

INTRODUÇÃO

O presente estudo tem a pretensão de examinar o hidrogênio verde de forma ampla: suas implicações na geopolítica mundial, as oportunidades para o Brasil e a apreciação jurídica da temática. O termo “verde” é dado por ser fabricado com a utilização de fontes elétricas provenientes de energia renovável livre de emissões de gases poluentes, por meio de um processo químico conhecido como eletrólise.

O escopo do trabalho concretizar-se-á mediante pesquisa quantitativa e qualitativa, por intermédio de raciocínios indutivo e dedutivo, bem como com a utilização de técnicas de revisão bibliográfica, documental e estatística, com base no entendimento de autores, em relatórios e pesquisas acerca da temática.

Dessa forma, o artigo tem o objetivo geral de questionar o hidrogênio verde como solução diante da necessidade de descarbonizar a economia. Com esse foco, o artigo tem por objetivos específicos: a) Observar a necessidade de alterar a matriz energética mundial em face do aquecimento global; b) Diferenciar o “Hidrogênio Verde” dos demais já comercializados internacionalmente; c) Compreender a possibilidade de o Brasil se tornar um exportador mundial dessa *commodity*; d) Entender a necessidade do estabelecimento de marcos regulatórios para normatização nacional e e) Pesquisar a questão da certificação internacional do hidrogênio.

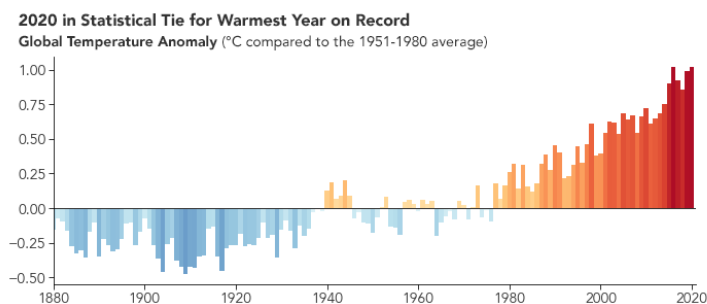
A relevância do trabalho consiste no surgimento de pesquisas que apontam para o hidrogênio verde como bem a ser exportado pelos países da América Latina. Como resultados esperados, pretende-se investigar a operacionalidade das questões práticas inerentes ao mercado de hidrogênio, as medidas nacionais necessárias à adequação nacional à transição energética e se o ordenamento jurídico brasileiro se encontra preparado para disciplinar a temática.

1. TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

A crise ambiental tornou-se uma realidade a ser enfrentada pelos Estados e o tema do aquecimento global revestiu-se de urgência de tal modo que reconhecer sua existência não se trata mais de questão de cunho político, mas um fato a ser observado. Negar o superaquecimento do globo terrestre transformou-se em um argumento anticientífico e opinioso, em uma tentativa maliciosa de manter a busca desenfreada por crescimento econômico sem pensar em suas consequências. Nesse sentido, a cegueira econômica gera a subsidiariedade das pautas ecológicas em favor do imediatismo de resultados financeiros e

comerciais, em uma embriaguez irracional por crescimento, resultando na desvalorização da vida como sentido e potência (LEFF-2001, p. 34).

Serge Latouche (2009, p. 40) alerta a periculosidade que reside na politização da questão ambiental, tendo em face que todos os regimes modernos foram produtivistas, já que todos propuseram o crescimento econômico como uma pedra angular inquestionável de seu sistema. A transformação necessária não repousa, assim, em discursos políticos retóricos em defesa das pautas ecológicas, mas na refundação do político, a partir da compreensão: o desastre climático não é uma opinião, mas uma constatação. Consoante dados divulgados pela NASA, a temperatura média do planeta em 2020 superou de 1,02 graus aquela do período 1950-1980. O gráfico abaixo demonstra anomalias de temperatura global em 2020, com base no quanto cada região da Terra foi mais quente ou mais fria em comparação com a média da linha de base de 1951 a 1980:



Fonte: NASA (2021)

Os impactos das perturbações antropocêntricas no planeta desencadearam, em 2016, o início do processo de reconhecimento científico de que a Terra deixou o Holoceno, período em que as sociedades humanas se desenvolveram, e entrou, após a Segunda Guerra Mundial, em uma nova época geológica: o Antropoceno (STEFFEN-2011, p. 849-853). Eventos climáticos extremos vêm sendo notabilizados ao redor do mundo como produto dos desequilíbrios provocados pelo aquecimento global: onda de calor extremo na Europa, emergências de enchente no Estado do Mississippi (EUA), calor extremo no Canadá, maior chuva em um século na Alemanha, seca recorde na China, crise hídrica no Planalto Central Brasileiro, aumento do nível do mar, acidificação e disseminação de "zonas mortas" nos oceanos.

Dentre as hipóteses de causas provocadoras do aquecimento global, o aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE) tem ocupado papel protagonista (SPEIGHT-2020, p. 213-222). No relatório divulgado em fevereiro de 2022 pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC, foi ratificada a atuação negativa do ser humano como o principal fator desencadeador dos desequilíbrios climáticos, uma vez que nos últimos cinquenta anos as modificações ocasionadas nos ciclos de carbono se intensificaram substancialmente.

