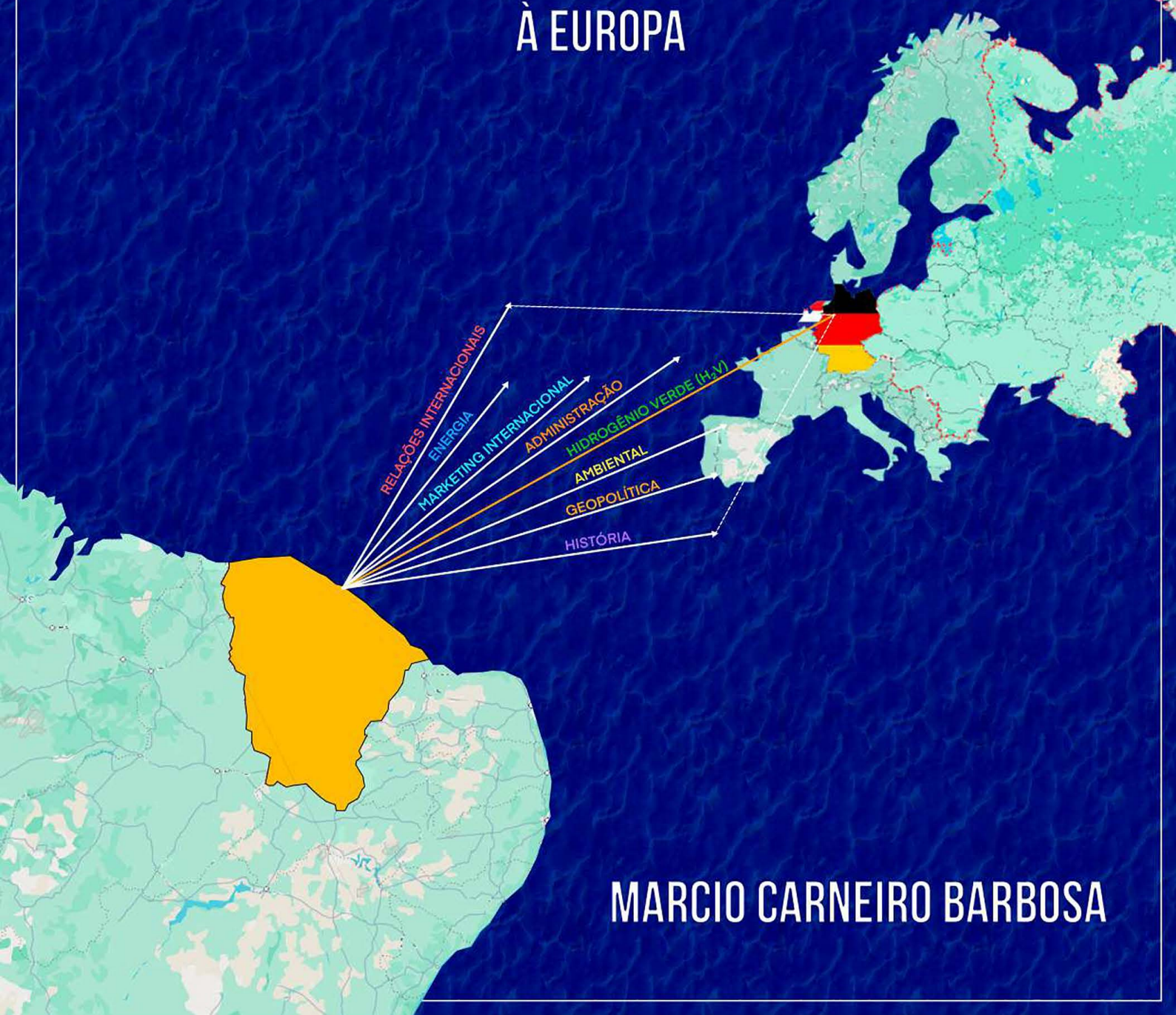


SEVEN

EDITORA
2026

A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E A DESCARBONIZAÇÃO MUNDIAL DA ECONOMIA

A CONTRIBUIÇÃO E O PAPEL ESTRATÉGICO DO CEARÁ NA
PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE
À EUROPA



MARCIO CARNEIRO BARBOSA

EDITORA CHEFE

Prof^o Me. Isabele de Souza Carvalho

EDITOR EXECUTIVO

Nathan Albano Valente

AUTOR DO LIVRO

Márcio Carneiro Barbosa

PRODUÇÃO EDITORIAL

Seven Publicações Ltda

EDIÇÃO DE ARTE

Evellyn Thais de Souza

EDIÇÃO DE TEXTO

Stephanie Caroline Meyer de Quadros

BIBLIOTECÁRIA

Bruna Heller

IMAGENS DE CAPA

Evellyn Thais de Souza

2026 by Seven Editora

Copyright © Seven Editora

Copyright do Texto © 2026 Os Autores

Copyright da Edição © 2026 Seven Editora

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Seven Publicações Ltda. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Seven Publicações Ltda é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação.

Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.



O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

B238t Barbosa, Márcio Carneiro.

A Transição Energética e a Descarbonização Mundial da Economia [recurso eletrônico] : A Contribuição e o Papel Estratégico do Ceará na Produção e Exportação de Hidrogênio Verde à Europa / Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes. – São José dos Pinhais, PR: Editora Seven, 2026.

Dados eletrônicos (1 PDF).

ISBN 978-65-6109-324-8

1. Energias renováveis. 2. Recursos naturais.
3. Hidrogênio. 4. Descarbonização.
5. Sustentabilidade. I. Título.

CDU 620.91

Bruna Heller - Bibliotecária - CRB10/2348

Índices para catálogo sistemático:

1 Fontes naturais de energia 620.91

DOI: 10.56238/livrosindi202635-001

Seven Publications Company

CNPJ: 43.789.355/0001-14

editora@sevenevents.com.br

São José dos Pinhais/PR

AUTOR DO LIVRO

Márcio Carneiro Barbosa

- Coronel Veterano da Arma de Engenharia do Exército Brasileiro;
- Graduado em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (Amparo Legal – Lei nº 9786/99);
- Mestre em Operações Militares pelo Departamento de Ensino e Pesquisa (Amparo Legal – Art 19 e seu parágrafo único da Lei nº 9.786, de 08 de fevereiro de 1999, Portaria nº 138, de 24 de dezembro de 1999, do Estado-Maior do Exército e as disposições da Portaria nº 003, de 03 de janeiro de 2000, do Estado-Maior do Exército);
- Mestre em Ciências Militares pela Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (Amparo Legal – Art. 6º, VI e § 1º da Lei do Ensino do Exército; Art. 17 e 18, III, a) do Regulamento da Lei do Ensino do Exército);
- Doutor em Ciências Militares (Notório Saber) pelo Departamento de Educação e Cultura do Exército (Amparo Legal – Art 66 e seu parágrafo primeiro da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, LDB; Art 10 II, Art 17 do Decreto nº 3.182, de 23 de setembro de 1999);
- Especialização em Docência do Ensino Superior Latu Sensu pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (Amparo Legal – Portaria Ministerial nº 3.791, de 23 de dezembro de 2002, do Ministério da Educação; CNE/CES nº 1, de 03 abril de 2001);
- Especialização em Gerência de Marketing pela Universidade Veiga de Almeida (Amparo Legal – Art 44, parágrafo III, da Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996 – LDB/96);
- Especialização em Gestão da Administração Pública pela Universidade Castelo Branco (Amparo Legal – Resolução CES/CNE nº 01, de 03 de abril de 2001, Parecer CES/CNE nº 341/04 e Portaria nº 874, de 07 de abril de 2006);
- Especialização MBA em Gestão de Energias Renováveis pelo Centro Universitário Farias Brito (Amparo Legal – Portaria Ministerial nº 1161, publicada no DOU de 15 de setembro de 2017; Resolução CONSU nº 025, de 26 de junho de 2023);
- Graduado no Curso Superior de Tecnologia em Comércio Exterior pela Universidade do Sul de Santa Catarina (Amparo Legal – Decreto nº 3.456, de 31 de agosto de 2005; Decreto nº 780, de 6 de novembro de 2007);
- Curso de Logística e Gestão da Cadeia de Suprimentos pela Universidade Federal Fluminense;
- Metodologia da Pesquisa em Ciências Militares pela Fundação Getúlio Vargas (Amparo Legal – FGVONLINE-0/MEPCMEAD-00/12284/2009);

- Especialização MBA em Logística Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (Amparo Legal – Resolução CNE/CES 01/2007; Portaria nº 524, do Ministério da Educação e Cultura); e
- Graduado em Relações Internacionais pela Universidade do Sul de Santa Catarina (Amparo Legal - Resolução nº 400 de 05/09/2018; Artigo 101, da Portaria MEC nº 23, de 21 de dezembro de 2017, DOU nº 170, Seção 1, página 44).

ORIENTADOR

Rickardo Léo Ramos Gomes

- Professor da Disciplina de Metodologia do Trabalho Científico (Orientador) Instituto Euvaldo Lodi (IEL); Centro Universitário Farias Brito (FBUNI).
- Doutorado (Tít. Cult.) em Ciências Biológicas pela FICL (Amparo Legal: Título Cultural: C.F. Arts. 205 e 206; Lei N 9394/96 Art. 3 inciso II; Art. 42; Art. 43 incisos I, III, IV e V; Decreto nº 5.154/2004);
- M. Sc. em Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará UFC (Amparo Legal: Conselho Federal de Educação processo n 1035/79; Parecer favorável, de n 1213/80; Processo no MEC n 241.674);
- Spec. em Metodologia do Ensino de Ciências pela Universidade Estadual do Ceará UECE (Amparo Legal Resolução N 433/91 do Cons. de Ens. Pesq. e Ext. da UECE);
- Especialização (Tít. Cult.) em Paleontologia Internacional pela Faculdade Internacional de Cursos Livres FICL (Amparo Legal - Título Cultural: C.F. Arts. 205 e 206; Lei N 9394/96 Art. 3 inciso II; Art. 42; Art. 43 incisos I, III, IV e V; Decreto nº 5.154/2004);
- Graduado em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará UFC (Amparo Legal: Lei 1055/1950; CREA: 10.937-D);
- Licenciado nas disciplinas da Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias pela Universidade Estadual Vale do Acaraú UVA (Amparo Legal: Conselho de Educação do Ceará Pareceres: N 0994/98 e N 0039/2005);
- Curso Aperfeiçoamento em Líderes de Aprendizagem pela HarvardX (Harvard University) Amparo Legal: Decreto-Lei nº 6141 (1943);
- Curso Aperfeiçoamento em Gestão de Riscos em Projetos pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) Amparo Legal: Decreto-Lei nº 6141 (1943);
- Curso Aperfeiçoamento em Metodologia da Pesquisa Científica pela Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) Amparo Legal: Decreto-Lei nº 6141 (1943);
- Curso Aperfeiçoamento Rastreamento do Contato da COVID-19 pela Johns Hopkins University (JHBSPH) Amparo Legal: Decreto-Lei nº 6141 (1943);
- Consultor Internacional do BIRD para Laboratórios Científicos.

APRESENTAÇÃO

Em um cenário no qual a descarbonização se consolida como pauta prioritária no debate energético global, o hidrogênio verde, produzido a partir de fontes renováveis, emerge como alternativa estratégica para a substituição de combustíveis fósseis em diversos setores da economia. Nessa ambiência, o estado do Ceará destaca-se por reunir um conjunto importante de vantagens competitivas: elevado potencial para a geração de energia solar e eólica; uma área industrial com potencial relevante de consumo; infraestrutura portuária conectada aos mercados globais, com modelo de governança compartilhada entre o Governo do Estado e o Porto de Rotterdam, na Holanda; além de uma Zona de Processamento de Exportação em total funcionamento e com incentivos fiscais já consolidados. Esses atributos posicionam o Ceará como protagonista no desenvolvimento da cadeia do hidrogênio verde não só no Brasil, mas no mundo.

Esta obra consiste em uma coletânea de dez artigos científicos que evidenciam os diferenciais competitivos do estado do Ceará, posicionando-o como player global no cenário internacional do Hidrogênio Verde. Escrita por Marcio Barbosa, Coronel do Exército Brasileiro, amigo e profissional exemplar, que se destaca por sua atuação nas áreas de energia e relações internacionais, este livro apresenta de forma construtiva o contexto histórico e os desdobramentos socioeconômicos e socioambientais associados à grande oportunidade representada pela transição energética mundial.

Além disso, a obra evidencia que tais diferenciais resultam de um esforço contínuo e articulado no âmbito da tríplice hélice: Governo do Estado do Ceará, a Academia e o Setor Empresarial, representado pela Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC). Sob a liderança de seu presidente, Ricardo Cavalcante, a FIEC tem desempenhado papel central e relevante na atração de novos investimentos, no estímulo à pesquisa e à inovação e na oferta de qualificação profissional, por meio de suas instituições, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o Instituto Euvaldo Lodi (IEL).

Assim, este trabalho, escrito durante o MBA de Energias Renováveis ofertado pelo IEL, congrega pesquisas publicadas por Márcio Barbosa e Rickardo Gomes no renomado periódico International Organization of Scientific Research (IOSR) e oferece ao leitor uma visão integrada e aprofundada sobre debates atuais, contribuindo de forma significativa para o avanço da pesquisa acadêmica. Dessa forma, Marcio Barbosa e Rickardo Gomes registram contribuições científicas relevantes e se apresenta como um instrumento de disseminação do conhecimento e de estímulo à produção acadêmica.

Por fim, espero que a leitura desta obra inspire novas investigações e fortaleça o diálogo entre a academia e o setor produtivo, reafirmando o papel da pesquisa científica na concretização de grandes projetos como o HUB de Hidrogênio Verde do Ceará.

Fortaleza-CE, 22 de janeiro de 2026

Paulo André Holanda
Diretor Regional do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Ceará e Superintendente do
Serviço Social da Indústria - Ceará

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	8
A PROJEÇÃO DO ESTADO DO CEARÁ NO CENÁRIO INTERNACIONAL POR MEIO DA FIEC NA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE E SEUS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO DO CEARÁ	
Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes	
CAPÍTULO 2.....	23
CEARÁ, A FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC) E A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE: UM REFERENCIAL GLOBAL NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E NA DESCARBONIZAÇÃO ECONÔMICA	
Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes	
CAPÍTULO 3.....	54
A PARCERIA ENERGÉTICA BRASIL-ALEMANHA DESDE A NUCLEAR ATÉ O HIDROGÊNIO VERDE: UMA PERSPECTIVA DOS BENEFÍCIOS MÚTUOS NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO SÉCULO XXI	
Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes	
CAPÍTULO 4.....	76
A CADEIA DE VALOR DO H2V NO CEARÁ: UMA BREVE ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES DO COMPOSTO DO MARKETING INTERNACIONAL NO CONTEXTO DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA EUROPA	
Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes	
CAPÍTULO 5.....	99
AS CONTRIBUIÇÕES DAS CINCO FORÇAS COMPETITIVAS DE MICHAEL EUGENE PORTER NO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE NO CEARÁ E DE SUA EXPORTAÇÃO PARA A EUROPA	
Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes	
CAPÍTULO 6.....	120
UMA BREVE REFLEXÃO SOBRE A 1ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NA INGLATERRA (1760-1850) E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO CEARÁ COM O HIDROGÊNIO VERDE: UMA ANÁLISE SOB OS ASPECTOS POLÍTICO, ECONÔMICO, SOCIAL E CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO	
Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes	

CAPÍTULO 7.....145
VANTAGENS COMPETITIVAS DO CEARÁ NA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE PARA A EUROPA: UMA ABORDAGEM TEÓRICO-EMPÍRICA SOB A PERSPECTIVA DA RESOURCE-BASED VIEW

Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes

CAPÍTULO 8.....170
A ALIANÇA ESTRATÉGICA PECÉM - ROTERDÃ: OS BENEFÍCIOS MÚTUOS PARA O CEARÁ E PARA OS PAÍSES BAIXOS NA PRODUÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE À LUZ DA TEORIA DOS RECURSOS EMPRESARIAIS

Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes

CAPÍTULO 9.....190
O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E EMPRESARIAL COMO VANTAGEM COMPETITIVA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO ESTADO DO CEARÁ

Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes

CAPÍTULO 10.....214
DO FLAGELO DA SECA À TERCEIRA ECONOMIA DO NORDESTE: A SUPERAÇÃO DO CEARÁ À LUZ DA TEORIA GEOPOLÍTICA DE ARNOLD JOSEPH TOYNBEE E AS IMPLICAÇÕES DESTA SUPERAÇÃO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO ESTADO

Márcio Carneiro Barbosa, Rickardo Léo Ramos Gomes

CAPÍTULO 1:

A PROJEÇÃO DO ESTADO DO CEARÁ NO CENÁRIO INTERNACIONAL POR MEIO DA FIEC NA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE E SEUS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO DO CEARÁ¹

Márcio Carneiro Barbosa

Bacharel em Relações Internacionais – UNISUL; Bacharel em Tecnologia de Comércio Exterior – UNISUL; Pós-graduação MBA em Gestão de Energias Renováveis – Fbuni/IEL; Pós-graduação em Docência no Ensino Superior – UFRJ; MBA em Logística Empresarial – FGV; Mestre em Ciências Militares – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Brasileiro.

Rickardo Léo Ramos Gomes

Doutor (Tít. Cultural) em Ciências Biológicas – FICL; Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências – Universidade Estadual do Ceará – UECE; Pós-graduação Internacional em Paleontologia (Tít. Cultural) – FICL; Bacharel em Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Licenciatura breve em Matemática, Química, Física e Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

RESUMO

Contexto: O início do século XXI apresenta à comunidade internacional um cenário global tumultuado, marcado pela instabilidade e pela incerteza. O aquecimento global e a descarbonização da economia estão entre os desafios que muitos países têm priorizado, ampliando a participação das fontes renováveis em suas matrizes energéticas. Reforçando as relações internacionais, o Ceará, em razão de sua localização geográfica e das condições naturais favoráveis de sol e vento, desponta como um ator promissor para contribuir com as demandas energéticas globais por meio da produção e exportação de hidrogênio. Materiais e Métodos: Esta pesquisa examina as iniciativas conduzidas pela Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) na produção e exportação de hidrogênio verde, com o objetivo de compreender seus potenciais impactos na posição do estado no cenário internacional e os benefícios associados. Resultados: A investigação avalia os efeitos socioeconômicos dessas iniciativas no Ceará, revelando que as ações em andamento apresentam potencial para fortalecer as estruturas econômicas e sociais do estado. Tais avanços podem contribuir para a construção de uma sociedade mais equitativa, sustentável e inclusiva. Conclusão: As iniciativas relacionadas à produção e exportação de hidrogênio verde, sob a liderança da FIEC, prometem não apenas apoiar a segurança energética nacional, mas também elevar a qualidade de vida da população cearense, fortalecer o sistema educacional e consolidar o papel do estado na transição energética global.

Palavras-chave: Relações Internacionais; Energias Renováveis; Transição Energética; Hidrogênio Verde.

¹ Uma versão deste artigo foi publicada em inglês pelo IOSR Journal of Business and Management. O referido Jornal atribuiu o seguinte DOI CODE: 10.9790/487X-2611045663.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com análises do cenário internacional, o início do século XXI tem sido marcado por um ambiente global tumultuado e multipolar, caracterizado pela instabilidade e pela incerteza. Entre os fatores que contribuem para esse quadro destacam-se a crise financeira global (2008), a pandemia de COVID-19 (2020), a guerra entre Rússia e Ucrânia (2022) e o conflito entre Israel e Hamas (2023).

Paralelamente a esses eventos, também se intensificam as crises climáticas, evidenciadas pelo aumento das temperaturas médias globais (decorrente das emissões de gases de efeito estufa), pela ocorrência de secas em regiões agricultáveis, inundações em áreas urbanas, derretimento das calotas polares e elevação do nível dos oceanos. Para enfrentar esses desafios, diversos países têm priorizado a descarbonização de suas economias e a ampliação do uso de fontes renováveis em suas matrizes energéticas. Como resultado, novas políticas globais surgiram para acelerar a transição energética, tendo o hidrogênio verde como combustível estratégico. Nesse contexto global, o estado do Ceará desponta como uma potencial solução na corrida pela transição energética mundial.

Os fatores fisiográficos favoráveis da região, como condições climáticas propícias, reforçam esse potencial. Sua faixa litorânea dispõe de uma plataforma continental que oferece conexões vantajosas entre terra e mar, e sua localização na porção mais oriental da América do Sul, conhecida como Proeminência Nordeste, reduz as distâncias até a Europa, a África e a América do Norte. Além disso, a Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) destaca-se como ator essencial na promoção e no fortalecimento das políticas de transição energética e de descarbonização da economia no cenário internacional. O conceito de Relações Internacionais é fundamental para a projeção do Ceará no contexto global, sendo necessária, até 2050, a cooperação entre a FIEC, instituições estrangeiras e governos para enfrentar os desafios e as incertezas da transição energética mundial.

Dessa forma, o objetivo central deste artigo é demonstrar os benefícios obtidos pelo Ceará, tanto em nível nacional quanto internacional, a partir da produção e exportação de hidrogênio verde sob a liderança da FIEC. Este estudo também busca mensurar os impactos no desenvolvimento socioeconômico do estado decorrentes desses esforços de gestão.

