em hidrogênio e vice-versa. Especialmente as energias solar e eólica vem apresentando queda expressiva nos seus custos de produção e crescimento vertiginoso em inúmeros países com oportunidades relevantes na produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono. Além disso, o hidrogênio pode auxiliar na descarbonização de setores industriais de difícil abatimento (*hard to abate*), por exemplo, indústria siderúrgica e química, bem como opções de transporte de longa distância, por exemplo, trens, caminhões e navios.

3.1. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO HIDROGÊNIO

O hidrogênio é um gás incolor, inodoro e altamente inflamável. Sua estrutura consiste em dois átomos de hidrogênio conectados. O hidrogênio tem uma massa molecular muito pequena e uma elevadíssima energia por unidade de massa. Isso significa que, em termos de energia, ele é três vezes mais potente que a gasolina. Por outro lado, tem baixa densidade de energia em termos volumétricos.

Uma característica a ser considerada é a velocidade da chama do gás que, por ser muito alta, requer queimador específico, quando o hidrogênio é usado na combustão. Essa propriedade suscita uma questão importante de segurança. Neste aspecto, a faixa de ignição do hidrogênio (4% a 77%) é mais ampla que a do metano, o que demonstra a facilidade de entrar em combustão em condições atmosféricas normais. Para transportar o hidrogênio, na forma tradicional como combustível líquido, é necessário liquefazê-lo, o que é feito resfriando o gás a temperaturas extremamente baixas (-253 °C), um processo complexo e ineficiente. Para torná-lo uma fonte de energia viável e eficiente, portanto, é necessário desenvolver tecnologias para liquefazê-lo e armazená-lo, além de garantir a segurança do processo.

3.2. ROTAS TECNOLÓGICAS E PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

A obtenção de hidrogênio pode se dar a partir de diversas matérias-primas, de ocorrências naturais (hidrogênio geológico ou hidrogênio natural) a processos físico-químicos ou bioquímicos. (EPE, 2021). A Figura 3 apresenta alguns desses processos, de forma simplificada, desde sua produção até aplicações.

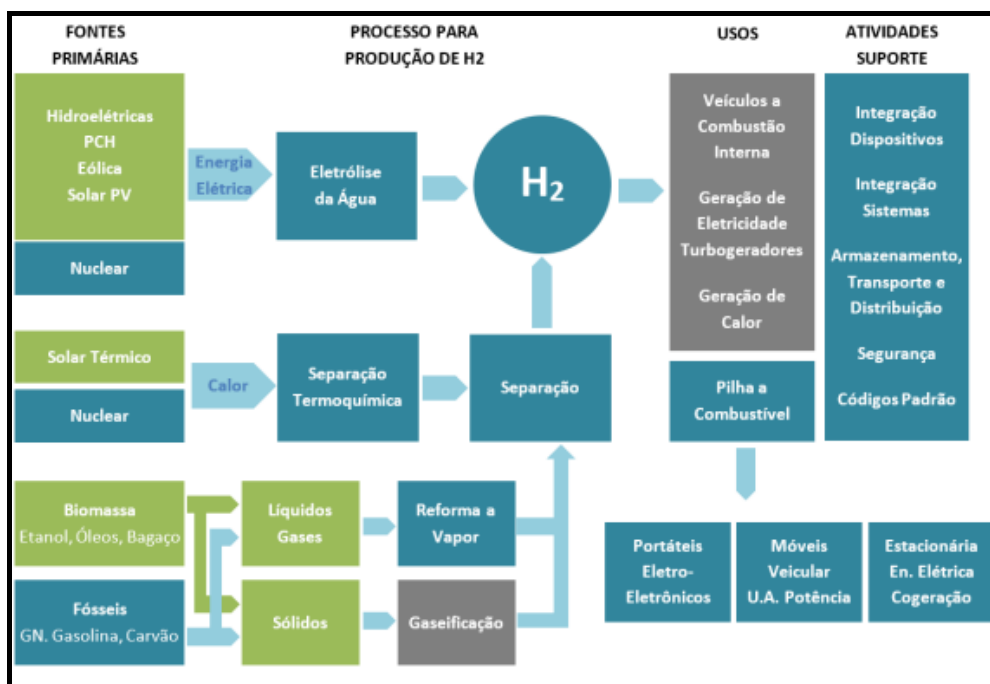


Figura 3: Representação esquemática de rotas tecnológicas para obtenção de hidrogênio
 Fonte: EPE (2021)

A produção mundial atual de hidrogênio é de 70Mt por ano, sendo 76% a partir da reforma do gás natural e 23% do carvão mineral. A eletrólise da água responde por apenas 0,1% da produção (IEA, 2019a).

A eficiência da reforma a vapor é elevada, e situa-se entre 70% e 85%. O processo de reforma a vapor apresenta vantagens, como baixa temperatura de processo, eficiência elevada e possibilidade de ser aplicado também a rejeitos sólidos urbanos, rejeitos de indústrias de alimentação e da agricultura e ao carvão (KALAMARAS, EFSTATHIOU, 2013; NIKOLAIDIS; POULLIKKAS, 2017).

A reforma de biocombustíveis é outra opção para produção de hidrogênio. O etanol também pode ser empregado na produção de hidrogênio através da reforma a vapor, podendo resultar em um processo que é neutro em carbono. No caso brasileiro, esta é uma opção relevante, em função da estrutura já existente de produção, transporte e armazenagem do etanol no país.

Há ainda a reforma do biogás a seco ou a vapor, que também se apresenta como uma alternativa muito promissora, já que não compete com produção de alimentos ou disputa terras agricultáveis, sendo basicamente proveniente de resíduos e com pegada de carbono bastante interessante, ainda mais quando considerada a captura do carbono emitido.

Do ponto de vista ambiental, a viabilidade da utilização do hidrogênio produzido por reforma a vapor do gás natural depende da captura do CO₂ emitido por meio de sistema de sequestro e estocagem de carbono (CCS – *Carbon Capture and Storage*) gerando o produto conhecido como “hidrogênio azul”. Essa produção deve ser complementada por sistemas de monitoramento, registro e verificação para atestar a maximização da captura, tendo em vista que o hidrogênio “azul” não é livre de carbono, com eficiência prevista de 85% a 95% (IRENA, 2019b).

Existem inúmeros outros processos produtivos de hidrogênio, a maior parte deles em escala experimental e com baixa maturidade tecnológica.

Um exemplo interessante de rota que pode vir a ser adotada é a do hidrogênio denominado “turquesa” produzido via pirólise do gás natural. A reação gera como subproduto o negro de fumo, uma forma sólida do carbono e, portanto, não emite CO₂ para a atmosfera durante a sua produção.

Na Lei nº 14.948/2024, a ANP é responsável pela autorização de produção das diversas rotas de produção, incluindo as eletrolíticas (as mais promissoras e mais maduras tecnologicamente).

Um eletrolisador consiste em um empilhamento de elétrodos condutores separados por uma membrana, aos quais se aplica voltagem a intensidade elevadas. Isso provoca uma corrente elétrica na água que faz com que seus componentes se decomponham: hidrogênio e oxigênio. O sistema completo também inclui bombas, eletrônica de potência, separador de gases e outros componentes auxiliares, como os tanques de armazenamento.

Os principais tipos de eletrolisadores são: alcalino, PEM e o SOEC. (IBERDROLA, 2024). i) **Eletrolisador Alcalino:** utilizam uma solução eletrolítica líquida, como hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio e água. O hidrogênio é produzido em uma célula constituída por um ânodo, um cátodo e uma membrana. ii) **Eletrolisador tipo PEM (Proton Exchange Membrane):** os eletrolisadores PEM utilizam uma membrana de troca de prótons e um eletrólito polimérico sólido. Quando a corrente é aplicada na pilha, a água se divide em hidrogênio e oxigênio e os prótons do hidrogênio passam através da membrana para formar gás hidrogênio no lado do cátodo. São os mais populares porque produzem hidrogênio com alto grau de pureza e são fáceis de refrigerar iii) **Eletrolisador tipo SOEC (Solid Oxide Electrolyzer Cell):** os SOEC funcionam em temperaturas mais elevadas (entre 500 e 850 °C) e têm o potencial de ser muito mais eficientes que os PEM e os alcalinos. O processo se denomina eletrólise de alta temperatura (HTE) ou eletrólise do vapor de água e utiliza um material cerâmico sólido como eletrólito. (IBERDROLA, 2024)

O hidrogênio também pode ser utilizado na produção dos eletrocombustíveis ou *e-fuels* (PtX). Esses produtos são combustíveis similares aos homólogos fósseis e podem ser considerados derivados do hidrogênio. Os combustíveis sintéticos, como os *e-fuels*, têm previsão de serem parte da regulação da ANP conforme Projeto de Lei nº 528/2020, em tramitação na Câmara Federal.

3.3. HIDROGÊNIO GEOLÓGICO OU NATURAL

Apesar de praticamente não estar presente na atmosfera terrestre (concentrações muito baixas, em torno de 0,5 ppm), o gás hidrogênio pode ser gerado em formações geológicas e emanar livremente. Emanações de hidrogênio geológico ou natural são observadas na superfície da Terra em múltiplos pontos, nos cinco continentes e nas dorsais meso-oceânicas. Quando as condições geológicas são favoráveis, esse gás pode se acumular em profundidades rasas e, portanto, ser de interesse econômico na contribuição para a descarbonização da matriz energética. (RIGOLET e PRINZHOFER, 2022)

Vários países modificaram (ou estão modificando) seus códigos de mineração para fornecer às iniciativas industriais a estrutura regulatória necessária. Esse movimento tem sido visto em países como Austrália, Mali, Marrocos, Congo, Ucrânia, França e Alemanha.

O hidrogênio natural produzido na crosta terrestre pode ser gerado pela radiólise da água devido à radioatividade natural, ou pela oxidação de ferro 'ferroso' para ferro 'férico' reduzindo a água em hidrogênio. As emanações em solo podem gerar os chamados "círculos de fada", uma característica depressão circular formada geralmente na área de vegetação. (RIGOLET e PRINZHOFER, 2022)

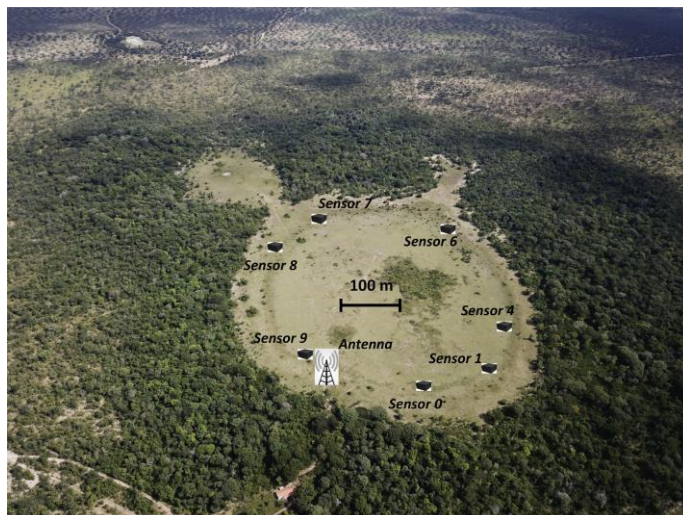


Figura 4: Foto de uma depressão circular na Bacia do São Francisco em Minas Gerais. (PRINZHOFER, 2019)

A exploração comercial do hidrogênio é uma opção factível e pode ser bastante promissora para acessar produto com baixa emissão de carbono. No novo marco legal do hidrogênio, a ANP será responsável por regular o setor usando modalidades de outorgas específicas apontadas em decreto infralegal na exploração e produção da substância.

3.4. TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

As técnicas para transportar hidrogênio estão divididas em duas categorias: direta e indireta.

Transporte direto – Esse tipo de transporte não altera sua composição química. As técnicas mais comuns incluem movimentação por contêineres e dutos de transporte. O gás pode ser comprimido em pressões elevadas (até 20 Mpa) e transportado em cilindros de gás, tanques veiculares e vasos de pressão. Esses recipientes devem possuir alta resiliência, baixa densidade e não reagir com o gás e nem permitir sua difusão. Esse método é bastante questionado por ser caro e ineficiente, em termos, já que comprimir hidrogênio requer grandes quantidades de energia. Os dutos de transporte estão sendo investigados como a técnica de transporte direta mais eficaz.

Transporte Indireto – Utiliza os chamados LOHC, os líquidos orgânicos carreadores de hidrogênio (*liquid organic hydrogen carriers*). Neste processo o H_2 reage com um material orgânico para gerar um novo composto que é desidratado em H_2 novamente assim que o LOHC chega ao seu destino. Cicloalcanos, n- heterociclos, ácido fórmico, amônia e derivados são alguns dos candidatos a carreadores do gás, mas a amônia é o material que tem mais se destacado considerando que é um produto sintetizado a partir do hidrogênio e nitrogênio em uma reação amplamente conhecida denominada *Haber-Bosch*. Esse mecanismo de transporte ainda é tido como bastante ineficiente, mas é a maior esperança para transporte intercontinental de hidrogênio de baixa emissão de carbono. (MA, 2023).

No que se refere ao armazenamento, é possível realizá-lo de forma superficial ou subterrânea. No armazenamento superficial, tem-se as opções de compressão do hidrogênio sob altas pressões (pressões de até 77 Mpa são necessárias para comprimir o gás). Outra solução é armazenar o líquido em um tanque criogênico em temperaturas inferiores a $-253\text{ }^\circ\text{C}$. Por fim, há opção de armazenar no estado sólido usando materiais como os hidretos metálicos e nanotubos de carbono.

Por fim, é possível armazenar o hidrogênio de forma subterrânea em reservatórios geológicos - rochas porosas geologicamente apropriadas para conter o gás. Candidatos potenciais incluem cavernas de sal vazias, aquíferos profundos e reservatórios de hidrocarbonetos depletados. Os desafios são imensos considerando a facilidade de o gás escapar dos reservatórios e a ausência aplicações industriais da técnica até o presente momento.

3.5. CERTIFICAÇÃO DE HIDROGÊNIO DE BAIXO CARBONO

Ampliar a oferta de hidrogênio sem garantir que o produto seja proveniente de fontes de baixa emissão de carbono poderia ter efeito contrário ao pretendido, já que o hidrogênio mais produzido no mundo hoje é o oriundo da reforma de gás natural, uma rota bastante poluente.

Daí a importância de se medir as emissões absolutas do ciclo de vida do produto através de um esquema de certificação.

Na Lei 14.948/2024, foi criado na Seção V (arts. 15 a 20), o Sistema Brasileiro de Certificação de Hidrogênio, justamente pela necessidade de um circuito robusto e confiável de rastreabilidade das emissões do novo produto.

Existem inúmeros esquemas de certificação de hidrogênio em curso. Vários países produziram regras próprias de análise de ciclo de vida. Dentre as quais se destacam o *Low Carbon Hydrogen Standard* do Reino Unido e o *CertifHy Hydrogen Certification* da União Europeia.

A ISO/TS 19780 é uma norma recém-publicada que promete unificar os mecanismos em uma norma internacional, que busca contemplar a medição dos gases emitidos desde a produção até o portão de consumo, conforme pode ser visto na Figura 5:

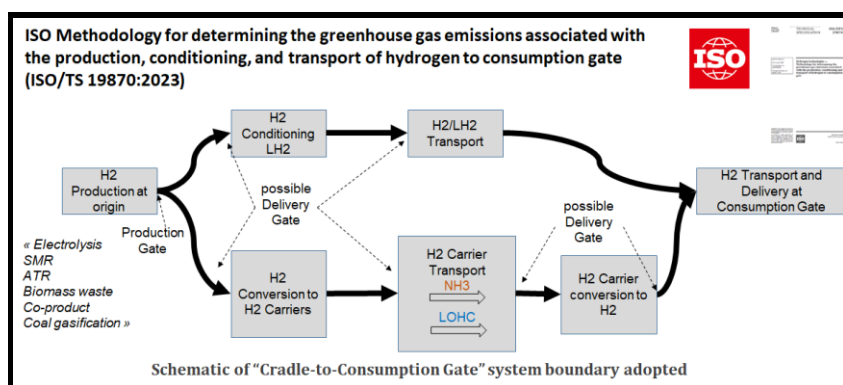


Figura 5: Esquema de certificação berço ao portão proposto pela ISO/TS 19870 contemplando desde a produção do hidrogênio na origem até a entrega do produto para o consumo.

No campo internacional, os desafios ambientais dos países com relação ao hidrogênio de baixa emissão de carbono podem ser divididos em três: i) países que querem importar hidrogênio verde produzido fora de seus domínios com maiores capacidades de energia renovável ii) países que querem produzir localmente, o que, dependendo da localização, pode ser feito usando energia eólica ou solar *on/off-grid* (entre outras fontes de eletricidade renováveis disponíveis, como energia hidrelétrica ou geotérmica) ou iii) aqueles que querem usar a rede elétrica disponível. No entanto, a capacidade de considerar o hidrogênio verde quando o eletrolisador é conectado à rede está sujeita à intensidade de carbono da rede associada. (VILBERGSSON, 2023)

É muito provável que, em um futuro breve, o comércio internacional do hidrogênio de baixa emissão de carbono passe, necessariamente, pela comprovação de que os processos geradores, o transporte, acondicionamento e a disponibilização do hidrogênio para o consumo final geraram emissões globais de carbono inferiores a um determinado patamar. No Brasil, o marco legal

estabeleceu que 7 kgCO₂eq/kgH₂ (quilogramas de CO₂ equivalente por quilograma de hidrogênio produzido) é o limiar que define um hidrogênio de baixa emissão de carbono. Internacionalmente, o limiar indicado geralmente se situa em torno de 4 kgCO₂eq/kgH₂

O Sistema Brasileiro de Certificação de Hidrogênio (SBCH₂) criado no marco legal do hidrogênio torna o Brasil um dos poucos países do mundo com um arcabouço legal para certificar o hidrogênio de baixa emissão de carbono.