No âmbito do Constitucionalismo multinível na seara ambiental, os primeiros tratados internacionais significativos datam de 1992, ocasião em que foi celebrada a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92), a Convenção - Quadro sobre Mudança do Clima, onde 154 Estados assumiram compromissos com o objetivo de estabilizar as concentrações de gases poluentes. Contudo, a inaplicabilidade de tal pacto foi revelada em razão dos impasses observados na regulamentação do convencionado no cenário interno (MILARÉ-2014, p. 1.598).

Em 1997, o Protocolo de Quioto representou nova tentativa em busca da redução do aquecimento terrestre. Todavia, o fracasso no cumprimento de promessas demagógicas e verborrágicas sem respaldo de políticas públicas que objetivassem efetivar o plano das ideias resultou na constatação em 2012 de que o acordo cobria menos de 15% das emissões mundiais, na medida em que países vetores da industrialização mundial, a exemplo dos Estados Unidos, do Canadá, da Rússia e do Japão, não participaram do tratado à espera do locupletamento às custas dos esforços e “decrecimentos” (no sentido econômico) dos vizinhos geográficos, sob a ilusão do “ganha-ganha” – bônus ecológico sem ônus econômico (TIROLE-2020, p. 213-222).

Em 1989, a assinatura do Protocolo de Montreal marcou o pioneirismo no sentido de ter sido o único acordo ambiental a ser ratificado por todos os países do globo, os quais se comprometeram a eliminar paulatinamente as substâncias que atingem a camada de ozônio, objetivo que foi 99% cumprido, tendo previsão de restauração da camada de ozônio da Terra até 2060.¹

Em 2015, a COP 21 propiciou a pactuação do Acordo de Paris por 195 países, que se obrigaram a empenhar esforços para tentar manter o aumento da temperatura média global em torno de 1,5 °C para que, até o ano de 2100, a temperatura média do planeta tenha um aumento inferior a 2 °C. Todavia, em face da intensificação dos desequilíbrios climáticos e do não cumprimento pelos países das promessas insinceras assumidas no Acordo de Paris, surgiu a necessidade de reformular e atualizar os objetivos e encargos norteadores dos países.

Nessa senda, a COP 26, organizada no epicentro da cidade escocesa de Glasgow em 2021, surgiu para operacionalizar o Livro de Regras de Paris, alertando o mundo que as metas anunciadas outrora não eram mais suficientes para conter o aquecimento global: o prognóstico era assente em apontar 3 °C até 2100. Nos termos do texto aprovado por quase 200 países

¹ Vide: UNEP – United Nations Environment Programme. “Rebuilding the ozone layer: how the world came together for the ultimate repair job”. Disponível em: www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/como-o-mundo-se-uniu-para-reconstruir-camada-de-ozonio. Acesso em 28 set 2022.

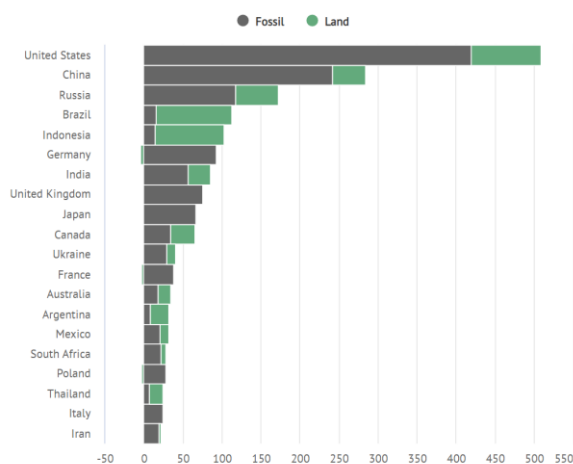
integrantes da conferência, a nova redação menciona a redução em 50% das emissões na próxima década, de modo a atingir zero emissões líquidas de carbono até meados do século.

Por intermédio da promoção de debates entre líderes mundiais, ativistas, pesquisadores e empresários, nos moldes do tripé da sustentabilidade (planeta, pessoas e lucro) (ELKINGTON-1997, p. 49-66), a versão final do documento prevê a substituição gradativa dos combustíveis fósseis e do uso do carvão por fontes renováveis, o reconhecimento de que o metano precisa ser controlado e o imperativo de apoiar os países vulneráveis, consagrando as ideias do mercado de carbono e do envio de verbas pelos países desenvolvidos para o financiamento de medidas para evitar o aquecimento global nos países vulneráveis, dada a disparidade de armas no quesito contenção da emissão de carbono entre tais nações (CARDUCCI-2020, p. 1.351).

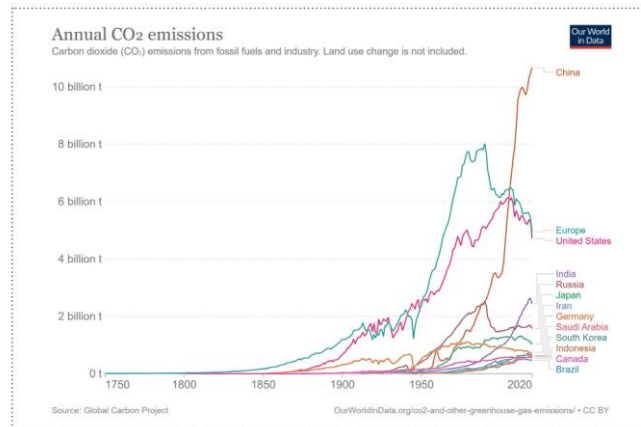
Conforme pesquisas divulgadas pelo portal especializado em clima *Carbon Brief*, o Brasil, a despeito dos fatores naturais que o privilegiam, é o 4º país que mais emitiu CO₂ cumulativamente ao longo dos anos 1850 a 2021, se contabilizadas as emissões provenientes do uso agrícola. Os gráficos abaixo demonstram os 20 maiores contribuintes para as emissões cumulativas de CO₂ em bilhões de toneladas, em decorrência de combustíveis fósseis e cimento (cinza), bem como do uso da terra e silvicultura (verde) (RITCHIE; ROSER-2020).