No que se refere à metodologia, adotou-se uma abordagem qualitativa. A pesquisa foi de natureza bibliográfica e documental, envolvendo publicações, relatórios (nacionais e internacionais), artigos científicos, apresentações da FIEC e páginas institucionais. A partir da consulta e consolidação desses materiais, foi possível identificar questões centrais relacionadas ao tema. Os objetivos específicos estabelecidos foram: caracterizar a

importância da Proeminência Nordeste como vantagem geopolítica do Ceará no contexto do comércio internacional; distinguir as condições solares e eólicas do Ceará como vantagem geoeconômica no âmbito da transição energética; revisar os acordos e protocolos internacionais, atuais e futuros, geridos pela FIEC, relacionados à produção e exportação de hidrogênio verde; identificar os países com os quais a FIEC firmou ou está em processo de firmar memorandos de entendimento (MoU) no contexto da descarbonização econômica; e avaliar os impactos socioeconômicos no Ceará decorrentes das iniciativas da FIEC voltadas à produção e exportação de hidrogênio verde. O artigo está estruturado em quatro seções: introdução, metodologia, fundamentação teórica e considerações finais.

2 METODOLOGIA

Considerando que o presente artigo se concentra nos potenciais desdobramentos socioeconômicos decorrentes da produção e exportação de hidrogênio verde pelo estado do Ceará, por meio da FIEC, optou-se por uma abordagem qualitativa com o intuito de compreender os resultados que se pretende alcançar.

No que se refere à abordagem qualitativa, González (2020, p. 3) enfatiza que “na Pesquisa Qualitativa, o Lugar Epistemológico é destacado e ocupado pelos pesquisadores, que assumem, assim, compromissos cognitivos com a qualidade da investigação¹.”

Quanto aos métodos de pesquisa, o estudo é de natureza bibliográfica e documental, contemplando as seguintes técnicas: a. levantamento de literatura e de documentos; b. seleção de bibliografia e documentos; c. leitura analítica do material selecionado; d. levantamento para coleta de dados; e. anotação, etapa na qual serão elaboradas citações bibliográficas, resumos e notas analíticas; f. análise crítica, tabulação dos dados e consolidação das questões do estudo.

Carvalho (2022, p. 13) afirma que: “A pesquisa bibliográfica é parte essencial do trabalho científico, pois contextualiza o panorama atual da investigação, aponta inconsistências conceituais e incentiva a realização de novos estudos, tudo isso por meio da síntese e do resumo de obras já existentes².”

Para a elaboração do referencial teórico, a pesquisa bibliográfica foi conduzida a partir de publicações, relatórios nacionais e internacionais, artigos científicos de instituições acadêmicas, apresentações da FIEC sobre energias renováveis e hidrogênio verde, bem como sítios eletrônicos. A partir da consulta, combinação e consolidação desses materiais, foi possível identificar as questões mais relevantes relacionadas ao tema.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este referencial foi organizado em cinco subseções. A primeira discute a Proeminência Nordeste como uma vantagem geopolítica para o Ceará. A segunda aborda as condições solares e eólicas do estado como vantagens geoeconômicas no processo de transição energética. A terceira focaliza os acordos internacionais firmados com a FIEC envolvendo a produção e exportação de hidrogênio verde. A quarta examina os países e os memorandos de entendimento assinados pela FIEC no contexto da descarbonização da economia. Por fim, a quinta subseção explora o impacto das ações da FIEC sobre o desenvolvimento socioeconômico do Ceará.

3.1 PROMONTÓRIO NORDESTINO COMO VANTAGEM GEOPOLÍTICA PARA O ESTADO DO CEARÁ

Após a eclosão da guerra entre Rússia e Ucrânia (2022) e do conflito entre Israel e Hamas (2023), o estudo da geopolítica ganhou renovada atenção nos âmbitos político, militar e acadêmico. A geopolítica envolve a compreensão dos espaços territoriais, uma vez que a localização geográfica influencia interesses políticos, econômicos e sociais³. Diversos conceitos foram desenvolvidos pelo Instituto Geopolítico de Munique (Alemanha), entre os quais se destacam dois: “A geopolítica é a consciência geográfica do Estado” e “A geopolítica é a ciência das relações entre o território e os processos políticos.” Para o geógrafo alemão Karl Haushofer, “a geopolítica é a ciência que trata da dependência dos fatos políticos em relação ao território”⁴.

Therezinha de Castro, em sua obra *Geopolítica: Princípios, Meios e Fins*, define o termo como a ciência que relaciona aspectos geográficos a eventos políticos, tendo como principal objetivo a utilização racional de todos os ramos da geografia no planejamento das atividades do Estado, visando tanto a resultados imediatos quanto de longo prazo⁵. Mafra (2002, p. 8) define geopolítica como “quando as condições geográficas influenciam os estudos, as decisões e o planejamento político”⁶. As definições acima contribuem para compreender melhor como o posicionamento geográfico e as condições fisiográficas de um território podem influenciar a formulação de políticas públicas e externas, o desenvolvimento nacional e as relações internacionais.

De acordo com Mattos (1977, p. 18), “a posição de um país é analisada sob a perspectiva geopolítica com base nos seguintes aspectos: latitude, proximidade ou distância do mar (maritimidade ou continentalidade) e altitude (planícies, planaltos ou montanhas).” No caso específico do Ceará, o estado ocupa a porção nordeste do Brasil e da América do

Sul, na latitude de 4°46'30'' Sul. Por estar próximo ao Equador, a incidência solar é quase perpendicular à superfície, resultando em temperaturas mais elevadas (geralmente acima de 20°C) em comparação com latitudes mais altas (mais ao sul). Essas condições oferecem vantagens permanentes para o aproveitamento técnico e econômico da energia solar fotovoltaica.

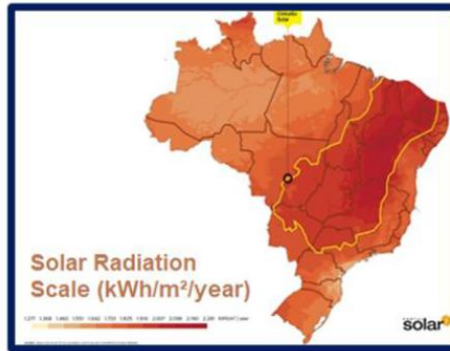
No que se refere à maritimidade, o Ceará é banhado pelo Oceano Atlântico — de elevada importância econômica no mundo globalizado —, o que facilita interesses ultramarinos por meio de intercâmbio comercial⁶⁻⁸, além de ampliar o acesso à comunidade internacional. Ademais, a plataforma continental do estado proporciona condições favoráveis para a interação terra-mar, em especial para a instalação e construção de portos, como o Porto do Pecém, onde se encontra o Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), que abriga a ZPE (Zona de Processamento de Exportação) e o Hub de Hidrogênio Verde.

Quanto à altitude, Mattos (1977) observa que ela cria condições favoráveis ou desfavoráveis ao desenvolvimento socioeconômico, sendo que as planícies sempre facilitam a circulação humana e a exploração do território⁷. No Ceará, as planícies costeiras ao norte se estendem ao longo do Atlântico, com altitudes variando entre 30 e 100 metros, aumentando progressivamente em direção ao interior. Assim, o posicionamento estratégico do Ceará, no âmbito da Proeminência Nordeste, revela-se crucial, pois encurta a distância até a Europa, aproxima-se de importantes rotas marítimas de exportação e está situado próximo a mercados consumidores⁹. Essa vantagem geográfica facilita o acesso aos principais fluxos internacionais de comércio de bens, produtos e serviços.

3.2 AS CONDIÇÕES SOLARES E EÓLICAS DO ESTADO DO CEARÁ COMO VANTAGENS GEOECONÔMICAS NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

O *Atlas Brasileiro de Energia Solar* define uma faixa que se estende do Nordeste até o Pantanal, denominada “cinturão solar.” As melhores taxas de radiação encontram-se entre o sertão da Bahia e parte de Minas Gerais. Conforme apresentado no Mapa 1, o estado do Ceará está integralmente situado dentro do cinturão solar brasileiro.

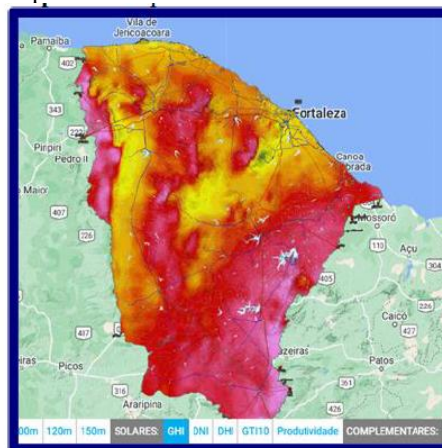
Mapa 1: Radiação Solar no Brasil



Fonte: Solar Portal

Por sua vez, o *Atlas Eólico e Solar do Ceará* (Mapa 2) demonstra como a posição geográfica do estado permite o aproveitamento econômico da energia solar, gerando um potencial fotovoltaico de 643 GW¹⁰.

Mapa 2: Potencial solar do estado do Ceará



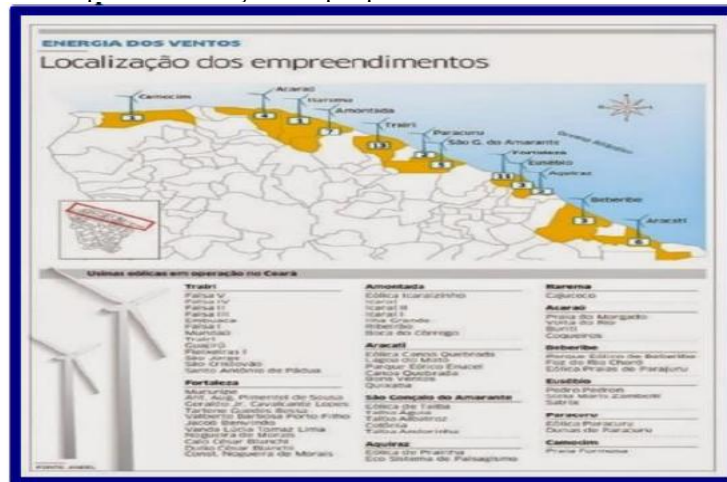
Fonte: Wind and Solar Atlas of Ceará

No contexto da energia eólica, diversos estudos indicam a favor da instalação de parques eólicos no Ceará. Uma dessas conclusões provém do estudo de Silva et al. (2020), que aplicou a distribuição de probabilidade de Weibull, uma ferramenta utilizada em estudos de estimativa do potencial eólico¹¹. Outro estudo relevante é a publicação do *Atlas de Potencial Eólico Brasileiro*, que abrange todo o território nacional e tem como objetivo fornecer informações que permitam aos tomadores de decisão identificar áreas adequadas para a exploração da energia eólica.

O atlas é destinado a autoridades governamentais, planejadores do setor elétrico, agências de financiamento nacionais e internacionais, instituições de desenvolvimento e investidores. Ressalta-se que a combinação entre a localização e os fatores eólicos nas

planícies do Ceará possibilitou a instalação e operação de diversos parques eólicos (Mapa 3). Por estarem localizados em planícies litorâneas, as condições de acesso facilitam tanto a construção quanto, subsequentemente, a operação e manutenção (O&M) desses empreendimentos.

Mapa 3: Localização dos parques eólicos no estado do Ceará



Fonte: Revista Litoral Leste (2014)¹²

As características acima estão em conformidade com o relatório da *International Renewable Energy Agency* (IRENA), que afirma que o H₂V será economicamente melhor produzido em áreas que combinem abundância de recursos renováveis, disponibilidade de terras, acesso à água e capacidade de transporte para grandes países importadores¹³. Dessa forma, a localização do estado (dentro do cinturão solar), aliada às condições eólicas, oferece um potencial promissor tanto para energia solar fotovoltaica quanto para energia eólica, devido ao que se denomina complementaridade energética (Figura 1), beneficiando inclusive a segurança energética na produção de H₂V.

Figura 1: Complementaridade energética (eólica e solar) no Estado do Ceará



Fonte: FIEC (2023)¹⁴

Dessa forma, a produção de H₂V pelo Ceará traria consigo vantagens operacionais, logísticas e comerciais mais atrativas e competitivas, posicionando o estado como fornecedor de energia renovável para a Europa, por exemplo, em comparação com outros países produtores. Vale ressaltar que, conforme analisado por Oliveira (2022, p. 8), a Europa concentra-se mais no uso do hidrogênio verde para descarbonizar os setores industrial e de transporte pesado (ônibus e caminhões), devendo permanecer como o maior mercado no curto prazo.

3.3 ACORDOS INTERNACIONAIS DA FIEC RELACIONADOS À PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE

A FIEC tem realizado uma série de iniciativas com governos e empresas estrangeiras, voltadas ao desenvolvimento da economia do hidrogênio no estado. Entre os relacionamentos bilaterais, destacam-se colaborações com a GIZ (Agência Alemã de Cooperação Internacional) e o Instituto Fraunhofer, ambos sediados na Alemanha.

Somente em 2023, foram realizadas duas missões internacionais significativas. A primeira, ocorrida em junho, foi denominada Missão Técnica Internacional e realizou-se na Alemanha com uma delegação do SENAI e do Sindienergia-CE. A segunda missão, também na Alemanha, aconteceu em outubro, quando membros do SENAI participaram de atividades no âmbito do programa de cooperação bilateral “H2Brasil” entre Alemanha e Brasil, uma iniciativa do Ministério de Minas e Energia (MME) e da GIZ. Esses acordos têm o potencial de manter a competitividade e a proeminência do estado no cenário internacional, especialmente na Europa.

Destaca-se ainda a parceria internacional entre FIEC/SENAI e a multinacional australiana Fortescue, com o objetivo de criar um grupo de trabalho para desenvolver iniciativas de apoio ao emprego, setores e economias sustentáveis, incluindo capacitação da força de trabalho para a cadeia de suprimento de hidrogênio verde (H₂V). Outra parceria envolveu a organização do evento “NRW HYway2 Brasil: Networking Brazil-Germany: Green Hydrogen”. Em 2021, a FIEC, o Governo do Estado e a UFC assinaram uma carta de intenções para a construção de uma planta de combustíveis de hidrogênio no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP)¹⁶.

Não por acaso, essa decisão alinhou-se à tendência global de criação de hubs, como descrito por Oliveira (2022, p. 17):

O potencial de geração de energia renovável e sua localização próxima a portos estratégicos no mundo estimularam a criação de hubs de inovação em hidrogênio, destinados a contribuir para o desenvolvimento do mercado e da tecnologia para a indústria nacional, tornando-se referência internacional e servindo como plataforma de acesso para outros países¹⁵.

Na ocasião, foi assinado um Memorando de Entendimento (MoU) com a empresa australiana Energyx, que deve investir US\$ 5,4 bilhões no projeto. “Desde seu lançamento, trinta e cinco MoUs foram assinados com o Governo do Estado e a FIEC com instituições nacionais e internacionais interessadas em desenvolver seus projetos no Estado¹⁶.”

Essa convergência de esforços não apenas demonstra a importância da FIEC na transição energética, mas também fortalece as empresas e os países envolvidos em áreas relacionadas a investimentos, pesquisa e desenvolvimento (P&D) e capacitação de recursos humanos.

3.4 FIEC E PAÍSES PARCEIROS NA DESCARBONIZAÇÃO DA ECONOMIA

As Relações Internacionais (RI) são o campo que, acima de tudo, representa os interesses do Estado no cenário internacional, seja para sua própria sobrevivência, seja para a satisfação das demandas de seus membros¹⁵. Nos setores econômico e energético, surgiu entre países e instituições uma nova expressão: a “diplomacia do hidrogênio”. “Governos de países com potencial exportador estão implementando estratégias político-diplomáticas relacionadas ao hidrogênio¹³.”

A FIEC vem conduzindo suas ações, programas, iniciativas e planos de desenvolvimento (no contexto da economia do hidrogênio) em estreita colaboração com

países e empresas multinacionais, consolidando-se por meio de diversos acordos, assumindo um papel de liderança no Ceará e projetando o estado no cenário global.

Em relação aos países, a Tabela 1 apresenta os investimentos já realizados no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). Esses estudos foram conduzidos pela consultoria internacional McKinsey, que observa que, uma vez que o Brasil possui uma matriz energética composta por 85% de energia renovável (hidrelétrica, eólica, solar e biomassa), os investimentos para a produção nacional de H₂V poderiam se beneficiar da rede elétrica existente, visto que 70% do custo de produção do hidrogênio refere-se ao custo da energia¹⁷.

Tabela 1: Projetos e Investimentos Confirmados no Porto de Pecém (em H₂V)

Country	Company	Projected Values (US\$)	Investment Location
Austrália	Fortescue Future Industries	6 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
Holanda	Transhydrogen Alliance	2 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
Austrália	Energix Energy	5,4 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
França	Qair	6,95 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
Portugal	EDP do Brasil	8 milhões	Porto do Pecém, Ceará
França	Engie	-	Porto do Pecém, Ceará
Espanha	Neoenergia	-	Porto do Pecém, Ceará
Alemanha	White Martins	-	Porto do Pecém, Ceará
Alemanha	Linde	-	Porto do Pecém, Ceará
França	TotalEnergies	-	Porto do Pecém, Ceará
Brasil	Eneva	-	Porto do Pecém, Ceará
Brasil	Diferencial Energia	-	Porto do Pecém, Ceará
Alemanha	Hytron	-	Porto do Pecém, Ceará
Brasil	H2helium Energia	-	Porto do Pecém, Ceará

Fonte: Oliveira (2022, p. 31)¹⁵.

Nessas circunstâncias, sob as premissas da paradiplomacia, a FIEC emerge como um ator global-chave no mercado internacional de H₂V, como resultado do Hydrogen Hub localizado no CIPP. O complexo tem atraído investimentos públicos e privados significativos, além de receber grandes projetos energéticos, cujos produtores se beneficiarão dos incentivos fiscais oferecidos pela ZPE.

3.5 O IMPACTO DAS AÇÕES DA FIEC NO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO DO CEARÁ

No relatório *World Employment and Social Outlook 2018: Greening with Jobs*, a Organização Internacional do Trabalho (OIT) declarou que 24 milhões de novos empregos seriam criados em todo o mundo até 2030, caso políticas que promovam uma economia mais verde fossem corretamente implementadas. Em 2023, o governo brasileiro, por meio do Ministério de Minas e Energia (MME), lançou o Plano Nacional de Transição Energética Justa e Inclusiva (PLANTE) durante a 78ª Assembleia Geral da ONU, em Nova York, declarando que a oportunidade atual era “fazer da energia um vetor de

desenvolvimento sustentável para o país”. Como resultado do PLANTE, o Brasil alcançaria os seguintes ganhos: “emprego e renda, inclusão social, redução das desigualdades socioeconômicas, crescimento econômico, reindustrialização, combate às mudanças climáticas e melhoria da qualidade de vida.”

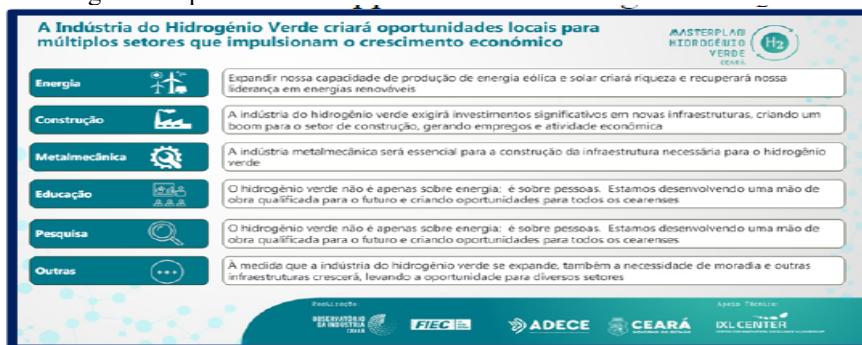
Não seria socialmente justo nem ambientalmente responsável que a transição energética, com seus benefícios tecnológicos e elevados investimentos de capital, não trouxesse benefícios às sociedades às quais pertence. A efetividade das transformações econômicas seria melhor caracterizada quando fosse capaz de suprir as necessidades humanas e atender às aspirações sociais³. “Transportando essas premissas para a realidade do Ceará, os benefícios da produção e exportação de H₂V permitiriam o desenvolvimento da indústria estadual, tornando as empresas mais competitivas e atraentes para Investimentos Diretos Estrangeiros¹⁸.” Assim, as atividades relacionadas ao H₂V no estado do Ceará têm o potencial de melhorar as condições de vida da população cearense. Os ganhos para a sociedade cearense, decorrentes da economia do hidrogênio, seriam evidentes no desenvolvimento socioeconômico antecipado, conforme já previsto por Souza Filho (2019, p. 88), que afirma:

“O Setor Energético já desempenha papel significativo na dinâmica econômica do Ceará, especialmente devido ao potencial diferenciado proporcionado pelas fontes eólica e solar. Todos os dias, novos investimentos são anunciados em diversas regiões do estado, o que promove uma convergência de interesses de atores públicos e privados para garantir condições de rápido desenvolvimento dessa indústria, assegurando a agilidade necessária no ambiente de negócios e atraindo novos empreendimentos em sua cadeia produtiva¹⁹.” Durante o lançamento do *Green Hydrogen Masterplan* no Ceará, em junho de 2024, Patel (2024) apresentou as inúmeras oportunidades da economia do H₂V (Figura 2). Setores econômicos como energia, construção, indústria pesada e metalurgia emergiriam como indústrias essenciais no desenvolvimento da cadeia de valor do hidrogênio e, conseqüentemente, beneficiando as dimensões econômica e social da população cearense²⁰.

Outro aspecto destacado por Patel foi o legado do hidrogênio no campo educacional, dada a necessidade de formar e capacitar recursos humanos especializados, garantindo um futuro mais promissor para os cidadãos do Ceará. Instaladores e mantenedores de Sistemas de Eletrólise, operadores logísticos para transporte de gás e especialistas em Sistemas de Hidrogênio Verde representam atualmente as principais demandas da força de trabalho. Para tanto, o Sistema FIEC já inclui SENAI e IEL nesta missão, visando fortalecer a dimensão humana da economia do hidrogênio em benefício da sociedade cearense.