3.6. SEGURANÇA OPERACIONAL

O gás hidrogênio não é tóxico e é muito mais leve que o ar, dissipando-se rapidamente quando liberado e permitindo rápida dispersão em caso de fuga, o que o torna relativamente mais seguro do que outros combustíveis, notadamente os líquidos. A principal preocupação de segurança é que, em caso de vazamento não detectado e o gás se acumule em um espaço confinado, podendo eventualmente causar uma explosão.

O hidrogênio como combustível, como todos os combustíveis, tem algum grau de perigo e inflamabilidade. Assim, o uso seguro de qualquer combustível se concentra na prevenção de situações onde os três fatores de combustão - fonte de ignição, oxidante e combustível estejam presentes.

Algumas das propriedades do hidrogênio exigem controles de engenharia adicionais para garantir seu uso seguro. Especificamente, o hidrogênio tem ampla gama de concentrações inflamáveis no ar (4 – 77%) e menor energia de ignição do que a gasolina ou o gás natural, o que significa que ele pode inflamar mais facilmente. Consequentemente, ventilação e detecção de vazamentos são elementos importantes no projeto de sistemas seguros de hidrogênio. Como o hidrogênio queima com uma chama quase invisível, detectores de chamas especiais são necessários. (LABS DN, 2019)

O gás também tem a habilidade de escapar através dos materiais em razão do tamanho da molécula. Sua capacidade destrutiva e de fragilização dos materiais (*embrittlement*) pode levar à degradação mecânica, a ponto de ocorrerem vazamentos em certos materiais.

3.7. USOS

Como exposto anteriormente, o hidrogênio possui uma variedade de aplicações. O seu uso pode se destacar especialmente em indústrias “*hard to abate*” ou difíceis de mitigar emissões. A título exemplificativo, podemos citar as seguintes aplicações:

- ✓ Geração de energia (centralizada ou distribuída);
- ✓ Combustível industrial (caldeiras, fornos etc.)
- ✓ Matéria prima para produção de amônia, fertilizantes, e-metanol, processos em refinarias e siderurgia;
- ✓ Combustível para aquecimento predial (residencial e comercial), puro e/ou misturado ao gás natural;
- ✓ Combustível para o transporte em geral, especialmente de longa distância (carros, caminhões, navios, trem e avião).

3.8. HIDROGÊNIO NO TRANSPORTE

Muitos setores no transporte ainda carecem de solução de descarbonização que seja vantajosa na relação custo-benefício e que possam ser menos regionalizadas. O hidrogênio emerge em aplicações veiculares, especialmente nos chamados FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicle*), veículos

que se utilizam de hidrogênio em células de combustível para o carregamento de um motor elétrico que gera seu movimento. Eles são mais eficientes do que veículos convencionais com motor de combustão interna e não produzem emissões nocivas de escapamento, apenas emitem vapor de água e ar quente. Os FCEVs são abastecidos com gás hidrogênio puro armazenado em um tanque no veículo. Semelhantes aos veículos convencionais com motor de combustão interna, podem abastecer em cerca de 5 minutos e têm uma autonomia de mais de 500 km.

O tipo mais comum de célula de combustível para aplicações em veículos é a célula de combustível de membrana eletrolítica de polímero (PEM). Em uma célula de combustível PEM, uma membrana eletrolítica é intercalada entre um eletrodo positivo (cátodo) e um eletrodo negativo (ânodo). O hidrogênio é introduzido no ânodo, e o oxigênio (do ar) é introduzido no cátodo. As moléculas de hidrogênio se quebram em prótons e elétrons devido a uma reação eletroquímica no catalisador da célula de combustível. Os prótons então viajam através da membrana até o cátodo.

Os elétrons são forçados a viajar por um circuito externo para realizar trabalho (fornecendo energia ao carro elétrico) e então se recombinam com os prótons no lado do cátodo, onde os prótons, elétrons e moléculas de oxigênio se combinam para formar água. (DoE, 2023)

Um outro tipo de célula a combustível que se utiliza de uma série de combustíveis para produção *in situ* de hidrogênio é a chamada SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*) que devido à elevada temperatura de operação (500-1000 °C) oferece grande flexibilidade no uso de combustíveis, podendo tanto usar hidrogênio diretamente quanto gás natural e derivados de biomassa, como o etanol. No caso do uso de gás natural ou etanol, pode-se fazer tanto o processo de reforma prévia do combustível, (transformação prévia do combustível em hidrogênio) como alimentá-lo diretamente na célula. (FIUZA ET AL, 2012)

Também pode ser citado o uso direto do hidrogênio nos chamados motores HICE (*Hydrogen Internal Combustion Engine*) que são motores preparados para efetuar a queima direta do hidrogênio em um motor a combustão interna.

Tanto as tecnologias SOFC, como a dos motores HICE ainda são incipientes, com protótipos apenas, e sem alcance comercial, diferentemente das tecnologias PEM que possuem veículos em fase de comercialização.

3.9. HIDROGÊNIO EM POSTOS REVENDEDORES

Existem dois tipos básicos de estações de abastecimento de hidrogênio (denominadas como HRS, da sigla em inglês para *Hydrogen Refueling Station*): (a) estações em que o hidrogênio é produzido em outro local e entregue na estação para armazenamento local e distribuição aos veículos; e (b) estações nas quais o hidrogênio é produzido no local e armazenado, pronto para ser transferido para armazenamento de hidrogênio no veículo. Há ainda a possibilidade de distribuição do produto na sua forma líquida (LH₂) ou gasosa (GH₂). Até o fim de 2020, havia 540 estações de abastecimento de hidrogênio no mundo, mais da metade na Ásia.

No Brasil, a antiga Petrobras Distribuidora, atualmente Vibra Distribuidora, inaugurou em 2009, a primeira estação do Brasil capaz de abastecer veículos movidos a hidrogênio. A unidade, foi instalada no complexo onde se localiza a Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU/SP), em São Bernardo do Campo, São Paulo. A iniciativa fazia parte do projeto “Ônibus Brasileiro a Hidrogênio” conduzido em parceria com o Ministério de Minas e Energia, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), *Global Environment Facility* (GEF) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). (MOTOR 1, 2009)

Os postos revendedores de hidrogênio exigem requisitos muito particulares, têm regulamentos que indicam as especificações técnicas de materiais e equipamentos, medidas de

prevenção e mitigação, e distâncias de segurança rigorosas e detalhadas dos limites de localização dos diferentes componentes das estações apropriados para esse combustível.

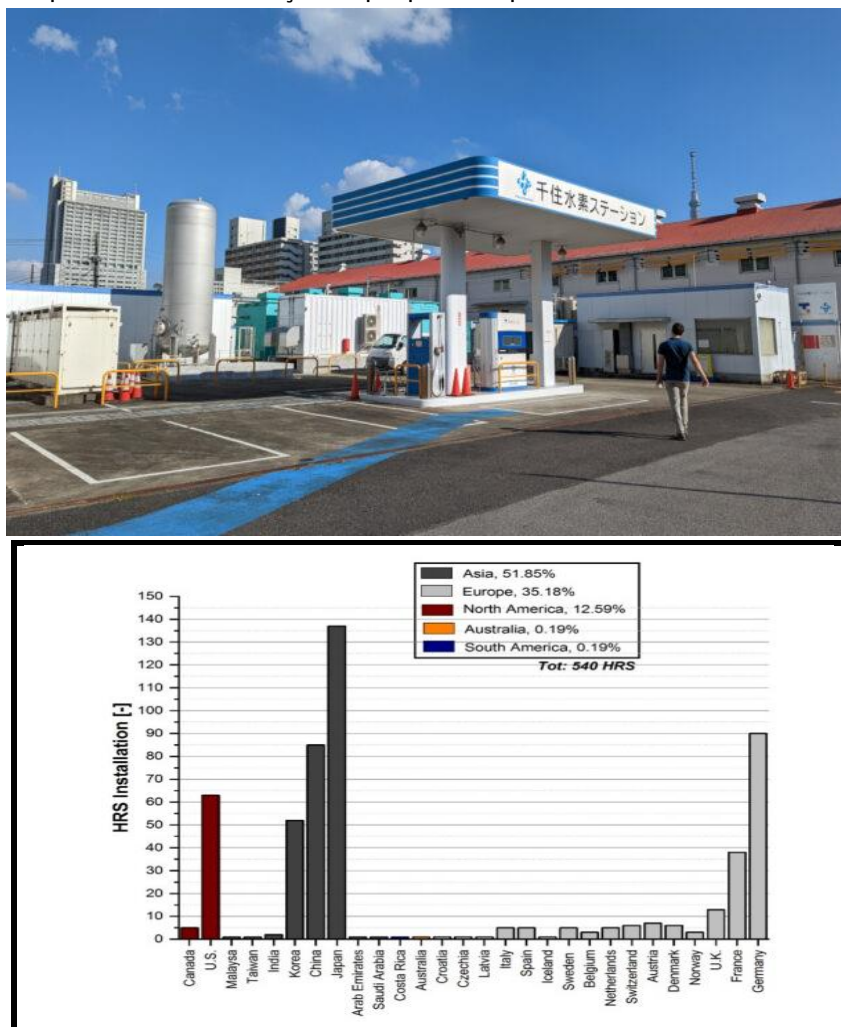


Figura 6a: HRS em Tóquio no Japão (acima). **Figura 6b:** Distribuição de postos de abastecimento de hidrogênio no mundo Fonte: ENAPTER, 2024 e GENOVESE et al, 2023.

3.10. P, D & I EM HIDROGÊNIO

Em 2021, a Resolução CNPE nº 2/2021, orientou a ANP e ANEEL que priorizassem a destinação de recursos de PDI em diversos temas, entre eles, o hidrogênio.

Dessa forma, a mais das iniciativas históricas do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação e do Ministério de Minas e Energia em torno do tema, a Cláusula de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) tem sido utilizada amplamente para iniciativas relacionadas ao setor de transição energética, incluindo aí, o Hidrogênio. A Cláusula PDI, constante dos contratos para exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás natural tem como objetivo estimular a pesquisa e a adoção de novas tecnologias para o setor, que é uma das atribuições da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Lei nº 9.478/1997).

Nos contratos de concessão, a cláusula de PDI estabelece que os concessionários devem realizar despesas qualificadas como pesquisa e desenvolvimento em valor correspondente a 1% (um por cento) da receita bruta da produção dos campos que pagam Participação Especial. (ANP 2020).

No ano de 2023, cerca de 19 projetos cujo conteúdo estava relacionado a “hidrogênio” e suas tecnologias constavam da carteira de projetos relativos às cláusulas de PDI da ANP. O montante financeiro investido neste caso girava em torno de 180 milhões de reais.

A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) também possui um Programa de PDI, previsto na Lei nº 9.991, de 2000, destinado a impulsionar a inovação no setor elétrico brasileiro baseado em diretrizes que visam estimular o avanço tecnológico, promover uma cultura de inovação e desenvolver competências técnicas por meio de parcerias com a indústria, acadêmicos e instituições de pesquisa.

Em março de 2024, a ANEEL lançou a chamada estratégica do hidrogênio. A Chamada Estratégica (PDI) n.º 23, com foco no “Hidrogênio no Contexto do Setor Elétrico Brasileiro” está em fase de seleção dos projetos e promete ser um vetor relevante na propulsão de estudos no setor.

4. A EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL RELACIONADA AOS PLANOS NACIONAIS

4.1. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

Como observado anteriormente, o hidrogênio como um vetor energético, tem relevância dentro do contexto da descarbonização, ganhando destaque crescente nos debates sobre as energias que possibilitarão a transição energética. Como um vetor energético versátil, o hidrogênio possui a capacidade de armazenar e transportar energia de forma eficiente, podendo ser utilizado em diversos setores, desde a indústria até a mobilidade. Sua combustão limpa, que gera apenas água como subproduto, provê vantagem competitiva ao hidrogênio para a redução das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

É neste contexto que diversos países têm adotado políticas públicas visando fomentar o desenvolvimento das cadeias produtivas relacionadas ao hidrogênio. Se, por um lado, essas políticas buscam a descarbonização das economias, por outro, elas induzem o desenvolvimento de outras fontes energéticas quando consideramos que, atualmente, o hidrogênio é um vetor energético. Assim, além de induzir a cadeia produtiva relacionada ao hidrogênio, a maioria das políticas públicas relacionadas ao hidrogênio também contemplam o uso e desenvolvimento das energias renováveis, notadamente a solar e eólica. Esta seção visa trazer as principais experiências internacionais relacionadas ao tema.

A relevância das políticas públicas indutoras para a consecução desse objetivo não deve ser subestimada. Diversos estudos analisam e reconhecem que a criação de um ambiente regulatório favorável incentiva o desenvolvimento de cadeias produtivas. É neste contexto que as políticas públicas se inserem, permitindo o estabelecimento de regulamentações claras e provendo segurança para a concretização de investimentos em infraestrutura. Os dois itens são essenciais para superar os desafios técnicos e econômicos decorrentes da produção e distribuição do hidrogênio.

Será feita, na sequência, uma breve exposição considerando as experiências do EUA, dos países participantes da União Europeia e dos países asiáticos. Em síntese, as políticas governamentais dos países analisados demonstram que o principal foco da política pública objetiva a descarbonização da economia. Um foco secundário que surgiu a partir do conflito entre Rússia e Ucrânia refere-se à segurança energética. Neste caso, o desenvolvimento de uma cadeia produtiva associado ao hidrogênio além de descarbonizar a economia, impactará positivamente em níveis mais elevados de segurança energética. Nas diversas estratégias observadas, custos elevados e questões relacionadas à segurança do transporte e ao armazenamento têm sido fatores de preocupação para que o hidrogênio possa se tornar competitivo frente às demais fontes de energia.

4.1.1. EXPERIÊNCIA EUA

Os Estados Unidos têm implementado uma série de políticas públicas para promover o desenvolvimento do hidrogênio como parte de sua estratégia de descarbonização e transição energética. Estas políticas têm como principal objetivo incentivar a pesquisa, o desenvolvimento e a implementação de tecnologias de hidrogênio em diversos setores da economia.

Para tanto, os EUA criaram um departamento específico dedicada ao hidrogênio e às tecnologias de células de combustível, chamado *Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office* (HFTO). Esse escritório lidera os esforços de pesquisa e desenvolvimento, trabalhando para reduzir os custos e aumentar a eficiência da produção, armazenamento e uso do hidrogênio. Ligado ao Departamento de Energia dos EUA (DoE)², o HFTO é o órgão responsável dentro do DoE pela implementação da Estratégia Nacional para o Hidrogênio Limpo (National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap)³.

Quanto à denominação, destaca-se o lançamento do documento *“U.S. Department of Energy Clean Hydrogen Production Standard (CHPS) Guidance”* que orienta a definição de hidrogênio limpo⁴. Conforme o guia, a denominação é obtida para o hidrogênio cuja análise de ciclo de vida dentro de um sistema de fronteira do “poço ao portão” resulte em uma intensidade de carbono inferior a 4 kg de CO₂ equivalente por kg de hidrogênio produzido, incluindo a utilização de tecnologias de coleta, captura e estocagem (CCUS); produção via etanol e metanol, de recursos energéticos renováveis (incluindo biomassa) e energia nuclear.

Quanto ao planejamento, destaca-se a estratégia nacional para o Hidrogênio Limpo que visa facilitar o desenvolvimento da cadeia produtiva em larga escala, focado na produção, processamento, entregas, estoques e uso do hidrogênio limpo como alternativa viável para atingir as metas de descarbonização de todos os setores da economia estadunidense. O HFTO desenvolveu três eixos estratégicos de atuação para obter a meta⁵.

1. Identificar e focar na utilização do hidrogênio limpo em setores que são difíceis de descarbonizar. Entre os setores, encontram-se os de aplicações industriais (tais como os produtores de químicos, aços e de aquecimento industrial); de transporte (terrestre, incluindo caminhões grandes e médios, marítimo, de aviação e ferroviário) e aplicações no setor energético (considerando os serviços para a rede e estoque energético de longa duração);
2. Reduzir gradualmente e de forma contínua o custo produtivo;
3. Desenvolver as redes de conexão locais.

Quanto às ações previstas ou realizadas, há a iniciativa H2@Scale, lançada pelo DoE. Esta é uma das principais estratégias relacionadas ao desenvolvimento do hidrogênio, objetivando integrar a produção, o armazenamento, a distribuição e o uso do hidrogênio em grande escala, explorando seu potencial para suportar a rede elétrica, a mobilidade e a indústria. Esta iniciativa também promove parcerias entre o governo, a indústria e a academia.

Além dessa iniciativa, o governo federal estadunidense tem aumentado a oferta de incentivos fiscais e subsídios para apoiar o desenvolvimento de tecnologias de hidrogênio que incluem créditos fiscais para a produção de hidrogênio renovável e para a instalação de infraestrutura de

² Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-and-fuel-cell-technologies-office>. Acesso em: 15/07/2024.