The countries with the largest cumulative emissions 1850-2021

Billions of tonnes of CO₂ from fossil fuels, cement, land use and forestry



Fonte: CarbonBrief (2021)



Fonte: Global Carbon Project (2022)

Em consonância com o exposto, a partir dos anos 1950 a intensificação de produtos manufaturados e com alto uso de energia refletiu no desbalanceamento da composição dos gases presentes na atmosfera terrestre, tendo ocorrido uma elevação acentuada a partir dos anos 1960. Haja vista o estágio atual e as projeções negativas, evidencia-se um cenário insustentável que sugere a necessidade de propor mudanças significativas na matriz energética mundial (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA-2020).

Nesse sentido, a única via próspera possível aponta para a descarbonização da economia e a contenção da “pegada ecológica”, expressão forjada por Anthony Giddens (2012, p. 152) para calcular a degradação ambiental provocada pela emissão de GEE, uma vez que o setor de energia representa 73,2% das emissões globais, de acordo com o relatório divulgado pelo *Our World In Data* em 2020.² Nessa senda, a migração de um modelo baseado em combustíveis fósseis por uma matriz galgada em fontes renováveis, como solar fotovoltaica, eólica, de biomassa, geotérmica ou nuclear, perpassa necessariamente pelo entendimento de que não é possível falar em um projeto socioambiental viável sem a garantia de eficiência energética. Estimula-se, assim, a utilização de fontes de baixo carbono, aliadas à eletrificação em processos de conversão de energia e à digitalização de controles e serviços, tendo por foco a eficiência energética (IRENA-2022)

Rememore-se que a transição energética de um país requer profundas alterações na base tecnológica dos conversores de energia, o que exige a compreensão de que as relações socioeconômicas e os padrões de consumo sofrerão reverberações advindas do compromisso celebrado nacionalmente. Na ótica geopolítica, sabe-se que tais transformações implicam em

² Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado (2020) - "CO₂ and Greenhouse Gas Emissions". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions' [Online Resource]

modificações nas correlações de força entre os países ou regiões e seus respectivos *stakeholders*, impactando produtores e consumidores da fonte primária hegemônica e suas cadeias tecnológicas associadas (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA-2020).

Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), estatísticas vaticinam que a demanda global de energia sofrerá um aumento entre 25% e 30% até 2030, o que, em uma economia carbonizada, significaria o agravamento das mudanças climáticas. Nesse sentido, a pesquisa aponta que a implantação de Hidrogênio Verde, energia limpa, evitaria cerca de 830 milhões de toneladas anuais de CO₂, o que corresponde a 3.000 TWh renováveis adicionais por ano (IEA, 2019).

Tecidas tais considerações, cumpre analisar o Hidrogênio Verde no caso brasileiro como o caminho econômico e socio-ambientalmente lucrativo a ser traçado para realizar a transição energética nacional e destacar o país no mercado internacional, sob o prisma da exportação de energia, descarbonizando a economia sem “abrir mão” de eficiência energética e conciliando, portanto, desenvolvimento sustentável e crescimento econômico.

2. O QUE É HIDROGÊNIO VERDE?

O hidrogênio (H₂) é o elemento químico mais antigo, leve e abundante do planeta, compondo 75% do universo. Suas utilizações envolvem a indústria petroquímica, no refino de petróleo bruto; a síntese de amônia, imprescindível na produção de fertilizantes; e a produção de metanol para uma ampla variedade de produtos, incluindo plásticos. Tal gás também pode ser aproveitado como combustível energético, podendo sua combustão gerar calor superior a 1.000°C (IRENA-2022, p. 24). Segundo dados da Agência Internacional de Energia, cerca de 120 milhões de toneladas de hidrogênio são produzidos globalmente, dois terços dos quais hidrogênio puro e um terço uma mistura com outros gases, sendo a China o maior produtor e consumidor mundial, na medida em que produz quase 24 milhões toneladas de hidrogênio puro por ano, respondendo por quase um terço da produção global (IEA-2019).

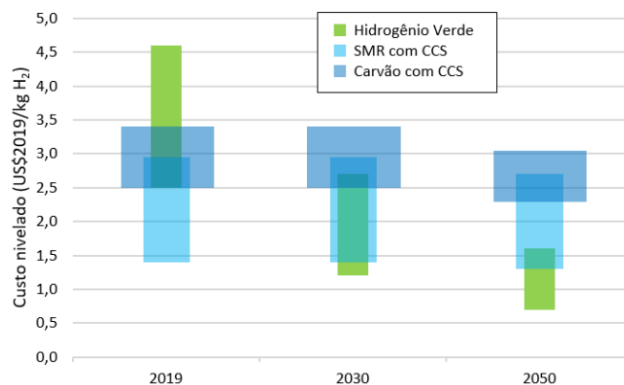
Não obstante sua abundância, tal substância não costuma ser encontrada isoladamente em quantidades significativas e em sua forma pura na natureza, surgindo, na maioria das vezes, associada a hidrocarbonetos, etanol, água ou combustíveis fósseis (LOPES-2009). Nessa lógica, o uso do referido vetor energético envolve a extração de uma fonte primária que o contenha, podendo ser produzido por meio de quase todos os recursos energéticos, renováveis ou não. Ou seja, a liberação do hidrogênio desses compostos pressupõe necessariamente um processo energético de extração, o qual pode ser (ou não) responsável pela emissão de GEEs

(SANTOS-2021). Dentre os diversos métodos de produção de hidrogênio, um sistema de código de cores é utilizado para nomeá-los e classificá-los quanto à descarbonização da economia, sendo os tipos mais conhecidos os hidrogênios “cinza”, “azul” e “verde”.