Recentemente, foi criada a Rede de Pesquisa e Inovação em Energias Renováveis do Ceará (*Rede Verdes*), demonstrando compromisso firme com o desenvolvimento das dimensões humana e tecnológica da cadeia de valor do hidrogênio no estado do Ceará.

Figura 2: Oportunidades socioeconômicas decorrentes do H₂V no Ceará



Fonte: Patel (2024, p. 25)²⁰

Do ponto de vista econômico, o desenvolvimento da cadeia de produção de H₂V no Ceará promoveria a reindustrialização do complexo manufatureiro estadual por meio da descarbonização da indústria, incluindo oportunidades na estrutura econômica do estado decorrentes da nova matriz energética baseada em fontes renováveis. A liderança do Ceará na produção e exportação de hidrogênio abriria oportunidades para o desenvolvimento de um mercado de exportação e para o fortalecimento de parcerias internacionais baseadas em interesses compartilhados. Por sua vez, o fortalecimento da cadeia produtiva contribuiria para a descarbonização da indústria e do transporte, enquanto o desenvolvimento de um ecossistema de hidrogênio no Ceará ampliaria a segurança energética²¹. Assim, como demonstrado, a transição energética no estado teria o potencial de gerar valor socioeconômico, criar empregos locais, viabilizar a transferência de tecnologia, desenvolver fornecedores e indústrias regionais e reduzir os custos de eletricidade para os consumidores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo justifica-se pela importância e relevância dos efeitos adversos que a natureza tem exibido em todos os continentes em decorrência do aquecimento global, pelos impactos nos ecossistemas globais e pelas incertezas ambientais provocadas pelo excesso de CO₂ na atmosfera. Diversos países vêm aumentando a produção de energia renovável em suas matrizes por meio de políticas, programas, acordos, tratados e parcerias internacionais.

Neste período, em que as circunstâncias ambientais exigem comprometimento, cooperação e integração entre atores interestaduais, a FIEC surge como um potencial provedor de soluções para os problemas climáticos globais, promovendo o setor industrial do Ceará como fornecedor de energias renováveis utilizadas na produção do combustível do futuro (hidrogênio verde) a custos menores em comparação com outros países, viabilizando, assim, uma vantagem competitiva no mercado global.

O estudo demonstrou que parte desse sucesso decorre das condições geopolíticas do Ceará, uma vantagem estratégica derivada do aproveitamento dos ativos geográficos do estado, facilitando melhor integração internacional e a geração de oportunidades de negócios no contexto da transição energética. O Ceará está posicionado como um potencial fornecedor de H₂V para o mercado europeu, tornando-se um importante ator global.

A pesquisa atingiu plenamente seus objetivos, ao demonstrar que o sucesso das ações e iniciativas em andamento possui potencial para fortalecer a estrutura socioeconômica do estado, tornando-a mais equitativa, sustentável e inclusiva, com efeitos positivos na qualidade de vida da população cearense, no sistema educacional e garantindo a segurança energética nacional.

O Ceará apresenta-se agora com a oportunidade de se integrar a uma nova cadeia global de valor, dada a sua aptidão natural para a produção de H₂V, confirmando, assim, o problema central do projeto. Por fim, recomenda-se que a FIEC continue fortalecendo as negociações com o Governo do Estado do Ceará e com países e instituições estrangeiras, a fim de consolidar a cadeia de valor do H₂V.

REFERÊNCIAS

- [1]. González, F. E. (2020). Reflections On Some Concepts of Qualitative Research. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 8(17), 155–183. ISSN: 2525-8222. <http://dx.doi.org/10.33361/Rpq.2020.V8.N17.322>.
- [2]. Carvalho, Y. M. (2020). From Old to New: Literature Review as a Scientific Method. *Revista Thema*, 16(4), 913–928. ISSN 2177-2894. <http://dx.doi.org/10.15536/Thema.V16.2019.913-928.1328>.
- [3]. Barbosa, I. De S., & Klann, R. C. (2023). Effects Of Environmental, Social, And Governance Performance on the Relevance of Accounting Information in Brazilian Companies. *Revista Contemporânea De Contabilidade*, 20(54), 1–15. ISSN 2175-8069. <https://doi.org/10.5007/2175-8069.2023.E86044>.
- [4]. Bonfim, U. C. (2005). Geopolitics. Army Command and Staff College (Eceme), Course of Politics, Strategy, And High Army Administration (Cpeaex). Rio De Janeiro. Available At: https://www.eceme.eb.mil.br/images/cpeceme/publicacoes/03_intro_geopolitica_2011. Pdf. Accessed February 24, 2024.
- [5]. Castro, T. De. (1999). Geopolitics: Principles, Means, And Ends. General Benício Collection. Army Library, Rio De Janeiro.
- [6]. Mafra, R. M. De O. (2002). Introduction To the Study of Geopolitics. Department Of Studies. Superior War College. Rio De Janeiro. Mattos, C. De M. (1975). Brazil: Geopolitics And Destiny. Army Library, Publication 452, Volume 131. Rio De Janeiro.
- [7]. Mattos, C. De M. (1977). Geopolitics And Projections of Power. Army Library, Publication 472, Volume 152. Rio De Janeiro.
- [8]. Albuquerque, E. S. de. (2018). The Inclusion of the Northeast Salient in the Global Economy and Its Geostrategic Importance in National Defense: The Case of the Natal Choke Point. Porto Alegre. Available At <https://www.editoraetral.com.br/epub/9788563800367/files/9788563800367-23.pdf>. Accessed January 20, 2024.
- [9]. Ceará. State Government of Ceará. Secretariat For Economic Development and Labor. Ceará State Development Agency (Adece). (2019). Ceará Wind and Solar Atlas. Fortaleza. Available At: <Http://Atlas.Adece.Ce.Gov.Br/>. Accessed January 31, 2024.
- [10]. Cavalcante, J. R. M. (2023). Green Hydrogen and Renewable Energies: The Ceará Opportunity. 2nd Meeting of the Northeast Network of Strategic and Innovation Studies. Fiec, Brazilian Army, Fortaleza.
- [11]. Silva, F. J. R. Da., Costa, D. A. C., Soares, F. S., Vieira, O. L., Carvalho, P. R. De, & Carvalho, P. C. M. De. (2020). Shape And Scale Factors of the Weibull Probability Distribution: A Case Study for Wind Resource Data in the Northeast Region of Brazil. *Revista De Engenharia E Tecnologia*, 12(1), 229–239. ISSN: 2176-7270. Available At: <Https://Repositorio.Ufc.Br/Handle/Riufc/61037>. Accessed February 24, 2024.

- [12]. Revista Litoral Leste. (2014, December 13). Aquiraz | Beberibe | Aracati: State Gains 136 Mw from Wind Power. Available At: <https://Revistalitoralleste.Blogspot.Com/2014/12/Aquiraz-Beberibe-Aracati-Estado-Ganha.Html>. Accessed March 13, 2024.
- [13]. Irena. International Renewable Energy Agency. (2022). Geopolitics Of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor. Abu Dhabi. Available At: OI: 10.9790/487X-2611045663 www.iosrjournals.org 63 | Page https://www.irena.org/-/Media/Files/Irena/Agency/Publication/2022/Jan/Irena_Geopolitics_Hydrogen_2022.Pdf. Accessed April 21, 2024.
- [14]. Fiec. Ceará State Industry Federation. (2023). The Winds Blow in Favor of Ceará. Year Xiv, No. 152.
- [15]. Oliveira, R. C. De. (2022). Overview Of Hydrogen in Brazil (Discussion Paper No. 2787). Institute For Applied Economic Research (Ipea). Brasília.
- [16]. Bezerra, F. D. (2023). Green Hydrogen: Opportunity For the Northeast. Etene Sectorial Journal, 8(320). Banco Do Nordeste. Available At: https://Www.Bnb.Gov.Br/S482-Dspace/Bitstream/123456789/1914/1/2023_Cds_320.Pdf. Accessed April 3, 2024.
- [17]. Mckinsey & Company. (2021). Green Hydrogen: A Wealth-Generation Opportunity with Sustainability For Brazil and the World. Published On November 25, 2021. Available At: <https://Www.Mckinsey.Com/Br/Our-Insights/Hidrogenio-Verde-Uma-Oportunidade-De-Geracao-De-Riqueza-Com-Sustentabilidade-Para-O-Brasil-E-Para-O-Mundo>. Accessed January 21, 2024.
- [18]. Ruiz, R. H. G. (2009). Export Logistics: Managing International Goods Transfer Operations. São Paulo: Trevisan Editora Universitária.
- [19]. Souza Filho, J. S. De. (2019). Driven By Ideas: The Art of Innovating Entrepreneurship. E2 Editora. 1st Ed., Fortaleza.
- [20]. Patel, H. (2024). Green Hydrogen Master Plan in Ceará. Fiec.
- [21]. Brazil. Ministry Of Development, Industry, Commerce, And Services (Mdic). (2024). New Industry Brazil. Action Plan For Neoliberalization 2024–2026. Brasília. Available At: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao.pdf>. Accessed February 3, 2024.

CAPÍTULO 2:

CEARÁ, A FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC) E A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE: UM REFERENCIAL GLOBAL NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E NA DESCARBONIZAÇÃO ECONÔMICA¹

Márcio Carneiro Barbosa

Bacharel em Relações Internacionais – UNISUL; Bacharel em Tecnologia de Comércio Exterior – UNISUL; Pós-graduação MBA em Gestão de Energias Renováveis – Fbuni/IEL; Pós-graduação em Docência no Ensino Superior – UFRJ; MBA em Logística Empresarial – FGV; Mestre em Ciências Militares – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Brasileiro.

Rickardo Léo Ramos Gomes

Doutor (Tít. Cultural) em Ciências Biológicas – FICL; Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências – Universidade Estadual do Ceará – UECE; Pós-graduação Internacional em Paleontologia (Tít. Cultural) – FICL; Bacharel em Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Licenciatura breve em Matemática, Química, Física e Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

RESUMO

Contexto: O aquecimento global já é uma realidade no planeta, com mudanças climáticas e eventos climáticos extremos ocorrendo com frequência sem precedentes. Uma das soluções reside na descarbonização da economia por meio do uso de hidrogênio verde, o que demanda fontes de energia renovável. O Ceará apresenta potencial para se tornar um provedor dessa solução global. Materiais e Métodos: A metodologia escolhida caracteriza-se pela abordagem qualitativa. Os métodos de pesquisa utilizados foram bibliográficos e documentais. O objetivo geral é explicar como o Estado do Ceará se tornou referência global na produção de hidrogênio verde, contribuindo para a transição energética e a descarbonização da economia mundial. Resultados: A pesquisa confirma que as condições geográficas e o papel desempenhado pela FIEC posicionam o Estado como um potencial fornecedor do combustível do futuro. Conclusão: Os avanços do Ceará na produção de hidrogênio verde destacam sua importância estratégica no enfrentamento dos desafios energéticos globais e na promoção do desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Descarbonização; Energias renováveis; Hidrogênio verde; Solução global; Mudanças climáticas.

1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global já é uma realidade no planeta. Como consequência das mudanças climáticas, eventos extremos têm ocorrido com frequência sem precedentes, afetando diretamente a vida socioeconômica de milhões de pessoas. Uma solução potencial

¹ Uma versão deste artigo foi publicada em inglês pelo IOSR Journal of Humanities and Social Science. O referido Jornal atribuiu o seguinte DOI CODE: 10.9790/0837-2912091429.

é reduzir a produção de combustíveis fósseis, intensificar a transição energética aumentando o uso de energias renováveis e descarbonizar a economia global, de modo a mitigar os desastres ambientais que a natureza tem demonstrado em todos os continentes¹.

Em escala global, parte da solução reside na produção de hidrogênio verde, que depende necessariamente de fontes de energia renovável, como a energia solar fotovoltaica e eólica. O Estado do Ceará poderia servir como provedor dessa solução global nesta corrida contra o tempo? O panorama é bastante promissor, e avanços já estão em andamento. Quanto à metodologia, optou-se pela abordagem qualitativa. Como meios de investigação, o estudo foi bibliográfico e documental, realizado por meio da análise de publicações nacionais e internacionais, relatórios, artigos científicos e fontes online. A partir da consulta e consolidação desses materiais, foi possível identificar os aspectos mais relevantes relacionados ao tema.

Assim, o objetivo geral deste estudo é explicar como o Estado do Ceará se tornou referência global na produção de hidrogênio verde, contribuindo para a transição energética e a descarbonização da economia mundial. Os objetivos específicos estabelecidos são os seguintes: Caracterizar como as condições fisiográficas do Estado do Ceará proporcionam excelentes condições para a produção de energia eólica e solar, fundamentos para o hidrogênio verde; Compreender as causas e os fatores que têm levado a comunidade internacional à transição energética e à descarbonização da economia; Apresentar os principais contextos relacionados ao hidrogênio verde, considerado o combustível do futuro; Identificar as ações e iniciativas da Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) como ator-chave na cadeia global de valor do hidrogênio verde.

Este artigo está estruturado em quatro seções. A primeira corresponde à introdução, que apresenta os objetivos desta pesquisa. A segunda descreve a metodologia, detalhando os procedimentos adotados para o desenvolvimento do estudo. A terceira é o referencial teórico, onde se apresenta a discussão teórica que fundamenta a pesquisa com a qualidade das contribuições coletadas. Por fim, a quarta seção apresenta as considerações finais.

2 METODOLOGIA

Aproveitando as condições geográficas do Estado do Ceará e as ações e iniciativas promovidas pela Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC), este estudo concentra-se nas medidas que explicam como o Ceará detém potencial para se tornar um ator global na transição energética por meio da produção de hidrogênio verde.

Optou-se pela abordagem qualitativa para explorar os resultados antecipados. A respeito da abordagem qualitativa, González (2020, p. 03) enfatiza que: “Na Pesquisa Qualitativa, a Postura Epistemológica é destacada e assumida pelos pesquisadores, que, portanto, assumem compromissos cognitivos com a qualidade da pesquisa².”

2.1 MÉTODOS DE PESQUISA

O estudo utilizou pesquisa bibliográfica e documental, que envolveu as seguintes técnicas: Coleta de materiais bibliográficos e documentais relevantes; Seleção das bibliografias e documentos pertinentes; Leitura analítica dos materiais selecionados; Registro de anotações e indexação; Análise crítica e consolidação das questões de pesquisa. Carvalho (2022, p. 13) destaca a importância da pesquisa bibliográfica: “A pesquisa bibliográfica é parte essencial do trabalho científico, pois contextualiza o panorama da pesquisa atual, identifica inconsistências conceituais e estimula novos estudos, tudo por meio da síntese e do resumo de trabalhos existentes³.” A pesquisa bibliográfica incluiu publicações, artigos científicos de periódicos e documentos de instituições acadêmicas e fontes online confiáveis. A pesquisa documental envolveu a consulta a documentos governamentais, bem como relatórios nacionais e internacionais.

2.2 ANÁLISE DE DADOS

Por meio da integração e consolidação desses materiais, o estudo identificou e analisou criticamente os principais aspectos relacionados ao tema, assegurando uma compreensão abrangente do potencial papel do Ceará na transição energética global por meio da produção de hidrogênio verde.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

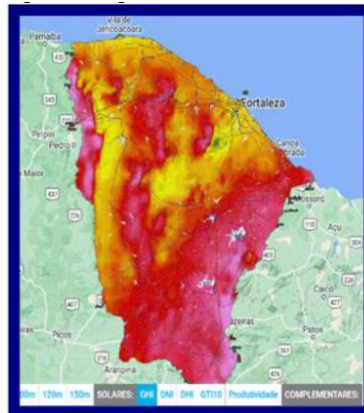
Este referencial teórico está organizado em quatro subseções. A primeira aborda as condições fisiográficas do Estado do Ceará. A segunda explora as causas e os fatores que motivam a transição energética e a descarbonização da economia. A terceira apresenta uma visão geral sobre o hidrogênio verde. Por fim, a quarta examina as ações e iniciativas da Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) no contexto da cadeia global de valor do hidrogênio verde.

3.1 CONDIÇÕES FISIOGRÁFICAS DO ESTADO DO CEARÁ

Os fatores fisiográficos são geralmente divididos em diversos componentes: características da área (superfície, forma, posição e limites), geologia, relevo, hidrografia, litoral, clima e vegetação⁴. Neste estudo, a análise concentrou-se na posição, no litoral e no clima do Ceará (temperatura e ventos). De acordo com Mattos (1975, p. 18), “a posição geográfica de uma região é avaliada com base na latitude, proximidade ou distância em relação ao mar, altitude (planície, planalto ou montanhas) e sua posição relativa em relação aos países vizinhos⁵.”

Especificamente, o Ceará está situado na região nordeste do Brasil, na latitude de 4°46'30" Sul. Devido à sua proximidade com a linha do Equador, os raios solares incidem quase perpendicularmente sobre sua superfície, resultando em temperaturas mais elevadas em comparação com regiões situadas em latitudes maiores. Essas condições aumentam significativamente o potencial para exploração da energia solar fotovoltaica. O *Atlas Eólico e Solar do Ceará* (Mapa 1) confirma até que ponto a posição geográfica do Ceará permite a exploração econômica da energia solar, apresentando um potencial fotovoltaico de 643 GW⁶.

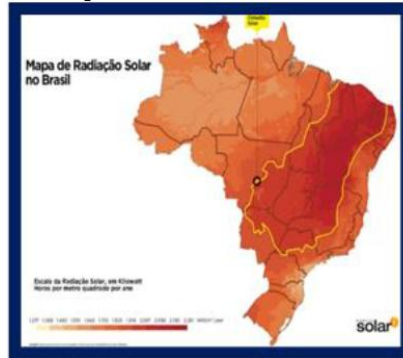
Mapa 1: Potencial solar do Estado do Ceará



Source: Atlas Eólico e Solar do Ceará 7

Nesse contexto, o “cinturão solar” foi definido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), delimitando uma região que se estende do Nordeste até o Pantanal. As melhores taxas de irradiação são encontradas entre as regiões semiáridas da Bahia e partes de Minas Gerais. Como mostrado no Mapa 2, o Ceará encontra-se inteiramente dentro do cinturão solar brasileiro.

Mapa 2: Irradiação solar no Brasil



Fonte: Portal Solar⁸

Situado na região conhecida como Saliente Nordestino, o Ceará possui uma posição estratégica que reduz as distâncias em relação ao continente europeu e coloca o estado próximo a importantes rotas marítimas de exportação e mercados consumidores⁷. Essa localização vantajosa facilita o acesso aos principais fluxos de comércio internacional envolvendo produtos, bens e serviços. No que se refere à proximidade marítima, o estado é banhado pelo Oceano Atlântico, um corpo d'água de grande importância econômica no contexto globalizado, o que potencializa as oportunidades de intercâmbio comercial com o exterior^{5,9,10,11}.

Adicionalmente, a plataforma continental ao longo do litoral cearense oferece condições favoráveis à integração terra-mar, como locais ideais para o estabelecimento e construção de portos, incluindo o Porto do Pecém, que abriga o Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). A infraestrutura do Porto do Pecém tornou-se essencial para o desenvolvimento econômico, social e tecnológico, impulsionando significativamente o portfólio de exportações do Ceará.

Quanto à altitude, Mattos (1975, p. 20) enfatiza que “as altitudes criam condições favoráveis ou desfavoráveis ao desenvolvimento socioeconômico, sendo que as planícies sempre facilitam a circulação humana e a exploração do território⁵.” No caso do Ceará, as planícies costeiras na região norte se estendem ao longo do Atlântico, com elevações variando entre 30 e 100 metros, aumentando progressivamente em direção ao interior do estado. Não surpreende que a combinação da posição geográfica e das condições de vento nas planícies cearenses tenha possibilitado a instalação e operação de diversas fazendas eólicas (Mapa 3). A localização dessas fazendas em planícies costeiras facilita a construção, bem como a operação e manutenção (O&M) subsequentes. Entre os fatores que favorecem o cenário eólico do Ceará estão as vantagens geográficas naturais, que

elétrica baseada em energias renováveis. Essas características estão em conformidade com o relatório da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), que afirma que a produção de H₂V será mais economicamente viável em regiões com abundância de recursos renováveis, disponibilidade de terras, acesso à água e capacidade de transporte do hidrogênio para os principais países importadores¹⁷.

Estudos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) indicam que os principais fatores que influenciam os custos de produção de H₂V incluem o custo de aquisição da eletricidade renovável utilizada no processo de produção¹⁸. A posição geográfica do Ceará dentro do cinturão solar, combinada com suas condições climáticas (temperatura e vento), evidencia seu potencial promissor tanto para energia solar fotovoltaica quanto eólica. Esse perfil energético complementar oferece vantagens operacionais, logísticas e comerciais atrativas, tornando o estado um fornecedor competitivo de energia renovável para a Europa, em comparação com outros países produtores. Como observa Oliveira (2022, p. 8): “A Europa está cada vez mais voltada para o uso do hidrogênio para descarbonizar os setores industriais e o transporte pesado (ônibus e caminhões)”¹⁹.