³ Disponível em: <https://www.energy.gov/articles/biden-harris-administration-releases-first-ever-national-clean-hydrogen-strategy-and>. Acesso em: 16/07/2024.

⁴ Disponível em: https://www.hydrogen.energy.gov/docs/hydrogenprogramlibraries/pdfs/clean-hydrogen-production-standard-guidance.pdf?sfvrsn=173e9756_1. Acesso em: 16/07/2024.

⁵ Disponível em: <https://www.hydrogen.energy.gov/docs/hydrogenprogramlibraries/pdfs/webinar-national-hydrogen-strategy-interagency-collaboration.pdf?Status=Master>. Acesso em 16/07/2024.

abastecimento de hidrogênio. Programas de financiamento e subsídios também estão disponíveis para apoiar projetos de pesquisa e desenvolvimento em hidrogênio.

Foi nesse contexto que, em 2021, foi aprovada a Lei de Infraestrutura Bipartidária, também conhecida como *Infrastructure Investment and Jobs Act* que inclui dispositivos que visam o desenvolvimento do hidrogênio tendo o custo estimado em 1,2 trilhões de dólares⁶. Dentre estes recursos, há previsão do desembolso de 9,5 bilhões de dólares relacionados a investimentos no desenvolvimento da cadeia do hidrogênio. Estes recursos são destinados à construção de *hubs* regionais de hidrogênio (US\$ 8 bilhões), redução do custo de produção de hidrogênio limpo (US\$ 1 bilhão) e iniciativas para a manufatura do hidrogênio (US\$ 0,5 bilhão)⁷.

Para auxiliar na coordenação desse plano de desenvolvimento da cadeia do hidrogênio, o governo estadunidense criou uma força tarefa interagências - HIT (*Hydrogen Interagency Task Force*). Assim, o governo objetiva apoiar o desenvolvimento de um mercado robusto para o hidrogênio limpo, desenvolvendo cadeias de suprimento sustentáveis, possibilitando a alocação eficiente e efetiva colaboração e coordenação entre os diversos agentes que possibilitaram esse desenvolvimento. Entre os agentes que participam dessa força tarefa, estão: os Departamentos de Agricultura, Comércio, Defesa, Energia, Interior, Trabalho, Transportes, Meio Ambiente, Espaço e Aeronáutica (NASA), Pequenos Negócios, Estado e o enviado presidencial americano para Clima.

4.1.2. EXPERIÊNCIA EUROPEIA

4.1.2.1. FRANÇA

A França foi um dos primeiros países a implantar um programa nacional de hidrogênio, já em 2018. Em setembro de 2020, uma estratégia nacional para o desenvolvimento do hidrogênio descarbonizado e renovável foi apresentada pelo Ministério da Transição Ecológica⁸. A estratégia enumera três áreas prioritárias principais para o desenvolvimento de soluções de hidrogênio livre de carbono:

1. Descarbonizar a indústria através do desenvolvimento de um setor francês de eletrólise;
2. Desenvolver a utilização de hidrogênio descarbonizado para a mobilidade pesada;
3. Apoiar a pesquisa, a inovação e o desenvolvimento de habilidades para promover os usos de amanhã.

Adicionalmente a esse plano inicial, em outubro de 2021, o presidente francês Emmanuel Macron anunciou o Plano França 2030, um plano de investimento para enfrentar os grandes desafios da França, em particular a transição ecológica. Dos 10 objetivos listados no plano, o segundo é tornar-se um líder em hidrogênio descarbonizado. O plano visa estabelecer duas grandes fábricas em solo francês até 2030 e usar hidrogênio para reduzir as emissões da indústria em 35% até 2030.

Em conformidade com a Lei da Energia e do Clima de 2019, a Portaria nº 2021-167, de 17 de fevereiro de 2021 (Portaria do Hidrogênio), conferiu ao hidrogênio um estatuto jurídico autônomo⁹. Este quadro jurídico bem detalhado visa promover o desenvolvimento do setor do hidrogênio do

⁶ Disponível em:

<https://static1.squarespace.com/static/53ab1feee4b0bef0179a1563/t/62dfdd143714301d96b53ebc/1658838293046/FCHEA+IIJA+Hydrogen+Program+Summary+July+2022.pdf>. Acesso em: 16/07/2024.

⁷ Disponível em: <https://www.iea.org/policies/14972-infrastructure-and-jobs-act-clean-hydrogen-initiatives>. Acesso em: 16/07/2024.

⁸ GH2 Country Portal – France. Disponível em <https://gh2.org/countries/france>. Acesso em: 03/07/2024.

⁹ A road-map for an ambitious hydrogen strategy by 2030: industry and local governments turn their vision into reality. Disponível em <https://www.france-hydrogene.org/publication/a-road-map-for-an-ambitious-hydrogen-strategy-by-2030-industry-and-local-governments-turn-their-vision-into-reality/>. Acesso em: 05 jul. 2024.

país, especificando três tipos diferentes de hidrogênio (hidrogênio renovável, hidrogênio de baixa emissão de carbono e hidrogênio fóssil). Para ser qualificado como hidrogênio renovável, este deve ser produzido (1) por eletrólise utilizando eletricidade produzida por fontes de energia renováveis ou por qualquer outra tecnologia que utilize, exclusivamente, uma ou mais fontes de energia renováveis, e (2) cujo processo de produção não exceda um limiar de emissão de gases com efeito de estufa.

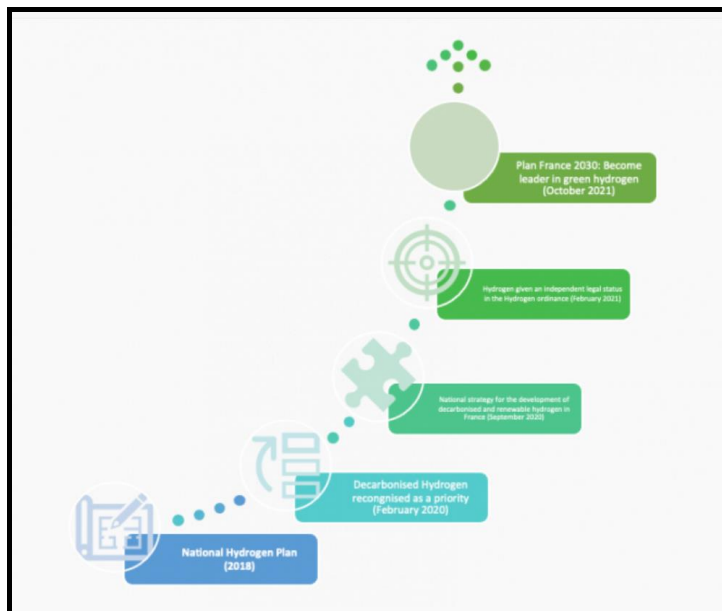


Figura 7. Esquema do plano francês para hidrogênio. Fonte: GH2 (2024)

Quanto aos principais pontos da política e do projeto, ressalta-se que o presidente da França definiu a seguinte linha de atuação:

"Devemos desenvolver nossa oferta industrial em hidrogênio e investir massivamente neste setor. Tudo isso nos permitirá descarbonizar nossa indústria, abastecer nossos caminhões, nossos ônibus, nossos trens, nossos aviões". (tradução livre)

Nesse contexto, como ação para a tentativa de implementação do projeto, o governo lançou três principais estratégias.

1. Injeção de hidrogênio em redes de gás natural: O governo pretendia usar as redes de gás existentes para transportar hidrogênio. Os gestores da rede de transportes e distribuição de gás natural supervisionariam a injeção de hidrogênio na rede nacional de gás. Esse planejamento aparentemente não se efetivou e hoje a França discute a construção de dutos dedicados a hidrogênio e uso de redes transnacionais.
2. Implementação de um sistema de rastreamento de hidrogênio: É necessária garantia de origem, especialmente se o hidrogênio for suscetível de ser misturado com outro tipo de hidrogênio ou outro gás, para garantir que a fonte de hidrogênio seja conhecida pelos consumidores.
3. Financiamento para ampliar projetos de hidrogênio: A Portaria do hidrogênio prevê que os produtores de hidrogênio renovável e de baixo carbono sejam elegíveis para obter financiamento para despesas de capital e operacionais. Além disso, o *Programa Pluriannuelle de l'Énergie* (PPE), criado para os períodos de 2019-2023 e 2024-2028, fornece

apoio financeiro adicional ao setor francês do hidrogênio. Por fim, além do mecanismo de apoio e das chamadas locais de projetos, os projetos de hidrogênio descarbonizado serão financiados por meio do PIA (Programa de Investimento para o Futuro) e do IPCEI (Projeto Importante de Interesse Europeu Comum).

4.1.2.2. ALEMANHA

Já na Alemanha, quando da revisão do NHS¹⁰ (*National Hydrogen Strategy*), seis objetivos foram listados:

1. Estimular o mercado de hidrogênio: o aumento do mercado de hidrogênio, seus derivados e tecnologias de aplicação de hidrogênio serão significativamente acelerados e o nível de interação ao longo de toda a cadeia de valor crescerá a taxas elevadas.
2. Garantir disponibilidade suficiente de hidrogênio e seus derivados: a meta para a capacidade doméstica de eletrolisadores em 2030 será aumentada de 5 GW para pelo menos 10 GW. A demanda restante será atendida pelas importações. Uma estratégia para importações precisará ser desenvolvida.
3. Desenvolver uma infraestrutura de hidrogênio eficiente: reaproveitamento de gasodutos existentes além de novos gasodutos de hidrogênio a serem construídos na Alemanha usando financiamento do IPCEI; aproximadamente 4.500 km serão adicionados em toda a Europa (Espinha dorsal de hidrogênio europeia). Com maior expansão, toda a produção, importação e centros de armazenamento serão conectados aos consumidores até 2030.
4. Implementar as aplicações de hidrogênio em outros setores: até 2030, o hidrogênio e seus derivados serão usados em aplicações na indústria, veículos comerciais pesados, principalmente na aviação e no transporte marítimo. No setor elétrico, o hidrogênio contribuirá para o segurança do aprovisionamento energético; usando usinas a gás que podem ser convertidas em neutras para gases do efeito estufa (adaptadas para hidrogênio) e eletrolisadores de serviço do sistema.
5. Tornar a Alemanha o principal fornecedor de tecnologias de hidrogênio até 2030: fornecedores alemães estão aumentando sua liderança tecnológica e agora oferecem toda a cadeia de valor de produção de tecnologias de hidrogênio (e.g. eletrolisadores) para uma variedade de aplicações (por exemplo, tecnologia de célula de combustível).
6. Criação de condições adequadas para a expansão do hidrogênio: condições regulamentares coerentes a nível nacionais, europeus e, se possível, internacionais sustentarão o aumento do mercado. Elas incluirão, principalmente, planejamento eficiente e procedimentos de aprovação, normas uniformes e sistemas de certificação que sejam adequadamente uniformes, além de administração coordenada em todos os níveis.

O relatório do governo alemão¹¹ deixa claro que a relevância para a redução da dependência de combustíveis fósseis, sobretudo aqueles que são importados da Rússia, aumentou. Cita, inclusive, questões associadas a segurança energética para o desenvolvimento da cadeia produtiva do hidrogênio:

“Os efeitos da guerra ilegal de agressão da Rússia contra a Ucrânia demonstraram claramente que a Alemanha estava excessivamente

¹⁰ National Hydrogen Strategy Update - NHS 2023. Disponível em https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/national-hydrogen-strategy-update.pdf?__blob=publicationFile&v=2. Acesso em: 02/07/2024.

¹¹ German-Norwegian energy and industrial partnership - Roadmap on expected hydrogen off-take in Germany in the German/Norwegian Context. Disponível em: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/240424-roadmap-deu-nor-hydrogen-task-force.pdf?__blob=publicationFile&v=6. Acesso em: 03/07/2024.

dependente das importações de energia de países individuais para sua segurança energética. Neste contexto, os objetivos da revisão da Estratégia Nacional Alemã de Hidrogênio (NHS) tornou-se cada vez mais importante, não apenas para combater as mudanças climáticas, mas também para garantir a segurança nacional. Os objetivos declarados buscam garantir um alto nível de segurança energética através do desenvolvimento de uma produção intra-europeia competitiva de hidrogênio, bem como da diversificação e da garantia das importações internacionais.” (tradução livre)

Neste contexto, o desenvolvimento da cadeia produtiva do hidrogênio é visualizado como um mecanismo para aumentar a segurança energética e, eventualmente, alcançar maiores níveis de autonomia.

Para fomentar esse mercado, a Alemanha anunciou o uso do mecanismo denominado *H2Global*, política criada para fomentar e incentivar o ganho de escala da indústria do hidrogênio e intermediar os negócios entre vendedores e compradores. Contratos de longo prazo foram firmados para fornecimento de hidrogênio verde na forma de derivados: amônia, metanol e combustível sustentável de aviação (SAF, em inglês). No total, 900 milhões de euros foram reservados no *H2Global* para a realização de acordo de dez anos em importações de países que não estejam na União Europeia e na Associação Europeia de Livre Comércio.

O programa funciona comprando produtos derivados de hidrogênio de baixa emissão a um preço baixo no mercado global e vendendo-os ao maior lance na Alemanha ou na União Europeia. O custo da diferença entre o preço de compra (esperado mais alto) e o preço de venda (menor) é compensado pela assistência de financiamento fornecida sob o *H2Global*.

Os resultados da primeira rodada de licitações para importação de hidrogênio verde entre 2027 e 2033 culminaram com pelo menos 259 mil toneladas de amônia verde a serem exportadas para a Alemanha. No total, isso é mais de dez por cento da produção anual de amônia da Alemanha. Os custos de produção são de 811 euros por tonelada de amônia, ou seja, custos de menos de 4,50 euros por kg de hidrogênio verde.¹¹

Os acordos de compra de longo prazo fornecem segurança de investimento para exportadores de hidrogênio e dão aos compradores acesso a derivados verdes. Para permitir isso, a HINT.CO, subsidiária da *H2Global Foundation*, atua como uma *trader* e compra derivados de hidrogênio por meio de um processo de licitação baseado no mercado pelo período de 10 anos ao menor preço disponível. Os contratos de compra de grande volume estimulam o investimento em energia renovável e na produção de amônia e metanol à base de hidrogênio de baixa emissão.¹²

4.1.2.3. HOLANDA

Quanta à experiência holandesa, o relatório *Hydrogen Roadmap for the Netherlands*¹³ afirma em sua introdução que:

“O desenvolvimento do mercado holandês de hidrogênio é imperativo para que a economia holandesa se torne mais sustentável. O hidrogênio renovável e de baixo carbono e os seus derivados contribuirão para tornar a indústria, a

¹² Passo importante para o aumento global do hidrogênio – A Alemanha trabalhará com a H2Global para importar produtos de hidrogênio verde em grande escala a partir de 2027. Disponível em: <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2024/07/20240711-h2global.html>.

¹³ Hydrogen Roadmap for the Netherlands. Disponível em <https://nationalewaterstofprogramma.nl/documenten/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=2379389>. Acesso em: 03/07/2024.

mobilidade, o ambiente construído e a geração de eletricidade mais sustentáveis. A necessidade do rápido desenvolvimento do mercado global de hidrogênio é urgente devido à inércia mundial no que diz respeito à ação climática e à pressão sobre a segurança do abastecimento de energia. A Holanda está disposta e é capaz de desempenhar um papel central neste mercado global.”

O rápido crescimento das cadeias de hidrogênio proporcionará oportunidades de mercado nacional e internacional provavelmente renderá bilhões de euros para a indústria manufatureira na Holanda. Estima-se que cerca de mil empresas holandesas já estejam ativas nesses novos mercados. Agindo com rapidez, as empresas holandesas podem ocupar postos-chave em vários submercados e se tornar uma força a ser respeitada na indústria internacional de hidrogênio. O relatório afirma que “é vital que a Holanda esteja presente na maior parte das cadeias de fornecimento de energia na Europa para limitar a dependência em relação a outros países.” (tradução livre)

O relatório cita os principais objetivos das políticas holandesas para o hidrogênio, cabendo destacar seis deles:

1. Definição de metas claras para a produção e utilização de hidrogênio e o desenvolvimento de instrumentos adequados;
2. Garantir as condições prévias essenciais para a importação e o transporte de hidrogênio;
3. Criação de uma rede nacional de transporte de hidrogênio com armazenamento conectado;
4. Adquirir conhecimento sobre os usuários e potenciais usuários de hidrogênio e criar condições para o aumento da utilização do hidrogênio;
5. Colocar o foco adequado na inovação para o aumento da oferta e do uso do hidrogênio;
6. Monitorar a integração do hidrogênio no sistema energético e levar em consideração métodos alternativos para melhorar a sustentabilidade.

4.1.3. EXPERIÊNCIA ASIÁTICA

4.1.3.1. JAPÃO

O Japão foi pioneiro em adotar uma política nacional para o hidrogênio. Em abril de 2017, o Conselho Ministerial de Energias Renováveis, Hidrogênio e Assuntos relacionados, realizou sua primeira reunião, ocasião na qual o primeiro-ministro solicitou aos ministros que até o fim de 2017 fosse formulado um conjunto de ideias seminais para políticas relacionadas ao hidrogênio.

O objetivo era coordenar os esforços para tornar o Japão uma sociedade líder na sua adoção até 2050, sendo iniciada pela progressiva substituição dos carros a combustão.