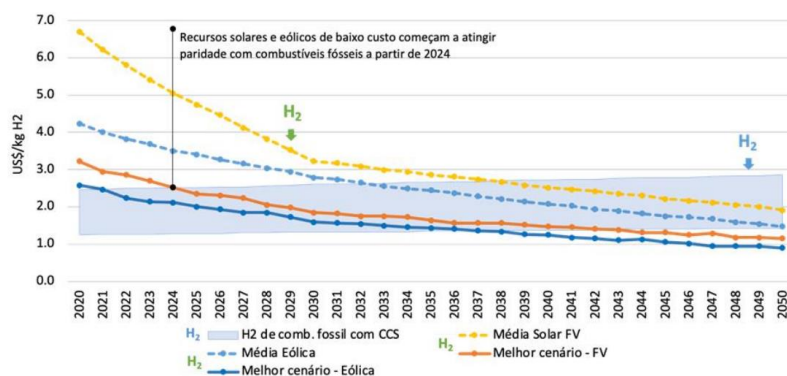
O hidrogênio “cinza”, que corresponde a 96% de todo hidrogênio mundial gerado, é aquele produzido com base em combustíveis fósseis, a partir da reforma do metano a vapor, ocasionando a liberação de dióxido de carbono como um dos produtos residuais desse processo. O hidrogênio “azul”, por sua vez, é aquele em que há a produção de GEEs; tais gases, porém, são capturados e armazenados, evitando sua liberação na atmosfera. Já o hidrogênio “verde” é aquele com zero emissão de CO₂ (IRENA- 2020).

O hidrogênio limpo pode ser produzido a partir da transformação a vapor do metano, da gaseificação do carvão, ou a partir do processo de eletrólise da água. Neste último, os eletrolisadores dividem as moléculas de água (H₂O) em Oxigênio (O) e Hidrogênio (H₂) por meio de energia elétrica proveniente de fontes de energia renováveis, como eólica ou solar. Em outras palavras: sem emissão direta de dióxido de carbono.

Em que pese o conhecimento da possibilidade de se produzir hidrogênio limpo, o que solucionaria, assim, a problemática do aquecimento global, durante décadas o grande empecilho à transição energética era a questão econômica, haja vista os altos custos da implantação dos eletrolisadores e da adequação dos equipamentos existentes à realidade de um gás altamente inflamável. Contudo, de acordo com a Bloomberg New Energy Finance (BNEF), a previsão é que esta tecnologia se torne competitiva até 2030 (BNEF-2020, p. 3). Em conformidade, a IRENA (2020) projeta um significativo barateamento das fontes de energia renováveis antes de 2025, o que tornaria o hidrogênio verde concorrencial em relação ao hidrogênio de origem fóssil entre 2030 e 2040:



Fonte: Adaptado de BNEF (2020)



Fonte: IRENA (2020)

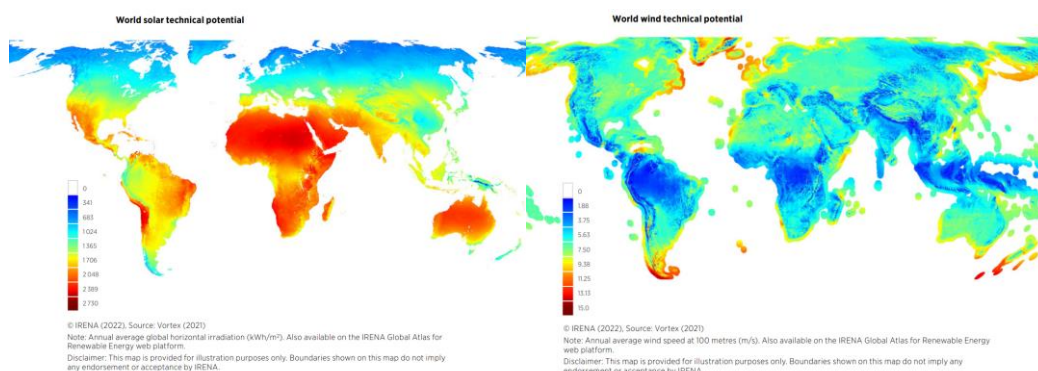
Podendo ser empregado em setores em que a simples eletrificação da economia não é capaz de atender, o hidrogênio pode ser utilizado como vetor para armazenamento de energia, sendo considerado um recurso com capacidade de promover o acoplamento entre os mercados de combustíveis, de eletricidade, industrial, entre outros. Nesse sentido, o hidrogênio poderá não apenas contribuir para o esverdeamento da economia mundial, mas também promover uma maior dinâmica competitiva, ampla e descentralizada de mercado (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA-2021, p. 29).

