



25 a 28
setembro
2024
Campus Central UEPG
Ponta Grossa | PR

Explorando as Interseções das Inteligências
Artificiais na Sociedade Atual

Realização:



Apoio:



COMTURPG

PERSPECTIVAS PARA A COMPETITIVIDADE ENERGÉTICA DO BRASIL COM O HUB DE HIDROGÊNIO VERDE DO CEARÁ: UMA ANÁLISE A PARTIR DO MODELO DESENVOLVIMENTISTA DO WORLD ECONOMIC FORUM

PERSPECTIVES FOR BRAZIL'S ENERGY COMPETITIVENESS WITH THE CEARÁ GREEN HYDROGEN HUB: AN ANALYSIS FROM THE DEVELOPMENTAL MODEL OF THE WORLD ECONOMIC FORUM

ÁREA TEMÁTICA: ESTRATÉGIA EM ORGANIZAÇÕES

Janaina dos Santos Benvindo, Universidade Federal do Ceará, Brasil, janainabenvindo@gmail.com

Marcia Zabdiele Moreira, Universidade Federal do Ceará, Brasil, marciazabdiele@ufc.br

Resumo

O objetivo deste estudo consistiu em analisar a competitividade do Brasil com a implantação do Hub de Hidrogênio Verde (H2V) do Ceará à luz do modelo desenvolvimentista do World Economic Forum (WEF). Tratou-se de pesquisa com abordagem qualitativa, do tipo exploratório descritiva, com coleta de dados por meio de entrevista com atores envolvidos no contexto do H2V no Ceará. Os dados foram analisados por meio da Análise Textual Discursiva (ADT), com suporte do software IRaMuTeQ. A análise destacou que a competitividade do Brasil pode ser impulsionada por fatores positivos que incluem infraestrutura adequada, parcerias estratégicas, benefícios da Zona de Processamento de Exportação, recursos naturais abundantes, matriz energética renovável, potencial de exportação, liderança como hub de H2V e investimentos em iniciativas educacionais, desenvolvimento de novos mercados, colaboração público-privada, demanda internacional, colaboração com instituições de ensino e o potencial de atrair investidores estrangeiros e de pesquisa.

Palavras-chave: Competitividade energética do Brasil; Sustentabilidade; Transição energética; Hidrogênio Verde; Hub de Hidrogênio Verde do Ceará; Negócios internacionais.

Abstract

The objective of this study was to analyze Brazil's competitiveness with the implementation of the Green Hydrogen Hub (H2V) in Ceará in light of the developmental model of the World Economic Forum (WEF). This was research with a qualitative approach, of an exploratory and descriptive nature, with data collection through interviews with actors involved in the context of H2V in Ceará. The data were analyzed using Discursive Textual Analysis (ADT), supported by the IRaMuTeQ software. The analysis highlighted that Brazil's competitiveness can be boosted by positive factors that include adequate infrastructure, strategic partnerships, benefits from the Export Processing Zone, abundant natural resources, renewable energy matrix, export potential, leadership as an H2V hub and investments in educational initiatives, development of new markets, public-private collaboration, international demand, collaboration with educational institutions and the potential to attract foreign and research investors.

Keywords: Brazil's energy competitiveness; Sustainability; Energy transition; Green Hydrogen; Green Hydrogen Hub of Ceará; International business.

1. INTRODUÇÃO

Os países têm buscado desenvolver políticas para fortalecerem o compromisso com o crescimento sustentável (green growth) e estabelecerem iniciativas concretas direcionadas à energia verde (green energy). Empresas de países como Taiwan e Coreia do Sul têm emergido como gigantes nos setores energéticos como a produção de energia fotovoltaica, sistemas de armazenamento de energia e veículos elétricos (Kim, 2020).

Na América Latina, o Brasil tem sido um ator chave na produção de H₂V, respondendo às crescentes demandas globais (Castro et al. 2021). Suas condições geográficas e climáticas propícias, aliadas a um sistema de eletricidade integrado e de baixa emissão de poluentes, posicionam o país de maneira estratégica para abastecer os mercados europeu e norte-americano. Com um parque industrial robusto, o país tem se destacado como líder mundial na produção de H₂V (Gurlit et al. 2021).

Apesar disso, a viabilidade de um país se tornar um grande produtor de H₂V não depende apenas do seu potencial energético renovável. Outros fatores como infraestrutura existente, apoio governamental, relações comerciais, estratégias de energia renovável e demanda prevista de hidrogênio também desempenham papel crucial (IRENA, 2022).

O modelo desenvolvimentista apontado no Relatório Global de Competitividade (WEF, 2019) indica que o progresso socioeconômico das nações e, conseqüentemente, o desenvolvimento de sua competitividade, acontece por meio da integração de várias vertentes do desenvolvimento formada por quatro pilares, que são: o meio ambiente, o capital humano, o mercado e o sistema financeiro.

Como problema de pesquisa buscou-se responder: Como a competitividade energética do Brasil pode ser alavancada com o Hub de H₂V do Ceará? Teve-se o objetivo de analisar a competitividade do Brasil com a implantação do Hub de H₂V do Ceará à luz do modelo desenvolvimentista do World Economic Forum (WEF).

Trata-se de uma pesquisa inovadora com ênfase nas áreas de Negócios Internacionais (Competitividade internacional do Brasil) e Sustentabilidade (Energias renováveis, Transição energética, H₂V). Essa discussão ainda é incipiente na academia, considerando a maior concentração nas áreas técnicas que visam soluções práticas para produção, armazenagem e transporte do H₂V, ou seja, as áreas das Engenharias, Meio Ambiente, Energia e Química.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Dimensões e pilares da competitividade

A vantagem competitiva dos países, focada no ambientalismo desenvolvimentista (AD), tem dotado os países de capacidade para lidarem com a intensificação das pressões competitivas globais, principalmente, a partir da década de 2010. O AD tem sido o cerne dos esforços para se construir um mercado doméstico de energia verde, como uma oportunidade para avançar em inovações energéticas de ponta, como nova fonte de competitividade doméstica dos países, impulsionadas por imperativos geopolíticos, geoeconômicos e políticos internos (Kim, 2020).

Para Porter (1993) conservar a vantagem competitiva de uma nação perpassa por três condições: (i) grau de imitação da própria vantagem, ou seja, o quão difícil é para os concorrentes, dadas as condições financeiras e tecnológicas dos países, reproduzir tal vantagem; (ii) quantidade de vantagens que cada nação possui, assim, quanto menor for o número de vantagens, mais fragilizada será aquela nação diante de seus competidores que terão mais facilidade de atacar tais vantagens; (iii) capacidade de melhoria constante do país, tendo duas vertentes de atuação, preocupando-se em aperfeiçoar as vantagens existentes, cuidando em torná-la uma vantagem competitiva sustentável a longo prazo.