Do ponto de vista geopolítico, foram propostos critérios para avaliar o potencial ou poder de uma região, incluindo tamanho e posição geográfica, população, recursos naturais, capacidades industriais, ciência e tecnologia, capacidade militar e coesão interna⁹. Aplicando os critérios de Mattos aos projetos da cadeia de valor do H₂V no Ceará (em termos de potencial de produção e exportação), o cenário do estado pode ser delineado conforme mostrado na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Avaliação do Potencial do Ceará na Cadeia de Valor do H₂V

Critérios de Avaliação Geopolítica segundo a Metodologia de Meira Mattos	Fatores Favoráveis
Dimensão	As dimensões territoriais favorecem a implementação da cadeia de valor do H ₂ V no Ceará.
Posição Geográfica	Localização privilegiada e estratégica no Promontório Nordeste, possibilitando fácil acesso a rotas marítimas e trocas comerciais via Atlântico com a Europa.
População	Permite a formação de recursos humanos especializados em benefício da cadeia de valor do H ₂ V.
Recursos Naturais	Alto potencial para geração de energia solar fotovoltaica e eólica, reduzindo custos de produção e aumentando as vantagens competitivas.
Capacidades Industriais	Parque industrial instalado no CIPP.
CT&I	Projetos de P&D conduzidos pelo Serviço Nacional de Aprendizagem

Critérios de Avaliação Geopolítica segundo a Metodologia de Meira Mattos	Fatores Favoráveis
	Industrial (SENAI).

Fonte: Adaptado de Mattos (1977)⁹ (Modificado pelos autores)

Mais uma vez, torna-se evidente que o Ceará se beneficia de diversos fatores favoráveis ao estabelecimento e ao desenvolvimento da economia do hidrogênio, o que lhe permite transformar seu potencial circunstancial em poder econômico e energético. Do ponto de vista geopolítico, a Tabela 2 sintetiza as vantagens do Ceará com base em seus aspectos fisiográficos.

Tabela 2: Quadro Sumário

Aspecto Fisiográfico	Aspecto Geográfico	Atividade Política, Econômica e/ou Energética	
Posição	Baixa latitude	Produção de energia solar	Catalisador do desenvolvimento socioeconômico do Ceará como resultado da produção e exportação de H ₂ V.
	Altitude (planície)	Produção de energia eólica	
	Influência marítima	Comércio exterior	
Litoral	Influência marítima	Construção de portos	
Clima	Vento	Produção de energia eólica	
	Cinturão solar (semiárido)	Produção de energia solar fotovoltaica	

Fonte: Dados dos pesquisadores

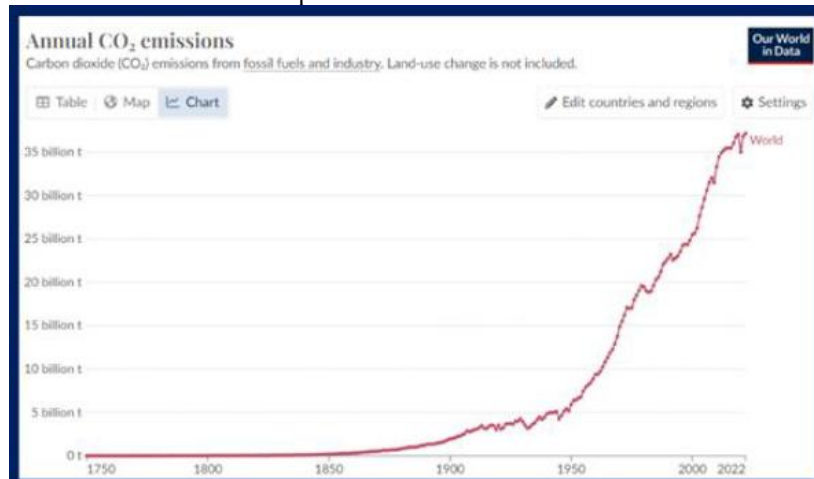
3.2 CAUSAS E MOTIVOS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E A DESCARBONIZAÇÃO DA ECONOMIA

Os ecossistemas que compõem a biosfera são altamente sensíveis às perturbações de origem antrópica. A poluição ambiental e o esgotamento dos recursos naturais têm sido objeto de extensas pesquisas, uma vez que o ritmo acelerado da degradação ambiental ameaça as capacidades de regeneração e recuperação desses sistemas²⁰.

O “efeito estufa” é um processo físico que estabiliza a temperatura da Terra, possibilitando a manutenção da vida nos ecossistemas terrestres. Segundo artigo da *National Geographic*, o físico francês Jean Baptiste Joseph Fourier calculou, em 1824, que a Terra seria aproximadamente 15,5 °C mais fria sem a atmosfera (efeito estufa), o que tornaria a vida no planeta consideravelmente mais difícil. Em 1896, o cientista sueco Svante August Arrhenius foi o primeiro a reconhecer que a queima de bilhões de toneladas de petróleo, carvão e gás aumentaria significativamente a concentração de CO₂ na atmosfera, contribuindo, assim, para o aquecimento global²¹.

O gráfico a seguir demonstra que, antes da Primeira Revolução Industrial (1760–1850), as emissões de CO₂ eram extremamente baixas e permaneceram relativamente estáveis até meados do século XX. Em 1950, entretanto, o mundo globalizado já emitia 6 bilhões de toneladas de CO₂ provenientes da combustão de combustíveis fósseis. A partir desse ponto, as emissões cresceram de forma acentuada, alcançando 37 bilhões de toneladas em 2022.

Gráfico 1: Emissões de CO₂ provenientes de combustíveis fósseis e da indústria



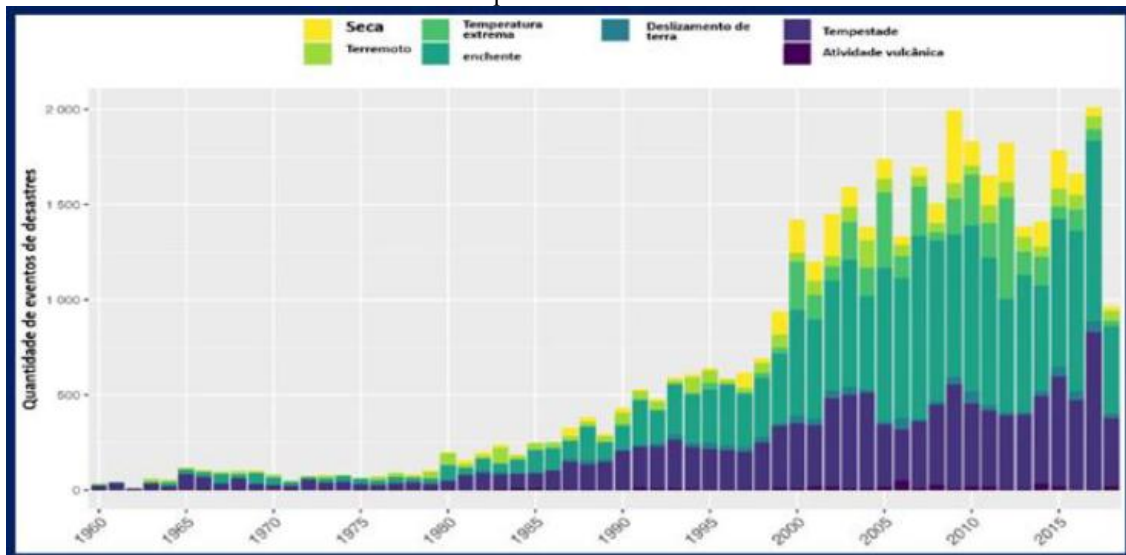
Fonte: Our World in Data²²

O rápido e disruptivo desenvolvimento industrial levou ao aumento das emissões de gases poluentes, o que impulsionou a comunidade internacional a lançar um esforço global para mitigar seus efeitos por meio de uma transição energética capaz de atenuar o aquecimento global e suas consequências. Na década de 1970, tornou-se evidente que o consumo excessivo de recursos naturais e a sobreutilização de energia fóssil estavam provocando significativa degradação ambiental, comprometendo a qualidade de vida das populações. Assim, o aquecimento global é um fenômeno em que o calor é retido pela atmosfera terrestre, intensificado pela presença de poluentes⁷, resultante principalmente da queima excessiva de combustíveis fósseis (CO₂), que aumenta sua concentração na atmosfera. Esses constituem, portanto, os gases de efeito estufa (GEE).

O surgimento de inúmeros problemas ambientais e de diversos eventos climáticos constitui uma resposta da natureza aos limites alcançados pelas atividades econômicas dependentes do uso intensivo de combustíveis fósseis. Caso a situação não seja revertida, poderá afastar ainda mais o planeta da concretização de uma sociedade sustentável. Eventos naturais extremos tornaram-se cada vez mais frequentes, tais como elevação do nível dos mares, secas generalizadas, alterações nos padrões climáticos, derretimento de

geleiras e aumento da temperatura média global²³. Esses eventos foram destacados no relatório de 2007 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)²¹. Outros estudos apontam para um aumento dos desastres naturais em escala mundial, evidenciando a relação direta entre as emissões de GEE e a elevação da temperatura global (Gráfico 2).

Gráfico 2: Frequência de Desastres Naturais



Fonte: XII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos de Defesas (ENABED).

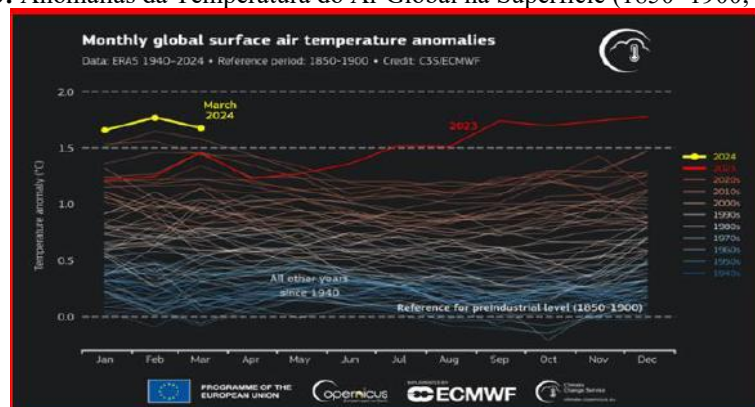
Secas, enchentes, tempestades e temperaturas extremas são os casos mais evidentes nas últimas décadas. “Para enfrentar esses eventos climáticos, organizações nacionais e internacionais buscam incansavelmente estabelecer uma consciência ambiental, visando conciliar as atividades econômicas sem comprometer os recursos naturais das gerações futuras²⁰”. Daí decorre a premente necessidade de buscar fontes alternativas de energia que sejam mais limpas e ecologicamente sustentáveis, em contraste com os combustíveis fósseis derivados do petróleo. Esses achados são apresentados na 19ª Edição do *Global Risks Report 2024*, publicado pelo Fórum Econômico Mundial (WEF), que consolida diversas pesquisas e questionários direcionados a 1.500 líderes globais e mais de 200 especialistas temáticos. Uma das conclusões foi o reconhecimento de um mundo assolado por uma perigosa crise climática²⁴.

Nesse relatório, as preocupações ambientais foram destacadas por dois terços (66%) dos respondentes, que classificaram as condições climáticas extremas como o risco mais provável de uma crise em escala global em 2024. Quando questionados sobre riscos potenciais para os próximos dois anos e para os próximos dez anos, os resultados foram os

seguintes: no curto prazo, os eventos climáticos extremos ocuparam a segunda posição como principal preocupação, e a poluição ficou em décimo lugar. Já no longo prazo, os eventos climáticos extremos assumiram a primeira posição, a perda de biodiversidade ficou em terceiro lugar, a escassez de recursos em quarto, e a poluição manteve-se na décima colocação²⁴. Esses resultados reforçam a necessidade urgente de que os países implementem a transição energética e a descarbonização de suas economias, a fim de mitigar os efeitos do aquecimento global e evitar o surgimento de crises globais. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) publicou o relatório *Global Climate State* da Organização Meteorológica Mundial (WMO), no qual se afirma que “o ano de 2023 já é considerado o mais quente em 174 anos de medições meteorológicas”²⁵ ²⁶.

Entre outros dados surpreendentes e preocupantes, o relatório apresentou os seguintes: a temperatura média global da última década está $1,19 \pm 0,12$ °C acima da média de 1850-1900 (o período decenal mais quente já registrado). As concentrações dos três principais gases de efeito estufa (dióxido de carbono, metano e óxido nitroso) atingiram níveis recordes em 2022. O calor dos oceanos alcançou seu nível mais alto em 2022, em comparação com os dados disponíveis dos últimos 65 anos. Em 2023, o nível médio do mar superou os anos anteriores, refletindo o derretimento de geleiras e mantos de gelo²⁶. O Observatório Climático Copernicus, da Comissão Europeia, em seu relatório, apontou que, em março de 2024, as temperaturas médias foram 1,68 °C mais altas do que as de um março da era pré-industrial (1850–1900). Nos últimos doze meses, as temperaturas globais foram 1,58 °C mais altas do que na era pré-industrial, ultrapassando o limite de 1,5 °C estabelecido pelo Acordo de Paris. A temperatura dos oceanos tem se mantido mais elevada do que nunca por mais de um ano, estabelecendo um novo recorde histórico com uma média de 21,07 °C da temperatura de sua superfície²⁷.

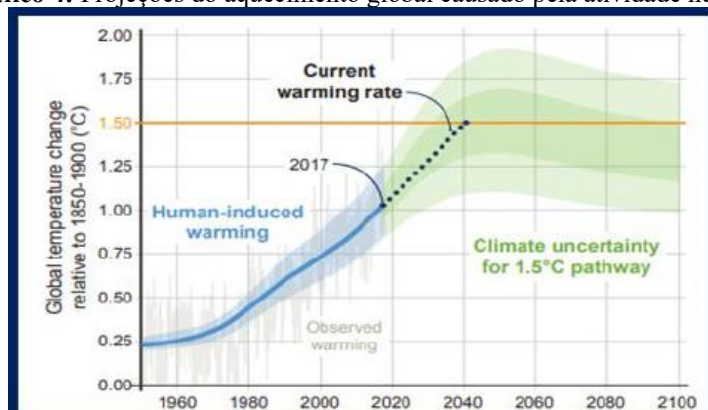
Gráfico 3: Anomalias da Temperatura do Ar Global na Superfície (1850–1900; 1940–2024)



Fonte: Copernicus Climate Observatory of the European Commission (2024)²⁷.

No Gráfico 3, o ano de 2024 está destacado em amarelo em negrito, 2023 em vermelho em negrito, e todos os demais anos são representados por linhas finas e sombreadas de acordo com a década, variando do azul (década de 1940) ao vermelho-escuro (década de 2020). Os dados apresentados sugerem um possível aumento dos danos aos ecossistemas marinhos, resultando em maior umidade na atmosfera, velocidades mais intensas dos ventos e chuvas mais fortes. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o aquecimento de origem antrópica atingiu aproximadamente 1 °C acima dos níveis pré-industriais em 2017. No Gráfico 4, “se as atividades econômicas atuais, baseadas em combustíveis fósseis, continuarem, as temperaturas globais alcançarão 1,5 °C por volta de 2040” (IPCC, 2022, p. 82). Tais situações exigem ação por parte dos governos, das instituições e da população em geral.

Gráfico 4: Projeções do aquecimento global causado pela atividade humana



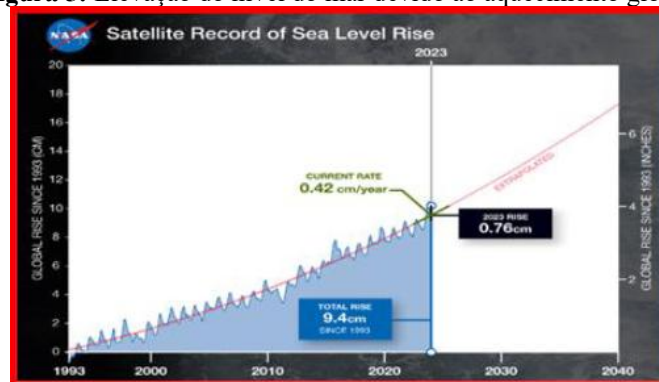
Fonte: IPCC (2022, p. 82).

As inundações em áreas costeiras, a maior disseminação de doenças (devido às altas temperaturas), a dificuldade de acesso a fontes de água potável, a redução da produção agrícola (impactada por eventos climáticos adversos e extremos) e o aumento dos preços dos alimentos, entre outros, são exemplos dos efeitos que diversas cidades vêm enfrentando, resultando em desastrosos impactos socioeconômicos²⁸. Em março de 2024, a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA) publicou um artigo intitulado “Too Hot to Handle: How Climate Change Could Make Some Places Uninhabitable”²⁹. Com base em dados de satélite, a agência estimou que determinadas regiões do mundo se tornarão inabitáveis devido ao aquecimento global em um horizonte de 30 a 50 anos. Segundo os modelos climáticos utilizados, algumas áreas poderão ultrapassar os níveis atuais de temperatura, indicando que as regiões mais vulneráveis incluirão o Sul da Ásia,

o Golfo Pérsico e o Mar Vermelho por volta de 2050, além do Leste da China, partes do Sudeste Asiático e o Brasil até 2070.

Ainda em 2024, a NASA divulgou dados científicos revelando que, até 2050, o nível do mar poderá subir até 20 centímetros, impulsionado pelas mudanças climáticas. A Figura 5 mostra o nível médio do mar entre 1993 e 2023 em azul. A linha vermelha contínua indica a trajetória desse aumento (1993 a 2023), que mais do que dobrou nas últimas três décadas. A linha vermelha tracejada projeta a elevação futura do nível do mar²⁹.

Figura 5: Elevação do nível do mar devido ao aquecimento global.



Fonte: NASA (2024)²⁹.

Cientistas do *British Antarctic Survey* concluíram que o degelo registrado na Antártica em 2023 teria sido “extremamente improvável” sem as mudanças climáticas, tendo a extensão máxima da cobertura de gelo marinho diminuído em dois milhões de quilômetros quadrados. Além disso, estudos indicaram que as mudanças climáticas quadruplicaram a probabilidade de ocorrência de eventos de degelo tão extensos e rápidos³⁰. A convergência simultânea dos efeitos mencionados tem o potencial de afetar decisivamente os países, impactando milhões de pessoas social e economicamente. Oliveira (2024) sintetiza esse cenário ao afirmar que: Essas evidências relacionadas à crise climática apresentam um imperativo a todos os seres racionais que habitam o planeta: a transição energética deve ser intensificada, ou as condições mínimas de habitabilidade serão perdidas em um curto espaço de tempo. Na Alemanha, em resposta à urgência da transição energética, o governo atualizou, em 2023, a Estratégia Nacional de Segurança (*National Security Strategy* – NSS), enfatizando seu compromisso no enfrentamento da crise climática, entre outros desafios^{31 32}. Especificamente em relação ao clima, declarou: A crise climática ameaça os fundamentos de nossa vida e de nossa economia. Ela já possui repercussões significativas na política de segurança. Não seremos mais capazes de impedir completamente as consequências dessa crise, mas poderemos mitigá-las³².

3.3 HIDROGÊNIO VERDE

A busca por fontes alternativas de energia em substituição aos combustíveis fósseis não é recente. Historicamente, em 1923, John Burdon Sanderson Haldane foi o primeiro a descrever os conceitos da economia do hidrogênio, prevendo que, em 400 anos, a questão energética na Inglaterra estaria solucionada com o uso do hidrogênio. Somente em 1990, “a primeira planta piloto de H₂V, utilizando energia solar, foi instalada pela *Solar-Wasserstoff-Bayern*”³³.

Como discute Holanda (2018, p. 34), a produção de alimentos e a poluição, por exemplo, estão diretamente relacionadas às questões energéticas, uma vez que é necessária cada vez mais energia para produzir alimentos; contudo, a maior parte das fontes disponíveis é poluente e responsável pelo aquecimento global³⁴. Ele então questiona: “Quem substituirá o petróleo?” A guerra entre Rússia e Ucrânia comprometeu a segurança energética das economias europeias, trazendo enorme instabilidade nos preços dos combustíveis fósseis. Com alta dependência dos combustíveis russos, as economias da União Europeia têm buscado soluções de curto, médio e longo prazo para reduzir a dependência do suprimento energético³⁵. O hidrogênio, considerado o pilar da transformação energética global, possui significativa importância nas estratégias de transição de diversos países, especialmente por oferecer uma alternativa em setores altamente carbonizados¹⁹.

“Essa posição está alinhada ao relatório do Fórum Político de Alto Nível das Nações Unidas, que identifica o H₂V como solução fundamental para os setores de difícil descarbonização”³³. “Entre suas principais vantagens está a descarbonização de setores como petroquímico, siderúrgico, ferro e fertilizantes. Por essa razão, espera-se que a produção global cresça exponencialmente nos próximos anos, com valores de investimento que podem chegar a 500 bilhões de euros até 2030”³⁶. Assim, há uma forte defesa, em fóruns internacionais, quanto às vantagens do H₂V no enfrentamento das questões climáticas. “No entanto, alcançar esse objetivo representa um enorme desafio, uma vez que sua produção ainda é relativamente cara em comparação com outros métodos utilizados para obtê-lo”³⁷.

3.4 O PANORAMA INTERNACIONAL DO HIDROGÊNIO

Segundo a Agência Internacional de Energias Renováveis (*International Renewable Energy Agency* – IRENA), é provável que o hidrogênio influencie a geografia em transformação do comércio global. Com a redução dos custos da energia renovável, espera-

se que o mapa geopolítico emergente demonstre crescente regionalização nas relações energéticas. A Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency – IEA*) projeta que a produção aumentará de 90 milhões de toneladas (2020) para mais de 200 milhões de toneladas em 2030. Estimativas do *Hydrogen Council* (2023) indicam que o Brasil possui potencial para se tornar um ator de destaque, com o mercado global projetado em US\$ 2,5 trilhões até 2050, representando cerca de 20% da demanda energética mundial^{39 40}. Berger (2023) aponta que os governos europeus estabeleceram metas de descarbonização, desenvolvendo estratégias e objetivos ambiciosos³⁶. Até 2030, acredita-se que a Europa se destacará com projetos de H₂V localizados em áreas com acesso à energia solar ou eólica. Estudos publicados pelo *World Energy Council* (WEC) sugerem que cada país tende a adotar suas próprias políticas energéticas. No entanto, há um consenso global: a descarbonização da economia é a principal razão para investir na cadeia de suprimento de hidrogênio, particularmente na indústria de transporte pesado e de longa distância, como ônibus e caminhões⁴¹.