3. POTENCIAL BRASILEIRO E REGULAMENTAÇÃO JURÍDICA DO HIDROGÊNIO VERDE

O mercado do hidrogênio verde atual, ainda que lucrativo, se resume a transações comerciais locais e regionais. Dados estatísticos indicam que, até 2019, cerca de 85% do gás hidrogênio produzido destinava-se ao consumo local (IEA-2019), devido sobretudo às dificuldades e custos logísticos inerentes à natureza da substância. Todavia, estima-se que o hidrogênio verde se tornará uma *commodity* comercializada internacionalmente nos próximos anos, uma vez que o maior componente de custo da produção é o custo da eletricidade. Noutro dizer: o custo da eletrólise da água via fontes de energia renováveis (IRENA-2022).

Ante tais perspectivas promissoras de queda do custo das energias renováveis, espera-se que a exportação de hidrogênio verde deixe o plano da utopia e seja contabilizada na Balança Comercial dos países, reposicionando-os na geopolítica mundial e propiciando eficiência energética por meio de uma economia verde. Dado que o custo nivelado das energias renováveis difere significativamente entre as regiões, o preço do hidrogênio também será diferente a depender dos fatores naturais e geográficos dos países (IRENA-2022). Os mapas abaixo

evidenciam os potenciais dos países no que tange à produção de energia solar e de energia eólica, respectivamente:



Fonte: IRENA (2022)

Notabiliza-se, assim, que o Brasil é um dos países mais propensos à produção de energias renováveis. Conforme o Balanço Energético Nacional 2022, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), ligada ao Ministério de Minas e Energia, a matriz energética brasileira se baseia em 44,7% de fontes renováveis e 55,3% de fontes não renováveis. Em 2021, a participação de renováveis na matriz energética brasileira foi marcada pela queda da oferta de energia hidráulica, associada à escassez hídrica e ao acionamento das usinas termelétricas; no entanto, o incremento das fontes eólica e solar na geração de energia elétrica e o biodiesel contribuíram para que esta se mantivesse em um patamar renovável muito superior ao observado no resto do mundo (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA-2020, p. 6-16).

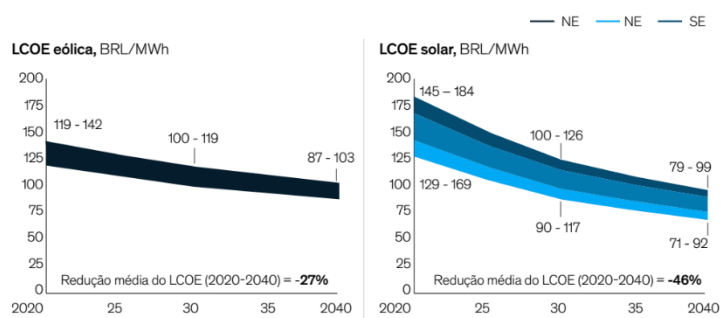
No Nordeste Brasileiro especificamente, 84% da energia elétrica gerada advém de fontes renováveis, em virtude dos fatores naturais convenientes às energias eólica e solar no litoral nordestino. Na região, as irradiações solares alternam entre 5,0 kWh.m-2.dia-1 a 5,6 kWh.m-2.dia-1 e as médias de ventos variam entre 27 km/h a 32,4 km/h (a 50 metros de altura), em que pese sua produção ainda ser quase que exclusivamente na modalidade *onshore* (ONS-2022).

De acordo com levantamentos da empresa americana McKinsey & Company (2021, p. 4-5), espera-se que o custo de produção das energias eólica e solar no Brasil seja reduzido significativamente até 2040. O LCOE³ da energia eólica está atualmente na faixa de 119 a 142 reais por MWh na região nordeste do país, com expectativa de redução de 27% até 2040; ao passo que a energia solar tem custo atual na faixa de 145 a 184 reais por MWh na região sudeste e 129 a 169 na região nordeste, mas apresenta tendência de queda de 46% no LCOE médio até

³ Levelized Cost of Energy (LCOE) ou custo nivelado de eletricidade. É calculado dividindo-se o custo total da usina — incluindo custo de construção (capex), custo de operação ao longo da vida útil (opex) e valor dos equipamentos ao final da vida útil (residual) — pela energia total produzida ao longo da vida útil da usina.

2040. Ou seja, a energia eólica brasileira pode atingir um LCOE de 20 a 24 USD/MWh em 2030 e 17 a 21 USD/MWh em 2040; enquanto a energia solar pode atingir um LCOE de 17 a 21 USD/MWh em 2030 e 13 a 17 USD/MWh em 2040:

Previsão de LCOE de Solar e Eólica em grande escala no Brasil



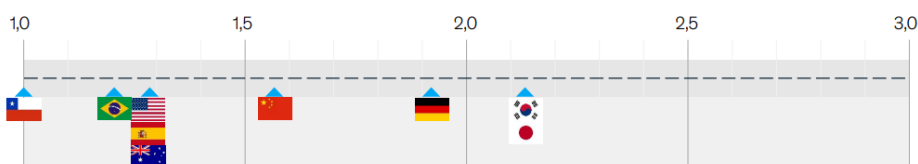
Fonte: McKinsey & Company (2021)

Outro fator que coloca o Brasil em posição vantajosa é a sua extensão territorial, haja vista a grande disponibilidade de terras destinadas à produção energética e a possibilidade de ambos os recursos (solar e eólica) serem combinados na mesma localização, como já ocorre, por exemplo, em estados como Ceará, Piauí e Bahia. Além disso, a localização estratégica do país, a já existente ampla rede de transmissão de energia elétrica conectando a maior parte do território nacional e a vasta experiência com tecnologias de captura e injeção de CO₂, no caso do “hidrogênio azul”, permitem que o Brasil não seja apenas um mero produtor de Hidrogênio Verde, mas um exportador para países com menor potencial de desenvolvimento e espaço para instalação dos processos produtivos, a exemplo dos países da União Europeia (CNI-2022, p. 86).