O paradigma de desenvolvimento delineado no relatório WEF (2019) sugere que o avanço socioeconômico das nações resulta da convergência de diferentes dimensões de progresso, que incluem, (i) no âmbito ambiental, fatores como instituições, infraestrutura, inovação em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e estabilidade macroeconômica; (ii) no

campo do capital humano, são considerados aspectos relacionados à saúde e habilidades; e (iii) quanto ao mercado, os indicadores abrangem produtos, trabalho, tamanho do mercado e sistema financeiro. O ecossistema de inovação avalia o dinamismo empresarial e a capacidade inovadora, conforme é disposto no Quadro 1:

Dimensão	Pilares
Facilidade de fazer negócios	Pilar 1. Instituições: refere-se à eficácia e eficiência das instituições governamentais e regulatórias, bem como à proteção dos direitos de propriedade e à aplicação consistente da lei.
	Pilar 2. Infraestrutura: inclui a qualidade e acessibilidade das infraestruturas físicas, como transporte, energia e comunicações, que são essenciais para a realização de negócios.
	Pilar 3. Adoção de TIC: engloba a disponibilidade e o uso efetivo da tecnologia da informação e comunicação, que podem simplificar processos comerciais e melhorar a eficiência operacional.
	Pilar 4. Estabilidade Macroeconômica: estabilidade das condições macroeconômicas, como inflação controlada e uma política monetária consistente, que promovem um ambiente de negócios seguro e previsível.
Mercados	Pilar 1. Eficiência do Mercado de Produtos: refere-se à capacidade do mercado de oferecer produtos de forma eficiente, garantindo competição saudável, acesso fácil a uma variedade de produtos e preços competitivos.
	Pilar 2. Eficiência do Mercado de Trabalho: analisa como o mercado de trabalho funciona em termos de oferta e demanda de mão de obra, remuneração adequada, flexibilidade e dinamismo.
	Pilar 3. Sustentabilidade do Mercado Financeiro: avalia a profundidade e a complexidade do sistema financeiro de um país, incluindo a disponibilidade de produtos financeiros diversificados, o acesso a crédito, a robustez das instituições financeiras e a sofisticação dos instrumentos de investimento.
	Pilar 4. Tamanho do Mercado: tamanho e potencial de consumo do mercado de um país. Quanto maior o mercado, maior a escala de produção possível e mais atraente ele se torna para investimentos e expansão empresarial.
Capital humano	Pilar 1. Saúde e Educação Primária: são fundamentais para o desenvolvimento do capital humano. Investir nessas áreas melhora a qualidade de vida e aumenta a produtividade e contribui para a economia.
	Pilar 2. Educação Superior e Treinamento: refere-se à capacidade de formar profissionais com habilidades especializadas para o mercado de trabalho.
Ecossistema de inovação	Pilar 1. Dinamismo Empresarial: refere-se à vitalidade do ambiente empresarial, incluindo a facilidade de iniciar negócios, crescimento das empresas e entrada no mercado.
	Pilar 2. Capacidade de Inovação: refere-se à habilidade de criar e implementar novas ideias e produtos. Inclui investimentos em pesquisa, colaborações entre empresas e instituições acadêmicas, incentivos fiscais e proteção da propriedade intelectual.

Quadro 1 - Elementos do *Ranking* de competitividade do WEF

Fonte: Elaborado pelos autores (2024) com base no Relatório Global de Competitividade do WEF (2019).

O Quadro 1 detalha as diferentes dimensões e pilares que compõem o ambiente de negócios e o desenvolvimento socioeconômico de um país ou região, destacando a interconexão e a importância de cada elemento para impulsionar a competitividade e o crescimento sustentável.

2.2 Transição energética mundial: H2V no Brasil e no mundo

O contexto que envolve o papel do hidrogênio na matriz energética mundial é delineado pelas estratégias de transição energética adotadas por vários países em resposta ao Acordo de Paris. Essas iniciativas destacam cada vez mais o potencial do hidrogênio como uma fonte energética versátil, oferecendo diversas possibilidades de produção e uso e reforçando a sua relevância como potencial principal fonte de energia na economia global do futuro (DELGADO; COSTA, 2021).

Países e regiões com alto potencial renovável e baixo custo nivelado de eletricidade (Levelized Cost of Energy - LCOE) podem usar seus recursos para se tornarem grandes produtores de Hidrogênio Verde. A capacidade de produzir grandes quantidades de H₂V, de baixo custo, varia muito entre as regiões. África, Américas, Oriente Médio e Oceania são as regiões com maior potencial tecnológico (H₂ BRASIL, 2022).

Conforme a Agência Internacional de Energia (IEA, 2023), a efetivação dos projetos de hidrogênio de baixo carbono pelo mundo poderia culminar numa produção anual global de 20 Mt até 2030, sendo que mais de 70 % desse volume proviria da eletrólise da água. Destaca-se que a Europa e a Austrália figuram como protagonistas, abarcando cerca de 30 % e 20 %, respectivamente, de todos os projetos de hidrogênio eletrolítico previstos para 2030.

No contexto brasileiro também se sobressaem iniciativas em favor do avanço da cadeia produtiva do hidrogênio, com destaque para a inauguração, em 19 de fevereiro de 2021, do primeiro *HUB* de H₂V do país pelo Governo do Estado do Ceará. Essa ação pioneira foi seguida por outros estados, como Pernambuco, Rio de Janeiro, Bahia e Minas Gerais, que também anunciaram a criação de *HUBs* de hidrogênio verde. Esses movimentos não apenas ressaltam as potencialidades individuais desses estados, mas também abrem caminho para atrair investimentos significativos (Bezerra, 2021).

O destaque do Ceará na corrida pelo H₂V é impulsionado por diversos fatores. Além da vantagem intrínseca na produção de energias renováveis, como eólica e solar, o estado possui características fundamentais para empreendimentos desse porte. Conforme apontado por Raccichini *et al.* (2022), o Ceará desfruta de vantagens estratégicas, destacando-se a localização estratégica do Porto do Pecém, proporcionando vantagens significativas para a importação de suprimentos e exportação de energia para os Estados Unidos, África e Europa.

3. METODOLOGIA

O estudo emprega metodologia qualitativa, em conformidade com os princípios delineados por Guerra (2014), para explorar eventos sociais, incluindo as atividades de indivíduos, grupos e organizações. Trata-se, também, de uma investigação exploratório-descritiva, utilizando o método de estudo de caso, conforme Yin (2014), que permite uma análise minuciosa de objetos ou fenômenos para obter uma compreensão abrangente. A coleta de dados consistiu em entrevistas realizadas em dezembro de 2023 e janeiro de 2024, com seis atores que exercem papel central no contexto do H₂V no Ceará, os quais receberam códigos de E1 a E6 como forma de confidencialidade.

Os entrevistados representam uma diversidade de papéis relevantes para o estudo. E1 atua como professor e gestor no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), enquanto E2 desempenha as funções de professora, pesquisadora e gestora na Universidade Federal do Ceará (UFC). E3 assume o papel de gestor em um grande consórcio de empresas voltado para a produção do H₂V. E4 atua como consultor de energia e gestor na FIEC. E5 é uma liderança indígena do povo Anacé, uma sociedade indígena que reside nas proximidades do CIPP, além de ser ex-político. E6 exerce a função de gestor do governo na área de preservação do meio ambiente. Juntos, esses entrevistados oferecem uma visão abrangente dos diferentes aspectos relacionados à implementação do hub de H₂V no Complexo do Pecém, no Ceará, caso que foi o foco desta pesquisa.