Na segunda reunião do Conselho, ainda em 2017, foi apresentada uma minuta, resultante dos debates realizados ao longo do ano e que envolveram as lideranças do governo da universidade e da indústria. Esse documento ficou conhecido como Estratégia Básica do Hidrogênio¹⁴. Um dos objetivos era utilizar o hidrogênio em larga escala nas instalações dos Jogos Olímpicos de Tóquio, realizado em 2021 em decorrência da pandemia. Foi neste contexto que o hidrogênio entrou no planejamento estratégico de energia do país, tendo como meta o fornecimento de 1% do total de energia consumida no país em 2030.

¹⁴ Basic Hydrogen Strategy 2017. Disponível em <https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/Basic%20Hydrogen%20Strategy%20%28EN%29.pdf>. Acesso em: 02/07/2024.

Por ser um país dependente de importações de petróleo e relativamente pobre em recursos minerais, o Japão sempre buscou estratégias para o uso eficiente da energia. Em matéria publicada em 2018, a COPPE¹⁵ divulgou que a meta estabelecida, entre 2020 e 2025, era aumentar a frota de automóveis movidos a hidrogênio no Japão, passando de 40 mil para 200 mil veículos. Para 2030, a meta a ser alcançada seria de 800 mil veículos de passeio, 1.200 ônibus e 10 mil empilhadeiras.

O governo japonês lançou, em junho de 2023, o *Basic Hydrogen Strategy 2023*¹⁶. O principal objetivo da estratégia é mover o país do desenvolvimento tecnológico para a adoção das tecnologias em escala comercial. Para tanto, o governo se propõe a iniciar avaliações constantes quanto à comercialidade das diversas tecnologias já desenvolvidas, mas que ainda não atingiram a maturidade comercial, visando à definição da alocação dos recursos disponíveis. Considerando as perspectivas de baixo crescimento da demanda energética, a estratégia de desenvolvimento comercial visa prospectar os mercados globais, não necessariamente, o nacional. Neste contexto, o plano lista três elementos que levaram a desenvolver a cadeia produtiva do hidrogênio. Em primeiro lugar, reduzir a dependência dos combustíveis fósseis importados da Rússia, de acordo com os compromissos assumidos com o G7. Em segundo lugar, mitigar os impactos climáticos. Por fim, implementar uma política de transição energética com foco na descarbonização. Como objetivo, o Japão cita um único elemento:

1. Desenvolver, demonstrar e industrializar as tecnologias para a produção e utilização do hidrogênio e seus derivados (amônia, *e-metano*, e combustíveis sintéticos - *e-fuels*) de forma estratégica para alcançar a neutralidade de carbono.

A implementação da estratégia para a disseminação da utilização do hidrogênio deve seguir a filosofia 1-S e 3-E (S+3E). O ‘S’ significa a segurança, demonstrando o comprometimento com os padrões técnicos de segurança de forma efetiva. Os três ‘E’ referem-se à segurança energética (*energy security*), eficiência econômica e ambiental (*environment*).

O documento endereça o desdobramento da implementação da estratégia identificando as principais áreas de atuação do país, inclusive listando metas a serem cumpridas. Além disso, estabelece como fundamental para proteger sua indústria e manter a competitividade do hidrogênio em termos globais. Isto inclui a comercialização de produtos desenvolvidos com tecnologia japonesa relacionada ao hidrogênio, como eletrolisadores.

A estratégia identificou nove tecnologias-chave, incluindo células de combustível e dispositivos de eletrólise de água, sendo planejado o investimento de cerca de US\$ 94,9 bilhões nos próximos 15 anos. Desses valores, cerca de US\$ 5 bilhões serão destinados ao financiamento do desenvolvimento das tecnologias e esforços para a demonstração de comercialidade¹⁷.

4.1.3.2. COREIA DO SUL

Em janeiro de 2019, o Ministério do Comércio, Indústria e Energia¹⁸ estabeleceu metas de longo prazo para o hidrogênio, com o propósito de estimular a adoção desse recurso. Entre os objetivos estabelecidos estão o desenvolvimento de comunidades que utilizarão o hidrogênio como

¹⁵ Planeta Coppe. *Em sete anos, Japão terá 200 mil carros movidos a hidrogênio*. Disponível em <https://coppe.ufrj.br/planeta-coppe/em-sete-anos-japao-tera-200-mil-carros-movidos-a-hidrogenio/#:~:text=Entre%202020%20e%202025%2C%20o,de%20Meio%20Ambiente%2C%20Yoshihiro%20Mizutani>. Acesso em: 02/07/2024.

¹⁶ Basic Hydrogen Strategy 2023. Disponível em https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_5.pdf. Acesso em: 03/07/2024.

¹⁷ Utilizou-se como câmbio para a conversação a cotação de 158 ienes para cada dólar estadunidense. Os valores originais em ienes, são de: 15 trilhões; 800 bilhões.

¹⁸ Hydrogen Economy Plan in Korea. Disponível em <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/03/Hydrogen-economy-plan-in-Korea.pdf>. Acesso em 01/07/2024.

fonte principal para geração de energia e o aumento do número de carros de passageiros, ônibus e pontos de abastecimento de hidrogênio. Como resultado, será implantado um novo ecossistema, tornando o hidrogênio um mecanismo inovador de crescimento para a economia coreana.

Após esse anúncio, a cidade de Seul, capital da Coreia do Sul, iniciou um movimento para promoção de carros de passeio e veículos comerciais movidos a hidrogênio, em parceria com grandes empresas, como a *Hyundai Motor Group*. Com isso, houve um aumento das estações de abastecimento de hidrogênio e oferta de subsídios governamentais para a compra dos veículos. De acordo com a publicação *Korea Herald*, em 2019, o governo destinou cerca de US\$ 1,1 bilhão de dólares em subsídios para veículos a hidrogênio. Também foram aportados US\$ 890 milhões em infraestrutura de carregamento de hidrogênio. A expectativa é que o mercado coreano de hidrogênio possa alcançar US\$ 590 bilhões em 2050¹⁹.

Em janeiro de 2019, a Coreia anunciou seu *Roteiro da Economia de Hidrogênio* no qual estabeleceu a meta de produzir 6,2 milhões de veículos elétricos com célula de combustível e implantar, pelo menos, 1.200 postos de reabastecimento até 2040. Além disso, o plano visava colocar nas ruas, pelo menos, 35 ônibus a hidrogênio em 2019, aumentando esse número para 2.000 até 2022 e 41.000 até 2040. Em relação ao setor de energia, o estudo traça o objetivo de fornecer 15 GW de célula de combustível para geração de energia até 2040²⁰.

Em 2022, mais da metade dos veículos elétricos que utilizavam célula de combustível (FCEVs - *fuel cell electric vehicles*) vendidos globalmente foram fabricados na Coreia do Sul²¹. A Hyundai consolidou sua posição como a maior fabricante de veículos FCEV do mundo, aumentando sua participação de mercado para quase 60%. O país também ostentava quase metade da capacidade instalada mundial de células de combustível estacionárias em escala de utilidade.

Contudo, essa estratégia de ampliar a frota de veículos FCEVs trouxe alguns problemas. Uma das principais vantagens dos FCEVs – a capacidade de reabastecer em minutos – fica severamente comprometida pelo fornecimento insuficiente de hidrogênio nas estações de reabastecimento. Uma vez que o hidrogênio acaba, os motoristas devem esperar horas para que mais hidrogênio seja entregue e comprimido. Agrava a situação o fato de apenas um *dispenser* por posto ser permitido, devido aos rígidos regulamentos de segurança associados ao reabastecimento.

4.1.3.3. AUSTRÁLIA

A Estratégia Nacional de Hidrogênio da Austrália²² propõe um caminho para uma indústria de hidrogênio limpa, inovadora, segura e competitiva, que traga benefícios para todos os australianos. O objetivo é posicionar a indústria como um grande *player* global até 2030. Os cinco principais objetivos declarados pela Austrália no documento são:

1. explorar o potencial de hidrogênio limpo do país;
2. considerar cenários futuros com amplas possibilidades de crescimento;
3. descrever uma abordagem adaptativa que prepara a Austrália para crescer rapidamente;
4. incluir estudos de caso para cada estado e território;

¹⁹ Os valores originais estão em won são: 130,4 bilhões de won, 105,7 bilhões de won e 70 trilhões de won. Para a conversão, utilizou-se um câmbio de 0,0085 dólar para cada won.

²⁰ Korea Hydrogen Economy Roadmap 2040. Disponível em: <https://www.iea.org/policies/6566-korea-hydrogen-economy-roadmap-2040>. Acesso em 02/07/2024.

²¹ Hydrogen's resurgence: fuelling the future of South Korea. Disponível em <https://www.intralinkgroup.com/en-GB/Latest/Intralink-Insights/March-2024/Hydrogens-resurgence-Fuelling-the-future-of-South>. Acesso em: 03/07/2024.

²² Australia's National Hydrogen Strategy. Disponível em <https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/australias-national-hydrogen-strategy.pdf>. Acesso em: 05/07/2024.

5. detalhar ações coordenadas nacionalmente envolvendo governos, indústria e comunidades.

Assim como o Japão, a Austrália fez algumas mudanças no seu planejamento para o hidrogênio. Em 24 de fevereiro de 2023, o Conselho Ministerial de Energia e Mudanças Climáticas (ECMC) concordou com uma revisão da *Estratégia Nacional de Hidrogênio* de 2019 para garantir o posicionamento da Austrália no caminho para ser um líder global de hidrogênio até 2030, tanto na exportação quanto na descarbonização de suas indústrias.

O hidrogênio tem o potencial de contribuir como protagonista para a transição energética com emissão “zero líquido” por meio da sua utilização em áreas como indústria, transporte, segurança do abastecimento, produtos químicos e produção de metais. O país possui cerca de US\$ 300 bilhões em investimentos potenciais em hidrogênio, incluindo projetos focados no uso doméstico, bem como grandes projetos de exportação.

5. INICIATIVAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS RECENTES E DISCUSSÕES LEGISLATIVAS BRASILEIRAS

Após décadas de ciclos de tentativas de inserção do hidrogênio no contexto energético nacional com a publicação, por exemplo, do “Roteiro para a estruturação da economia do hidrogênio no Brasil” ainda em 2005 pelo MME e de inúmeras iniciativas do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, houve no fim da década de 2010, uma espécie de convergência internacional no que se refere ao papel do hidrogênio de baixa emissão de carbono do ponto de vista energético. Essa convergência decorreu, principalmente, por conta da redução de custos, gradativa e pronunciada de matrizes de energia renovável como as fontes solar e eólica.

O governo brasileiro foi procurado por diversos atores internacionais, que buscavam conhecer a respeito de como o país iria endereçar o tema. Dessa maneira, as primeiras medidas foram tomadas pelo Ministério de Minas e Energia.

A Resolução CNPE nº 2/2021, por exemplo, orientou a ANP e ANEEL que priorizassem a destinação de recursos de PDI em diversos temas, dentre os quais, o hidrogênio.

5.1. PROGRAMA NACIONAL DO HIDROGÊNIO

A grande iniciativa, no entanto, que modificou o cenário do setor, foi trazida pela Resolução CNPE nº 6/2022, que determinou a criação do Programa Nacional do Hidrogênio – PNH2, criando o Comitê Gestor do referido programa, além de determinar outras providências. O Programa tem como objetivo fortalecer o mercado e a indústria do hidrogênio como vetor energético. A Resolução ainda determina eixos temáticos e a criação de Câmaras Temáticas nos seguintes temas:

- I. Fortalecimento das Bases Científico-Tecnológicas;
- II. Capacitação de Recursos Humanos;
- III. Planejamento Energético;
- IV. Arcabouço Legal e Regulatório-Normativo; e
- V. Neoindustrialização, Crescimento do Mercado e Competitividade.

A ANP tem assento no Comitê Gestor, e participa ativamente de suas atividades e de todas as Câmaras Técnicas.

As atividades do PNH2 culminaram na publicação em agosto de 2023 no **Plano de Trabalho Trienal 2023 – 2025** (MME, 2023), sendo a ANP responsável e participe de inúmeras atividades elencadas no Plano.

O referido plano contém as principais perspectivas para o mercado de hidrogênio no Brasil, com potencial técnico de produzir até 1,8 gigatonelada de hidrogênio por ano. Além disso, o documento elucida as principais estratégias e as metas do país no tema, que podem ser resumidas na figura abaixo:



Figura 8: Plano de Trabalho Trienal (2023 - 2025) e principais metas da estratégia brasileira de hidrogênio (MME, 2023)

Ainda de acordo com o plano, o Brasil está entre os países mais bem posicionados para a produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono. Contribuem para essa perspectiva a atual composição da matriz elétrica do país, com 88% oriunda de fontes renováveis, os baixos custos de geração de energia a partir da geração eólica *onshore* e solar fotovoltaica, cujas plantas possuem fatores de capacidade que superam as registradas em outros países, e a constante ampliação da infraestrutura de transmissão de energia. Tais fatores colocam o Brasil em posição de destaque nas projeções internacionais para a produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono com os menores custos associados do mundo, em especial. (MME, 2023)

Por fim, o plano elenca inúmeras atividades e tarefas a serem desveladas pelas Câmaras Técnicas nos próximos anos, a fim de realizar um progressivo posicionamento do hidrogênio como vetor energético.

Considerando manter a homogeneidade das decisões a serem tomadas pela ANP no Comitê Gestor do PNH2 e para capturar a visão da Diretoria Colegiada a respeito do tema foi criado pela Diretoria Colegiada por meio da Portaria ANP nº 148/2022, Grupo de Trabalho para debater e definir a estratégia da ANP no âmbito do Programa Nacional do Hidrogênio - PNH2.

O referido grupo é coordenado pelo CPT - Centro de Pesquisas e Análises Tecnológicas ligado à Superintendência de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos -SBQ e composto por membros de todas as Diretorias da Agência que se reúnem mensalmente. Formalmente, o Despacho nº 803/2023 estabelece a composição do Grupo de Trabalho, tendo o prazo de abril/25 para encerramento dos trabalhos.

O grupo de trabalho possui prerrogativa da formação de subgrupos de trabalho. Até o momento dois subgrupos foram formados, a saber:

- ✓ **Subgrupo I** - Estudo da possibilidade de mistura de hidrogênio na rede de gás natural existente com foco na qualidade, nas condições do serviço de transporte, nos sistemas de medição e segurança operacional
- ✓ **Subgrupo II** - Atividades de E&P de Hidrogênio Natural no Brasil.

Enquanto o Poder executivo definia as diretrizes e as ferramentas de trabalho para a estratégia nacional de hidrogênio, o Congresso Nacional foi responsável por inúmeras iniciativas. Duas comissões, uma no Senado e outra na Câmara avançaram nos debates sobre o tema a fim de produzir um projeto que capturasse os principais pontos necessários ao estabelecimento de um marco legal. Na Câmara, foi criada a Comissão de Transição Energética e Produção de Hidrogênio Verde presidida pelo Deputado Arnaldo Jardim (Cidadania/SP). Já no Senado, foi criada a Comissão Especial para Debate de Políticas Públicas sobre Hidrogênio Verde presidida pelo Senador Cid Gomes (PSB/CE). Ambas as comissões foram responsáveis pela elaboração de projeto de lei específico sobre a matéria e, quase que simultaneamente, cada texto redigido por ambas as casas foi enviado à outra para apreciação. O PL 2308/2023 foi enviado em dezembro de 2023 ao Senado que, por sua vez, enviou o PL 5816/2023 no mesmo período à Câmara. Os principais projetos debatidos naquele momento de discussão estão elencados na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Iniciativas legislativas do Congresso Nacional a respeito de Hidrogênio

PL	725/2022	1878/2022	2308/2023	3173/2023	5816/2023
Autor	Sen. Jean-Paul Prates (PT/RN)	CMA-Senado	Dep. Gilson Marques (NOVO/SC); Substitutivo (Arnaldo Jardim (Cidadania/SP))	Sen. Marcos Pontes (PL/SP)	Senadores Fernando Dueire (MDB/PE), Marcos Pontes (PL/SP) e Cid Gomes (PDT/CE)
Emenda	Disciplina a inserção de H2 e estabelece incentivo ao uso	Cria a Política que regula a produção e uso do Hidrogênio Verde	Institui o marco legal do HBC; institui o incentivo do Rehidro; cria o PHBC	Cria o Programa Nacional do Hidrogênio Verde (Prohidroverde)	Dispõe sobre a indústria do HBC e suas tipificações, estrutura e fontes de recursos
Status	Aguardando parecer do relator Cid Gomes	Declarada a prejudicialidade do projeto na Comissão Especial do hidrogênio Verde	Aprovado na Câmara, na CEHV do Senado e no Plenário do Senado. Volta à Câmara Federal para reanálise, tendo sido aprovado em Plenário em 11/07/2024 e sancionado em 02/08/2024 (Lei nº 14.948/2024)	Declarada a prejudicialidade do projeto na Comissão Especial do hidrogênio Verde	Aprovado no plenário do Senado e encaminhado em fev/2024 para Câmara. Está na CMADS da Câmara

Entre os projetos, o que mais se destacou foi o Projeto de Lei nº 2.308/2023. Após tramitação no Senado Federal, e retorno à Câmara dos Deputados, em 11 de julho de 2024, o referido Projeto de Lei foi aprovado em plenário pelos Deputados Federais, tendo sido sancionado em 02 de agosto de 2024 pelo Presidente da República. Em resumo, a Lei nº 14.948/2024 estabelece:

- a) Foram criadas três classificações e/ou definições de hidrogênio, conforme abaixo:

- ✓ Hidrogênio de baixa emissão de carbono: é o hidrogênio combustível ou insumo industrial cuja emissão de Gases de Efeito Estufa, conforme análise do ciclo de vida, seja menor ou igual a 7 kg de CO₂ para cada kg de H₂;
 - ✓ Hidrogênio renovável: é o hidrogênio que, além de se enquadrar como hidrogênio de baixa emissão de carbono, é coletado como hidrogênio natural ou obtido de fontes renováveis como biocombustíveis ou pela eletrólise alimentada por energia renovável, como solar, eólica, hidráulica, geotérmica ou biomassa;
 - ✓ Hidrogênio verde: é o hidrogênio produzido por eletrólise da água alimentada por fontes de energia renováveis, como solar, eólica, hidráulica, geotérmica, biomassa ou outras que venham a ser reconhecidas como renováveis.
- b) a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono: terá seus parâmetros técnicos e econômicos definidos pelo Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE) mediante propostas do Ministério de Minas e Energias (MME). As diretrizes para execução da política serão estabelecidas pelo Comitê Gestor do Programa Nacional do Hidrogênio (Coges-PNH2).
- c) a ANP será o órgão competente para regular e autorizar a produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono, a exploração de hidrogênio natural, e as atividades relacionadas ao carregamento, ao processamento, ao tratamento, à importação, à exportação, à armazenagem, à estocagem, ao acondicionamento, ao transporte, à transferência, à revenda e à comercialização de hidrogênio, seus derivados e carreadores. Aqueles que possuírem a autorização para exercício da atividade terão prioridade nos pedidos de autorização para exercício das atividades. A referida Lei também promoveu alterações na Lei do Petróleo, tendo incluído na competência da ANP a declaração de utilidade pública de áreas necessárias à construção da infraestrutura utilizadas para a produção de hidrogênio e a especificação da qualidade do hidrogênio. Será de competência regulatória da ANP autorizar, no âmbito suas competências, as atividades relacionadas à produção de hidrogênio renovável e de baixa emissão de carbono a partir do uso de energia elétrica.
- d) O Sistema Brasileiro de Certificação de Hidrogênio, que será responsável, entre outros pontos, pelo credenciamento de empresas certificadoras, que emitirão certificado do hidrogênio produzido, indicando o nível de gás de efeito estufa associado ao seu ciclo de vida. A certificação terá como referência critérios a serem estabelecidos em regulamento. Autoridade reguladora ainda a ser definida será competente para estabelecer os regulamentos para implementação das diretrizes para a certificação do hidrogênio, fiscalizar a movimentação do hidrogênio comercializado, fiscalizar as certificadoras credenciadas, definir e aplicar sanções administrativas e pecuniárias cabíveis e prever mecanismos de harmonização com padrões internacionais de certificação de hidrogênio.
- e) o Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro), que permitirá às empresas beneficiárias usufruírem de suspensão de PIS/Cofins e PIS/Cofins-Importação, nas aquisições locais e importações de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos novos, e de materiais de construção e serviços para utilização ou incorporação nas obras de infraestrutura associadas a projetos de hidrogênio. Os incentivos terão vigência de cinco anos, a partir de 1º de janeiro de 2025.
- f) Foi vetado artigo relacionado ao Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC), que concederia créditos fiscais pelo prazo de até 10 (dez)

anos, contado da data de publicação da Lei. A concessão dos créditos seria precedida de processo concorrencial, a ser regulamentado. O texto foi enviado em projeto separado para debate no Congresso pelo executivo (PL 3027/2024) e foi aprovado na Câmara no dia 13 de agosto de 2024.

5.2. MODELO DE NEGÓCIOS E CONTEXTO NACIONAL

O uso do gás hidrogênio é relativamente maduro possuindo aplicações relevantes em inúmeras indústrias como: refino de petróleo, produção de amônia, metanol, metalurgia, indústria alimentícia, dentre outras. No Brasil, especialmente, o setor petroquímico é o maior produtor e consumidor desse gás, empregando-o principalmente para a redução do teor de enxofre nos combustíveis fósseis em unidades de hidrotreatamento. A produção e usos industriais do hidrogênio no Brasil se encontram, portanto, relativamente consolidados.

Uma refinaria de petróleo, por exemplo, pode produzir o chamado hidrogênio “cinza”, principalmente através da reforma a vapor do gás natural em Unidades de Geração de Hidrogênio (UGH). Este método envolve altas temperaturas, superiores a 800°C, sendo bastante poluente e energodependente. O hidrogênio também é obtido como um coproduto no processo de reforma catalítica, cujo objetivo principal é aumentar as propriedades antidetonantes de correntes de nafta para a produção de gasolina, reduzindo o teor de hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos, aumentando o de aromáticos; ou ainda, a produção de benzeno, tolueno e xilenos para a indústria petroquímica. No Brasil, a Petrobras é a maior produtora de hidrogênio, consumindo sua produção em processos de hidrocraqueamento catalítico (HCC) ou hidrotreatamento (HDT) para produção de derivados de petróleo de maior valor agregado. (EPE, 2022)

Portanto, o hidrogênio é um produto relativamente comum no setor petroquímico nacional e a maior novidade para a nova indústria de hidrogênio que se desenvolve atualmente é que a nova molécula deve necessariamente ser produzida utilizando-se energias renováveis e com baixa pegada de carbono quando analisado o ciclo de vida do produto.

5.3. PROJETOS EM HIDROGÊNIO NO BRASIL

No Brasil já existem inúmeros projetos para produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono e, segundo especialistas, o país, que possui uma matriz energética considerada das mais limpas do mundo tem elevado potencial para produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono. Algumas iniciativas nos estados do Ceará, Bahia, Santa Catarina, Minas Gerais, Pernambuco, Paraná, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul e Piauí têm demonstrado esse potencial. Chama a atenção o volume de recursos prometidos para o setor especialmente na região Nordeste. Para se ter uma dimensão do volume de recursos anunciado, o governo do Piauí, a título de exemplo, anunciou em sua página oficial que o projeto do fundo *Green Energy Park* em conjunto com a empresa de energia renovável *Solatio* será o maior projeto de hidrogênio verde do mundo e o que o total de investimentos poderia chegar a R\$ 200 bilhões de reais, em um projeto com 20GW de energia gerada e 20.000 novos empregos na região (PIAUI,2023). Abaixo constam algumas informações dos principais projetos do país até o momento:

Tabela 2 – Alguns projetos nacionais em andamento relacionados a hidrogênio de baixa emissão de carbono (HBEC) (Fonte: EPE, 2024)

Empresa	Modalidade	Local	Capacidade (T/ano)	Finalidade	Investimentos
Angra I e II	P&D	Angra dos Reis- RJ	300	Purificação de HBEC	-
Atlas Agro	MoU	Uberaba-MG	500.000	Fertilizantes	R\$43 bilhões

Empresa	Modalidade	Local	Capacidade (T/ano)	Finalidade	Investimentos
Casa dos Ventos	MoU	Porto do Pecém-CE	365.000	HBEC e Amônia	R\$4 bilhões
Copel	P&D	Curitiba-PR	-	Transportes	R\$12 milhões
EDP	P&D	Porto de Pecém-CE	2.000	HBEC	R\$42 milhões
Enerfin	MoU	Porto do Rio Grande- RS	-	Exportação - HBEC	-
Energix	MoU	Porto do Pecém -CE	600.000	HBEC	R\$5,4 bilhões
Enterprize Energy	MoU	Touros-RN	-	HBEC - Eólica offshore	-
Fortscue	MoU	Porto de Pecém-CE	250.000	HBEC	-
Fortscue	Pré-contrato	Porto de Pecém-CE	305.505	HBEC	R\$6 bilhões
Fortscue	MoU	Porto do Açú - RJ	250.000	HBEC	-
Neoenergia	MoU	Fortaleza	0	Uso de H ₂ em ônibus	-
Neoenergia	MoU	Porto do Rio Grande- RS	-	Exportação - HBEC	-
Norte Energia	Projeto	Belo Monte – PA	120.000	Produção de Amônia	R\$1,034 bilhão
PTI/Furnas	P&D	Itumbiara- GO	10	HBEC – Sinergia UHE e PV	R\$45 milhões
Itaipu/PTI/Eletronbras	Planta Piloto	Foz do Iguaçu	-	HBEC	-
Qair	MoU	Suape - PE	488.000	HBEC	R\$3,9 bilhões
Qair	MoU	Porto de Pecém-CE	488.000	HBEC	R\$6,9 bilhões
Shell/Raizen/Hytron/ Toyota/USP	P&D	São Paulo-SP	-	Ônibus	R\$50 milhões
Solatio/ Green Energy Park	MoU	Parnaíba-PI	500.000	-	R\$50 bilhões
UFRJ	Projeto Piloto	Rio de Janeiro	-	Ônibus	-
UFSC	Planta Piloto	Florianópolis -SC	4 (HBEC) e 8 (Amônia BEC)	HBEC e Amônia BEC	R\$ 14 milhões
Unifei	Planta Piloto	Itajubá-MG	46,5	HBEC	R\$ 25 milhões
White Martins	MoU	Porto do Rio Grande- RS	-	HBEC	-
Yara/Raizen	MoU	Cubatão-SP	240	HBEC por reforma de biometano e Amônia BEC	-

A maior parte dos projetos mira a produção de hidrogênio para fins de exportação, casos dos projetos nordestinos (PI, CE e PE) ou possibilidade de uso do hidrogênio para a produção de fertilizantes e amônia verdes em projetos em MG, SP e CE. Plantas pilotos no CE, MG, GO e SC e pesquisas a respeito do uso de hidrogênio no transporte urbano também se destacam no início dessa indústria no Brasil. A possibilidade de uso de hidrogênio de baixa emissão de carbono para produção de eletrocombustíveis também é bastante promissora com a possível produção de *e-metanol* e Sustainable Aviation Fuels (SAF), os combustíveis sustentáveis de aviação.

6. MAPEAMENTO DAS DEMANDAS REGULATÓRIAS E ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE APROVEITAMENTO DE NORMATIVOS VIGENTES

A partir da análise pormenorizada do texto da Lei nº 14.948/2024, buscou-se identificar as principais demandas regulatórias, seja na adaptação dos normativos vigentes, seja na necessidade de desenvolvimento de novas resoluções, bem como revisões de outros documentos, tais como contratos de concessão, partilha da produção, procedimentos, sistemas, dentre outros.

Foram identificados doze grandes temas: (a) participação no Comitê Gestor do Programa Nacional do Hidrogênio (Coges-PNH2); (b) gestão de riscos e acidentes (c) produção do hidrogênio de baixo carbono; (d) prospecção de áreas para exploração e produção de hidrogênio natural; (e) exploração e produção de hidrogênio natural; (f) autorização para carregamento, importação, exportação, armazenagem, estocagem, acondicionamento, transporte, transferência, distribuição, revenda e comercialização de hidrogênio; (g) medição de fluido (h) certificação de hidrogênio; (i) regime especial de incentivos para a produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono; (j) especificação físico-química e garantia da qualidade (l) segurança operacional e comunicação de incidentes – Hidrogênio natural; (m) descomissionamento.

A consolidação desta análise está materializada nesta seção do estudo e contou com a colaboração de diversas unidades organizacionais da ANP, quais sejam: Superintendência de Dados Técnicos (SDT), Superintendência de Avaliação Geológica e Econômica (SAG), Superintendência de Promoção de Licitações (SPL), Superintendência de Exploração (SEP), Superintendência de Desenvolvimento e Produção (SDP), Superintendência de Segurança Operacional (SSO), Superintendência de Conteúdo Local (SCL), Núcleo de Fiscalização da Produção (NPF), Superintendência de Produção de Combustíveis (SPC), Superintendência de Infraestrutura e Movimentação (SIM), Superintendência de Distribuição e Logística (SDL), Superintendência de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos (SBQ).

Na sequência desta seção, serão explorados os temas e as indicações das áreas que potencialmente serão responsáveis pelo tratamento desses assuntos no âmbito da ANP, levando em consideração a atual estrutura da Agência e refletindo o atual estágio de amadurecimento da discussão sobre as necessidades regulatórias.

(a) Representação da ANP no COGES-PNH2

Os Artigos 7º e 8º da Lei nº 14.948/2024 dispõem que será constituído o Comitê Gestor do Programa Nacional do Hidrogênio (Coges-PNH2) que terá como atribuições estabelecer as diretrizes para execução da Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, observado o que for estabelecido pelo CNPE e pela Lei; participar e coordenar ações e políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento da indústria do hidrogênio de baixa emissão de carbono; bem como expedir a orientação superior das políticas de produção e usos e aplicações do hidrogênio de baixa emissão de carbono e seus derivados.

Considerando que a ANP durante a fase atual das discussões é parte atuante do COGES PNH2, e que a Lei nº 14.948/2024 dispõe que o Coges-PNH2 será integrado por até 15 (quinze) representantes de órgãos do Poder Executivo, na forma de regulamento, é importante neste estágio verificar a manutenção da ANP em sua composição.

- ✓ **Normativo da ANP de referência:** Não há.
- ✓ **Áreas envolvidas:** Diretoria Colegiada e Gabinete do Diretor-Geral.

(b) Gestão de Riscos e Acidentes

Conforme preconiza o Artigo 10 da Lei nº 14.948/2024, todos os empreendimentos e as atividades que são consideradas no seu espectro de atuação deverão adotar medidas para gestão de risco de acidentes ou desastres, tendo estabelecido como instrumentos o Estudo de Análise de Risco – EAR, o Plano de Ação de Emergência – PAE, e Plano de Gerenciamento de Risco – PGR. No entanto, para que a ANP possa considerar em seus normativos, levando em consideração o exposto no § 2º do Artigo 10 da Lei nº 14.948/2024, ainda caberá detalhamento, por meio de Decreto Regulamentador, dos critérios para elaboração dos instrumentos supramencionados a serem exigidos pelo órgão para o exercício das atividades de produção e de usos e aplicações do hidrogênio.

- ✓ **Normativo da ANP de referência:** Depende da definição dos critérios a serem estabelecidos no Decreto Regulamentador, o que poderá levar para elaboração de novas Resoluções ou revisão de normativos existentes.
- ✓ **Áreas envolvidas:** SEP, SDP, SPC, SIM, SDL, SSO e SFI
- ✓ **Ponto que deve ser objeto de definição no Decreto Regulamentador:** critérios para elaboração dos instrumentos de gestão de risco de acidentes ou desastres a serem exigidos pelo órgão regulador para o exercício das atividades de produção e de usos e aplicações do hidrogênio. **Outros aspectos:** a SFI (Superintendência de Fiscalização de Abastecimento) possui um grupo que estuda o georreferenciamento de instalações, o que pode ser um fator interessante de controle dos riscos associados à produção, armazenamento e comercialização do hidrogênio.

(c) Produção do Hidrogênio de Baixo Carbono

Quando se trata da produção de hidrogênio no âmbito da Lei nº 14.948/2024, verificamos dois grandes grupos.

No que tange ao disposto no Artigo 11 da Lei nº 14.948/2024, o texto aponta que caberá à ANP a autorização de plantas de produção de hidrogênio de baixo carbono, sendo possível que a ANP tenha que tratar da produção de hidrogênio de baixo carbono de fontes diversas àquelas já regulamentadas em uma nova resolução, apenas revisando normativos existentes para considerar produção de hidrogênio de baixo carbono quando a fonte de produção for o gás natural ou o biometano.

- ✓ **Normativo da ANP de referência:** Resoluções nº 734/2018, nº 852/2021 e nº 5/2014.
- ✓ **Áreas envolvidas:** SPC.
- ✓ **Ponto que deve ser objeto de definição no Decreto Regulamentador:** estabelecer as hipóteses em que a poderá ser dispensada a autorização (em especial quanto ao volume produzido e ao uso do hidrogênio como insumo), devendo ser assegurada a exigência de registro da atividade.

No entanto, quando as fontes utilizadas no processo de produção do hidrogênio de baixo carbono forem objeto de ação regulatória de outras agências reguladoras, notadamente no que concerne à eletrólise, entende-se que o Decreto Regulamentador estabelecerá as fronteiras de competência da ANP (que fica responsável por emitir a autorização de produção de hidrogênio) e das demais agências reguladoras nesta atribuição.

- ✓ **Normativo da ANP de referência:** Nova Resolução.
- ✓ **Áreas envolvidas:** SPC.
- ✓ **Ponto que deve ser objeto de definição no Decreto Regulamentador:** fronteiras de competência da ANP e das demais agências reguladoras nesta atribuição quando a produção de produção de hidrogênio de baixo carbono tiver como fonte produto regulado

por outra agência (Exemplo: autorização para instalações de produção de hidrogênio a partir de eletrólise de água).

Por fim, outro ponto trazido pelo Artigo 37 da Lei nº 14.948/2024 foi a competência de declarar utilidade pública das áreas necessárias à exploração, ao desenvolvimento e à produção de hidrogênio para fins de desapropriação e instituição de servidão administrativa.

- ✓ **Normativo da ANP de referência:** Resolução ANP nº 44/2011.
- ✓ **Áreas envolvidas:** SPC.
- ✓ **Ponto de atenção:** Decreto deve esclarecer com mais detalhes o que seria exatamente a infraestrutura necessária.