Tendo em vista que o custo de energia representa de 70% a 80% do custo total de produção, dados apontam que o Brasil tem capacidade para produzir um dos “hidrogênios verdes” mais baratos do mundo, tornando o país competitivo para fins de exportação internacional, na medida em que estatísticas indicam que o custo nivelado do hidrogênio verde brasileiro (LCOH) ficaria ao redor de ~1,50 USD/kg de Hidrogênio Verde em 2030 (McKINSEY & COMPANY-2021, p. 5):

O Brasil está entre os players globais mais competitivos de exportação de H₂ verde

Benchmark de LCOH, 2030 USD/kg de H₂



Fonte: McKinsey & Company (2021)

Em outras palavras, a grandiosidade do potencial brasileiro demonstra a relevância do estabelecimento de diretrizes e normas com o intuito de regulamentar a produção e exploração de hidrogênio verde no país, visando conferir segurança jurídica à atividade econômica e viabilizar investimentos internos e estrangeiros no ramo, dados os altos valores inerentes ao mercado de geração de energia, de modo que a ausência de disciplinamento jurídico da temática inutiliza a vocação nacional ao referido vetor energético. Apesar da existência de resoluções estaduais com aplicabilidade regional ou local, a exemplo da Resolução nº 3 de 10 de fevereiro de 2022, da Superintendência Estadual do Meio Ambiente -SEMACE, publicada em 14 de fevereiro de 2022, com eficácia restrita ao território do Estado do Ceará, no âmbito nacional inexistem marcos regulatórios específicos.

Não obstante, em setembro de 2022, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) criou o Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2), com o fito de contribuir para que o país caminhe na rota do desenvolvimento sustentável com o aumento da competitividade e da participação do hidrogênio na matriz energética brasileira, com vistas à sua importância social e ambiental para o desenvolvimento.⁴ O programa foi regulamentado através da Resolução Normativa nº 6, de 23 de junho de 2022, aprovada em 3 de agosto de 2022, a qual autoriza a criação de 5 Câmaras Temáticas para desenvolver assuntos técnicos com enfoque na edição de normas regulamentadoras, na estruturação de planejamento energético, no crescimento do mercado e na cooperação internacional. Todavia, a natureza da questão revela a insuficiência de abordar a temática via instrumentos normativos infralegais, haja vista a necessidade de estabilização para o incentivo de investimentos, na medida em que entendimentos revogáveis a qualquer momento notabilizam a volatilidade do mercado.

O Projeto de Lei nº 725 de 2022⁵, de iniciativa do Senador Jean Paul Prates, em trâmite no Senado Federal, tem o escopo de disciplinar a inserção do hidrogênio como fonte de energia no Brasil, a partir do estabelecimento de parâmetros de incentivo, prevendo alterações na Lei nº 9.478, de 6 de Agosto de 1997⁶ - Lei do Petróleo e na Lei nº 9.847, de 26 de Outubro de 1999⁷ - Lei do Abastecimento Nacional de Combustíveis. A proposta objetiva regulamentar questões relacionadas à produção, importação, exportação, armazenagem, estocagem, padrões para uso e injeção nos pontos de entrega ou pontos de saída do hidrogênio.

⁴ Programa Nacional do Hidrogênio: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programa-nacional-do-hidrogenio-pnh2/HidrogenioRelatriodiretrizes.pdf>

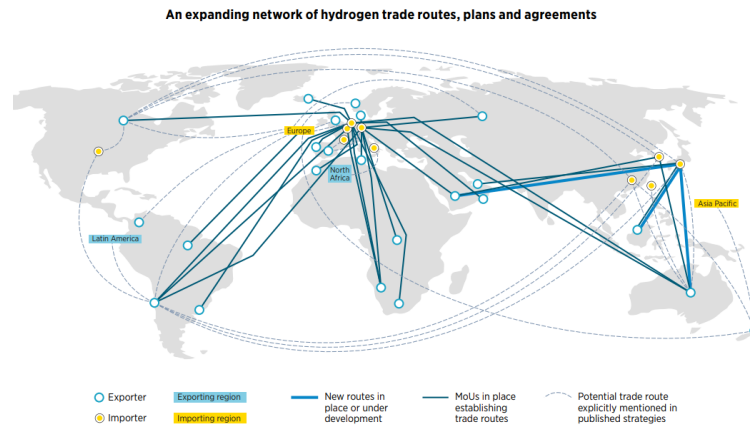
⁵ <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9096609&ts=1649252774766&disposition=inline>

⁶ <https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:federal:lei:1997;9478>