As entrevistas foram gravadas totalizando 6 horas e 4 minutos de gravação e 51 páginas transcritas. Os dados das entrevistas foram analisados por meio da Análise Textual Discursiva (ADT), utilizando o IRaMuTeQ. As investigações qualitativas têm cada vez mais adotado métodos de análise textual, os quais podem ser aplicados a materiais já existentes ou produzidos pelo próprio pesquisador, como entrevistas ou anotações de campo. A análise discursiva possibilita uma abordagem qualitativa dos dados, explorando os discursos para oferecer novas perspectivas e entendimentos sobre os acontecimentos (Moraes *et al.* 2013).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O Brasil enfrenta desafios em cada uma dessas áreas, mas também apresenta oportunidades de melhoria e potencial de crescimento, conforme Figura 1 e o detalhamento a seguir:

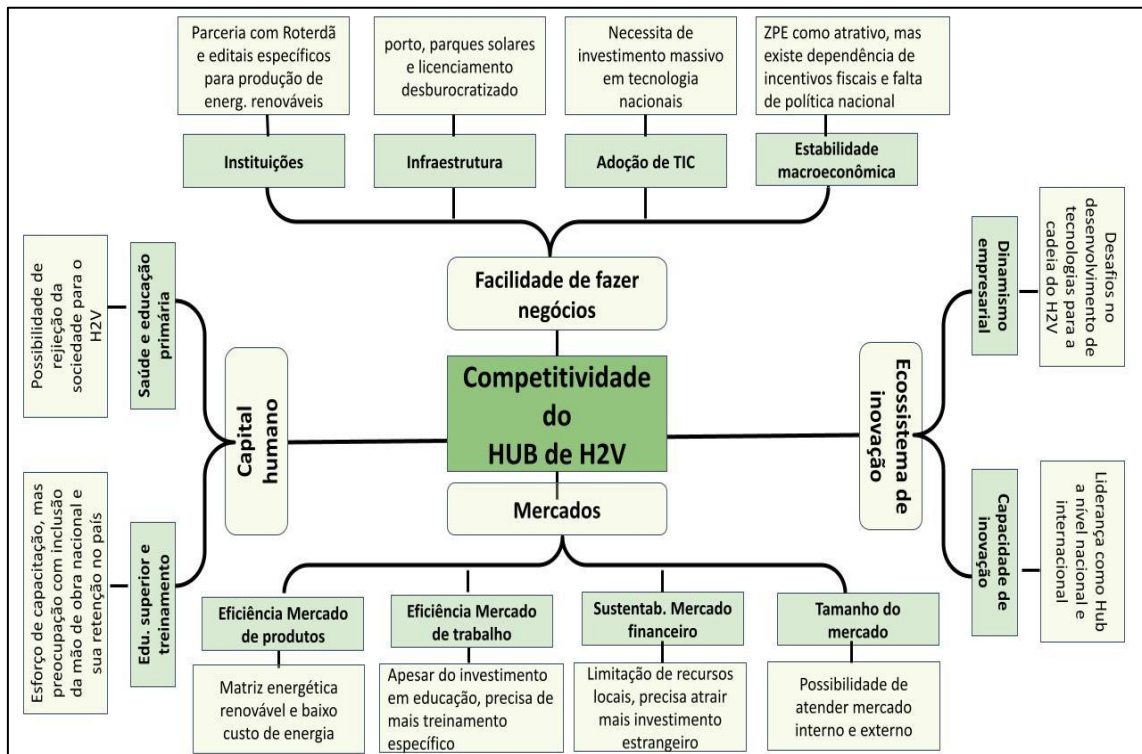


Figura 1 - Competitividade do Brasil com o HUB de H2V cearense

Facilidade de fazer negócios

Infraestrutura: O Ceará destaca-se por possuir uma infraestrutura propícia para a produção de hidrogênio verde, incluindo parques solares e a disponibilidade de áreas como o Porto do Pecém. Esses aspectos podem ser identificados nas falas dos entrevistados, E1 e E2, em que o E2 apontou as modificações realizadas na infraestrutura do Porto do Pecém com a instalação do *Hub* de hidrogênio “(...) *uma série de melhorias na própria infraestrutura do Complexo Industrial e Portuário do Pecém*”. O que, para o E3 nos coloca numa condição de competir:

Mas esses lugares têm uma grande diferença, que têm que construir toda essa infraestrutura antes que eles possam competir. Então, é um fator importante da competitividade. E, bom, como o custo da infraestrutura e tudo isso, obviamente é muito mais caro construir dutos de 3 mil quilômetros, não sei quanto, 2 mil quilômetros. É bem caro. Resultado disso é que eles não vão estar produzindo muito antes de 2035 ou depois (E3).

Essa melhoria das condições da infraestrutura do estado já havia sido apontada por Bezerra (2021). Outro fator importante no que tange a infraestrutura é o licenciamento desburocratizado, conforme é possível verificar nesse trecho:

O licenciamento é peça fundamental em qualquer aspecto de uma obra que possa causar de alguma forma degradação ambiental. Porque as decisões, normalmente as decisões de investimento, elas passam pelo licenciamento. Então, um financiamento bancário, ele só sai se o empreendimento tiver licenciado. Então, as salvaguardas ambientais, é, sobretudo no aspecto de empreendimentos que têm cobrança de índice de governança, que é o esg, governança e sustentabilidade (E6).

O Ceará, ao adotar o modelo de licenciar toda a extensão do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, demonstra uma visão abrangente e estratégica, conforme complementa o entrevistado 6:

Então, aqui no Ceará, o modelo foi o modelo do hub de licenciar toda a área do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, mais de 1200 hectares que tão lá, quase 1300 hectares, onde estão já separadas já a área onde será produzido o hidrogênio, que será na zpe, na frizoni lá da zpe e a área do corredor logístico, onde vão passar as tubulações de gás ou da própria amônia, uma solução consorciada de tancagem, também uma área, que vai receber e concentrar todo o combustível produzido... (E6).

O licenciamento ambiental requer alguns cuidados, pois segundo Duarte, Dibo e Sánchez (2017) nos últimos anos, diversas discussões têm ocorrido sobre possíveis modificações no processo de licenciamento ambiental no Brasil. Especialmente, tem havido debates acalorados em torno da avaliação dos impactos ambientais, especialmente em casos com potencial para causar grandes danos. Alguns líderes políticos e empresariais argumentam que o processo atual é moroso e possui requisitos que dificultam o avanço econômico. Por outro lado, membros da sociedade civil e acadêmicos contestam o licenciamento por sua suposta flexibilidade excessiva, o que resulta na aprovação de projetos com impactos ambientais e sociais consideráveis.

A incipiência na regulação emerge como um desafio central na expansão da indústria de hidrogênio verde no Ceará de acordo com o entrevistado 3, o governo federal desempenha um papel importante na criação de políticas e normativas que incentivem o crescimento sustentável dessa indústria. E3 *“E o governo tem um papel muito importante nisso, que é a parte da regulação, de como incentivar que essa indústria realmente cresça”*. O E6 aponta para a urgência desse processo regulatório:

Então assim, a regulamentação é o principal pra dar certo. Como todos os aspectos. O ambiental seria importante, mas o ambiental, os estados já estão resolvendo. Então a questão da regulamentação é primordial. Isso pode fazer com que o Brasil perca vantagem nessa transição energética (E6).

Conforme destacado por Ramos *et al.* (2022), a implementação de uma estrutura política-regulatória eficiente nos próximos anos terá o duplo efeito de reduzir as incertezas e estimular o mercado, impulsionando a realização de novos empreendimentos.