(d) Prospecção de Áreas para Exploração e Produção de Hidrogênio Natural

Ainda considerando outras formas de obtenção do hidrogênio, o Artigo 13 da Lei nº 14.948/2024 destaca que compete à ANP regular, autorizar e fiscalizar as atividades de Exploração e Produção do Hidrogênio Natural, mas não aponta claramente o regime de outorga que será utilizada, delegando no parágrafo único do artigo retromencionado esta definição para o Decreto Regulamentador.

Para este ponto, inicialmente é importante considerar a possibilidade de que o hidrogênio natural possa ocorrer como fluido principal ou de maneira conjunta com hidrocarbonetos (em especial, gás natural). Essa discussão tem forte impacto nas análises técnicas relacionadas a definição do regime de outorga ideal a ser aplicado, o que carece maior aprofundamento dessa análise.

Quando da ocorrência em uma mesma acumulação de Hidrocarbonetos e Hidrogênio, parece tecnicamente que o regime de outorga mais adequado seria o da concessão. Em sendo essa opção a ser apresentada no Decreto Regulamentador, a ANP deverá estar preparada para incluir este novo objeto nos editais e minutas de contratos de futuras licitações. Seria importante, no entanto, ter a possibilidade de estabelecer aditivos para contratos já firmados, de forma a incluir o hidrogênio como objeto.

Por sua vez, quando o hidrogênio for o fluido principal há que se aprofundar a análise, não somente pelo fato de que o marco legal menciona o regime de autorização, mas também porque se necessita conhecer melhor como se dará a dinâmica da indústria de exploração/produção do hidrogênio natural no País.

- ✓ **Normativo da ANP de referência:** Resolução ANP nº 969/2024 (Resolução de procedimentos licitatórios para incluir o Hidrogênio Natural no rol de objetos das rodadas de licitações) e alterações em editais e minutas de contratos de concessão (para o caso de se optar pelo regime de concessão).
- ✓ **Áreas envolvidas:** SPL.
- ✓ **Ponto que deve ser objeto de definição no Decreto Regulamentador:** definir o regime de outorga que será praticado para fins de exploração e produção de Hidrogênio Natural no território nacional.

Mesmo com a indefinição quanto ao regime de outorga, tem-se claro que toda gestão e manutenção dos dados originados das atividades relacionadas à exploração e produção de Hidrogênio Natural está abarcada na responsabilidade elencada no Artigo 8º, XI, de organizar e manter o acervo das informações e dados técnicos relativos às atividades reguladas. A princípio,

será necessária apenas a revisão da Resolução ANP nº 889/2022, para inclusão de aquisição de dados para estudos geológicos com foco no Hidrogênio.

- ✓ **Normativo da ANP de referência:** Resolução ANP nº 889/2022.
- ✓ **Áreas envolvidas:** SDT.

Por fim, mas não menos importante, para além de áreas a serem estudadas pela ANP, é possível incluir no escopo de resolução vigente o hidrogênio, caso seja a opção pela concessão de áreas para prospecção de hidrogênio natural a serem mapeadas e ofertadas em futuras licitações, que agentes econômicos interessados tenham a possibilidade de nominar uma área para que a ANP estude a possibilidade de ofertá-la em futura licitação.

- ✓ **Normativo da ANP de referência:** Resolução ANP nº 837/2021.
- ✓ **Áreas envolvidas:** SAG.

(e) Exploração e Produção de Hidrogênio Natural

Considerando as ponderações apontadas no subitem anterior quanto à modalidade de outorga, a regulação da exploração e da produção do hidrogênio natural está diretamente relacionada a esta definição. Ou seja, no caso de se optar pelo regime de concessão, há que se efetuar uma série de alterações nas minutas dos contratos de concessão para levar em consideração este novo objeto.

Do ponto de vista exploratório, todavia, algumas questões técnicas são pertinentes a serem expostas e que serão objeto de análise mais aprofundada quando da elaboração e/ou revisão dos normativos específicos.

Inicialmente é importante observar que para acumulações consideradas de Hidrogênio Natural como fluido principal, ou seja, sistemas de formação de Hidrogênio tendo como fonte por radiólise da água ou outras que não o craqueamento térmico de matéria orgânica, é possível a ocorrência de metano em alguma concentração, situação característica de degradação de matéria orgânica no solo. Deste modo, se na origem houver altas concentrações de metano, passa a ser relevante entender qual será a consequência, em termos de CO₂ equivalente e, se esta fonte vai receber o enquadramento de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, conforme disposto na Lei nº 14.948/2024.

Para os trabalhos exploratórios de acumulações conjugada (Hidrocarboneto + Hidrogênio), a ANP se valerá do previsto no Artigo 12 da Lei nº 14.948/2024, o qual traz o *sandbox* regulatório, para posteriormente, dimensionar de forma mais apropriada como integrar esta fonte ao arcabouço regulatório vigente em consonância com o Artigo 13 desta mesma Lei.

- ✓ **Normativo da ANP de referência:**
Em um primeiro exercício, e considerando o modelo de outorga o de concessão, seriam necessárias revisões de algumas cláusulas relacionadas à Fase de Exploração no contrato de concessão, tais como: duração e organização da fase de exploração, se caberia ou não incluir um programa exploratório mínimo para o objeto hidrogênio natural e quais seriam as regras para abatimento; como identificar as etapas da fase de exploração (notificação de descoberta, avaliação da descoberta e declaração de comercialidade); como delimitar as prorrogações e suspensões contratuais, dentre outros aspectos ainda a serem mapeados).
Resoluções a serem revistas: Resolução ANP nº 699/2017 (Estabelece os procedimentos para codificação de poços, definição do Resultado de Poço, do Status de Poço, e envio de

diversos relatórios para acompanhamento das atividades em poços por parte da ANP), Resolução ANP nº 845/2021 (Dispõe sobre o Plano de Avaliação de Descobertas de Petróleo ou Gás Natural, o Relatório Final de Avaliação de Descobertas de Petróleo ou Gás Natural e a Declaração de Comercialidade) e Resolução ANP nº 876/2022 (Estabelece os requisitos e os procedimentos para a apresentação e a aprovação do Plano de Trabalho Exploratório).

- ✓ **Áreas envolvidas:** SEP.
- ✓ **Ponto que deve ser objeto de definição no Decreto Regulamentador:** definir o regime de outorga que será praticado para fins de exploração e produção de hidrogênio natural no território nacional.

Igualmente relevante, considerando a ocorrência do hidrogênio natural associada à exploração e produção de petróleo e gás natural, entende-se, inicialmente, que permanecem válidas as mesmas obrigações contratuais relativas aos compromissos de conteúdo local, observando ainda a própria definição legal vigente (Lei nº 12.351/2010, Artigo 2º, VIII - conteúdo local: proporção entre o valor dos bens produzidos e dos serviços prestados no País para execução do contrato e o valor total dos bens utilizados e dos serviços prestados para essa finalidade).

Todavia, havendo a necessidade de um contrato específico para a exploração e produção de hidrogênio natural, e em havendo diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) sobre conteúdo local, será necessária a revisão do arcabouço regulatório vigente, para considerar as peculiaridades dessa indústria.

- ✓ **Resoluções a serem revistas:** Resolução nº 19/2013 e Resolução nº 963/2023 (Certificação de Conteúdo Local) e Resolução ANP nº 871/2022 (Relatórios de Conteúdo Local).
- ✓ **Áreas envolvidas:** SCL.

Tendo sucesso a fase exploratória, o hidrogênio poderá ser de fato produzido. Seguindo os pontos até agora trazidos sobre o regime de outorga, ou seja, em havendo a opção pelo regime de concessão, alterações no contrato serão necessárias, as quais ainda serão mapeadas. Do mesmo modo, serão necessárias revisões nos normativos existentes para regular as atribuições relativas às atividades de E&P de Hidrogênio Natural.

- ✓ **Resoluções a serem revistas:** Resolução nº 17/2015 (Plano de Desenvolvimento) e as Portarias nº 100 e nº 123/2000 (Programa Anual de Trabalho - PAT, Programa Anual de Produção – PAP, que já se encontram em processo de revisão e que, considerando o atual momento, torna-se pertinente incluir nas discussões dos processos de revisão questões afetas ao hidrogênio natural, aproveitando-se inclusive o período de consulta pública para debate do tema).
- ✓ **Áreas envolvidas:** SDP.
- ✓ **Ponto que deve ser objeto de definição no Decreto Regulamentador:** definir o regime de outorga que será praticado para fins de exploração e produção de hidrogênio natural no território nacional.

Outro ponto trazido pelo Artigo 37 da Lei nº 14.948/2024 foi a competência de declarar utilidade pública das áreas necessárias à exploração, ao desenvolvimento e à produção de hidrogênio para fins de desapropriação e instituição de servidão administrativa. No entanto, não é mencionado explicitamente produção de hidrogênio natural. Deste modo, caso seja de interesse também considerar no rol de instalações passíveis de serem objeto desta ação, é recomendável que o Decreto Regulamentador traga esta previsão.

- ✓ **Normativo da ANP de referência:** Resolução ANP nº 44/2011.
- ✓ **Áreas envolvidas:** SDP.

- ✓ **Ponto que deve ser objeto de definição no Decreto Regulamentador:** definir que as instalações de produção de hidrogênio natural também são passíveis de atribuição da ANP na emissão dos Decretos de Utilidade Pública, caso este for o interesse.

(f) Carregamento, Importação, Exportação, Armazenagem, Estocagem, Acondicionamento, Transporte, Transferência, Distribuição, Revenda e Comercialização de Hidrogênio;

Inicialmente é importante destacar que o Artigo 14 da Lei nº 14.948/2024 dispõe que caberá a ANP a autorização das atividades relacionadas ao carregamento, ao processamento, ao tratamento, à importação, à exportação, à armazenagem, à estocagem, ao acondicionamento, ao transporte, à transferência, à revenda e à comercialização de hidrogênio, seus derivados e carreadores, e que os agentes que obtiverem autorização para produção de hidrogênio previstas no Artigo 11 terão prioridade na tramitação dos pedidos de autorização para o exercício das atividades previstas no Artigo 14. Diante deste dispositivo legal, há alguns pontos que ainda merecem detalhamento e aprofundamento de análise para que a ANP possa vir a regular corretamente tais atividades. Entende-se que o Decreto Regulamentador deve trazer as definições de tais atividades, uma vez que se entende que, tecnicamente, não é possível utilizar, por similaridade, todas as definições constantes da Lei 9.478/97.

Além deste ponto de cunho geral, é importante citar que está em desenvolvimento estudo para avaliar a possibilidade de mistura de hidrogênio ao gás natural em gasodutos, em atendimento à demanda da Câmara Técnica de Regulação do PNH2. Caso seja verificada a viabilidade da mistura em gasodutos de transporte, será possível rever resoluções vigentes para incluir esse novo combustível. Por sua vez, caso não seja considerada viável a mistura, será avaliada a pertinência da revisão ou de eventual nova regulamentação para tratar especificamente do hidrogênio. Deste modo, quando citadas as resoluções abaixo atinentes à movimentação do produto, deve-se levar em conta tal aspecto.

- ✓ **Resoluções que poderão ser revistas:** novas resoluções devem ser emitidas a depender do desenvolvimento dos estudos internos, especialmente para tratamento de temas como derivados de hidrogênio e seus carregadores; movimentação e armazenagem de hidrogênio e/ou misturas hidrogênio de gás natural. No entanto, preliminarmente, caso sejam possíveis alterações em regulamentações vigentes, identifica-se abaixo uma lista não exaustiva para o conjunto de atividades deste subitem:

Resolução nº 811/2020 (Regulamenta a atividade de transporte a granel de petróleo, seus derivados, gás natural e biocombustíveis por meio aquaviário e as operações de transbordo entre embarcações - *ship to ship*); Portaria ANP nº 254/2001 (Regulamenta a resolução de conflito de que trata o Artigo 58 da Lei nº 9.478/1997); Portaria ANP nº 125/2002 (Dispõe sobre os procedimentos de natureza preventiva a serem adotados no acompanhamento de obras com interferência em faixa de domínio de dutos de petróleo, seus derivados ou gás natural); Portaria ANP nº 1/2003 (Estabelece os procedimentos para o envio das informações referentes às atividades de transporte e de compra e venda de gás natural ao mercado, aos Carregadores e à Agência Nacional do Petróleo- ANP); Resolução nº 973/2024 (Regulamenta a atividade de Distribuição de Gás Natural Comprimido (GNC) a Granel, a realização de Projeto para Uso Próprio e de Projeto Estruturante); Resolução nº 971/2024 (Regulamenta a autorização das atividades de acondicionamento e movimentação de gás natural liquefeito a granel, por modais alternativos ao dutoviário); Resolução nº 51/2011 (Regulamenta o registro de autoprodutor e autoimportador, relacionado atualmente

exclusivamente com a indústria do gás natural); Resolução nº 52/2011 (Regulamenta a autorização da prática da atividade de comercialização de gás natural, dentro da esfera de competência da União; o registro de agente vendedor; e o registro de contratos de compra e venda de gás natural); Resolução ANP nº 42/2012 (Fixa no âmbito da ANP diretrizes e regras para o compartilhamento de infraestruturas do setor de petróleo, gás natural e biocombustíveis, alteração esta que dependerá da alteração das Resoluções Conjuntas nº 1/1999 e nº 2/2001, que não são de responsabilidade da ANP para modificação); Resolução nº 37/2013 (Estabelece os critérios para a caracterização da Ampliação da Capacidade de Transporte de gasodutos de transporte); Resolução nº 51/2013 (Regulamenta a autorização para a prática de atividade de Carregamento de gás natural); Resolução nº 15/2014 (Estabelece os critérios para cálculo das Tarifas de Transporte e o procedimento para a aprovação das propostas de Tarifa de Transporte encaminhadas pelos Transportadores para os Gasodutos de Transporte objeto de autorização), Resolução nº 52/2015 (Regulamenta a construção, a ampliação e a operação de instalações de movimentação de petróleo, seus derivados, gás natural, inclusive liquefeito - GNL, biocombustíveis e demais produtos regulados pela ANP); Resolução nº 11/2016 (Regulamenta acesso de terceiros aos gasodutos de transporte), Resolução ANP nº 40/2016 (Regulamenta o envio de dados e informações de transporte de gás natural); Resolução nº 794/2019 (Dispõe sobre a publicidade de informações relativas à comercialização de gás natural e medidas de aumento da concorrência na indústria do gás natural); Resolução ANP nº 948/2023 (Revenda de combustíveis); Resolução ANP nº 950/2023 (Distribuição de combustíveis líquidos); Resolução ANP nº 959/2023 (Comercio Exterior); Ponto de Abastecimento (Resolução ANP nº 939/2023).

- ✓ **Áreas envolvidas:** SDP, SPC, SIM, SDL.
- ✓ **Ponto que deve ser objeto de definição no Decreto Regulamentador:** Incluir em Artigo de Definições as atividades constantes do Artigo 14.
- ✓ **Ponto de Atenção:** Considerando que a alteração de algumas resoluções depende de alterações de Resoluções Conjuntas, cuja responsabilidade legal não está na atribuição da ANP, é importante garantir que todas as partes envolvidas estejam capacitadas tecnicamente para atender a demanda no tempo necessário.

Merece ser feito o destaque de que o Artigo 37 do novo marco legal do hidrogênio se preocupou em inserir o setor de hidrogênio no rol de instalações cujas áreas necessárias para sua implementação passam a ser passíveis de declaração de utilidade pública. Neste ponto, vislumbramos que o decreto regulamentador é uma oportunidade de conferir maior precisão em relação ao conjunto completo das instalações passíveis de serem objeto de competência. Em outras palavras, o decreto regulamentador pode apoiar uma delimitação melhor das fronteiras dessa competência.

(g) Medição de Fluido

A regulação sobre este tema é desafiadora, uma vez que o assunto é fronteira de conhecimento. Além disso, seria importante verificar com o Inmetro a possibilidade de incluir a medição de hidrogênio no Controle Metrológico Legal para que a medição de transferência de custódia tenha confiabilidade metrológica e infraestrutura no país para atender ao novo mercado.

Caso haja uma perspectiva de mistura de hidrogênio e gás natural em malha dutoviária é importante ressaltar que para uma mistura hipotética de gás natural com hidrogênio, além dos 10%, existem alguns estudos que sugerem regulação existente seria capaz de atender mediante algumas

adaptações e flexibilizações temporárias na regulação, em função do estado da arte do tema no Brasil e no mundo.

Adicionalmente, a forma de outorga para a produção de hidrogênio, especialmente o natural/geológico, deve interferir no arranjo e função dos sistemas de medição. A maneira como a produção será regulamentada interfere nos requisitos para a medição e, conseqüentemente, na regulação do tema específico.

As discussões iniciais sugerem que a introdução do hidrogênio deve ter impacto inicial nos sistemas de transporte de gás. Neste sentido, faz-se importante destacar que os aspectos dos sistemas de medição envolvidos deverão passar pelo crivo e análise da Superintendência de Infraestrutura e Movimentação (SIM).