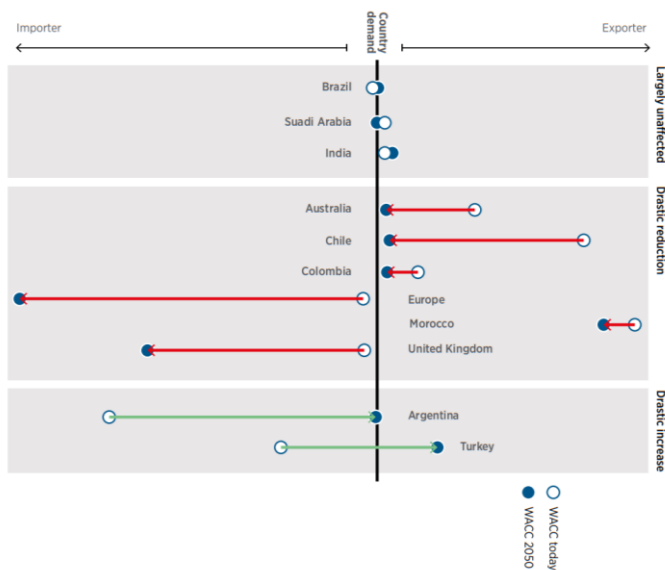
⁷ <https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:federal:lei:1999;9847>

4. CERTIFICAÇÃO

O Hidrogênio Verde é dotado, assim, de funções socioambientais e econômicas, já que, além de ocasionar a descarbonização da economia, será responsável por inúmeras transações comerciais internacionais, na medida em que o Brasil almeja se reposicionar no globo terrestre como um dos exportadores de energia limpa eficiente. Consoante estimativas da Agência Internacional de Energias Renováveis, o mapa mundial será “redesenhado” de tal forma que até 2050 países naturalmente tendenciados à importação de hidrogênio se tornarão exportadores e vice-versa (IRENA-2022, p. 12 e 47):



Fonte: IRENA (2022)



Fonte: IRENA (2022)

Diante de tais projeções, dúvidas surgem quanto à concretização prática do mercado do hidrogênio verde: Qual será a governança institucional e legal? Quem regulará e fiscalizará

o mercado? Quais normativos serão requeridos para assegurar condições de segurança, certificação de processos, de recursos humanos e especificação do combustível? Haverá trancamento tecnológico em rotas específicas de geração de hidrogênio? (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA-2021, p. 18). Constatadas as divergências de entendimento quanto à delimitação conceitual do termo “hidrogênio verde” e verificadas as peculiaridades e a linha tênue que diferencia cada espectro, em relação às fontes e às técnicas de coleta e de produção do hidrogênio, indaga-se: Como garantir, por exemplo, que o hidrogênio produzido no Brasil seja reconhecido na Europa como sustentável? Como saber, então, se o hidrogênio produzido é considerado de baixo teor de CO₂?

Um eletrolisador que utiliza uma parcela significativa de sua capacidade dedicada e renovável – cerca de 80%, por exemplo –, possui em tese uma baixa emissão de carbono. Contudo, a depender dos critérios de certificação, ou seja, do entendimento de grau de pureza do país importador, pode não ser considerado “verde”. Nesse viés, a competitividade do Brasil e a capacidade do país produzir um dos “hidrogênios verdes” mais baratos do mundo está intrinsecamente relacionada com os padrões de certificação adotados pela geopolítica mundial, com a compreensão do significado atribuído à terminologia “hidrogênio verde” (McKINSEY & COMPANY-2021, p. 6).

Para fins de exportação, o hidrogênio deverá seguir requisitos internacionais. No que se refere ao uso doméstico, o cumprimento das estipulações impostas pelos países estrangeiros encontra limitação na remota hipótese de atuação de empresas de capital estrangeiro sediadas no país com matriz no exterior. Desse modo, devem ser estabelecidos padrões nacionais, cuja eficácia é circunscrita às relações domésticas usuais, além do atendimento de padrões internacionais, que orientarão as situações que envolvem ativos estrangeiros.

Visto que existem diversos modelos de certificação que regem as diferenças regiões do planeta, alguns critérios deverão ser escolhidos em decorrência do planejamento estratégico nacional. Ao observar o mapa acima, denota-se que a União Europeia e países do leste asiático, como o Japão, são apontados como os principais importadores do hidrogênio verde, sobretudo em razão da ausência de propensão de tais regiões à geração de energias renováveis, de modo que tais padrões devem ser priorizados na adequação brasileira. No caso da União Europeia, a diretiva regulamentadora⁸ foi recentemente modificada em 14 de setembro de 2022, mas ainda sem a definição do teor de CO₂ aceito.

⁸ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC

CONCLUSÕES

As consequências do período do Antropoceno já podem ser percebidas e, por consequência do descumprimento das promessas celebradas no bojo dos acordos e convenções internacionais sobre mudanças climáticas, a transição energética ocupa pauta central a ser apreciada pelos Estados, de forma que o aquecimento global não se trata mais de problemática a ser enfrentada pelas gerações vindouras. A transição energética surge, assim, em decorrência da necessidade de substituir matrizes energéticas alicerçadas na emissão de GEE intensificadores da poluição terrestre.

Nesse sentido, o hidrogênio verde, gerado com base em fontes renováveis, demonstra-se como um caminho a ser tomado rumo à descarbonização da economia, evitando, porém, que a questão ambiental represente sacrifícios em termos de eficiência energética. No que se refere ao Brasil, em virtude de suas condições naturais e localização geográfica privilegiada, o país é indicado como capaz de produzir um dos “hidrogênios” zero emissão de carbono mais baratos do mundo, o que confere ao país competitividade para exportar energia.