Ademais, os desafios relacionados ao transporte eficiente e seguro do H2V até os mercados consumidores emergem como uma dificuldade relevante para a viabilidade dessa fonte de energia renovável, conforme apontado por Capurso *et al.* (2022); Jorachick *et al.* (2021), Garlet *et al.* (2023) e Donato *et al.* (2022). O E2 destaca a complexidade em sua fala:

Mesma coisa do navio que vai transportar a amônia, porque aí, depois, o hidrogênio produzido... Uma das alternativas para transportar é reagir com o nitrogênio do ar. Ah, precisa separar o nitrogênio do ar. A tecnologia que vai separar o nitrogênio do ar usa que energia? E aí, uma vez, a amônia sintetizada é colocada no navio. Esse navio vai ser a diesel, que ele vai se transportar? (E2).

De acordo com Donato *et al.* (2022), seria pouco eficaz produzir por meio de um processo isento de fontes poluentes, enquanto a distribuição ainda ocorre de maneira convencional. Portanto, tanto a fase de produção quanto o processo logístico devem ser conduzidos sem a dependência de fontes tradicionais (Donato *et al.* 2022). Isso sugere a necessidade de investimentos em soluções logísticas específicas para o transporte seguro e eficiente do H2V, considerando não apenas a fase de produção, mas também a etapa da distribuição até os consumidores finais.

Diante desse panorama, torna-se imperativo que a indústria e o governo Federal e do estado do Ceará invistam em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias logísticas inovadoras

e sustentáveis. Isso não apenas mitigaria os riscos associados ao transporte do H2V, mas também impulsionaria a aceitação e a expansão desse recurso como uma fonte de energia viável e ambientalmente amigável, conforme apontado por Capurso et al. (2022).

Instituições: A parceria estratégica com Roterdã representa um marco significativo para o Ceará, como destacado pelo participante E1:

A própria parceria que o estado do Ceará tem, a sociedade formal que nasceu com o Porto de Roterdã, agora nós estamos ampliando essa governança aqui para incluir também a participação do Porto de Roterdã na construção dessa cadeia produtiva. Então, você ter o Porto de Roterdã como sócio aqui é muito importante nesse momento, porque Roterdã é a principal porta de entrada dos produtos de energia para a Europa, principalmente para a Alemanha (...) Esse tipo de governança e parceria que você vê aqui no estado do Ceará, você não encontra em nenhum outro estado do Brasil. (E1)

Além disso, Roterdã é reconhecida como um dos locais-chave para acesso ao mercado consumidor, como ressaltado pelo participante E2: “*Os lugares chave dos cenários são Roterdã, na Europa, e Tóquio, no Japão*”. Essa parceria estratégica não só impulsiona a economia do Ceará, mas também amplia suas conexões globais e abre portas para um futuro promissor no setor de energia verde.

Ainda, a formação de redes colaborativas com outras instituições acadêmicas, centros de pesquisa, indústrias e startups pode criar um ecossistema robusto em torno do hidrogênio verde:

E estimulando também a própria iniciativa privada a colocar recursos. A Fiec também fez edital nesse sentido. Mas, recentemente, o governo do estado fez algumas articulações com o governo federal para lançar editais específicos para energias renováveis e hidrogênio verde (...) Existe uma parceria do governo do estado do Ceará com o Sesi que já está qualificando diversos empreendedores nessa área, especificamente. (E1)

De acordo com Garlet *et al.* (2023) é necessário investimento massivo em capacitação profissional direcionada ao mercado de hidrogênio.

Assim, as parcerias internacionais não apenas promovem o avanço tecnológico, mas também abrem portas para oportunidades econômicas e a inserção do Ceará em um cenário global mais amplo.

No que diz respeito a **Prontidão tecnológica**: outros países já estão avançando na produção de hidrogênio verde, o que pode acirrar a concorrência global:

E é importante também colocar nesse sentido que, como essa cadeia produtiva do hidrogênio verde está sendo formada em todo o mundo, os diversos países estão também desenvolvendo as suas tecnologias agora (...) no caso dos painéis solares, a China dominou a produção. O Brasil precisa estar atento para participar também, não só da produção, do hidrogênio. E é como está todo mundo começando, mais ou menos. A melhor hora é essa (E1).

Contudo, as preocupações do E2 sobre a possibilidade de vender os recursos naturais a preços desvalorizados ressoam com particular relevância para o Ceará.

Quem vai sair na frente? A Alemanha. Quem vai sair na frente? A Austrália. A Ásia. Os próprios Estados Unidos. Com certeza. É o risco que se corre. Porque toda a nossa conversa sempre vinha pro mesmo lugar. Pra que isso valha a pena, mesmo pra quem vai virar commodity, a nossa energia precisa ter um custo muito, muito, muito baixo (E2).

Contudo, para o E3 e E6, ter energia a custo baixo é uma vantagem competitiva: “O custo da nossa energia aqui é muito baixo, quando se fala de um empreendimento que vai funcionar aí 30, 40 anos, o principal insumo é a energia” (E6).

De que forma os países diferentes são mais competitivos? Um pode ficar na questão do incentivo. Então, os Estados Unidos que têm esses incentivos grandes vão ficar competitivos. Eles vão ficar mais competitivos por preço no mercado. Mas, se você fala da Namíbia, do Marrocos, de tudo isso, eles não têm, como o Brasil igualmente, não têm condições de fazer esse tipo de subsídio, realmente. Então, estes países, igualmente como o Brasil, estão competindo no custo da energia renovável. E o custo da energia renovável é entre 60 por cento e 70 por cento do custo final do hidrogênio. Então, a forma de competir é ter energia renovável (E3).

Ainda, a dependência tecnológica emerge como um desafio crítico para a indústria brasileira de H2V:

É uma dependência tecnológica. Olha, infelizmente, nós somos um país já industrializado, mas temos uma dependência tecnológica muito grande. A indústria automobilística brasileira, que já é madura, já tem uns 50 anos de existência, a tecnologia toda é externa. Nós não temos um fabricante nacional, com tecnologia totalmente nacional. Você tem alguns centros de pesquisa para fazer adaptações e tudo, mas, qual é a marca nacional? Temos a indústria do setor eólico, temos 6 empresas produzindo aerogeradores, só uma é nacional, Realmente não existe no Brasil ainda. Então, vai ter que ser desenvolvida”. (E4)

Portanto, ao direcionar esforços para promover a pesquisa, o desenvolvimento e a capacitação técnica no Brasil, pode não só fazê-lo participar ativamente da revolução do H2V, mas também se posicionar como um protagonista independente e inovador, destacando-se no cenário internacional.

Estabilidade macroeconômica: a presença da ZPE no Ceará oferece incentivos tributários favoráveis para empresas voltadas à exportação, impulsionando a competitividade:

Tem um instrumento importante aqui que é a ZPE, a Zona de Processamento de Exportação, que ela já dá um incentivo tributário muito bom para as empresas voltadas para a exportação. Esse instrumento foi o primeiro criado aqui no Ceará, aqui no Pecém. A ZPE nossa já tem 10 anos. Ela foi a primeira do Brasil e agora outros estão começando a se instalar, mas ainda muito no início. A gente tem essa combinação de fatores que nos coloca realmente na vanguarda (E1).

A ZPE oferece incentivos tributários favoráveis, especialmente projetados para empresas com foco na exportação. Essa estratégia visa atrair investimentos e promover a competitividade das indústrias voltadas para o mercado global, consolidando o Ceará como um *hub* de produção de hidrogênio verde.