- ✓ **Resoluções a serem revistas:** Resolução Conjunta ANP/Inmetro nº1/2013 (Trata da medição de petróleo, água produzida e gás natural, devendo ser revista a regulação ou criar uma nova para tratar da medição de hidrogênio puro, uma vez que as normas técnicas, equipamentos e procedimentos são distintos).
- ✓ **Áreas envolvidas:** NFP, SDP, SIM.
- ✓ **Ponto de Atenção:** Por se tratar de uma norma conjunta é importante garantir que todas as partes envolvidas estejam capacitadas tecnicamente, financeiramente e com quantidade de pessoal capaz de atender a demanda no tempo necessário.

(h) Certificação de Intensidade de Emissões

A Lei nº 14.948/2024 cria o Sistema Brasileiro de Certificação de Hidrogênio (SBCH2). A certificação do hidrogênio é considerada crucial para o desenvolvimento do setor e a credibilidade de sua cadeia de fornecimento. O SBCH2 cria um ecossistema em que o governo organiza o reconhecimento do ciclo de emissões do hidrogênio, a fim de garantir que o estímulo correto esteja sendo fornecido aos agentes que queiram pleitear a produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono. O SBCH2 é composto pela seguinte estrutura:

- I. autoridade competente;
- II. autoridade reguladora;
- III. empresa certificadora;
- IV. instituição acreditadora;
- V. gestora de registros;
- VI. produtor; e
- VII. comprador.

Todos os papéis dispostos no texto ainda dependem de indicação em legislação infralegal. Caso a ANP seja apontada como autoridade reguladora do SBCH2, hipótese que parece ser bastante provável, as seguintes atribuições lhe serão cabíveis:

A **autoridade reguladora** será a instância responsável por **supervisionar** o SBCH2, com as seguintes competências:

- a) **definir os regulamentos para implementação das diretrizes** para a certificação do hidrogênio, em alinhamento ao estabelecido pelo CNPE;
- b) **estabelecer padrões e requisitos mínimos** para o processo de certificação do hidrogênio;
- c) **estabelecer as responsabilidades** e as obrigações das empresas certificadoras credenciadas;
- d) **fiscalizar a movimentação** do hidrogênio comercializado, de forma a verificar sua adequação à certificação;

- e) **fiscalizar as empresas** certificadoras credenciadas; e
- f) **definir e aplicar sanções administrativas e pecuniárias cabíveis**, conforme previsão em regulamento.

A autoridade reguladora deve prever também mecanismos de interoperabilidade e de harmonização com padrões internacionais de certificação de hidrogênio e **emitir regras** para reconhecimento de certificado referente a produto importado.

Apesar de ser um processo novo, que foca na certificação de emissões do produto, a ANP possui um processo delegado semelhante atribuído na Lei do Renovabio (Lei Federal nº 13.576/2017) que lhe designa através dos seus decretos regulamentadores tarefas análogas. No Decreto nº 9.964/2019, que altera o Decreto nº 9.888/2019 e dispõe sobre critérios, procedimentos e responsabilidades para regulação e fiscalização da Certificação de Biocombustíveis, temos os seguintes comandos:

“(...)

Art. 9º A ANP estabelecerá os critérios, os procedimentos e as responsabilidades para regulação e fiscalização da Certificação de Biocombustíveis e do lastro do Crédito de Descarbonização, que abrangerão, dentre outros:

I - credenciamento, suspensão e cancelamento do registro de firma inspetora;

II - concessão, renovação, suspensão e cancelamento do Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis;

III - emissão da Nota de Eficiência Energético-Ambiental; e

IV - definição, registro e controle das operações de venda de biocombustíveis que possam servir de lastro à emissão primária dos Créditos de Descarbonização.”

(...)”

Essas atividades hoje são exercidas pela SBQ, na Coordenação de Gestão do Renovabio (CGR). Cabe ressaltar que o Renovabio, por si só, traz uma carga de trabalho acima da capacidade em curso na Superintendência, portanto, não seria possível simplesmente absorver a nova tarefa que além das diferenças marcantes de finalidade, possuem processos com especificidades próprias e complexas.

De antemão, uma diferença bastante marcante entre o Renovabio e o SBCH2 pode ser apontada de pronto: enquanto no Renovabio o foco é a eficiência do processo produtivo que recebe uma nota de eficiência energético ambiental (NEEA), no SBCH2, o produto é que recebe um certificado. Outro ponto marcante é que no Renovabio, a ANP é a instituição credenciadora das firmas inspetoras, enquanto no SBCH2, há uma instituição acreditadora responsável pelo processo.

No Brasil, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) possui um guia para certificação de hidrogênio que atende integralmente ao modelo europeu de certificação. A empresa já certificou duas plantas piloto de hidrogênio de baixa emissão de carbono e muito provavelmente exercerá algum tipo de atribuição no contexto do SBCH2.

- ✓ **Resoluções a serem revistas:** Necessário elaborar nova(s) Resolução(ões).
- ✓ **Áreas envolvidas:** SBQ.
- ✓ **Ponto de Atenção:** Importante que o Decreto a ser publicado indique os papéis de cada instituição dentro do SBCH2 e principalmente, o modelo de ciclo de vida a ser adotado. Por

ser um processo bastante extenso e pela possível demanda gerada, torna-se vital a necessidade de captação de recursos humanos capacitados e recurso orçamentário em linha com a responsabilidade, sendo infactível a absorção do processo pela estrutura atual. Uma das demandas que podem vir a requerer recursos orçamentários extras diz respeito à possível disponibilização pela ANP de software que automatize o cálculo de emissões na análise do ciclo de vida no âmbito do SBCH2.

(i) **Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono**

Chama atenção no Artigo 26 da Lei nº 14.948/2024 a instituição do Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro), a fim de fomentar o desenvolvimento tecnológico e industrial, a competitividade e a agregação de valor nas cadeias produtivas nacionais. O programa depende de Decreto regulamentador para estabelecer os requisitos para habilitação ao Rehidro, dentre eles, percentual mínimo de utilização de bens e serviços de origem nacional no processo produtivo e de investimento mínimo em pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Assim, a depender do mencionado regulamento, poderão vir a existir novas atribuições à ANP relativas à P&D&I e conteúdo local voltado especificamente para a indústria de produção de hidrogênio de baixo carbono, necessitando, revisão de resolução existente ou resolução específica, ainda que assemelhada a atualmente existente para a indústria de petróleo e gás natural.

- ✓ **Resoluções a serem revistas:** A serem mapeadas.
- ✓ **Áreas envolvidas:** SEP, SDP, SIM, SPC, SCL, STM.
- ✓ **Ponto que deve ser objeto de definição no Decreto Regulamentador:** definir percentual mínimo de utilização de bens e serviços de origem nacional no processo produtivo e de investimento mínimo em pesquisa, desenvolvimento e inovação no âmbito do processo de habilitação ao Rehidro.

(j) **Especificação físico-química e garantia da qualidade**

Considerando o disposto na Lei nº 14.948/2024, adiciona-se o hidrogênio ao *rol* de produtos passíveis de edição de especificações técnicas pela ANP. A edição de especificações técnicas é atividade regular da ANP que possui mais de 20 produtos regulamentados com diretrizes claras à respeito de critérios e parâmetros de controle de qualidade e de sua garantia. Como de praxe, a montagem dessa especificação é realizada considerando as particularidades de uso do produto em nível nacional, com participação social e em linha com documentos internacionais similares de amplo reconhecimento nas cadeias de uso do produto em estudo. No caso do hidrogênio, mesmo níveis muito baixos de certos contaminantes como CO₂, N₂, O₂ e amônia podem causar diversos problemas a depender da aplicação final do combustível. Células a combustíveis (do tipo PEM), por exemplo, podem ser danificadas com concentrações muito baixas de alguns desses contaminantes.

Há exemplos bastante promissores de especificações publicadas que podem ser utilizadas como referência para a edição do texto. No Brasil, uma norma editada em 2010, **ABNT NBR 14687-1 - Combustível de hidrogênio - Especificação do produto - Parte 1: Todas as aplicações, exceto células a combustível de membrana de troca de prótons (PEM) para veículos rodoviários automotores** promete ser um texto bastante rico como ponto de partida. O texto foca em aplicações energéticas e excetua apenas o uso nas células PEM, que é notadamente uma das tecnologias mais utilizadas para uso de hidrogênio no transporte.

O texto normativo internacional mais destacado é a norma europeia **EN 17124 - Combustível de hidrogênio - Especificação de produto e garantia de qualidade para pontos de abastecimento de hidrogênio que distribuem hidrogênio gasoso - Aplicações de células de combustível de membrana de troca de prótons (PEM) para veículos.**

Outros textos, no entanto, podem ser levados em conta e estudados a depender do contexto nacional prioritário de uso do produto.

- ✓ **Resoluções a serem revistas:** Nova Resolução.
- ✓ **Áreas envolvidas:** SBQ.
- ✓ **Ponto de atenção:** As aplicações de transporte e industriais possuem demandas muito diferentes, o que deve ser levado em consideração na edição da nova Resolução.

(l) Segurança Operacional e Comunicação de Incidentes – Hidrogênio natural

Em complemento aos aspectos mencionados na alínea (b), para as questões de segurança operacional e comunicação de incidentes relacionados à indústria do hidrogênio, a nova atribuição está materializada em diferentes artigos da Lei nº 14.948/2024, quando cita que a ANP deve fiscalizar as atividades econômicas integrantes da indústria do hidrogênio. Entende-se que a regulação de segurança pode ser usada de forma análoga, com as devidas adaptações para características da atividade, em especial do que diz respeito ao gerenciamento da segurança baseado em risco. Deste modo, resoluções existentes quanto as minutas do contrato de concessão (para o caso de produção de hidrogênio natural, levando em consideração a discussão já apresentada ao longo das alíneas anteriores) deverão ser objeto de revisão. Importante mencionar que como as resoluções de segurança operacional são por performance e não prescritivas, será necessária a alteração do escopo de cada uma delas, sem necessariamente precisar alterar o corpo das mesmas.

Por sua vez, no que diz respeito à questão atinente à comunicação de incidentes, não só será necessária a revisão do normativo existente para incluir no escopo o hidrogênio, como também deverá ser alterada para prever os tipos de incidentes relacionados às atividades de hidrogênio que deverão ser comunicadas para a ANP, considerando as especificidades desta indústria.

- ✓ **Resoluções a serem revistas:** Minutas de Contrato de Concessão e Resoluções. Resolução ANP nº 43/2007 (Estabelece o Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional - SSGO); Resolução ANP nº 2/2010 (Institui o Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural das Instalações Terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural - RTSGI); Resolução ANP nº 6/2011 (Aprova o Regulamento Técnico de Dutos Terrestres -RTDT); Resolução ANP nº 41/2015 (Institui o Regime de Segurança Operacional de Sistemas Submarinos); Resolução ANP nº 46/2016 (Institui o Regime de Segurança Operacional para Integridade de Poços de Petróleo e Gás Natural); Resolução nº 810/2020 (Institui a gestão de segurança operacional de terminais para movimentação e armazenamento de petróleo, derivados, gás natural e biocombustíveis - RTT), Resolução ANP nº 851/2021 (Regulamenta o procedimento de fiscalização de segurança operacional das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural baseado na avaliação da eficácia do sistema de gestão implementado, na identificação e na verificação de saneamento de não conformidades e estabelece os casos passíveis de concessão de prazo para adequação aos regulamentos técnicos de gerenciamento de segurança operacional da ANP); Resolução ANP nº 882/2022 (Estabelece o procedimento para a comunicação de incidentes e o envio de relatórios de investigação pelos operadores de contrato de exploração e produção de petróleo e gás natural e pelas

empresas autorizadas a exercer as atividades da indústria do petróleo, gás natural e biocombustíveis).

- ✓ **Áreas envolvidas:** SSO, SIM, SPC.

(m) Descomissionamento

Igualmente à alínea anterior, o tema descomissionamento não é explicitamente mencionado na Lei nº 14.948/2024. No entanto, quando o texto legal cita que a ANP deve fiscalizar as atividades econômicas integrantes da indústria do hidrogênio, entende-se que a referida atribuição está inserida.

Assim sobre o descomissionamento, há a necessidade de revisão de normativo existente, de modo a introduzir as novas praticas e as novas instalações relacionadas à indústria do hidrogênio.

- ✓ **Resoluções a serem revistas:** Minutas de Contrato de Concessão e Resolução ANP nº 817/2020 (Trata do descomissionamento de instalações de E&P).
- ✓ **Áreas envolvidas:** SSO, SDP, SEP, SPC, SIM.

Diante do exposto neste item, a Tabela 3 abaixo tem por objeto apresentar um resumo dos temas mencionados e das áreas que serão envolvidas no processo de regulamentação.

Tabela 3 – Impacto do novo marco legal nas Unidades Organizacionais da ANP

Artigo	Temas	Áreas Envolvidas
8º	Representação da ANP no COGES-PNH2	Diretoria Colegiada e Gabinete Diretor Geral
10	Gestão de Riscos e Acidentes	SEP, SDP, SPC, SIM, SDL, SSO
11	Autorizar e/ou dispensar a autorização de produção do hidrogênio	SPC
11	Aprovar a transferência de titularidade da autorização de produção do hidrogênio	SPC
37-8º- XXXVII 37-8º- XXXVIII	Regular e autorizar, em conjunto com outras agências reguladoras, as atividades relacionadas à produção de hidrogênio renovável e de baixo carbono que utilizem em seus processos produtivos insumos regulados por essas agências.	SPC
37 - 8º- VIII	Declarar a utilidade pública, para fins de desapropriação e instituição de servidão administrativa, das áreas necessárias à produção de hidrogênio	SDP, SPC
12	Aplicação do <i>sandbox</i> regulatório	ANP
13	Regular, autorizar e fiscalizar o exercício da atividade de exploração e de produção de hidrogênio natural no território nacional	SDT, SAG, SPL, SEP, SDP, SCL. SSO e NFP
14	Autorizar as atividades relacionadas ao carregamento, ao processamento, ao tratamento, à importação, à exportação, à armazenagem, à estocagem, ao acondicionamento, ao transporte, à	SDP, SPC, SIM, SDL, SBQ, SSO

Artigo	Temas	Áreas Envolvidas
	transferência, à distribuição, à revenda e à comercialização de hidrogênio, derivados e carreadores	
15	Autoridade Reguladora do Sistema Brasileiro de Certificação do Hidrogênio (SBCH2)	SBQ
26	Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono	SEP, SDP, SIM, SPC, SCL, STM
37-8º	Promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do hidrogênio.	ANP
37-8º-XVIII	Especificar a qualidade do hidrogênio.	SBQ
37-8º-XXXVI	Regular, autorizar e fiscalizar as atividades relacionadas à produção, ao carregamento, ao processamento, ao tratamento, à importação, à exportação, à armazenagem, à estocagem, ao acondicionamento, ao transporte, à transferência, à distribuição, à revenda e à comercialização de hidrogênio, assim como avaliação de conformidade e certificação de intensidade de emissões.	ANP

Adicionalmente, entende-se que os operadores das atividades deverão fornecer regularmente à ANP dados referentes a suas operações, de acordo com o estabelecido nas resoluções, o que dependerá de uma forte base regulatória e sistemas de tecnologia da informação robustos além de uma cultura de cooperação entre todos os *stakeholders*.

Do ponto de vista de sistemas, uma observação importante é que algumas dessas alterações/inclusões nos normativos ensejarão mudanças relevantes nos sistemas da ANP, necessitando revisão de sistemas existentes e/ou construção de novos sistemas para fazer valer as novas atribuições. Deste modo, é essencial que a Superintendência de Tecnologia da Informação (STI) esteja ciente de que serão necessários ajustes e/ou novos desenvolvimentos.

Cabe ressaltar ainda que a importante Lei nº 9.847/1999 que dispõe sobre a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis, de que trata a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, estabelece sanções administrativas e dá outras providências, não foi modificada ou afetada pelo Lei nº 14.948/2024. A referida lei é responsável pela dosimetria de sanções administrativas em todo o arcabouço instituído pela Lei nº 9.478/1997. Dessa maneira, torna-se necessário alertar ao Congresso e ao Executivo, a necessidade da possível alteração da Lei tão logo possível, no que for fundamental, a fim de evitar quaisquer lacunas legislativas quanto ao tema.

Não citado nominalmente aqui, mas de grande relevância é a atuação da Superintendência de Fiscalização do Abastecimento (SFI) que percorre as atividades ligadas à fiscalização desde a planta produtora até o consumo no que se refere especialmente ao acondicionamento, transporte, distribuição, revenda e comercialização de hidrogênio, conforme alteração promovida pelo artigo 37 e que altera o artigo 8º no seu inciso XXXVI.

Cabe destacar também o contínuo esforço da Superintendência de Tecnologia e Meio Ambiente (STM) que promove e incentiva a pesquisa e inovação do setor em projetos de PDI e, através de sua atuação no que se refere às atribuições voltadas ao meio ambiente. Ambas as atividades permanecerão cruciais neste novo cenário.

7. ESTRATÉGIA REGULATÓRIA

Segundo Oliveira e Leite (2021), a liberdade de iniciativa constitui um dos fundamentos do Estado Democrático de Direito e deve ser respeitada quando reguladores estão diante de tecnologias e inovações disruptivas. Assim, um dos maiores desafios dos reguladores é estimular à inovação, bem como oportunizar o desenvolvimento tecnológico e, ao mesmo tempo, garantir a mitigação dos riscos através da regulação estatal.