Como a produção europeia de hidrogênio não atende à demanda, “uma solução seria a importação de países onde o hidrogênio pudesse ser produzido de forma mais econômica e em maior escala, como no Oriente Médio, Norte da África e América Latina”⁴¹. Bezerra (2023, p. 13) destacou que “muitos países europeus não serão capazes de implementar a transição energética para alcançar uma economia de baixo carbono sem recorrer à importação de grandes volumes de energia limpa e renovável”³⁷. “Essa mesma conclusão é corroborada pelo Porto de Rotterdam, que afirma que a importação de H₂V será essencial para a Europa, uma vez que o consumo no continente excede sua produção⁴².” Portanto, a oportunidade significativa do Ceará reside em ser o ator-chave para atender a essa demanda europeia. Estudos indicam que a Alemanha pode se tornar importadora de hidrogênio líquido, dada a sua busca por fornecedores para assegurar o consumo doméstico. De fato, o país trabalha para consolidar um atlas global de países potenciais, viabilizando futuros acordos de importação^{32 41}.

Assim, surge a necessidade de cooperação internacional como vantagem estratégica para fortalecer o hidrogênio no mercado global, o que está em consonância com estudos do BNDES (2022), indicando que, para o hidrogênio cumprir seu papel crucial como vetor de descarbonização, seria necessário um aumento global da capacidade de produção. Por um lado, o Ceará oferece vantagens como a disponibilidade de recursos renováveis a preços competitivos; por outro, existe a demanda da Alemanha, que firmou parcerias com diversos países, incluindo o Ceará, para desenvolver atividades de cooperação voltadas à compra de

H₂V^{18 32 43}. A oportunidade do Ceará surge precisamente a partir dos investimentos europeus em H₂V, o que se traduziria em uma significativa oportunidade para a agenda de exportação do estado. Como a União Europeia não consegue produzir hidrogênio nas quantidades necessárias, a solução seria prospectar mercados internacionais em países capazes de produção e exportação, com acesso a energia solar e eólica¹⁹. O desenvolvimento em larga escala do hidrogênio possui potencial para criar um novo setor industrial voltado à fabricação de equipamentos de alta tecnologia. “Cadeias de suprimento regionais para fabricação de equipamentos (como eletrólitos e células a combustível) poderiam gerar oportunidades e empregos além das grandes economias, de acordo com a IEA (2021, p. 9)⁴⁴.” “Em 2021, cenários prospectivos foram elaborados pela Agência Alemã de Cooperação (*German Cooperation Agency – GIZ*), avaliando a demanda potencial de importação de hidrogênio para a UE e Alemanha nos anos de 2030 e 2050, conforme apresentado na Tabela 3^{31 32}.”

Tabela 3: Cenários de Demanda de Importação de Hidrogênio na Alemanha e na União Europeia

Parâmetro	Região	2030Cenário A	2030Cenário B	2050Cenário A	2050Cenário B
Demanda por H ₂ (TWh)	Alemanha	4	20	250	800
	União Europeia	30	140	800	2250

Fonte: Instituto Fraunhofer (2022)

As considerações acima estão alinhadas às decisões tomadas pelo governo em sua *Estratégia Nacional de Segurança* (p. 8), que afirma: “Conter a crise climática e enfrentar suas repercussões é uma das tarefas mais fundamentais e urgentes deste século. Uma redução drástica nas emissões de poluentes em escala global é imperativa. Ao mesmo tempo, uma transformação global, sustentável, verde e socialmente justa apresenta oportunidades significativas [...]”³². Os dados mencionados corroboram a decisão da Alemanha de lançar, em junho de 2021, a iniciativa H₂Global Foundation³², voltada ao fomento da indústria nacional de hidrogênio verde (H₂V) e à promoção do crescimento no mercado global. De acordo com o BNDES (2022, p. 78), “a iniciativa busca reduzir a dependência de recursos energéticos fósseis, substituindo-os pelo hidrogênio, adquirindo produção de hidrogênio de países exportadores¹⁸.” Outra iniciativa alemã destacada por Castro et al. (2023, p. 108) foi o lançamento da “Estratégia Nacional de Hidrogênio”, uma política industrial ampla destinada a desenvolver a infraestrutura de longo prazo necessária⁴³. Oliveira (2024, p. 36) observou que “a visão era estabelecer um plano de ação para a cadeia de valor do hidrogênio³¹.” Assim, as estimativas apresentadas refletem o

mercado internacional de hidrogênio para a Europa e, especificamente, para a Alemanha, permitindo concluir a relevância do CIPP no atendimento à demanda europeia e alemã em termos de descarbonização³². Segundo a ENS (2023), a redução da dependência de matérias-primas e do fornecimento de energia por meio de relações de fornecimento diversificadas garante a disponibilidade de recursos críticos³².

3.5 PANORAMA NACIONAL DO HIDROGÊNIO

“O Brasil posicionou o hidrogênio como solução energética para cumprir seu compromisso internacional de neutralidade de carbono até 2050”⁴⁵. Nesse sentido, o relatório *Hydrogen Market Update in Latin America* indica que “o Brasil está pronto para ocupar um lugar de destaque no mercado global e tornar-se um dos principais exportadores deste combustível devido à sua abundância de energia renovável”⁴⁶. Oliveira (2022, p. 6) esclarece que “o Brasil possui grande potencial para se tornar um importante exportador de hidrogênio devido às excelentes condições climáticas favoráveis à geração de eletricidade a partir de fontes eólicas, solares e hidrelétricas¹⁹.” Simultaneamente, Santos et al. (2022, p. 13) apontam que “o Brasil tem uma oportunidade significativa de desempenhar um papel relevante internacionalmente ao oferecer H₂V a preços mais baixos e em grandes quantidades, facilitando o acesso a mercados externos na Europa”³³. Outros estudos sugerem que a produção de H₂V representa uma oportunidade para o desenvolvimento socioeconômico sustentável no Nordeste, devido aos baixos custos de geração, aumentando assim a competitividade do H₂V¹⁹.

O Brasil possui potencial de energia solar comparável ao de países desérticos e é também um dos melhores locais do mundo para geração de energia eólica⁴⁷. Além disso, segundo Oliveira (2022), a região Nordeste está se posicionando como um polo de produção devido ao seu alto potencial para geração de energia eólica e solar, bem como à localização geográfica estratégica de seus portos em relação aos principais mercados europeus, destacando-se o Ceará como o estado com o maior número de projetos anunciados de H₂V no Brasil¹⁹.

Em maio de 2023, a CNI lançou o “Plano de Recuperação da Indústria: Uma nova estratégia focada em inovação, descarbonização, inclusão social e crescimento sustentável” (CNI, 2023a). A “Missão 1: Descarbonização” constitui uma das soluções voltadas ao combate ao aquecimento global e à redução de emissões de gases de efeito estufa por meio do desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao hidrogênio, que assume papel crescente no cenário internacional. Ainda em 2023, a CNI divulgou o *Mapa Estratégico da Indústria*

2023-2032: *O Caminho para a Nova Indústria*, que aponta que a descarbonização industrial promoveria melhores condições para atração de investimentos e geração de novas oportunidades de negócios (CNI, 2023b). Em 2024, o governo brasileiro lançou o *Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2026*, apresentando ações estratégicas para o *New Industry Brazil* (NIB) voltadas a “transformações econômicas e sociais com o objetivo de superar barreiras ao desenvolvimento brasileiro” (Brasil, 2024, p. 6).

Semelhante ao *Plano de Recuperação da Indústria* (CNI, 2023a), o NIB inclui um capítulo específico sobre transição energética: Missão 5 (“Bioeconomia, descarbonização e transição energética e segurança para garantir recursos às futuras gerações”). Neste capítulo, o hidrogênio é enfatizado nas ações propostas pelo Brasil, incluindo o desenvolvimento de tecnologias voltadas ao hidrogênio de baixo carbono e a priorização de financiamentos e créditos de inovação (MDIC, 2024), alinhando-se à assertiva da IEA de que os esforços de descarbonização dependerão cada vez mais de tecnologias ainda não disponíveis⁴⁴. Segundo Pereira (2024), a matriz elétrica brasileira é altamente renovável, uma vez que grande parte da eletricidade gerada provém de usinas hidrelétricas. A energia eólica e solar também cresce significativamente, contribuindo para a manutenção de uma matriz elétrica predominantemente renovável.

O Ceará desempenha papel crucial no contexto do H₂V ao alinhar-se com o relatório da IEA (*Hydrogen in Latin America: From Short-Term Opportunities to Large-Scale Deployment*), que afirma: “Para impactar as transições para energia limpa na América Latina, os setores de uso final também devem se beneficiar das vantagens competitivas da região na produção desse combustível, a fim de encontrar oportunidades e gerar empregos em um cenário de emissões zero”⁴⁴. A atenção foi despertada quando o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) identificou “o hidrogênio como um dos temas prioritários para pesquisa e desenvolvimento voltados à aplicação de recursos”⁵². Essa declaração seguiu o *Plano Nacional de Energia* (PNE) para 2050, publicado em 2020, quando o hidrogênio foi identificado como tecnologia de interesse no contexto da descarbonização da matriz elétrica brasileira⁵². Um ano depois, o Brasil estabeleceu uma estratégia para ações relacionadas ao desenvolvimento da economia do hidrogênio por meio do Programa Nacional de Hidrogênio (PNH₂), supervisionado pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Conforme destacado no *Plano Trienal de Trabalho 2023-2025*⁴⁵, foram enfatizadas vantagens competitivas decorrentes da instalação de plantas de produção de hidrogênio em complexos portuários (hubs), que também incluem plantas industriais— conclusão apresentada de forma similar por Vasileva (2023)⁴⁶. O entendimento é que,

dentro de um complexo portuário, se combinariam vários fatores estratégicos necessários ao desenvolvimento da cadeia do H₂V, como logística de exportação, proximidade de polos industriais e fontes de energia renovável utilizadas na eletrólise (síntese de hidrogênio)¹⁹.

Acredita-se que essa estratégia seja crucial para viabilizar a economia do hidrogênio, com o objetivo de fomentar investimentos em infraestrutura da cadeia energética. No Brasil, um desses complexos portuários é Pecém (CE). “A perspectiva seria consolidar hubs de hidrogênio de baixa emissão no Brasil até 2035, visando catalisar o desenvolvimento e a produção, integrando as infraestruturas necessárias desde as etapas de produção até armazenamento, transporte e consumo”⁴⁵. A IRENA também aponta, em artigo intitulado *The Geopolitics of Energy Transformation: The Hydrogen Factor*, que países com abundância de energia renovável de baixo custo poderiam se tornar produtores globais de H₂V, com consequências geoeconômicas e geopolíticas, dada sua competitividade e viabilidade econômica ao produzir em locais que combinam recursos renováveis abundantes com espaço para parques solares ou eólicos, além de acesso à água, podendo exportar para grandes centros de demanda¹⁷. O Ceará se destaca novamente nesse cenário competitivo.

3.6 A PERSPECTIVA DO CEARÁ NA ECONOMIA DO HIDROGÊNIO

No estado do Ceará, a integração e a colaboração entre diversos atores na cadeia energética e econômica do hidrogênio são evidentes no *Plano Trienal de Trabalho 2023-2025* por meio das Câmaras Temáticas. Essa estrutura facilita relações interinstitucionais para a implementação efetiva de ações relacionadas às mudanças climáticas (produção e uso de hidrogênio de baixo carbono)⁴⁵. Raccichini, Contardi e Ristuccia (2022, p. 3) apresentam uma visão geral das estratégias e questões de mercado relacionadas ao hidrogênio no Brasil, destacando o Ceará como o “Primeiro Vale do Hidrogênio Verde do Brasil”⁴⁸, devido a fatores estratégicos chave, como fontes de energia renovável e a localização geográfica estratégica do Complexo Industrial e Portuário de Pecém (CIPP). Antecipando-se ao Plano Trienal em 14 anos, o Ceará lançou seu *Hydrogen Hub* em 2021.

A Federação das Indústrias do Ceará (FIEC), o Governo do Estado e a Universidade Federal do Ceará (UFC) assinaram um memorando de entendimento para a construção de uma unidade de produção de hidrogênio no CIPP³⁷. Para ilustrar a magnitude deste acordo, o Banco Mundial e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) financiaram a infraestrutura necessária para desenvolver o hub de hidrogênio no Porto de Pecém com US\$ 100 milhões⁴⁶. Esses recursos refletem estudos conduzidos pela

McKinsey & Company, que indicam que a matriz energética brasileira é composta por 85% de energia renovável, sugerindo que os investimentos para produção nacional de H₂V poderiam alavancar a rede elétrica existente, uma vez que 70% dos custos de produção de hidrogênio são atribuídos a despesas com energia⁴⁹. Não por acaso, em maio de 2023, os governos do Ceará e dos Países Baixos estabeleceram um corredor marítimo entre Pecém e Roterdã, criando uma rota de transporte de H₂V para a Europa⁴⁶.

Essa parceria é considerada estratégica, uma vez que Roterdã está bem posicionada no mercado europeu, servindo como um complexo portuário que integra produção e consumo de H₂V com infraestrutura para distribuição a outros países europeus, terminais de importação e eletrólitos¹⁹. Para a administração de Roterdã, o objetivo dessa parceria é fortalecer a cooperação bilateral e promover iniciativas de desenvolvimento portuário e projetos energéticos envolvendo energia eólica offshore e produção de H₂V. Notavelmente, a demanda de H₂V de Roterdã para a Alemanha poderia atingir até 20 milhões de toneladas por ano até 2050, sendo esperado que 18 milhões de toneladas venham de importações^{32 50}. As estatísticas do porto são impressionantes: “considerado a melhor infraestrutura portuária da Europa, reconhecido como o maior da Europa, fornecendo acesso a um mercado de 440 milhões de consumidores e gerando 565.000 empregos, enquanto acomoda 30.000 navios anualmente”⁴². Durante a *World Hydrogen Summit* realizada em Roterdã em 2022, foi anunciado que 4,6 milhões de toneladas de H₂V seriam distribuídas à Europa via Porto de Roterdã até 2030 — sendo 4 milhões de toneladas importadas e o restante produzido no próprio porto¹⁹. Do ponto de vista do Ceará, de acordo com Figueirêdo (2023), com uma produção estimada de 1,3 milhão de toneladas de hidrogênio por ano até 2030, o CIPP poderia atender potencialmente 25% da demanda de importação de Roterdã. Uma vantagem competitiva do *Hydrogen Hub* (CIPP) seria também sua designação como zona franca (*Export Processing Zone*), oferecendo incentivos fiscais diferenciados (Tabela 4)⁵⁰. Os benefícios concedidos às empresas instaladas são assegurados por um período de até vinte anos.

Tabela 4: CEARÁ EPZ (Benefícios Fiscais)

Entidade	Benefícios Fiscais
Federal	- Aplicável à aquisição de bens, insumos e serviços do mercado nacional. Suspensão de: IPI, COFINS e PIS/PASEP. - Aplicável à aquisição de bens, insumos e serviços do mercado externo. Suspensão de: II, AFRMM, IPI, COFINS-Importação e PIS/PASEP-Importação.
Regional	- Redução de até 75% do Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) (SUDENE).
Estadual	- Isenção de ICMS aplicável a bens e mercadorias utilizados no processo de industrialização de produtos destinados à exportação; - Isenção de ICMS aplicável a serviços de transporte

Entidade	Benefícios Fiscais
	intermunicipal e interestadual; - Isenção de ICMS no diferencial de alíquotas sobre aquisições interestaduais de bens destinados a ativos fixos.
Municipal	- Possibilidade de redução do ISS em até 2%.

Fonte: Technological Park of UFC. Adaptado pelos autores.

À medida que as indústrias operam com benefícios fiscais, cambiais e administrativos⁷, as condições descritas na tabela anterior estimulam ainda mais a transição energética na área industrial do complexo, por meio da parceria com o Porto de Roterdã, possibilitando sua transformação em um hub internacional para produção e exportação de hidrogênio para a Europa.

3.7 FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC)

Neste momento desafiador de transição energética, a Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) tem atuado por meio da implementação de diversos programas, projetos e iniciativas voltados à economia do hidrogênio. Como ator estratégico na promoção das energias renováveis, a FIEC constitui um elo importante para consolidar a cadeia de valor do H₂V, contribuindo para a internacionalização do Ceará diante da atual demanda europeia e alinhando-se ao relatório da Agência Internacional de Energia (IEA) devido ao seu potencial de produzir volumes maiores e mais competitivos para exportação a mercados globais no longo prazo⁴⁴. Essas ações demonstram como a FIEC está mudando o curso da história do estado por meio dos investimentos já realizados.

Segundo o Presidente da FIEC (2023), em termos absolutos, os investimentos realizados pelo Sistema FIEC no contexto da transição energética superaram R\$ 30 milhões nos últimos quatro anos, sendo R\$ 3 milhões provenientes da Agência Alemã de Cooperação Internacional e outros R\$ 12 milhões oriundos de parcerias estratégicas com organizações internacionais de relevância, como a Maersk Training. Em estudos prospectivos, o setor energético recebeu atenção prioritária: “O setor energético é um excelente portador de potencial futuro.” Ele já desempenha papel relevante na dinâmica econômica do Ceará, particularmente devido ao seu potencial diferenciado derivado das fontes eólica e solar. Novos investimentos são anunciados diariamente em diversas regiões do estado⁵¹. Identificando oportunidades, a FIEC assinou diversos acordos internacionais (*MoUs*), permitindo investimentos estrangeiros diretos na ordem de bilhões de dólares para produção de H₂V e futura exportação. Politicamente, a FIEC está alinhada com programas e ações estratégicas do Governo Federal, como o Programa Nacional de Hidrogênio

(PNH2), estabelecendo-se como ator institucional indispensável à implementação da economia do hidrogênio no contexto da transição energética global⁵².

Nesse sentido, a atuação da FIEC converge com a intenção do Brasil de alcançar os menores custos de produção de hidrogênio do mundo até 2030, em consonância com projeções atuais que já posicionam o país como um dos mais competitivos em termos de custos de produção⁴⁵. Alinha-se ainda às recomendações da IEA (2021) para tomadores de decisão de alto nível na América Latina: visão de longo prazo para o hidrogênio dentro do sistema energético e cooperação internacional para posicionar a região no cenário global do hidrogênio⁴⁴. Parte dessa liderança pode ser caracterizada por meio de diversas iniciativas e atividades, como: participação na COP26 em Glasgow (Escócia), apresentando o tema “Green Hydrogen: Investment Opportunities in Northeast Brazil” em 2021; organização do *International Green Hydrogen Forum* em 2021; recepção de delegação da Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha (AHK São Paulo) em 2023; e organização do evento *NRW HYway2 Brasil: Networking Brazil-Germany: Green Hydrogen* em 2023, reunindo empresas alemãs interessadas em explorar oportunidades no mercado brasileiro de hidrogênio verde^{32 53 54}.

A FIEC inovou ao estabelecer uma política de sustentabilidade ambiental e responsabilidade social que fortalece sua governança sistêmica. Em 2022, lançou o Programa e Centro ESG-FIEC (Environmental, Social, and Corporate Governance), inédito em todo o sistema industrial brasileiro. Esta iniciativa (“Programa de Certificação ESG-FIEC”) incorporou a gestão ambiental como incentivo para que empresas conduzam suas atividades de forma segura do ponto de vista ambiental. Conforme destacado por Bezerra (2023), no setor industrial, a produção de “produtos verdes” sem emissão de gases de efeito estufa constituirá um mercado promissor nos próximos anos devido à tributação prevista sobre produtos que geram gases de efeito estufa durante seus processos de produção. Além disso, quanto ao Selo ESG-FIEC — auditado pelo Bureau Veritas —, este programa aumenta a competitividade, credibilidade e confiabilidade da FIEC perante stakeholders globais, proporcionando maior segurança em negociações e atraindo investimentos relacionados a iniciativas da economia do hidrogênio³⁷.

Outra iniciativa foi a retomada do Pacto por Pecém em 2023, reunindo setores político, industrial, acadêmico e da sociedade civil com o propósito de fomentar governança multilateral aliada à sustentabilidade socioambiental. Vale destacar que o Pacto por Pecém possui dimensão econômica significativa, impactando o desenvolvimento socioeconômico do Ceará: o Hydrogen Hub⁵⁴. Essas ações evidenciam o compromisso

institucional com a cultura do hidrogênio, com potencial de transformar o estado em referência global na produção e exportação de hidrogênio, assumindo papel de liderança em um momento tão crucial na primeira metade do século XXI. Por fim, a FIEC organizou um mapeamento das oportunidades previstas a partir da implementação de projetos relacionados à produção de H₂V no estado. O documento, intitulado *Masterplan for Green Hydrogen in Ceará*, foi conduzido pela consultoria americana IXL Center, com participação de especialistas da Universidade de Harvard, do Massachusetts Institute of Technology, pesquisadores de diversas nacionalidades, equipe de consultores seniores especializados em inovação e representantes de diversas organizações públicas e privadas do Ceará⁵⁵.

3.8 SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI CE)

O papel do SENAI tem sido fundamental na formação de recursos humanos especializados para atuarem na transição energética. A instituição busca fortalecer as ações, programas e projetos desenvolvidos pela FIEC. Em termos de especialização, realiza os programas de capacitação listados abaixo, tendo já formado milhares de profissionais capacitados para atuar em energias renováveis.