Porém, a dependência de incentivos fiscais é um ponto crítico para o Brasil:

(...) na fase inicial, o hidrogênio verde talvez seja duas vezes o preço da alternativa fóssil. Então como vai acontecer essa transição se não tem incentivo econômico? Então, o governo tem que criar incentivos, questões de custo do carbono, um tipo de taxa em cima do carbono (E3).

Os Estados Unidos já definiram seu programa, o inflation reduction act. Então, lá, quem produzir um quilograma de hidrogênio verde vai receber um subsídio de 3 dólares. (...) As primeiras plantas os custos serão mais elevados. Na certeza de que,

com o amadurecimento do processo ele se torne mais competitivo. Isso é totalmente dependente de políticas públicas (E4).

O Brasil não tem como competir com subsídios da Europa, da Alemanha, né? Não tem como competir com subsídios dos Estados Unidos, né? Os Estados Unidos estão prevendo injetar em forma de subsídio, acho que 400 bilhões na produção de hidrogênio e a gente não tem como competir com isso. O que a gente tem que fazer, dentro da nossa realidade, é trabalhar com incentivos fiscais, que aí acho que é diferente. (E6).

Esta perspectiva do E6 ressoa com as ideias de Pinheiro e Horta (1992), que destacam a importância dos fatores macroeconômicos, como políticas governamentais e flutuações nas taxas de câmbio, na determinação da competitividade nacional.

A experiência bem-sucedida do Pecém, embora sirva como referência positiva (conforme indicado por Garlet *et al.* 2023), também implica uma maior pressão competitiva, pois outros estados buscam replicar e até mesmo superar os resultados alcançados. A capacidade do Ceará de manter-se na linha de frente do mercado de hidrogênio verde é importante para consolidar sua posição como um polo estratégico na transição energética nacional. No entanto, conforme apontado por Chantre *et al.* (2022) e corroborado por Garlet *et al.* (2023), essa atuação isolada por parte dos estados pode trazer morosidade na consolidação de estratégias nacionais para viabilizar que o país se consolide nesse mercado.

Ademais a falta de uma política nacional para tecnologia e inovação consolidada no Brasil, conforme aponta também os resultados de Garlet *et al.* (2023).

Mas nesse caso especificamente, o trato de mudanças climáticas, o mais importante ainda é essa coordenação do governo, o direcionamento de políticas públicas que possam ser mais eficientes nesse processo de transição energética (E1).

A ausência de um direcionamento claro por parte do governo federal cria um vácuo de orientação para o Ceará. E4 destaca a disparidade entre o Brasil e a Europa no que diz respeito à formulação de políticas. *“Então, esse começo é um começo difícil que depende de políticas públicas. Aqui no Brasil nós não temos nenhum ainda, no entanto, na Europa já existe”* (E4). *“Essa é a grande pergunta, não é? Se o Brasil não vai perder a oportunidade, como a história sempre que a gente fala, o Brasil é o país da oportunidade. Mas depende da política”* (E3). Essa carência nacional afeta diretamente as iniciativas no Ceará, pois limita a capacidade do estado de implementar medidas assertivas que favoreçam a adoção de tecnologias mais sustentáveis, como o hidrogênio verde.

Para superar esse desafio, é imperativo que o Brasil estabeleça políticas nacionais que forneçam diretrizes claras e incentivos para a transição para energias mais limpas. Especificamente no contexto do Ceará, uma coordenação mais efetiva entre os níveis estadual e federal é essencial para alinhar estratégias e impulsionar o estado na vanguarda da produção de hidrogênio verde.

Mercados

Tamanho do mercado: o potencial do Ceará do Brasil para se tornar um *player* na produção de H₂V não está limitado apenas à geração de energia limpa: *“o uso do hidrogênio em diversas aplicações, parte de combustíveis sintéticos renováveis, distribuição em rede de indutos”* (E1). *“Porque o hidrogênio verde é a chave para descarbonizar esses setores dos clientes, que são de difícil descarbonização. Por exemplo aço, cimento, transporte, todas as coisas que não têm soluções fáceis”* (E3). E6 destaca ainda que o mercado interno do Ceará também pode ser beneficiado pela produção de H₂V, especialmente considerando a presença de setores intensivos em carbono, como a produção de aço e cimento.

Ademais, o Ceará possui condições favoráveis para a produção de hidrogênio verde, com recursos naturais abundantes:

Aqui no Nordeste tem energia eólica e solar. Vários países têm energia eólica, até melhor do que aqui. Mas só tem energia eólica naquela região. Só tem energia solar na outra região. O Chile é assim, né? Tem energia solar numa região, energia eólica na outra. Aqui a gente tem na mesma região. Isso aí são duas fontes de energia. Então, todos os estudos em função da política do Brasil, da economia do Brasil, do que a natureza nos ofereceu. O Brasil é a bola da vez (E4).

Complementar a isso o E6 aponta que o Ceará já conta com projetos de energia licenciados prontos para efetivarem contratos: *“Então, o Ceará, só de energia solar, nós temos 20 gigas licenciados. De energia eólica nós temos mais 4 gigas. Então são empreendimentos que estão prontos, aguardando, de repente, um contrato com uma empresa dessas de hidrogênio verde” (E6).*

A visão estratégica também é apontada pelo E6, que enfatiza a importância de, inicialmente, concentrar esforços na exportação para mercados externos, especialmente na Europa: *“Mas eu penso e aí é uma opinião pessoal minha, que nesse primeiro momento a gente, o foco maior vai ser exportação. A gente tá falando de países como na Europa, principalmente, eles conseguem arcar com esse custo” (E6).*

Além do que, a perspectiva de certificar o Nordeste brasileiro como uma zona com mais de 90 % de geração renovável oferece oportunidades:

E o Brasil tem uma grande vantagem, especificamente na exportação para a Europa, porque nas regras da certificação que está sendo definida na União Europeia, eles dizem que o grid, o sistema integrado, é considerado verde se a produção de renováveis é em cima de 90 por cento da geração e na área onde você está produzindo hidrogênio verde (E3).

Essa certificação pode tornar-se uma ferramenta estratégica, pois estabelece um diferencial competitivo para o hidrogênio verde produzido na região nordeste do Brasil.

Eficiência do mercado de produtos: O Brasil se destaca mundialmente por sua matriz energética predominantemente renovável, destacando-se em especial pelas fontes de energia hidrelétrica, eólica e solar. Essa configuração energética confere ao país uma vantagem competitiva singular na produção de hidrogênio verde, conforme ressaltado pelo E3 e corroborado por IEA (2015), IRENA (2022) e Garlet *et al.* (2023). E3: *“Então, o Brasil importando na Europa vai estar mais competitivo que os produtores na Europa mesmo. E isso é em função da disponibilidade de energia renovável barata e abundante no Brasil”.*

A convergência de fontes renováveis abundantes e custos operacionais reduzidos cria um cenário altamente favorável para o Ceará, destacando-o como um polo de excelência na produção de hidrogênio verde.

Sustentabilidade do mercado financeiro: a limitação de recursos locais emerge como uma preocupação:

As empresas nacionais, os bancos nacionais, não têm essa capacidade de atender às necessidades de recursos. O BNB aqui tem um programa muito grande, o fne, que estimula diversas atividades. O volume do FNE, comparado com o que vai ser necessário nessa transição, é uma quantidade ínfima. Então, o problema de recursos é um problema que, felizmente, essas empresas que estão vindo de fora, já vem com os recursos pré equacionados. (E4).