Segundo o disposto no artigo 12 da Lei nº 14.948/2024, foi escolhido o *sandbox* regulatório como um dos instrumentos que poderão ser utilizados para a elaboração dos normativos relacionados às atividades previstas até que sejam editadas as resoluções/instrumentos específicos. No parágrafo único, do mesmo artigo, o texto legal aponta que o órgão regulador poderá adotar soluções individuais que visem ao atendimento do disposto na Lei, respeitado seu rito decisório, até que seja editada regulação específica.

Importa destacar, que o *sandbox* regulatório é um dos instrumentos conhecidos no que se reconhece como regulamentação experimental, a qual consiste na adoção de instrumentos legislativos ou regulatórios de natureza temporária, de aplicação limitada geograficamente ou por tema, com o objetivo de testar uma nova alternativa legal/regulatória. Acompanham o *sandbox* regulatório, como formas de regulação experimental, a regulação de projetos-piloto e a regulação piloto.

No Direito brasileiro, conforme enuncia a Lei Complementar nº 182/2021, que instituiu o marco legal das *startups* e do empreendedorismo inovador, o *sandbox* regulatório é sinônimo de ambiente regulatório experimental. A definição legal é detalhada no seu artigo 2º, II, que o define como “conjunto de condições especiais simplificadas para que as pessoas jurídicas participantes possam receber autorização temporária dos órgãos ou das entidades com competência de regulamentação setorial para desenvolver modelos de negócios inovadores e testar técnicas e tecnologias experimentais, mediante o cumprimento de critérios e de limites previamente estabelecidos pelo órgão ou entidade reguladora e por meio de procedimento facilitado”.

Então, o que é *Sandbox* Regulatório? Os *sandboxes* regulatórios são esquemas de ambiente controlado, desenvolvidos e monitorados pela autoridade competente, nos quais empresas testam inovações. Assim, uma regulação por *sandbox* se baseia na realização de testes e simulação de hipóteses regulatórias para problemas práticos sem alterar, de imediato, a realidade ou o modelo vigente. Essa aprendizagem proativa permite aos reguladores adquirirem melhores conhecimentos práticos e encontrar os melhores meios para regular as inovações, especialmente em fases muito iniciais, com elevada incerteza e desafios de tecnologias disruptivas.

Como observado Arner et al. (2016), o *sandbox* regulatório funciona como um espaço de “aprendizado seguro”, onde tanto os reguladores quanto as empresas podem aprender sobre os potenciais benefícios e riscos das novas tecnologias.

Segundo BUCKLEY et al., 2016, ZETZSCHE et al., 2017 e ARNER et al., 2016, pode-se identificar alguns benefícios da aplicação do *sandbox* regulatório: (a) ele permite que as empresas testem suas ideias sem o risco de violar inadvertidamente as regulamentações existentes, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias; (b) ele permite que os reguladores ganhem um melhor entendimento das novas tecnologias, ajudando a desenvolver regulamentações mais eficazes e adequadas, equilibrando a necessidade de proteger os consumidores e a estabilidade do mercado com promoção da inovação; (c) ele facilita a entrada de novos *players* no mercado, aumentando a competição e promovendo a diversidade no mercado.

No entanto, apesar dos benefícios identificados, faz-se necessário também considerar os desafios de implementação, os quais podemos citar alguns que merecem destaque. O primeiro deles é que a implementação de um *sandbox* regulatório pode ser complexa e requer recursos significativos, tanto em termos de tempo quanto de *expertise*. Em seguida é importante destacar que existe o desafio de garantir que o *sandbox* proteja adequadamente os consumidores e a estabilidade do mercado, enquanto ainda promove a inovação, exigindo uma supervisão eficaz por parte dos reguladores.

Vale mencionar, ainda, a importância de se observar as regras transnacionais (regras não estatais) nessa construção regulatória inicial, seguindo uma abordagem menos prescritiva e mais baseada em desempenho, capaz de se adequar às incertezas regulatórias que a implementação desta nova atividade apresenta. Assim, as regras transnacionais como as melhores práticas da indústria (*standards*), códigos de conduta, regulações estrangeiras e até mesmo cláusulas de contratos/ modelos podem ser referências relevantes para a construção de uma regulação mais adequada neste primeiro momento.

8. RECOMENDAÇÕES À DIRETORIA COLEGIADA

A partir do estágio atual que temos para os aspectos legais atinentes à indústria do Hidrogênio no Brasil, este relatório teve como objetivo não só efetuar um grande *overview* deste segmento, de modo a permitir ancorar o entendimento do estágio em que estamos no seu desenvolvimento como também apresentar as necessidades regulatórias que podem ser atendidas pela ANP para a efetiva implementação da indústria do hidrogênio no País.

Sob essa perspectiva, o Grupo de Trabalho de Hidrogênio criado pela Portaria nº 148/2022, mapeou, com o apoio de diversas unidades organizacionais da ANP, a partir da verificação dos temas levantados nos tópicos anteriores, as resoluções/regulamentos/instrumentos contratuais vigentes, bem como novos normativos que serão objeto de algum tipo de ação (revisão e/ou elaboração), de modo a permitir a construção do arcabouço regulatório necessário para garantir a segurança jurídica ao desenvolvimento das atividades. Importante, destacar, todavia, que antes que todos os instrumentos regulatórios estejam finalizados, a ANP poderá se valer do *sandbox* regulatório ou projetos piloto, para dar tratamento às atividades relacionadas à indústria do hidrogênio que ficarão sob a sua responsabilidade regulatória, tal como preconizado na Lei nº 14.948/2024. Diante do exposto, apresentamos as seguintes recomendações à Diretoria Colegiada:

1. solicitar à Superintendência de Governança e Estratégia (SGE) revisar o regimento interno da ANP, de modo a reconhecer a regulação por *sandbox* regulatório ou por projeto piloto como instrumentos adequados ao tratamento dos projetos relacionados às atividades relacionadas à indústria do hidrogênio, que ficarão sob a responsabilidade regulatória da ANP, até que todo arcabouço normativo seja finalizado, sendo todos eles apreciados pela Diretoria Colegiada da ANP;
2. solicitar à Superintendência de Governança e Estratégia (SGE) revisar o regimento interno da ANP de modo a estabelecer as competências nos processos de aprovação das atividades relacionadas à indústria do hidrogênio que ficarão sob a responsabilidade regulatória da ANP. Para aquelas atividades em que houver transversalidade na análise, identificar, neste mesmo instrumento, a unidade que ficará responsável por receber o requerimento, coordenar a análise, encaminhar a proposta de autorização e estruturar sua fiscalização.
3. viabilizar novos recursos financeiros para capacitação do corpo técnico da ANP nas diferentes etapas relacionados às atividades da indústria do hidrogênio e solicitar à Superintendência de Gestão de Pessoas e do Conhecimento (SGP) a reserva e aporte deste

investimento, a partir de levantamento pormenorizado a ser apresentado pelas unidades organizacionais envolvidas com este processo (e elencadas no item 6 deste relatório) no Plano de Desenvolvimento de Pessoal (PDP) anual de cada área.

4. viabilizar novos recursos financeiros para instrumentalização da ANP nesta nova atribuição (como, por exemplo, para compra de equipamentos para laboratório, intensificação de ações de acompanhamento e fiscalização para garantir os resultados dos *sandboxes* regulatórios, para estruturação de sistemas de informática modernos capazes de receber, armazenar e analisar grandes volumes de dados, dentre outras demandas que venham ser identificadas como essenciais para adequada regulação da atividade ao longo do processo de regulamentação), bem como para a realização de visitas técnicas a outros órgãos reguladores e/ou entidades governamentais relacionadas com o desenvolvimento da indústria do hidrogênio, de modo a permitir que a ANP se estruture mais rapidamente para cumprir integralmente todas novas atribuições.

5. solicitar à Superintendência de Gestão de Pessoas e do Conhecimento (SGP) para efetuar estudo de redimensionamento da força de trabalho, de modo a compatibilizar o quantitativo de servidores das unidades organizacionais com o recebimento, em suas atribuições institucionais, da regulação de atividades relacionadas à indústria do hidrogênio, apresentando o resultado a Diretoria Colegiada no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias a contar da publicação da Lei. Após a apresentação dos resultados do estudo pela SGP, encaminhá-lo ao Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (MGI) para que possa compor dossiê existente com a falta de pessoal na ANP para fazer frente as suas competências regimentais, de modo que novo concurso público possa ser realizado em menor prazo possível.

6. solicitar à Superintendência de Governança e Estratégia (SGE) para considerar, no âmbito do projeto de reestruturação da ANP, o ingresso das novas atribuições advindas das atividades relacionadas à indústria do hidrogênio que ficarão sob responsabilidade da ANP de modo que haja correta identificação das novas atribuições com as áreas responsáveis.

7. aprimorar ações com outras entidades governamentais para reduzir a assimetria de informações e garantir que durante a elaboração dos atos regulatórios sejam envolvidos todos os atores necessários, por meio do estabelecimento de novos acordos de cooperação técnica, memorandos de entendimento, dentre outros instrumentos possíveis.

8. solicitar à Superintendência de Comunicação Institucional (SCI) que realize a promoção de um plano de comunicação para apresentar ao mercado as novas atribuições das ANP e as ações que a Agência está executando para o desenvolvimento da indústria do hidrogênio no Brasil.

9. promover workshop técnico com a indústria para ser debatido os conceitos constantes neste relatório a indústria, prestadoras de serviço e todos os *stakeholders* envolvidos no tema.

10. realizar uma aproximação permanente com os órgãos que irão suportar o desenvolvimento da regulação do hidrogênio de baixo carbono (em especial, ANEEL, ANA, EPE, IBAMA, MME e outros que possam vir a ser relevantes).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório teve como principal objetivo apresentar as ações que a ANP deverá efetuar nos próximos anos para atender o desafio colocado para Agência com as novas atribuições relacionadas à indústria do hidrogênio de baixa emissão de carbono por meio da Lei nº 14.948/2024. Na Seção 6, de forma objetiva, foi apresentado o mapeamento das demandas regulatórias e a análise da possibilidade de aproveitamento de normativos vigentes, bem como das novas ações que serão necessárias, indicando as áreas técnicas envolvidas, segundo a estrutura organizacional da ANP e respectivo regimento interno atuais.

Neste cenário, foram endereçadas algumas recomendações à Diretoria Colegiada, dentre elas a necessidade de capacitação de servidores e viabilização de novos recursos financeiros para instrumentalização da ANP no contexto da absorção desta nova atribuição. Também será necessário o redimensionamento da força de trabalho, visando compatibilizar o quantitativo de servidores das unidades organizacionais com o recebimento, em suas atribuições institucionais, da regulação de atividades relacionadas à indústria do hidrogênio. Sobre esse ponto, vale mencionar a importância do projeto de reestruturação da ANP, em andamento, coordenado pela SGE, para readequar a estrutura da ANP, incluindo os novos desafios de regulação no contexto da transição energética, considerando o hidrogênio.

Observa-se que o tema, a exemplo da regulação dos demais produtos regulados pela ANP, é transversal, abrange quase toda a Agência e, a atual organização da estrutura poderia comportar a missão desde que acompanhada da estrutura de recursos humanos e orçamentários para desenvolver as inúmeras atividades a contento.

Por fim, o presente relatório cumpre o objetivo de apresentar, de forma estruturada, sem a pretensão de esgotar o tema, das alterações regulatórias necessárias para que a ANP possa cumprir suas novas atribuições no âmbito da regulação da indústria do hidrogênio elencadas na Lei nº 14.948/2024.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Investimentos em P, D & I. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/tecnologia-meio-ambiente/pesquisa-desenvolvimento-inovacao/investimentos-em-pd-i>

ANP (2024), ANP produz relatório de estudo sobre captura, uso e armazenamento de carbono (CCUS). Disponível em: (https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/anp-produz-relatorio-de-estudo-sobre-captura-uso-e-armazenamento-de-carbono-ccus)

ARNER, Douglas W.; BARBERIS, Janos Nathan; BUCKLEY, Ross P. (2016). FinTech, RegTech, and the Reconceptualization of Financial Regulation. *Northwestern Journal of International Law & Business*, v. 37, n. 3, p. 1-41, 2016. Disponível em [FinTech, RegTech and the Reconceptualization of Financial Regulation by Douglas W. Arner, Janos Nathan Barberis, Ross P. Buckley :: SSRN](#). Acessado em 15/07/2024

BRASIL (2023). Projeto de Lei nº 2.308/23. Disponível em: <https://www.congressonacional.leg.br/materias/materias-bicamerais/-/ver/pl-2308-2023>

BRASIL (2024). Lei nº 14.948/24. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14948.htm

BUCKLEY, Ross P.; ARNER, Douglas W.; ZETZSCHE, Dirk A. (2016). The Emergence of Regtech 2.0: From Know Your Customer to Know Your Data. *Journal of Financial Transformation*, v. 44, p. 79-86, 2016. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3044280. Acessado em 15/07/2024

DOE - DEPARTMENT OF ENERGY-USA, Alternative Fuels Data Center. Disponível em: <https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel-cell>. 2023. Acesso em 01 ago 2024.

EPE (2021). Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidroge%CC%82nio_rev01%20\(1\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidroge%CC%82nio_rev01%20(1).pdf)

EPE (2022). Produção e Consumo de Hidrogênio em Refinarias no Brasil. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-667/NT-EPE-DPG-SDB-2022-01%20-%20Hidrog%C3%AAnio%20em%20Refinarias.pdf>

EPE (2022). EPE publica Nota Técnica sobre Hidrogênio Turquesa. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-publica-nota-tecnica-sobre-hidrogenio-turquesa>

EPE (2024). Painel de dados interativos. Hidrogênio no Brasil. Disponível em: <https://gisepeprd2.epe.gov.br/arcgisportal/apps/storymaps/stories/68332aaa3fc64524a656583e1367daa3>

ENAPTER. Commercial hydrogen refueling station in Tokyo. Disponível em: <https://www.enapter.com/application/commercial-hydrogen-refueling-station-in-tokyo/#48101>

FIUZA, R. DA P. et al.. A utilização de etanol em célula a combustível de óxido sólido. *Química Nova*, v. 35, n. 8, p. 1635–1643, 2012.

GENOVESE M, FEAGIOCOMO, P. Hydrogen refueling station: Overview of the technological status and research enhancement, *Journal of Energy Storage*, Volume 61,2023.

IBERDROLA (2024). O que é um eletrolisador e por que é essencial para o fornecimento de hidrogênio verde? Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/eletrolisador>. Acesso em 10 ago 2024

IRENA (2023). *World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

KALAMARAS, Christos M.; EFSTATHIOU, Angelos M. Hydrogen production technologies: current state and future developments. In: *Conference papers in science*. Hindawi Publishing Corporation, 2013. p. 690627.

LABS DN. Safe use of hydrogen. 30 May. 2019. Available, <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/safe-use-hydrogen>.

MA, H., Sun, Z., Xue, Z. et al. Uma revisão sistêmica da cadeia de suprimentos de hidrogênio na transição energética. *Front. Energy* **17**, 102–122 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11708-023-0861-0>

MME (2023). Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/PlanodeTrabalhoTrienalPNH2.pdf>

MOTOR 1. COM. Petrobrás inaugura o 1º posto de abastecimento para veículos movidos a hidrogênio do Brasil. 30 jun 2009. Disponível em: <https://motor1.uol.com.br/news/102870/petrobras-inaugura-o-1-posto-de-abastecimento-para-veiculos-movidos-a-hidrogenio-do-brasil/>

NIKOLAIDIS, Pavlos; POULLIKKAS, Andreas. A comparative overview of hydrogen production processes. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 67, p. 597-611, 2017.

NIJSSE, FJMM, MERCURE, JF., AMELI, N. et al. O impulso da transição da energia solar. *Nat Commun* **14**, 6542 (2023). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41971-7>

PRINZHOFER, Alain et al. Natural hydrogen continuous emission from sedimentary basins: The example of a Brazilian H₂-emitting structure. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 44, n. 12, p. 5676-5685, 2019.

OLIVEIRA L. F.; LEITE, M.L. Sandbox Regulatório e o Caso Go Fit de Delivery de Combustível. *Revista semestral de direito empresarial* n° 29, p.25-44, Rio de Janeiro, Renovar, julho/dezembro 2021, Disponível em <https://www.e-publicacoes.uerj.br/rsde/article/view/76293/46104>. Acessado em 15/07/2024

PIAÚÍ (2023). Piauí lança maior projeto de hidrogênio verde do mundo, com investimentos de R\$ 200 bilhões, na sexta (15). Disponível em: <https://www.pi.gov.br/noticia/piaui-lanca-maior-projeto-de-hidrogenio-verde-do-mundo-com-investimentos-de-rdollar-200-bilhoes-na-sexta-15>

ZETZSCHE, Dirk A.; BUCKLEY, Ross P.; ARNER, Douglas W.; BARBERIS, Janos N. Regulating a Revolution: From Regulatory Sandboxes to Smart Regulation. *Fordham Journal of Corporate and Financial Law*, v. 23, n. 31, p. 31-103, 2017. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3018534. Acessado em 15/07/2024

RIGOLLET, Christophe; PRINZHOFER, Alain. Natural hydrogen: a new source of carbon-free and Break, v. 40, n. 10, p. 78-84, 2022

VILBERGSSON, Kristjan V. et al. A produção remota de hidrogênio verde pode desempenhar um papel fundamental na descarbonização da Europa no futuro? Uma ACV do berço ao portão da produção de hidrogênio na Áustria, Bélgica e Islândia. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 48, n. 46, p. 17711-17728, 2023.



anp

Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