Tabela 5: Capacitações Realizadas pelo SENAI

Instituição de Ensino	Curso/Treinamento/Qualificação	Carga Horária
SENAI (Barra do Ceará)	Tecnologia em Energia Eólica	32 h/aula
	Segurança Aplicada ao Armazenamento e Distribuição de Hidrogênio	60 h/aula
	Reparo de Pás de Turbinas Eólicas	160 h/aula
	Montagem de Sistemas Fotovoltaicos	40 h/aula
	Comissionamento de Sistemas Fotovoltaicos	40 h/aula
SENAI (Barra do Ceará, Juazeiro e Sobral) Projeto H-TEC	Hidrogênio, Distribuição de Energia, Energia Eólica, Energia Solar e Segurança do Trabalho	360 h/aula
SENAI (Sobral)	Montagem de Sistemas Fotovoltaicos	40 h/aula

Fonte: Dados dos pesquisadores.

O SENAI deu passos significativos no fortalecimento da cadeia de valor do H₂V. Em 2022, integrou o Centro de Excelência para a Transição Energética, em parceria com grandes empresas multinacionais, como Aeris Energy, Makro, Siemens, Maersk Training e a Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ). Este centro tem como objetivo aprimorar a capacitação da força de trabalho, preparando-a para atender às diversas

demandas do setor energético nos próximos anos. A inauguração das instalações ocorreu em março de 2024, contribuindo para a formação de profissionais voltados à produção de energia limpa no Estado. O centro está equipado com materiais e ferramentas importados das empresas alemãs Heliocentris, Ali Güleriyüz e Stephan Macher, que serão utilizados em estudos relacionados à produção de hidrogênio⁵⁷.

Por meio da parceria com a GIZ, foram importados três *Fuel Cell Automotive Trainer benches*, dois *Fuel Cell Trainer benches* e um *Hybrid Energy Lab System*, permitindo a realização de testes de eficiência, temperatura e pressão em maior escala para pesquisas aplicadas em sistemas de baterias e células a combustível. Em 2023, duas missões internacionais significativas foram realizadas na Alemanha em apoio às bases tecnológicas do H₂V³². A primeira consistiu na *International Technical Mission*. Na segunda, membros do SENAI participaram das atividades do programa de cooperação bilateral “H2Brasil”, uma iniciativa do Ministério de Minas e Energia (MME) e da GIZ. Em maio de 2024, foi lançado o Projeto H-TEC para Qualificação e Fortalecimento da Cadeia de Produção de Energia Renovável no Ceará, com o objetivo de apoiar o setor de energias renováveis por meio da capacitação de profissionais qualificados. O SENAI é responsável por ministrar 100% das aulas práticas. Estima-se que 1.050 profissionais sejam capacitados na primeira fase, com expectativa de alcançar 10.650 até 2026.

Além disso, SESI e SENAI lançaram uma chamada de incentivo à Transição Energética por meio de edital de inovação, oferecendo até R\$ 10 milhões para fomentar e desenvolver soluções voltadas a indústrias relacionadas à transição energética e a temas ESG. Esta iniciativa foca em novos produtos e processos aplicados às demandas industriais, buscando também incentivar a integração entre setores industriais, tecnológicos e educacionais no desenvolvimento de inovações no campo da transição energética. Destaca-se ainda uma parceria internacional com a multinacional australiana Fortescue, visando estabelecer um grupo de trabalho para desenvolver iniciativas de suporte a empregos, incluindo a capacitação da força de trabalho para a cadeia do H₂V. Foi assinado um memorando de entendimento com o Instituto Fraunhofer ICT para o desenvolvimento de pesquisas bilaterais sobre H₂V e créditos de carbono. Em 2024, a instituição realizou visitas ao *Energy System Catapult* da Universidade de Sheffield e Cranfield, na Inglaterra. A missão internacional incluiu visita ao *Sustainable Aviation Fuels Innovation Centre (SAF-IC)* do *Translational Energy Research Centre (TERC)*, considerado o primeiro no Reino Unido a realizar processos de captura de CO₂ e produção de hidrogênio, convertendo-o em combustíveis sustentáveis para aviação.

3.9 INSTITUTO EUVALDO LODI (IEL)

O IEL oferece educação empresarial ao setor produtivo, com foco em inovação. Além disso, planeja, executa e monitora projetos de alta complexidade, contribuindo para a competitividade industrial em níveis local e regional. Em 2021, o IEL tornou-se uma Instituição Científica e Tecnológica (ICT), estabelecendo-se como referência na produção de conhecimento e na formação de profissionais para atuar no setor energético, atendendo às demandas de mercado relacionadas à transição energética. Como exemplo, duas iniciativas foram incorporadas à coleção de cursos oferecidos pelo IEL: a primeira foi a pioneira turma de MBA em Gestão de Energias Renováveis (392 horas), em parceria com o Centro Universitário Farias Brito (FB Uni); e a segunda foi a criação do Curso de Capacitação em Gestão de Energias Renováveis e Hidrogênio Verde (64 horas). Em março de 2024, foi lançada a Rede de Pesquisa e Inovação em Energias Renováveis do Ceará (Rede VERDES), iniciativa pioneira voltada à realização de pesquisas básicas e aplicadas de maneira colaborativa e multidisciplinar em diferentes tipos de energia limpa. No lançamento, a Rede VERDES contava com mais de 100 pesquisadores de 26 Unidades de Pesquisa de 14 Instituições de Ensino Superior (IES) e ICTs.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade da transição energética é imperativa, como evidenciam estudos e relatórios de instituições renomadas. O tempo parece cada vez mais curto para a implementação de todas as medidas necessárias à redução e mitigação dos efeitos do aquecimento global. Nesse contexto, as energias renováveis assumem relevância significativa em contraste com os combustíveis fósseis. Dentro desse quadro, emerge o que é considerado o combustível do futuro: o hidrogênio verde. Portanto, com base nas informações apresentadas, conclui-se que o Ceará atende a diversos indicadores que o tornam competitivo globalmente na corrida pela transição energética. Sua localização geográfica privilegiada no Nordeste do Brasil, permitindo acesso a rotas comerciais estratégicas para a Europa, aliada às suas condições naturais como grande produtor de energias renováveis (eólica e solar), contribui internacionalmente para que o estado atue como player global na cadeia de valor do hidrogênio verde, posicionando-o como provedor de soluções para a transição energética.

Paralelamente, o estado se beneficia das capacidades e expertise da FIEC, que vem liderando inúmeras ações e iniciativas para consolidar o hub de hidrogênio verde no Ceará. A FIEC tem priorizado a promoção da competitividade e sustentabilidade da economia do

hidrogênio (ESG), utilizando todos os mecanismos disponíveis para desenvolver uma indústria verde a preços competitivos. O estudo evidenciou como Ceará e FIEC estão alinhados e convergentes com políticas brasileiras chave (MDIC, MCTI, MME e BNDES) e estudos internacionais (IRENA, IEA, IPCC, WEC, McKinsey) sobre a descarbonização econômica. Acordos, parcerias e investimentos estrangeiros no Ceará exemplificam essa consciência. Como tecnologia disruptiva, a FIEC reconhece a necessidade imperativa de capacitar recursos humanos especializados em todos os níveis, desde o MBA em Energias Renováveis (IEL) até os cursos técnicos oferecidos pelo SENAI.

Além disso, tem sido prioridade a adoção de práticas inovadoras na implementação da cadeia de produção de hidrogênio verde no estado. Acompanhando cenários internacionais, especialmente na Europa, com diversos potenciais desdobramentos futuros (políticos, econômicos, sociais, tecnológicos e ambientais), a FIEC analisou criteriosamente esses ambientes e planejou estrategicamente a economia do hidrogênio. A criação do hub de hidrogênio no Porto de Pecém e a parceria com Roterdã atestam essa abordagem. Esse é o contexto em que o Ceará se encontra: repleto de oportunidades de mercado que podem torná-lo referência global, participando da transição energética mundial e alterando o perfil socioeconômico do estado por meio da produção e exportação de hidrogênio verde. Portanto, o “Estado Final Desejado” seria que Ceará e FIEC contribuam de forma significativa para a transição energética, beneficiando o meio ambiente global com as vantagens de seu potencial natural na produção e exportação de hidrogênio verde.

REFERÊNCIAS

- [1]. Ren21. (2023). Renewables 2023 Global Status Report Collection, Global Overview. Available At: <https://shre.ink/gbyt>. Accessed On: Jan 25, 2024.
- [2]. González, F. E. (2020). Reflections On Some Concepts Of Qualitative Research. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 8(17), 155–183. ISSN: 2525-8222. <http://dx.doi.org/10.33361/rpq.2020.v8.n17.322>.
- [3]. Carvalho, Y. M. (2020). From Old To New: Literature Review As A Scientific Method. *Revista Thema*, 16(4), 913–928. Issn 2177-2894. <http://dx.doi.org/10.15536/thema.v16.2019.913-928.1328>.
- [4]. Castro, T. C. De. (1994). *Geographical Spaces. Study Systems (2nd Ed.)*. Army Library. Rio De Janeiro.
- [5]. Mattos, C. De M. (1975). *Brazil: Geopolitics And Destiny*. Army Library Publisher. Publication 452. Volume 131. Rio De Janeiro.
- [6]. Cavalcante, J. R. M. (2023). Green Hydrogen And Renewable Energies: The Opportunity Of Ceará. In *Ii Meeting Of The Northeast Network Of Strategic Studies And Innovation*. Fiec, Brazilian Army, Fortaleza.
- [7]. Adece - Development Agency Of The State Of Ceará. (2019). *Wind And Solar Atlas Ceará*. Available At: <http://atlas.adece.ce.gov.br/> Accessed On January 31, 2024.
- [8]. Portal Solar. (2024). *How To Harness Solar Energy: Everything You Need To Know*. Available At: <https://shre.ink/gb3m>. Accessed On: Apr 11, 2024.
- [9]. Mattos, C. De M. (1977). *Geopolitics And Projections Of Power*. Army Library Publisher. Publication 472. Volume 152. Rio De Janeiro.
- [10]. Mafra, R. M. De O. (2002). *Introduction To The Study Of Geopolitics*. Department Of Studies. Escola Superior De Guerra. Rio De Janeiro.
- [11]. Albuquerque, E. S. De. (2018). *The Insertion Of The Northeastern Highlight In The Global Economy And Its Geostrategic Importance In National Defense: The Case Of The Natal Choke Point*. Porto Alegre. Available At: <https://shre.ink/gb4r> Accessed On January 20, 2024.
- [12]. Sebrae - Brazilian Support Service For Micro And Small Enterprises. (2017). *Wind Energy Value Chain In Brazil*. Brasília. Available At: <https://shre.ink/gb49>. Accessed On: Apr 20, 2024.
- [13]. *Revista Litoral Leste*. (2014). Aquiraz | Beberibe | Aracati: State Gains 136 Mw Boost From Wind Energy Source. Available At: <https://shre.ink/gbpi>. Accessed On: Mar 13, 2024.
- [14]. Abeeólica - Brazilian Wind Energy And New Technologies Association. (2022). *Annual Bulletin 2022*. Available At: <https://shre.ink/gb4b> Accessed On April 11, 2024.

- [15]. Silva, F. J. R. Da; Costa, D. A. C.; Soares, F. S.; Vieira, O. L.; Carvalho, P. R. De; Carvalho, P. C. M. De. (2020). Shape And Scale Factors Of The Weibull Distribution: A Case Study For Wind Resource Data From The Northeast Region Of Brazil. *Journal Of Engineering And Technology*, V. 12, No. 1, Pp. 229-239. Available At: <https://Repositorio.Ufc.Br/Handle/Riufc/61037>. Accessed On: Feb 24, 2024.
- [16]. Cerne. Center For Strategies In Natural Resources And Energies. (2018). Why Is The Northeast A Wind Energy Hub? Available At: <https://Shre.Ink/Gb3s>. Accessed On March 17, 2024.
- [17]. Irena - International Renewable Energy Agency. Geopolitics Of The Energy Transformation: The Hydrogen Factor. Abu Dhabi, 2022. Available At: <https://Shre.Ink/Gbyb>. Accessed On: Apr 21, 2024.
- [18]. Bndes. National Bank For Economic And Social Development (Bndes) (2022). Low Carbon Hydrogen: Opportunities For Brazil's Leadership In Clean Energy Production. Rio De Janeiro. Available At: <https://Shre.Ink/Gsmv>. Accessed On April 22, 2024.
- [19]. Oliveira, R. C. De. (2022). Hydrogen In Brazil: An Overview. Discussion Paper 2787. Institute For Applied Economic Research (Ipea). Brasília. Available At: <https://Shre.Ink/Gbyi>. Accessed On: Mar 15, 2024.
- [20]. Fiec. (2022, Abril). Pioneer, Fiec Launches Program And Environmental, Social, And Corporate Governance (Esg) Governance Center. (Vol. Xiv, No. 148).
- [21]. Holanda, F. A. (2016). To The Youth: The Challenge Of Science In The 21st Century (2nd Ed.). Pouchain Ramos Publishing. Fortaleza.
- [22]. Ritchie, H.; Roser, M. (2020). Co₂ Emissions: How Much Co₂ Does The World Emit? Which Countries Emit The Most? Our World In Data. Available At: <https://Ourworldindata.Org/Co2-Emissions>. Accessed On: Apr 21, 2024.
- [23]. WRI - World Resources Institute. (2023). 10 Takeaways From The 2023 Ipccl Climate Change Report. Available At: <https://Shre.Ink/Gbjq>. Accessed On: Mar 18, 2024.
- [24]. WEF - World Economic Forum. (2024). The Global Risks Report 2024. Insight Report. Available At: <https://Shre.Ink/Gbpr>. Accessed On: Jan 20, 2024.
- [25]. INMET. (2023, Dezembro 4). 2023 Is The Hottest Year In 174 Years, Confirms Wmo Report. Disponível Em: <https://Shre.Ink/Gbgq>. Acesso Em: 7 Fev. 2024.
- [26]. WMO - World Meteorological Organization. (2023). Provisional State Of The Global Climate 2023. Available At: <https://Wmo.Int/Publication-Series/Provisional-State-Of-Global-Climite-2023>. Accessed On: Feb 17, 2024.
- [27]. Copernicus. Climate Change Service. (2024). Monthly Climate Bulletin. March 2024 – 10th Consecutive Record Warm Month Globally. Available At: <https://Shre.Ink/Gbgl>. Accessed On April 9, 2024.

- [28]. Iberdrola. (2024). Impact Of Climate Change: How Climate Change Affects The Economy And Society. Disponível Em: <https://shre.ink/gbgt>. Acesso Em: 18 Mar. 2024.
- [29]. NASA. (2024). Too Hot To Handle: How Climate Change May Make Some Places Too Hot To Live. Available At: <https://shre.ink/gbgx>. Accessed On: Mar 15, 2024.
- [30]. AGU - Advancing Earth And Space Sciences. (2024, May 20). Cmp6 Models Rarely Simulate Antarctic Winter Sea-Ice Anomalies As Large As Observed In 2023. Available At: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2024gl109265>. Accessed On May 26, 2024.
- [31]. Oliveira, J. C. R. De. (2024). Renewable Energies And Green Hydrogen: Pillars Of The Energy Transition And Brazil's Opportunity. Final Paper, Lato Sensu Postgraduate Program In Electrical Sector Regulation. Federal University Of Rio De Janeiro. Rio De Janeiro.
- [32]. Germany. Federal Ministry For Economic Affairs And Climate Action. (2022, February 4). What Exactly Is H2global? Available At: <https://shre.ink/gbuq>. Accessed On April 25, 2024.
- [33]. Santos, C. N. [Et Al.]. (2022). Sectoral Strategic Routes 2025. Socioeconomic Study: Energy. Fiec, Fortaleza. 55 P. Available At: <https://shre.ink/gbyc>. Accessed On: Jan 24, 2024.
- [34]. Holanda, F. A. (2018). 21st Century Challenges: Human Development And Energy. Fortaleza. Hydrogen Council. (2023, Dezembro).
- [35]. Lima, L. V. G. (2023). Economic Aspects Of The Hydrogen Value Chain: Potential And Externalities For Brazil From Strategic Interactions With Germany. Dissertation. Fundação Getúlio Vargas. School Of Graduate Studies In Economics. Rio De Janeiro. Available At: <https://shre.ink/gsq6>. Accessed On: May 11, 2024.
- [36]. Berger, R. (2023). How To Capture Value In The Emerging Hydrogen Market. France. Available At: <https://shre.ink/gsq5> Accessed On April 20, 2024.
- [37]. Bezerra, F. D. (2023, December). Banco Do Nordeste. Industry. Green Hydrogen: Opportunity For The Northeast. Sectoral Journal Etene, 8(320). Available At: <https://shre.ink/gbp0>. Accessed On April 3, 2024.
- [38]. Holanda, F. A. (2018). 21st Century Challenges: Human Development And Energy. Fortaleza. Hydrogen Council. (2023, Dezembro).
- [39]. Hydrogen Insights 2023: The State Of The Global Hydrogen Economy, With A Deep Dive Into Renewable Hydrogen Cost Evolution. Disponível Em: <https://shre.ink/gbyd>. Acesso Em: 21 Abr. 2024.
- [40]. Martins, T. (2021). Green Hydrogen Puts Brazil In The Spotlight For Investors. Revista Brasil-Alemanha, Year 29, No. 1. São Paulo. Available At: <https://shre.ink/gsqt>. Accessed On: May 25, 2024.

- [41]. WEC - World Energy Council. (2021). National Hydrogen Strategies. Hydrogen On The Horizon: Ready, Almost Set, Go? Available At: <https://shre.ink/gb41>. Accessed On: Jan 17, 2024.
- [42]. Uribe, D. (2024). Porto Of Rotterdam As A Gateway To North West Europe For The Brazilian H2 Market. World Hydrogen Summit.
- [43]. Castro, N. De., Braga, S. L., Pradelle, F., Chaves, A. C., & Chantre, C. (2023). The Hydrogen Economy: Transition, Decarbonization, And Opportunities. Electric Sector Study Group. Ufrj. Rio De Janeiro. Available At: <https://shre.ink/gsqd>. Accessed On March 24, 2024.
- [44]. IEA - International Energy Agency. (2021). Hydrogen In Latin America: From Short-Term Opportunities To Large-Scale Deployment. Executive Summary. Disponível Em: <https://shre.ink/gb4k>. Acesso Em: 13 Mar. 2024.
- [45]. Brasil. National Hydrogen Program. (2023). Triennial Work Plan 2023-2025. Brasília. Available At: <https://shre.ink/gsqo>. Accessed On February 19, 2024.
- [46]. Vasileva, A. (2023). Hydrogen Market Updates From Across Latin America. Intelligence Report. World Hydrogen Leaders. Chile. Available At: <https://shre.ink/gb4l>. Accessed On: Mar 10, 2024.
- [47]. Mckinsey & Company. (2022). A Hidden Treasure - The Opportunity For Brazil To Become A Leader In The New Green Economy. Available At: <https://shre.ink/gb4d>. Accessed On: May 12, 2024.
- [48]. Raccichini, A.; Contardi, M.; Ristuccia, M. S. (2022). Fundação Getúlio Vargas (Fgv). Fgv Europe. Innovative Energy Climate Action. Part 4: The Brazilian Hydrogen Move. Available At: <https://www.fgveurope.de/fgv-reports/the-brazilian-hydrogen-move/>. Accessed On: Mar 24, 2024.
- [49]. Mckinsey & Company. (2021). Green Hydrogen: An Opportunity For Wealth Generation With Sustainability For Brazil And The World. Available At: <https://shre.ink/gb43>. Accessed On: May 11, 2024.
- [50]. Figueirêdo, H. (2023, Outubro 6). Energy Transition Seminar And Green Hydrogen Production: The Opportunity For Economic Transformation In Ceará And Brazil Through The Green Hydrogen Hub At Pecém. Disponível Em: <https://shre.ink/gb6k>. Acesso Em: 13 Abr. 2024.
- [51]. Souza Filho, J. S. De S. (2019). Driven By Ideas: The Art Of Innovating Through Entrepreneurship. 1st Ed., Fortaleza: E2 Editora.
- [52]. Brasil. Ministry Of Mines And Energy (Mme). (2021). National Hydrogen Program. Proposed Guidelines. Brasília. Available At: <https://shre.ink/gb62>. Accessed On January 18, 2024.
- [53]. Fiec Notícias. (2021, Novembro 2). Fiec Participates In Cop 26, In A Lecture On Green Hydrogen. Disponível Em: <https://shre.ink/gbfo>. Acesso Em: 1 Fev. 2024.

[54]. Fiec On Line. (2023, Agosto 24). Ricardo Cavalcante Participates In The Ceremony For The Resumption Of The Pecém Pact. Disponível Em: <https://shre.ink/gbfl>. Acesso Em: 11 Abr. 2024.

[55]. Fiec Notícias. (2024, Junho 27). Fiec And State Government Present Masterplan Mapping Opportunities For The Green Hydrogen Value Chain In Ceará. Disponível Em: <https://shre.ink/gbey>. Acesso Em: 29 Jun. 2024.

[56]. Fiec News. (2024, March 5). Center Of Excellence For Energy Transition: Prof. Jurandir Picanço Inaugurated At Senai Barra Do Ceará. Available At: <https://shre.ink/gbfb>. Accessed On March 5, 2024.