Esta limitação financeira pode representar um desafio significativo, prejudicando o pleno desenvolvimento da indústria do H2V no Brasil.

E4 destaca e corroboram os estudos de Chantre *et al.* (2022) e Garlet *et al.* (2023) que, nas fases iniciais, os projetos enfrentam desafios financeiros, no entanto, para o E4, com o amadurecimento da tecnologia e o desenvolvimento do processo, a competitividade tende a aumentar e os custos baixarem, conforme também confirmado por Garlet *et al.* (2023). E4: *“As primeiras plantas, utilizando a tecnologia atual e tudo, os custos serão mais elevados. Na*

certeza de que, com o amadurecimento do processo, com o desenvolvimento da tecnologia, ele se tornará mais competitivo”.

O E6, compartilhando a mesma preocupação, destaca a necessidade de o Brasil avaliar sua disposição para arcar com o custo inicial:

A gente tem uma produção que poderia consumir muito esse hidrogênio, porque a gente tem um parque siderúrgico, que é um parque considerável, muito baixo se comparado com China, que é o maior produtor de aço do mundo, mas nós temos, nós temos produção de aço, nós temos produção de cimento, para ficar em 2 exemplos de grandes indústrias que tem muita emissão de co2. Mas aí nós temos que entender, o Brasil tem que entender, se ele está disposto a pagar, nesse momento inicial, o custo disso. Porque o custo de hidrogênio agora, ele vai ser um custo mais alto (E6).

Eficiência do mercado de trabalho: a demanda por habilidades técnicas específicas no processo de produção de H2V destaca um desafio quando se trata de tecnologias emergentes, como as células a combustível, conforme enfatiza Garlet *et al.* (2023),

A célula a combustível, que é outro equipamento superespecializado. Ele faz o caminho inverso do eletrolisador (...) O Senai tem, a universidade tem, mas são coisas pequenas que não são nem próprias para o uso no automóvel, no caminhão. Agora, se você não tem ainda a célula a combustível, não tem o veículo e tudo, dar um treinamento prático é complicado. Você vai precisar ter realmente o interesse das pessoas, mas esse treinamento prático vai ser à medida que as coisas forem acontecendo (E4).

O desenvolvimento de programas educacionais específicos, parcerias estratégicas e investimentos em infraestrutura para treinamento prático são fundamentais para garantir que os profissionais locais adquiram as habilidades necessárias para impulsionar efetivamente a produção e utilização do H2V no país.

Ecossistema de inovação

Capacidade de Inovação: A complexidade da cadeia de valor do H2V apresenta desafios. Ao abordar essa complexidade, é crucial considerar não apenas a produção direta do hidrogênio, mas todo o processo envolvido, desde a fonte de energia utilizada até o transporte e o consumo final.

Não, é uma tecnologia verde. Eu aplico uma corrente elétrica e quebra a molécula da água dando hidrogênio e oxigênio. Mas qual é a fonte dessa energia que você utilizou para eletrolisar a água? Se ela vem de uma termelétrica. Ele continua verde?(...) Aqui, o eletrolisador tem um problema. Ele precisa de uma fonte de energia estável. Aí, o Sistema Nacional de Energia, em termos de transmissão, de capacidade de potência, está preparado para a quantidade de energia que essas empresas vão utilizar? (E2).

A cadeia de valor do hidrogênio verde também envolve questões relacionadas ao transporte e ao consumo final.

Dinamismo empresarial: a liderança do Ceará no desenvolvimento de um *hub* de hidrogênio verde oferece oportunidades de exportação significativas, destacando o estado na competição nacional e internacional:

(...) Agora, a gente tem uma expectativa de que, com esse hub de hidrogênio verde, os primeiros investimentos anunciados, de 8 bilhões de dólares até 2030, só para a produção de hidrogênio. (E2)

Esse potencial do *hub* é reforçado pela fala do E2: “Então, é *hub* por quê? Porque é um lugar que vai se beneficiar de uma infraestrutura portuária e de oferta de energias renováveis para, como eu disse, transformar essas energias em hidrogênio e poder distribuir o nome *hub* para vários lugares do planeta”. Além do que há uma expectativa no aumento da oferta de empregos por conta do *Hub* E1: “Com esses investimentos, a expectativa é que o número de

empregos aqui no Ceará, por conta do *Hub*, aumente em mais de 80 mil reais. Por fim, a governança desse *hub* está muito bem estruturada de acordo com o E1: “*E agora em setembro foi formalizado através de um projeto de lei aprovado na assembleia legislativa do estado do Ceará e criou um conselho para tratar o desenvolvimento desse hub*”.

Capital humano

Saúde e educação primária: a rejeição da sociedade à indústria de H2V pode representar um obstáculo para a sua implementação, especialmente se a percepção for de que essa indústria não contribui efetivamente para uma transição justa e sustentável. Essa preocupação é enfatizada pelo E5: “*Então, isso sempre foi a nossa briga. O porquê de trazer esses grandes empreendimentos, retirar a água daqueles que não têm, em favor daqueles que só vão vender e, principalmente, vender pra fora*” (E5).

Lidar adequadamente com as preocupações e expectativas da sociedade é essencial, conforme ressalta E1:

Aí você tem toda essa parte de meio ambiente, sustentabilidade, que vai demandar atenção dos profissionais dessa área, na parte de governança, na parte de relacionamento com a sociedade, aquelas habilidades que eu falei ali, não só o conhecimento técnico, mas o conhecimento de lidar com as pessoas. Isso aí é cada vez mais importante. (E1)

Além do que, a entrada de grandes projetos pode representar uma ameaça ao modo de vida e na perda de elementos culturais essenciais das comunidades como a Anacé, causando deslocamento cultural e social devido às mudanças no ambiente:

Muito que a gente entende é que esses empreendimentos tendem a tirar as pessoas dos seus lugares. Então que natural é esse que tira as pessoas do seu natural? Então isso tudo tem que ser muito pensado, muito dialogado com o povo. A nossa existência sempre causou esse impacto. Porque para eles, tendo povos indígenas, seria uma grande dificuldade para que esses empreendimentos acontecessem. (E3)

A preocupação expressa sobre a retirada de água do mar aponta para potenciais impactos ambientais, incluindo a possibilidade de afetar a vida marinha:

A gente já se assusta com 800 litros por segundo. Agora, você imagina uma termoelétrica maior que isso, que vai tirar muito mais. Não seria 800, seriam números muito maiores, na casa dos mil ou milhares de litros. Então, de onde seria essa água? Eles falam em tirar também do mar, mas a gente pensa que tudo isso não pode ser também um risco, porque retirar do mar também vai causar impacto. O que vai estar no mar, sejam criaturas, animais, tartarugas, peixes, tudo isso também tende a vir com a água, porque essa água vai ser sugada, puxada e tende a vir dentro dessas máquinas. Então, você vê que essas energias que eles dizem limpa, também tem o seu outro lado (E5).

A gestão responsável desses riscos exige investimentos adicionais em medidas de segurança, monitoramento ambiental e conformidade regulatória (Ramos *et al.* 2022). Além disso, destaca a importância da consulta e participação ativa das comunidades locais nas decisões relacionadas a projetos de hidrogênio verde. Essa abordagem inclusiva é crucial para evitar conflitos, construir uma base sólida de aceitação pública e garantir que o desenvolvimento da indústria de hidrogênio verde no Ceará seja verdadeiramente sustentável, considerando as preocupações ambientais e sociais da região. Pois, conforme o estudo de Neofytou *et al.* (2020) é crucial compreender como as comunidades recebem e apoiam iniciativas voltadas para a sustentabilidade.