Contudo, a ausência de dispositivos legais que vinculem e uniformizem a disciplina jurídica do hidrogênio verde em todo o território nacional impede que o país seja atrativo para angariar investimentos de iniciativas brasileiras e/ou estrangeiras, haja vista a falta de segurança jurídica da atividade econômica e as fragilidades de dispositivos infralegais facilmente revogáveis, de modo que a falta de marcos regulatórios resulta na “nadificação” do potencial brasileiro. No que concerne à delimitação do conceito de hidrogênio verde para fins de exportação, observa-se a necessidade de cumprir com os padrões de certificação internacional, bem como fixar diretrizes norteadoras do mercado interno de hidrogênio, com o intuito de delinear as transações comerciais internas.

REFERÊNCIAS

BAKER MCKENZIE (2020). **Shaping tomorrow’s Global hydrogen market**. Disponível em: <https://www.bakermckenzie.com/en/insight/publications/2020/01/shapingtomorrows-global-hydrogen-market>.

BNEF – Bloomberg New Energy Finance (2020). **Hydrogen Economy Outlook Key Messages**. Disponível em: [Hydrogen-EconomyOutlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf](#). Acessado em 10 de out de 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. [S. l.], 6 ago. 1996.

BRASIL. **Lei nº 9.847, de 26 de outubro de 1999**. 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. [S. l.], 26 out. 1999.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2050** (Empresa de Pesquisa Energética) Brasília: MME/EPE, 2020.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Programa Nacional do Hidrogênio**. 2022. Disponível em < <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-de-hidrogenio-2013-pnh2> > Acesso em: 26 de setembro de 2022.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Resolução nº 6, de 23 de junho de 2022**. 2022. Disponível em < https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2022/res_cnpe-6-2022.pdf > Acesso em: 24 de setembro de 2022.

CARBON BRIEF. **Analysis: Which countries are historically responsible for climate change**, 2021. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/analysis-which-countries-are-historically-responsible-for-climate-change/>

CARDUCCI, di Michele. **La ricerca dei caratteri differenziali della “giustizia climatica”**. Saggi – DPCE online, 2020.

CEARÁ, **Resolução COEMA nº 3 de 10/02/2022**. Disponível em <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=427495> > Acesso em: 28 de maio de 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Hidrogênio Sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022.

ELKINGTON, John. **The triple bottom line: Environmental management: Readings and cases**, v. 2, p. 49-66, 1997.

GIDDENS, Anthony. **Sociologia**. 6. ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

GLOBAL CARBON PROJECT. **Supplemental data of Global Carbon Budget 2021** (Version 1.0) [online]. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.18160/gcp-2021>. Acesso em: 2 out 2022.

Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado (2020) - **"CO₂ and Greenhouse Gas Emissions"**. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> [Online Resource]

H2-VIEW (2020). **Hydrogen: Clearing up the colours**. Disponível em: <https://www.h2-view.com/story/hydrogen-clearing-up-the-colours/>. Acessado em 7 de janeiro de 2020.

IEA (2019a). **The Future of Hydrogen: Seizing today’s opportunities**, IEA, Paris.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2022). **Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor**, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen: A guide to policy making** [online]. Abu Dhabi: IRENA, 2020. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Nov/IRENA_Green_hydrogen_policy_2020.pdf. Acesso em: 1 set. 2022.

IPCC, 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

LATOUCHE, Serge. **Pequeno tratado do decrescimento sereno**. Tradução de Claudia Berliner. Martins Fontes: São Paulo, 2009.

LEFF, Enrique. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

LOPES, D. G. Análise técnica e econômica da inserção da tecnologia de produção de hidrogênio a partir da reforma de etanol para geração de energia elétrica com células a combustível. In: Capítulo 5: **Análise Econômica**, 2009. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2009, pp. 57-65.

McKINSEY & COMPANY. **Hidrogênio Verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo**. (Wieland Gurlit; João Guillaumon; Marcelo Aude; e Henrique Ceotto) McKinsey Global Publishing, 2021.

MILARÉ, Édis. **Direito do ambiente**. 9. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014, p. 1.598.

MME - Ministério de Minas e Energia (2021). **Bases para a consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio**. (Coordenação Geral: Thiago Vasconcellos Barral Ferreira; Coordenação Executiva: Giovani Vitória Machado).

MME - Ministério de Minas e Energia (2020). **Balanco Energético Nacional 2020**. (Coordenação Técnica: Rogério Antônio Da Silva Matos; Empresa de Pesquisa Energética – EPE).

NASA Goddard Institute for Space Studies (2021) **GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP)**. Accessed Setembro 27, 2022.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **Geração de energia**. Geração de Energia Tipo de Usina http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx. Rio de Janeiro: ONS, 2022.

RITCHIE, Hannah; ROSER, Max. Energy Production and Consumption [online]. In: Our World In Data. **Oxford**, 2020. Disponível em: <https://ourworldindata.org/energyproduction-consumption>. Acesso em: 1 set. 2022.

SANTOS, Vitor Manuel. O PAPEL DO HIDROGÊNIO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA MUNDIAL E SEUS DESDOBRAMENTOS NO SISTEMA ENERGÉTICO BRASILEIRO. **A geopolítica da energia do século XXI**, 2021.

SPEIGHT, James G. **Climate Change Demystified**. Beverly, MA: Scrivener Publishing, 2020.

STEFFEN, Will et al. **The Anthropoceno**: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences (Royal Society)*, v. 369 (The Antropocene: a new epoch of geological time?), n. 1938, p. 849-853, mar. 2011.

TIROLE, Jean. **Economia do bem comum**. Trad. André Telles. Rio de Janeiro: Zahar, 2020, p. 213-222.