CAPÍTULO 3:

A PARCERIA ENERGÉTICA BRASIL-ALEMANHA DESDE A NUCLEAR ATÉ O HIDROGÊNIO VERDE: UMA PERSPECTIVA DOS BENEFÍCIOS MÚTUOS NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO SÉCULO XXI¹

Márcio Carneiro Barbosa

Bacharel em Relações Internacionais – UNISUL; Bacharel em Tecnologia de Comércio Exterior – UNISUL; Pós-graduação MBA em Gestão de Energias Renováveis – Fbuni/IEL; Pós-graduação em Docência no Ensino Superior – UFRJ; MBA em Logística Empresarial – FGV; Mestre em Ciências Militares – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Brasileiro.

Rickardo Léo Ramos Gomes

Doutor (Tít. Cultural) em Ciências Biológicas – FICL; Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências – Universidade Estadual do Ceará – UECE; Pós-graduação Internacional em Paleontologia (Tít. Cultural) – FICL; Bacharel em Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Licenciatura breve em Matemática, Química, Física e Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

RESUMO

Resumo: Contexto: Este trabalho explora as relações energéticas entre a Alemanha e o Brasil no âmbito da transição energética em curso, ressaltando a relevância da cooperação internacional diante das rápidas mudanças climáticas. Também são discutidos os benefícios mútuos decorrentes da comercialização do hidrogênio verde. Materiais e Métodos: A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, adequada para investigar de forma aprofundada as relações estratégicas entre os dois países. O procedimento metodológico consistiu em uma revisão de literatura, utilizando fontes classificadas em três categorias: (1) aquecimento global e transição energética, (2) conjuntura do hidrogênio verde e (3) relações energéticas entre Alemanha e Brasil. Resultados: A análise evidenciou que ambos os países têm unido esforços no fortalecimento de suas relações energéticas, com destaque para o desenvolvimento e a comercialização do hidrogênio verde. Conclusão: Os achados indicam uma relação de cooperação com benefícios mútuos, caracterizando um cenário de ganha-ganha no campo energético entre Alemanha e Brasil.

Palavras-chave: Alemanha; Brasil; Energia; Nuclear; Hidrogênio; Benefícios.

1 INTRODUÇÃO

A História demonstra que não há Estado autossuficiente e totalmente independente no cenário mundial. Pelo contrário, os países buscam satisfazer seus interesses, seja do ponto de vista político, econômico, social e científico-tecnológico mediante relações

¹Uma versão deste artigo foi publicada em inglês pelo IOSR Journal of Business and Management. O referido Jornal atribuiu o seguinte DOI CODE: 10.9790/487X-2701046070.

diplomáticas, econômicas, comerciais, acadêmicas, bilaterais ou multilaterais, com outros países da comunidade internacional. Na busca de mitigar os efeitos dos combustíveis fósseis no meio ambiente e aumentar a produção de energias renováveis no processo de transição energética, Brasil e Alemanha se uniram estrategicamente nesta corrida contra o tempo em uma relação de ganha-ganha.

Sobre a metodologia utilizada, foi escolhido o método qualitativo. Quanto aos meios de investigação, o estudo foi bibliográfico e documental realizada em publicações (nacionais e internacionais), relatórios, artigos científicos, e sítios na internet. A partir da consulta e consolidação destes materiais, foram possíveis levantar as questões mais importantes relacionadas ao tema. Assim, o objetivo geral deste estudo é apresentar as relações estratégicas entre a Alemanha e o Brasil, desde a cooperação nuclear, no século XX, até a atual parceria na produção de hidrogênio verde. E fruto desta diplomacia energética, destacar o quanto os dois Estados poderiam, neste século XXI, beneficiar-se mutuamente no processo de descarbonização da economia global mediante o que é considerado o combustível do futuro: o hidrogênio verde. Os objetivos específicos estabelecidos são os seguintes: conhecer as causas e as razões da transição energética e da descarbonização da economia global; caracterizar a conjuntura mundial e brasileira do hidrogênio verde; apresentar os acordos entre a Alemanha e o Brasil na área nuclear, a partir da segunda metade do século XX; e demonstrar as atuais parcerias entre os dois países quanto ao hidrogênio verde, destacando o ganha-ganha com esta cooperação internacional.

Este artigo está estruturado em quatro seções que visam proporcionar uma análise abrangente sobre as relações energéticas-estratégicas entre a Alemanha e o Brasil. A primeira seção, Introdução, apresenta o tema central do estudo. A segunda seção, Metodologia, descreve a abordagem adotada para a pesquisa, incluindo as estratégias de coleta de dados e análise. A Fundamentação Teórica, terceira seção, oferece uma explicação das causas e razões da transição energética, a conjuntura global do hidrogênio verde no contexto da transição energética, a histórica cooperação nuclear entre os dois países e os principais acontecimentos que envolvem a cooperação internacional entre os dois países relacionados à produção de hidrogênio verde. Por fim, a seção Considerações Finais sintetiza os principais achados da pesquisa, destacando as vantagens para a Alemanha e o Brasil quando da produção de hidrogênio verde.

2 METODOLOGIA

A abordagem adotada nesta pesquisa foi de natureza qualitativa, pois o objetivo principal foi compreender as complexas relações internacionais entre a Alemanha e o Brasil no campo energético e seus benefícios mútuos com esta cooperação bilateral. A abordagem qualitativa é amplamente reconhecida no mundo científico por sua capacidade de proporcionar análises contextuais, permitindo uma avaliação da conjuntura que envolve o ambiente diplomático-climático-energético, atualmente. A pesquisa qualitativa foca na interpretação e na compreensão de fenômenos complexos, sendo fundamental em áreas que envolvem as relações internacionais, por exemplo, onde as variáveis são dinâmicas. Com relação à abordagem qualitativa González (2020, p.03) destaca que “na Pesquisa Qualitativa, o Lugar Epistemológico é destacado e ocupado pelos pesquisadores, assumindo, portanto, os compromissos cognitivos com a qualidade da pesquisa”. O procedimento de pesquisa adotado foi a revisão de literatura, uma metodologia essencial na construção do conhecimento científico, pois permite uma análise crítica e integrada das informações existentes sobre um determinado tema. Na opinião de Lunetta e Guerra (2023, p. 03):

A revisão de literatura é um procedimento de pesquisa que se baseia em materiais já existentes, como livros e artigos científicos. É comum, em diversos estudos, a existência de pesquisas que se concentram exclusivamente em fontes bibliográficas. Muitas vezes, os estudos exploratórios se enquadram nessa categoria.

Para a realização dessa revisão, as fontes de pesquisa foram cuidadosamente selecionadas e classificadas em três categorias principais: (1) fontes específicas sobre a transição energética, que abordam as causas e razões da descarbonização da economia global; (2) fontes específicas sobre a conjuntura do hidrogênio verde no contexto da transição energética mundial; e (3) fontes que tratam da cooperação energética entre a Alemanha e o Brasil, desde a cooperação nuclear, no século XX, até a atual parceria estratégica com o hidrogênio verde. A classificação dessas fontes permitiu uma análise mais precisa e contextualizada, possibilitando a construção de uma discussão robusta sobre os benefícios mútuos para a Alemanha e o Brasil quando da produção do hidrogênio verde. A revisão foi conduzida por meio da consulta a relatórios de organizações internacionais, publicações de órgãos federais dos governos alemão e brasileiro, artigos recentes e livros, garantindo uma abrangência que refletisse as contribuições mais relevantes e atuais na área.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

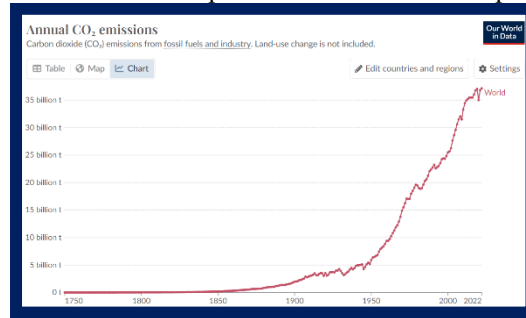
Esta fundamentação foi organizada em quatro subtópicos. No primeiro, falou-se sobre as razões e as causas da transição energética e descarbonização da economia global. No segundo, uma breve retrospectiva da conjuntura mundial do hidrogênio verde. No terceiro, a cooperação nuclear entre a Alemanha e o Brasil no século XX. No quarto, uma abordagem sobre as relações entre os dois países quanto à produção de hidrogênio verde, demonstrando os benefícios mútuos em virtude desta cooperação internacional.

3.1 CAUSAS E RAZÕES DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E DESCARBONIZAÇÃO DA ECONOMIA

Os ecossistemas passam por profundas e rápidas transformações em todos os continentes tendo em vista as interferências provocadas pelas atividades industriais e energéticas. Como consequência, se observam o aumento da poluição ambiental e a degradação dos recursos naturais, ocasionando o alto risco de se perderem as condições de regeneração ambiental (ESG, 2009). Daí, o surgimento da expressão “efeito estufa”, um processo físico que equilibra a temperatura da Terra, possibilitando a manutenção dos seres vivos nos diversos ecossistemas. De acordo com a renomada instituição National Geographic (2021), em 1824, o francês *Jean Baptiste Jopseph Fourier* calculou que o planeta seria 15,5 °C mais frio se não houvesse atmosfera (efeito estufa), tornando a vida mais difícil. “No final do século XIX, o sueco *Svante Arrhenius* foi o primeiro cientista a concluir que a queima de bilhões de toneladas de combustíveis fósseis adicionaria mais CO₂ à atmosfera, resultando, assim, em aquecimento global (Holanda, 2016, p. 49)”.

O grande ponto de inflexão foi a 1ª Revolução Industrial, ocorrida entre 1760-1850. Antes deste período, as emissões de CO₂ eram baixas até meados do século XX. A partir de 1950, após a Segunda Guerra Mundial, os países globalizados emitiram 6 bilhões de toneladas de CO₂ em virtude da queima de combustíveis a ponto de alcançar 37 bilhões de toneladas, em 2022 (Gráfico 1).

Gráfico 1: Emissões de CO₂ por combustíveis fósseis e pela indústria.

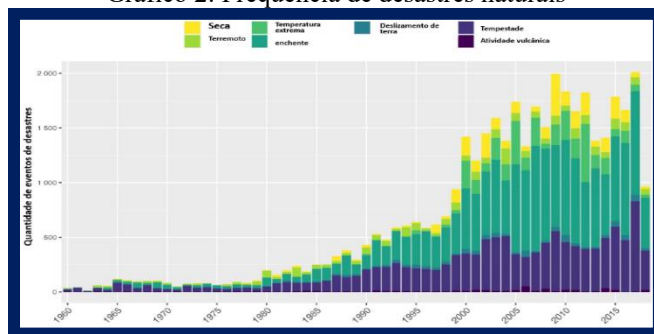


Fonte: *Our World in Data* (Ritchie; Roser, 2020).

O rápido e disruptivo desenvolvimento industrial marcou maiores emissão de gases poluidores, motivo que levaram a comunidade internacional a desencadear uma corrida contra o tempo para tentar mitigar os seus efeitos, mediante uma transição energética capaz de atenuar o aquecimento global e suas consequências. Na década de 70, se percebeu que o exagerado consumo de recursos naturais e o intenso uso de energias fósseis estavam ocasionando uma rápida degradação do meio ambiente, prejudicando a vida das pessoas. Assim, o aquecimento global é um fenômeno pelo qual o calor é retido pela atmosfera terrestre, intensificado pela presença de gases poluidoras quando se aumenta demasiadamente a queima de combustíveis fósseis (ADECE, 2019), conhecidos por gases de efeito estufa.

O surgimento de inúmeros problemas ambientais e diversos eventos climáticos são as respostas da natureza de que as atividades econômicas baseadas no uso intensivo de combustíveis fósseis encontraram seus limites. E se a situação não for revertida, poderia levar o planeta a distanciar-se de uma sociedade sustentável. Os eventos extremos da natureza têm ficado cada vez mais frequentes, como a elevação do nível dos oceanos, secas generalizadas, mudanças dos padrões de clima, derretimento de geleiras e aumento da temperatura média global (WRI, 2023). Tais acontecimentos foram apresentados no Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*IPCC*), em 2007 (Holanda, 2016). Outros estudos apontam para o aumento dos desastres naturais no mundo, uma relação direta entre as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a elevação da temperatura global (Gráfico 2).

Gráfico 2: Frequência de desastres naturais



Fonte: Lima, Figueiredo e Soares (2022)

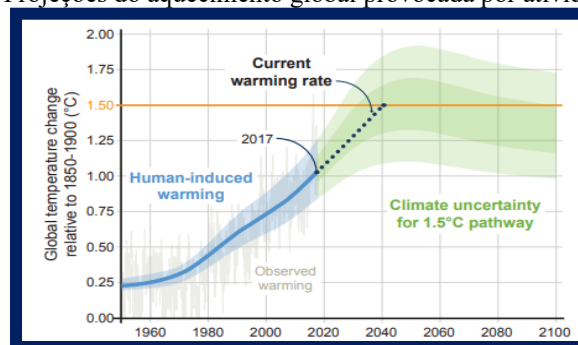
Estiagens, enchentes e temperaturas são os casos mais evidentes nas últimas décadas. A esses eventos climáticos, organizações nacionais e internacionais buscam incessantemente o estabelecimento de uma consciência ambiental, no sentido de conciliar as atividades econômicas sem, contudo, comprometer os recursos naturais às gerações futuras (ESG, 2009). Daí a imperiosa necessidade de se buscar alternativas de geração de energia de fontes renováveis: ambientalmente mais limpas e ecologicamente sustentáveis, em contraposição aos combustíveis derivados do petróleo. Estas constatações constam na 19ª Edição do Relatório de Riscos Globais de 2024, publicado pelo Fórum Econômico Mundial (*WEF*), ao consolidar diversas pesquisas e questionários direcionados a 1.500 líderes globais além de 200 especialistas temáticos. Uma das conclusões foi a constatação de um mundo atormentado por uma perigosa crise climática (*WEF*, 2024). Nele, os aspectos ambientais constituem preocupação de dois terços (66%) dos entrevistados quando classificaram as condições meteorológicas extremas como o risco de maior probabilidade de uma crise em escala global em 2024.

Assim, as informações corroboram com a necessidade dos países implementarem, com um certo senso de urgência, a transição energética e a descarbonização de suas economias, contribuindo para mitigar os efeitos do aquecimento global e evitar o surgimento de crises globais. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023) publicou o relatório “Estado Global do Clima”, da Organização Meteorológica Mundial (OMM), constando que “o ano de 2023 já é considerado o mais quente em 174 anos de medições meteorológicas”. Entre outras informações, o relatório traz dados preocupantes, tais como a temperatura média global dos dez últimos anos é $1,19 \pm 0,12^{\circ}\text{C}$ acima da média de 1850 a 1900 (período de dez anos mais quente já registrado); as concentrações de dióxido de carbono, metano e óxido nítrico atingiram níveis recorde em 2022; o calor dos oceanos atingiu o seu nível mais elevado em 2022 em comparação aos dados disponíveis nos

últimos 65 anos; em 2023, o nível médio do mar superou os dos anos anteriores, refletindo o derretimento dos glaciares (OMM, 2023).

O relatório do Observatório Climático da Comissão Europeia *Copernicus (2024)* apontou que no mês de março de 2024, as temperaturas médias permaneceram 1,68°C superior à de um mês de março da era pré-industrial (1850-1900); nos últimos doze meses, as temperaturas globais foram 1,58°C mais elevadas do que na era pré-industrial, ultrapassando o limite de 1,5°C estabelecido pelo Acordo de Paris; e há mais de um ano que a temperatura dos oceanos tem estado mais quente do que nunca, sendo registrado um novo recorde histórico com uma média de 21,07°C medida na superfície. Para o *IPCC*, o aquecimento induzido pelo homem atingiu aproximadamente 1°C acima dos níveis pré-industriais em 2017. No Gráfico 3, mantendo as atuais atividades econômicas, baseadas em combustíveis fósseis, as temperaturas globais atingiriam 1,5°C por volta de 2040 (*IPCC*, 2022).

Gráfico 3: Projeções do aquecimento global provocada por atividade humana



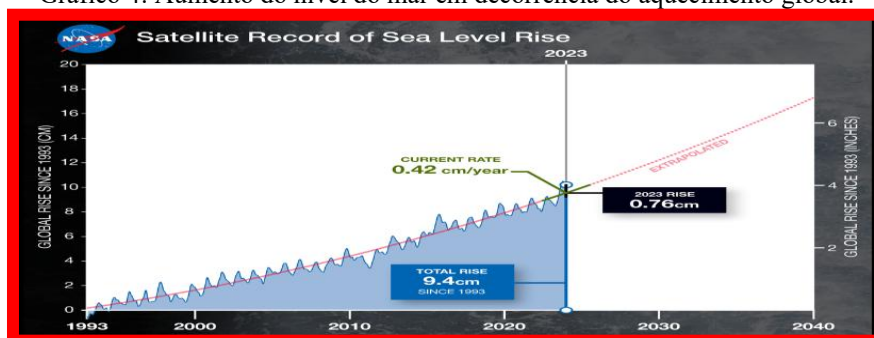
Fonte: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2022, p. 82).

Inundações em zonas costeiras, aumento de doenças pelas altas temperaturas, dificuldade de acesso a fontes de água potável, diminuição da produção agrícola (afetada por eventos climáticos extremos), aumento dos preços dos alimentos, entre outros, são exemplos dos efeitos que diversas cidades vêm enfrentando, trazendo-lhes impactos socioeconômicos desastrosos (IBERDROLA, 2024). Em março de 2024, a Agência Espacial Norte-Americana (NASA, 2024a) publicou artigo com o título: “Quente demais para lidar como as mudanças climáticas, podem tornar alguns lugares difíceis para se viver”. Com base em dados colhidos por satélites, a agência estimou que certas regiões do mundo seriam inabitáveis devido ao aquecimento global dentro de 30 a 50 anos. De acordo com os modelos climáticos utilizados, certas regiões poderiam exceder as atuais temperaturas, indicando que as áreas mais vulneráveis incluiriam o

Sul da Ásia, o Golfo Pérsico e o Mar Vermelho por volta de 2050; e Leste da China, parte do Sudeste Asiático e o Brasil até 2070.

Ainda em 2024, a NASA divulgou dados científicos que revelam a possibilidade de, até 2050, o aumento do nível do mar em até 20 centímetros. O Gráfico 4 mostra o nível médio do mar em azul (1993 a 2023). Pelas projeções futuras, a linha vermelha contínua indicaria a trajetória deste aumento (1993 a 2023), que mais do que duplicou nas últimas três décadas. A linha vermelha pontilhada projetaria o futuro aumento do nível do mar.

Gráfico 4: Aumento do nível do mar em decorrência do aquecimento global.



Fonte: NASA (2024b).

Cientistas do *British Antarctic Survey* concluíram que o degelo registrado em 2023 na Antártida teria sido “extremamente improvável” sem as mudanças climáticas, tendo a extensão máxima do mar coberta por gelo diminuído em dois milhões de quilômetros quadrados. Em outra conclusão, os estudos apontaram que as mudanças climáticas quadruplicaram a probabilidade de eventos de derretimento tão grandes e rápidos (AGU, 2023). A convergência simultânea dos efeitos supracitados tem a capacidade de impactar social e economicamente milhões de pessoas. Oliveira (2024, p. 15) resume este cenário ao afirmar que:

Essas evidências relacionadas com a crise climática colocam um imperativo a todos os seres racionais que habitam o planeta: a transição energética precisa ser intensificada, sob pena de se perder, em um curto espaço de tempo, as condições mínimas para habitação.

Na Alemanha, face a urgência da transição energética, o governo atualizou a Estratégia Nacional de Segurança (ENS, 2023, p. 5), enfatizando o seu empenho no combate à crise climática, declarando que:

A crise climática ameaça os fundamentos da nossa vida e da nossa economia. Ela tem, já hoje, repercussões significativas a nível da política de segurança. Já não

vamos conseguir evitar por completo as consequências desta crise, apenas a conseguiremos mitigar.

3.2 A PERSPECTIVA DO HIDROGÊNIO VERDE

As circunstâncias climáticas e ambientais apresentadas anteriormente e o conflito Rússia e Ucrânia deixaram o mercado energético ciente da importância da produção de energias renováveis até mesmo para garantir uma independência maior frente aos grandes fornecedores de carvão e petróleo (ABEEólica, 2022). De fato, o conflito em vigor comprometeu a segurança energética das economias europeias, trazendo enorme instabilidade nos preços de combustíveis fósseis. Com elevada dependência dos combustíveis russo, países da UE vêm buscando soluções para diminuir a dependência no suprimento energético (LIMA, 2023). Assim, governos de potenciais países exportadores, como o Brasil, estão implementando estratégias políticas com muitos outros países sobre o hidrogênio no mais alto nível de sua diplomacia (IRENA, 2022). De fato, a cadeia de valor do hidrogênio, como vetor energético, vem influenciando a geografia do comércio de energia e a diplomacia do hidrogênio vem fortalecendo-se em vários países.

3.2.1 Cenário global do hidrogênio verde

O hidrogênio, considerado o pilar da transformação energética mundial, assume importância em diversos países, sobretudo, por possibilitar uma alternativa em setores de forte carbonização (MME, 2023). Este posicionamento é convergente com o relatório do Fórum Político de Alto Nível das Nações Unidas (ONU, 2022) quando aponta o H₂V como uma solução-chave para setores de difícil descarbonização (Santos; Gandara, 2022). Entre suas principais vantagens estaria a descarbonização de setores como petroquímica, ferro, aço ou fertilizantes. Por esta razão, a produção global deverá crescer exponencialmente nos próximos anos, com cifras em investimentos que poderiam alcançar 500 bilhões de euros até 2030 (Berger, 2023).