Educação superior e treinamento: existem esforços significativos no desenvolvimento de capital humano, como cursos, treinamentos e laboratórios especializados, para capacitar profissionais no setor de H2V:

Nós estamos aqui na FIEC, nós temos aqui o senai, temos o IEL. Tanto o senai como o iel já ampliaram seus cursos voltados para o tema do hidrogênio, para o tema da transição energética (...) Mas, felizmente, não é só o IEL. Nós temos aqui nas universidades, diversas universidades, UFC, UECE, já com cursos voltados para essa área. Inclusive, como eu falei, aumentando a quantidade de pesquisadores que estão se direcionando para essa área (E4).

Confirmando esse fato o E1 complementa que o governo tem investido muito em capacitação “*O Estado do Ceará tem um programa de qualificação muito grande para preparar essa boa mão de obra para atuar nessas novas indústrias que estão chegando por aí*”. O E2 confirma:

O governo do estado lançou um programa recentemente também para formação em 2024 de 10 mil técnicos. Aí a primeira etapa de formação desses 10 mil técnicos é a formação dos multiplicadores, ou seja, dos professores que vão formar esses 10 mil técnicos. E aí vai se utilizar a infraestrutura capilarizada que os institutos federais (E2).

O E6 expressa a preocupação com a necessidade de desenvolver e reter mão de obra qualificada na região cearense: “*é fundamental que a gente tenha oportunidade de treinar esses funcionários para que essa mão de obra fique aqui né? Que ela seja aproveitada e seja daqui, da comunidade para que os empregos fiquem efetivamente aqui e que tragam resultado positivo para comunidade*” (E6).

Por fim, alguns outros fatores que também afetam a competitividade do Brasil foram levantados, no entanto, não foram encaixados em nenhum dos critérios propostos em virtude de que eles se referem ao ambiente internacional sobre o qual o Brasil tem pouca ou nenhuma gerência, exemplo disso é a certificação do hidrogênio, a qual depende organismos internacionais e instituições ligadas ao mercado consumidor.

Desafios na certificação: a certificação, conforme os entrevistados e os resultados apontados por Garlet *et al.* (2023) representa um desafio para a consolidação do mercado de H2V no país:

Quais são os parâmetros para certificação, o que é que se considera hidrogênio verde? Por exemplo, a Europa já disse que o hidrogênio verde se for produzido a partir do grid de energia, ele tem que ser produzido a partir de eletrólise, de energia renovável, com mais de 90 por cento de energia renovável (E1).

(...) Uma questão é a certificação do hidrogênio verde. Então, quando é verde, baixo carbono ou azul. Então, tudo depende. Depende das regras da certificação. E o Brasil tem uma grande vantagem, especificamente na exportação para a Europa, porque nas regras da certificação que está sendo definida na União da Europa, eles dizem que o grid, é considerado verde se a produção de renováveis é em cima de 90 % da geração e na área onde você está produzindo hidrogênio verde (E3).

A certificação tem sido um ponto complexo. Porque a gente tem que entender que, primeiro, a certificação, ela tem que ser em nível nacional, mas na prática, quem vai estabelecer o que seria, né? Seriam os clientes. Então, não adianta o Brasil ter uma espécie de certificação que não seja reconhecida por exemplo pela Europa, que vai ser o nosso maior consumidor do hidrogênio verde (E6).

Volatilidade dos Preços: A volatilidade dos preços representa um desafio para a competitividade do Brasil no mercado internacional, especialmente quando se consideram fatores como os preços da energia renovável e as flutuações nos custos de produção do hidrogênio verde. Conforme destacado pelo E3 e corroborado em estudos de Garlet *et al.* (2023), a incerteza em torno dos preços leva os potenciais clientes a hesitar em assinar contratos de longo prazo, optando por manter suas opções abertas. Por sua vez, O E4 ressalta a importância de considerar não apenas a competitividade econômica baseada em preços, mas também os incentivos e subsídios governamentais:

Mas, a competitividade econômica, só de preço, sem considerar esses incentivos ou subsídios, não desenvolve o mercado. O governo do Ceará está fazendo tudo o que está na sua alçada. Porque ele reduziu o imposto ICMS. Quem for produzir energia para o hidrogênio verde, já não paga icms. Mesmo em produção de energia de outros estados, ao passar para o estado do Ceará, não paga o ICMS (E4).

O desafio futuro será manter um equilíbrio entre a promoção de fontes sustentáveis de energia, a competitividade econômica e a atração de investimentos para garantir o crescimento contínuo do setor no país.

Mercado consumidor incerto: A incerteza e a falta de desenvolvimento consolidado no mercado (Chantre *et al.* 2022), representam uma barreira para a implementação de projetos de hidrogênio verde no Brasil:

Mas só vão tomar a decisão final de investimento quando tiver o seu mercado assegurado. E esse mercado ainda não está desenvolvido, ainda não garante que uma empresa que se instale aqui vá ter um comprador, vá ter uma venda assegurada. Então, por isso é que está demorando” (...) “Ainda não se tem esse mercado consumidor. (E4)

A incerteza sobre a existência de compradores potenciais e vendas garantidas cria um ambiente desafiador para as empresas que consideram estabelecer-se na região. Essa hesitação pode resultar em atrasos significativos na implementação de projetos, afetando diretamente a atratividade e a viabilidade econômica dessas iniciativas.

Apesar das dificuldades a serem enfrentadas, acredita-se que o Brasil possa atingir um certo nível de competitividade no mercado internacional na produção de hidrogênio verde. Embora ainda não se posicione como líder na produção de hidrogênio fóssil, poderá competir com nações que já possuem expertise nesse campo e estão migrando para a produção de hidrogênio verde. De acordo com Panchekeo *et al.* (2023), essas regiões incluem Austrália, União Europeia, Índia, Canadá, China, Federação Russa, Estados Unidos da América, Coreia do Sul, República da África do Sul, Japão e países do norte da África, possuem alto potencial para serem produtoras e exportadoras do H₂V. Embora o Brasil não tenha sido avaliado em sua pesquisa, com base na análise feita nessa pesquisa, entende-se que o Brasil poderá fazer parte desse grupo de grandes exportadores conforme apontado por Garlet *et al.* (2023).

5. FORMATAÇÃO DAS CITAÇÕES E DAS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

O objetivo de avaliar a competitividade do Brasil com a implantação do *Hub* de Hidrogênio verde do Ceará foi alcançado. A análise destacou que a competitividade do Brasil pode ser impulsionada por fatores positivos que incluem infraestrutura adequada, parcerias estratégicas, benefícios da ZPE, recursos naturais abundantes, matriz energética renovável, potencial de exportação, liderança como *hub* de hidrogênio verde e investimentos em iniciativas educacionais, desenvolvimento de novos mercados, colaboração público-privada, demanda internacional, colaboração com instituições de ensino e o potencial de atrair investidores estrangeiros e de pesquisa.

No entanto, existem desafios nesse processo, os quais envolvem regulação incipiente, dependência excessiva de incentivos fiscais, recursos financeiros limitados, falta de capacitação técnica específica, dependência de tecnologias estrangeiras, ausência de políticas nacionais claras, rejeição da sociedade, deslocamento cultural e riscos ambientais e sociais e acirrada competição entre estados brasileiros, além de outros fatores do ambiente externo como o custo inicial elevado, desafios na certificação, volatilidade dos preços, competição internacional e os desafios logísticos de armazenamento e transporte eficiente do Hidrogênio verde.

A ausência de garantias sólidas no mercado também representa um obstáculo para a maturação da indústria de hidrogênio verde no país. O desenvolvimento lento desse mercado compromete não apenas a capacidade de atração de investimentos, mas também a efetiva contribuição para a transição energética e o desenvolvimento sustentável regional.

Como limitação do estudo, pode-se destacar a falta de exploração das implicações econômicas das diferentes fontes de abastecimento hídrico para o Hub de Hidrogênio Verde no Ceará, o que poderia enriquecer as análises de viabilidade econômica e sustentabilidade financeira do projeto. Sugere-se que pesquisas futuras abordem análises da competitividade do Brasil e de outros países latinos, à luz da Teoria institucional para comparar como as iniciativas institucionais de regulamentação dos países, concessão de licenças, definição de estratégias para o H2V podem contribuir para o diferencial competitivo desses países na transição energética global.

REFERÊNCIAS

- Bezerra F. D (2021). “Energia Solar”– *Caderno Setorial ETENE* - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste.
- Capurso, T., Stefanizzi, M., Torresi, M., & Camporeale, SM (2022). Perspectiva do papel do hidrogênio na transição energética do século XXI. *Conversão e Gestão de Energia* , 251 , 114898.
- Castro, N.; Santos, V.; Aquino, T (2021). O Brasil e as estratégias da Alemanha para o Hidrogênio Verde. *Broadcast Energia*. Agência Estado de São Paulo. 2021. Disponível em: <<https://gesel.ie.ufrj.br/publicacao/o-brasil-e-as-estrategias-da-alemanha-para-o-hidrogenio-ver-de/>>. Acesso em: 11 jan. 2024.
- Cecilia-nicoleta, Jurcu T., & Alexandru, B. (2015). PERCEPÇÃO DA COMPETITIVIDADE GLOBAL NO CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: OS CASOS DA ROMÊNIA E DA BULGÁRIA. *Anais da Universidade de Targu-Jiu, Constantin Brancusi. Série Economia/Analele Universităţii'Constantin Brâncuşi'din Târgu-Jiu Seria Economie* , 1 (1).
- Chantre, C; et al (2022). Desenvolvimento da economia do hidrogênio no Brasil: uma análise da percepção dos stakeholders. *Sustentar Prod Consum.*; 34: 26e41. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2022.08.028>.
- Delgado, F., & da Costa, A. M. (2021). Os caminhos do país na construção da economia global do hidrogênio. *Revista Conjuntura Econômica*, 75(03), 38-42.
- Donato, V., Vieira, C. S., Andrade, M. S., Albuquerque, R. V., & Santos, C. C. R. (2023). Resiliência da Cadeia de Suprimentos do Hidrogênio Verde. *Revista Foco*, 16(1), e821-e821.
- EPBR (2022). *As características da normativa estadual para produção do hidrogênio verde do estado do Ceará e as diferentes perspectivas que a impulsionaram*. Disponível em: <https://epbr.com.br/as-caracteristicas-da-normativa-estadual-para-producao-de-hidrogenio-ver-de-do-estado-do-ceara-e-as-diferentes-perspectivas-que-a-impulsionaram/>. Acesso em: 19 Fev. 2024.
- EPBR (2023). *Hidrogênio verde: conheça 10 projetos promissores em desenvolvimento no Brasil*. Disponível em: <https://epbr.com.br/hidrogenio-verde-conheca-10-projetos-promissores-em-desenvolvimento-no-brasil/>. Acesso em: 19 Fev. 2024.
- Garlet, T. B., de Souza Savian, F., Ribeiro, J. L. D., & Siluk, J. C. M. (2024). Unlocking Brazil's green hydrogen potential: Overcoming barriers and formulating strategies to this promising sector. *International Journal of Hydrogen Energy*, 49, 553-570.
- Guerra, E. L. D. A. (2014). Manual de pesquisa qualitativa. *Belo Horizonte: Grupo Anima Educação*.
- Gurlit, W.; Guillaumon, J.; Aude, M.; Castro, H (2021). Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo. *Mckinsey*. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-d-e-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

- H2 Brasil (2022). - *Expansão do Hidrogênio Verde. Avaliação do potencial da indústria brasileira para o desenvolvimento da cadeia de valor do Hidrogênio Verde com foco no Estado do Ceará*. Relatório 1 - Cadeia de Valor do Hidrogênio Verde. Disponível em: <https://www.h2verdebrasil.com.br/estudos-e-artigos/>. Acesso em: 18 Fev. 2024.
- IEA - International Energy Agency (2023). *Global Hydrogen Review 2023*. França: *IEA Publications*.
- IEA - International Energy Agency (2015). **Wind**: 2014 Annual Report. United States, 2015: International Energy Agency. *IEA Publications*.
- IRENA – International Renewable Energy Agency (2022). *Green hydrogen for industry: A guide to policy making*. Abu Dhabi.
- Kim, S. Y. (2021). National competitive advantage and energy transitions in Korea and Taiwan. *New Political Economy*, 26(3), 359-375.
- do Carmo Galiuzzi, M., & Ramos, M. G. (2013). Aprendentes do aprender: um exercício de análise textual discursiva. *Indagatio Didactica*.
- Panchenko, VA, Daus, YV, Kovalev, AA, Yudaev, IV, & Litt, YV (2023). Perspectivas para a produção de hidrogênio verde: Revisão de países com alto potencial. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48 (12), 4551-4571.
- Pinheiro, A. C. (1992). Exportação: Índices setoriais para o período 1980/88.
- Porter, M. E (1993). A vantagem competitiva das nações. Rio de Janeiro: *Campus*.
- Raccichini A.; Contardi, M.; Ristuccia, S M (2022). *The Brazilian Hydrogen Move*. FGV (Fundação Getúlio Vargas). Disponível em: <https://www.fgv-europe.de/fgv-reports/the-brazilian-hydrogen-move/>. Acesso em: 23 Fev 2024.
- Ramos, C. C.; Cantarino, V. B. P.; Aquino, T. C. N.; Castro, N. J.; Sena, A. T. O (2022). Financiamento internacional da economia do hidrogênio: uma visão a partir dos países importadores. *Blucher Engineering Proceedings*, v. 9, n. 1, p. 1158-1179.
- SAE Brasil (2022). *O que podemos esperar do hidrogênio como combustível no Brasil?* Disponível em: <https://saebrasil.org.br/noticias/o-que-podemos-esperar-do-hidrogenio-comocombustivel-no-brasil/>. Acesso em: 19 Fev. 2024.
- Sorj, Pablo; Santis, Natalia de (2024). *Brasil precisa viabilizar o financiamento para o hidrogênio verde*. EPBR, coluna de opinião, 2 fev 2024. Disponível em: <https://epbr.com.br/brasil-precisa-viabilizar-o-financiamento-para-o-hidrogenio-verde/>. Acesso em 03 fev, 2024.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de Caso-: Planejamento e métodos*. Bookman editora.