Por isso, a forte defesa nos fóruns internacionais em relação às vantagens do H₂V sobre as questões climáticas. De acordo com a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), é provável que o hidrogênio influencie a mudança da geografia do comércio de energia. Com os custos das renováveis diminuindo, o mapa geopolítico emergente deverá mostrar uma crescente regionalização nas relações energéticas. A própria IRENA (“A Geopolítica da Transformação Energética: o Fator Hidrogênio”), aponta que países com abundância de energia renovável de baixo custo poderiam tornar-se produtores

globais com consequências geoeconômicas, tendo em vista a competitividade da produção em locais que combinam recursos renováveis, espaço para parques solares ou eólicos, acesso à água e capacidade de exportar para grandes centros de procura (IRENA, 2022).

E o continente europeu tem um destaque especial neste cenário. Berger (2023, p. 4) aponta que “governos estabeleceram metas de descarbonização, desenvolvendo estratégias e metas ambiciosas”. Vários países, inclusive a Alemanha, mencionaram explicitamente potenciais relações comerciais de hidrogênio nas suas estratégias nacionais (IRENA, 2022). Para Castro et al. (2023), para estimular o desenvolvimento da economia, a “Estratégia Nacional do Hidrogênio” alemã trouxe uma política industrial com o objetivo de desenvolver a infraestrutura necessária à visão de longo prazo. Quanto à visão de futuro, foi estabelecido um plano de ação voltado para a cadeia de valor, incluindo inovação e investimentos (Oliveira, 2024). Estudos publicados pelo Conselho Mundial de Energia (WEC) apontam que cada país tende a adotar políticas energéticas, não havendo uma padronização mundial. Entretanto, há um consenso: a descarbonização da economia é a principal razão em investir na cadeia do hidrogênio, conforme é possível observar no Quadro 1 logo a seguir.

Quadro 1: Países europeus e suas prioridades relacionado ao hidrogênio

Países	Perspectiva
Alemanha	Principais setores industriais priorizam o uso do hidrogênio: indústrias química, petroquímica e siderúrgica (com foco em veículos pesados, veículos militares, transporte de carga e ônibus).
França	Hidrogênio de base carbônica em setores industriais como refino, produtos químicos, agronegócio, projetos navais e aeronáuticos, e produção de eletrólisadores.
Países Baixos	Desenvolvimento de infraestrutura para atender à demanda.
Noruega	Produção de hidrogênio próxima aos mercados consumidores e transporte de CO ₂ para armazenamento.
Espanha	Foco na produção e consumo doméstico de hidrogênio renovável, com metas de exportação de longo prazo.
Portugal	Concentração na produção e uso doméstico de hidrogênio renovável, visando à exportação de longo prazo.

Fonte: WEC (2021). Adaptado pelo autor.

Como a produção europeia está aquém de suas necessidades, uma solução premente seria a importação de países onde o hidrogênio poderia ser produzido de forma mais econômica e em grande escala, como no Médio Oriente, Norte de África e América Latina (WEC, 2021). Neste contexto, surgiria a Alemanha como país importador ao procurar fornecedores estrangeiros para garantir seu consumo interno. Inclusive, busca consolidar um atlas mundial com potenciais países produtores, permitindo-lhe futuros acordos de

importação (*WEC*, 2021). Em 2021, cenários prospectivos foram elaborados pela Agência de Cooperação Alemã (*GIZ*), a qual avaliou a demanda potencial de importação de hidrogênio para os anos de 2030 e 2050 (Oliveira, 2022). Observe-se o Quadro 2:

Quadro 2: Cenários de demanda de importação de H₂

Parâmetro	Região	2030Cenário A	2030Cenário B	2050Cenário A	2050Cenário B
Demanda por H ₂ (TWh)	Alemanha	4	20	250	800
	União Europeia	30	140	800	2250

Fonte: Hebling et al. (2019)

Convergente com o *WEC*, Bezerra (2023) destacou que muitos países europeus não terão condições de implementar a transição energética sem recorrer à importação de grandes volumes de energia renovável. A mesma constatação foi do Porto de Roterdã (Holanda) ao afirmar que a importação de H₂V será essencial para a Europa pois o consumo é maior que a produção (Uribe, 2024). Neste contexto, regiões com capacidade de produção de energia renovável a baixo custo seriam mais competitivas para implementar plantas de H₂V com vistas à exportação. Assim, fica evidente a cooperação internacional como vantagem estratégica em torno do fortalecimento do mercado de H₂. Estudos do BNDES (2022) apontam que para o H₂ cumprir seu relevante papel de vetor da descarbonização, seria necessário um crescimento exponencial da capacidade de produção mundial. Por fim, o desenvolvimento de hidrogênio em larga escala mundial teria o potencial de criar um novo setor industrial (produção de equipamentos de alta tecnologia). Cadeias de fornecimento e manufatura de equipamentos (como eletrolisadores e células a combustível) poderiam criar oportunidades e empregos (IEA, 2021). Eis, portanto, a grande oportunidade do Brasil ser um provedor de solução energética mundial (*global player*).

3.2.2 Cenário brasileiro do hidrogênio verde

Estimativas do *Hydrogen Council* mostram o Brasil em condições de tornar-se protagonista de H₂V em um mercado que deverá atingir globalmente US\$ 2,5 trilhões em 2050 (Martins, 2021). De um lado, as vantagens competitivas brasileiras como a disponibilidade de recursos renováveis a preços menores; do outro, a demandante, como a Alemanha, que tem feito parcerias com diversos países para desenvolver atividades de cooperação (Castro et al, 2023). A oportunidade surgiria exatamente por conta dos investimentos da Europa, refletindo positivamente na balança comercial brasileira. Como a Alemanha não tem condições de produzi-lo na quantidade necessária, a solução seria

prospectar em países com capacidade de produção e exportação, entre eles, o Brasil, por possuir disponibilidade de energia solar e eólica (Oliveira, 2022).

No Relatório “Atualização do Mercado do Hidrogênio na América Latina”, o Brasil está pronto para assumir seu lugar de destaque e tornar-se um dos principais exportadores do combustível graças à abundância de energias renováveis (Vasilena, 2012), tendo em mãos a oportunidade de desempenhar papel internacional relevante, viabilizando o mercado interno e exportando o excedente para a Europa (Santos; Gandara, 2022). Conforme ratifica Oliveira (2022), o Brasil tem uma posição de destaque para se tornar um grande exportador de hidrogênio de baixo carbono, por apresentar condições climáticas favoráveis para geração de energia elétrica por meio de fontes eólica e solar. Inclusive, estudos indicam que a produção de H₂V a partir de destas fontes representaria uma oportunidade para o desenvolvimento socioeconômico sustentável, devido aos baixos custos de geração, além de possuir portos bem localizados em relação aos mercados da Europa (Oliveira, 2022).

As condições geográficas do Brasil conferiram-lhe alta capacidade de geração de energia eólica e solar, destacando-se entre os maiores do mundo. Tem um potencial de energia solar próximo ao de países desérticos e é também um dos melhores lugares do mundo para produzir energia eólica (McKinsey & Company, 2022). Internacionalmente, despertou atenção de governos estrangeiros quando o Conselho Nacional de Política Energética apontou “o hidrogênio como um dos temas prioritários para pesquisa e desenvolvimento (P&D) no país, visando à aplicação de recursos” (BRASIL, 2021a; BRASIL, 2021b). Esta declaração veio posteriormente à publicação do Plano Nacional de Energia (PNE 2050), em 2020, quando apontou o hidrogênio como uma tecnologia disruptiva e de interesse no contexto da descarbonização da matriz elétrica brasileira (BRASIL, 2021a.).

Um ano depois, o Brasil estabeleceu uma estratégia para as ações relacionadas ao desenvolvimento da economia do hidrogênio, consubstanciado pelo Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂), sob a responsabilidade do MME. Conforme o Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 (MME, 2023), foi destacada a vantagem competitiva decorrente da instalação de plantas de produção de hidrogênio em complexos portuários cuja área incluía plantas industriais; semelhante conclusão foi apresentada por Vasileva (2023). O entendimento é que dentro de um complexo portuário, combinar-se-ia uma série de fatores para o desenvolvimento da cadeia do H₂V, como logística, proximidade de polos industriais e de fontes de energia renovável utilizada na eletrólise do H₂V. Acredita-se que

esta estratégia, já implementada em vários países, seria crucial para viabilizar a economia do hidrogênio, fomentando investimentos na infraestrutura da cadeia energética. No Brasil, os atuais complexos portuários com este perfil se localizam em Pecém-CE, Suape-PE, Açúcar-RJ e Rio Grande-RS (Oliveira, 2022).

Para tanto, a perspectiva seria consolidar estes hubs no Brasil até 2035 com a finalidade de catalisar o desenvolvimento e a produção de hidrogênio, integrando as infraestruturas necessárias desde as etapas de produção até as de armazenagem, transporte e consumo (MME, 2023). Novamente surge o Brasil neste cenário competitivo, pois a sua obtenção seria por energias renováveis (solar e eólica), a custos menores em detrimento de outras regiões estrangeiras. Para o Presidente da Vestas² para a América Latina, multinacional do setor eólico:

O hidrogênio verde pode ser o principal acelerador do aumento de demanda por energias renováveis. O processo de eletrólise consome muita energia – 70% do custo do hidrogênio verde vem da eletricidade. O Brasil tem ventos privilegiados, uma grande extensão de costa, ótimas condições climáticas, um custo de energia baixo e, conseqüentemente, um custo extremamente competitivo, o mais baixo do mundo (FIEC, 2023, p. 50).

Esta junção de variáveis, considerada estratégica em negócios internacionais, foi concretizada, no Estado do Ceará, por intermédio de uma *join venture* quando o Porto de Roterdã (Holanda) deteve 30% do controle do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. Neste caso, Roterdã está bem posicionada no mercado europeu, sendo um complexo portuário que combina produção e consumo de H₂V, infraestrutura para distribuição aos demais países da Europa (dutos até Bélgica e Alemanha), terminal de importação e eletrolisadores (FKA, 2022).

Da teoria para a prática, o planejamento logístico resultante Pecém-Roterdã influenciaria diretamente a redução de custos do hidrogênio e o atendimento das necessidades do mercado europeu, proporcionando uma vantagem competitiva perante a outros portos exportadores. Como referência, a demanda por H₂V de Roterdã à Alemanha poderia chegar a 20 milhões de toneladas/ano até 2050, das quais 18 milhões de toneladas viriam de importações (Figueirêdo, 2023). Desta forma, as considerações acima refletem o

² Maior companhia mundial produtora de turbinas de energia eólica, com presença no Brasil desde 2012. Projeta, fabrica, instala e presta manutenção em turbinas eólicas em 88 países. Cerca de 29.000 funcionários (globalmente) e mais de 85.000 turbinas eólicas instaladas no mundo. Pioneiros em trazer a energia renovável para 39 países no mundo, incluindo o Brasil (FIEC, 2023).

promissor mercado internacional de exportação de hidrogênio brasileiro para o continente europeu, especificamente para a Alemanha.

3.3 A COOPERAÇÃO NUCLEAR ENTRE A ALEMANHA E O BRASIL NO SÉCULO XX

O lançamento pelos EUA de duas bombas atômicas no Japão (Hiroshima e Nagasaki) no final da Segunda Guerra Mundial marcou o início da era nuclear, trazendo consigo os trágicos efeitos de uma explosão atômica. O mundo testemunhava o perigo do uso de arma de destruição em massa, tornando-se um símbolo de poder e uma ameaça à sobrevivência da humanidade. Assim, compreendendo o potencial destrutivo, mas também o potencial que ela tinha para uso civil, em dezembro de 1953, na Assembleia Geral das Nações Unidas, o presidente dos EUA, Dwight D. Eisenhower, proferiu um discurso conhecido como "Átomos para a Paz", com a finalidade de caracterizar a maneira como o mundo deveria entender a energia nuclear e suas aplicações, ou seja, o seu uso pacífico, mediante a promoção da cooperação internacional no campo da energia nuclear.

O conceito do discurso "Átomos para a Paz" era o compartilhamento de conhecimento e tecnologia nuclear com outras nações, desde que fosse para fins não bélicos e sim uma oportunidade de benefício global. O Presidente fomentou que as nações poderiam unir esforços de garantir que a energia nuclear fosse usada exclusivamente para fins pacíficos. Não por acaso, na década seguinte foi assinado o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP) e a criação da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), em 1957, uma organização dedicada a promover o uso pacífico da energia nuclear e monitorar seu uso para garantir que não seja desviado para fins explosivos. Futuramente, a partir do discurso do "Átomos para a Paz", se deu a cooperação bilateral entre a República Federal da Alemanha e o Brasil em 1975 quando foi assinado o Acordo sobre Cooperação no Campo dos Usos Pacíficos da Energia Nuclear, incluindo a transferência de equipamentos e de tecnologia para todas as fases do ciclo de produção de energia (Brasil, 1975; FGV, 2023).

Os motivos que levaram o Brasil para realizar o acordo foi em decorrência das necessidades energéticas do país, presentes e futuras, especialmente motivada pela crise do petróleo de 1973 e pela repentina decisão do governo norte-americano de suspender o fornecimento do urânio enriquecido ao Brasil, em 1974, para uso no reator Angra-I. Assim, fruto daquela intempestiva decisão, o governo brasileiro, à época, redefiniu a sua política nuclear ao incluir a construção de oito reatores nucleares com empresas alemãs lideradas pela *Kraftwerk Union-KWU*, as quais seriam as responsáveis pelo desenvolvimento das

diversas etapas do ciclo de produção de energia nuclear. Em consequência deste acordo nuclear, houve a implantação de uma indústria para a fabricação de componentes e combustível para os reatores por um prazo de 15 anos com apoio da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

3.4 AS RELAÇÕES ENTRE A ALEMANHA E O BRASIL EM RELAÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE

O fortalecimento bilateral germano-brasileiro ocorreu quando os dois governos acordaram uma Parceria Estratégica em 2002 motivada, entre outras razões, por interesses econômicos e comerciais. Em 2008, foi assinado o “Acordo sobre Cooperação no Setor de Energia com Foco em Energias Renováveis e Eficiência Energética”. Em 2009, se instituiu a Parceria Energética Brasil-Alemanha, um fórum político de alto nível com a finalidade de apoiar e diversificar a produção de energia sustentável (renováveis) e melhorar a eficiência energética dos dois países (MME, 2023). Na década seguinte, em 2015, os países elevaram o nível da parceria por meio de um mecanismo denominado Consultas Intergovernamentais de Alto Nível, iniciativa que a Alemanha mantém com poucos países fora da UE (tais como China, Índia, Israel e Rússia).

Ainda em 2015, os países assumiram o compromisso com a descarbonização total da economia global ao longo do século XXI (Oliveira, 2022). O objetivo da Alemanha seria alavancar o setor do hidrogênio em países com os quais tem cooperação na área de energia (FKA, 2022). Esta relação, pelo Brasil, tem a participação direta do Ministério de Minas e Energia, do Ministério das Relações Exteriores e da Empresa de Pesquisa Energética; pela Alemanha, o Ministério Federal da Economia e Ação Climática e a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*. O marco político e legal foi consubstanciado pela Presidência da República, em 2012. Destaca-se que o Brasil é o país que até o momento possui apenas a Alemanha como parceira exclusiva na formação de uma cadeia de valor para o H₂V (IEA, 2022).

Importante mencionar, também, a Aliança Brasil-Alemanha para o H₂V (AHK Hidrogênio Verde), criada em 2020 pelas Câmaras de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha do Rio de Janeiro e de São Paulo. O objetivo desta parceria seria, no contexto da transição energética, a promoção e a prospecção de oportunidades de negócios entre empresas e instituições brasileiras e alemãs. Esta aliança acredita que consórcios seriam criados para projetos industriais (produção, exportação e importação de H₂V) com o surgimento de um novo mercado sustentável. Acrescenta que os países importadores de

H₂V fariam investimentos em países produtores tendo em vista a necessidade de desenvolver a infraestrutura de produção e exportação, via financiamento, naqueles países.

Outro fato significativo foi a atualização da Estratégia Nacional do Hidrogênio da Alemanha (*Nationale Wasserstoffstrategie/NWS*), quando o governo disponibilizou um pacote de estímulo econômico na ordem de 2 bilhões de euros para o desenvolvimento de uma estrutura de importação e ampliação do mercado internacional de H₂V (Martins, 2021). Com a NWS, o país dobraria a capacidade de produção de 5 para 10 GW, até 2030, além de construir uma rede de 1.800 km de tubulações de hidrogênio, até 2028. A *NWS* tem a finalidade de tornar o H₂ competitivo, tornando-o fonte alternativa de energia; fomentar mercados e parcerias e promover a cooperação internacional.

Após o lançamento do *NWS*, Brasil e Alemanha se aproximaram ao estabelecer a “Declaração Conjunta de Intenção sobre a Parceria para uma Transformação Ecológica e Socialmente Justa”, incluindo, entre outros temas, a transição energética e a descarbonização das economias. A Nota à Imprensa nº 563, do MRE (2023), afirma que a declaração conjunta tem a visão de reduzir os impactos de eventos relacionados à mudança do clima; criar mercados verdes e promover a eficiência no uso do hidrogênio de baixo carbono.

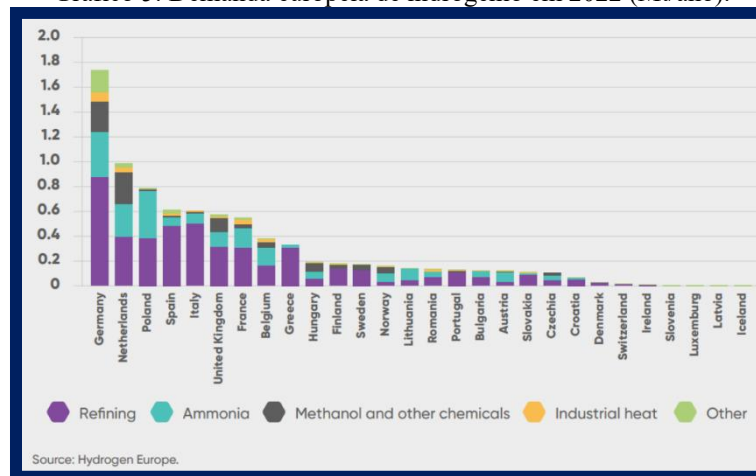
Analisando os objetivos da *NWS* e a Declaração Conjunta, se percebe as suas semelhanças, o que caracterizaria a convergência de propósitos entre os dois países (relação “ganha-ganha”): o Brasil como produtor e exportador e a Alemanha como importadora de H₂V nesta relação econômica-energética. De concreto, em março de 2024, a Alemanha formalizou a doação de até 25 milhões de euros para projetos de descarbonização da indústria no Brasil, em setores industriais de forte emissão de carbono, como a siderúrgica e cimenteira (MDIC, 2024). Daí a parceria entre Brasil e Alemanha ganhar um aspecto estratégico ao tornar-se um fator decisivo para a transição energética, em especial por meio da produção de H₂V (Batagliotti, 2021). Por isso, fortalecendo as ligações entre Brasil e Alemanha, a GIZ está investindo no desenvolvimento de projetos de produção no Brasil mediante cooperação técnica denominado projeto DKTI-Parceria Tecnologia Brasil-Alemanha para Armazenamento de Energia.

Outra instituição alemã de grande relevância internacional, que estreitou os laços energéticos com o Brasil, foi o Instituto Fraunhofer, iniciando novos projetos em parceria com empresas e organizações brasileiras ao observar um grande mercado nacional para introdução de soluções tecnológicas e atividades de pesquisa. No campo do H₂, o Instituto Fraunhofer acumulou uma vasta expertise em P&D, desejando colaborar ativamente com

o Brasil para uma transição energética sustentável mediante o uso de tecnologias que permitam aumentar a competitividade do hidrogênio como fonte renovável (Hebling et al. 2019).

Por fim, cita-se a Aliança Brasil-Alemanha para o H₂V, criada em 2020 pelas Câmaras de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha do Rio de Janeiro e de São Paulo, dedicando-se aos temas relacionados à energia, tecnologias, inovação, sustentabilidade e transição energética. Contando com o apoio da *GIZ* e do MME, a aliança tem a finalidade de incentivar à promoção de parcerias e oportunidades de negócios entre empresas e instituições brasileiras e alemãs, por entender que as energias renováveis no Brasil apresentam custos de geração que estão entre os mais competitivos do mundo. Observando as demandas de hidrogênio na Europa (Gráfico 5), se constata que Alemanha e Holanda foram os maiores mercados em 2022 (Uribe, 2024), permitindo concluir a estratégica visão da diplomacia brasileira em estreitar os laços econômicos com os dois maiores países europeus consumidores de hidrogênio.

Gráfico 5: Demanda europeia de hidrogênio em 2022 (Mt/ano).



Fonte: Porto de Roterdã (Uribe, 2024).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo da transição das energias fósseis para as renováveis, ora em andamento, é irreversível e necessário para caracterizar o comprometimento da comunidade internacional de mitigar os efeitos do aquecimento global. Para tanto, demandaria a união além-fronteira, uma sinergia global de esforços e uma interdependência entre diversos países. Nos campos político, diplomático, econômico e energético, por conta dos eventos climáticos extremos, diversos países vêm desenvolvendo a cadeia de produção do que é considerado o combustível do futuro: o hidrogênio verde. Por isso, o presente artigo teve

como objetivo apresentar as relações estratégicas entre a Alemanha e o Brasil, com ênfase na cooperação bilateral na produção deste vetor energético. E fruto desta diplomacia energética, destacar o quanto os dois Estados poderiam, neste século XXI, se beneficiarem mutuamente no processo de descarbonização da economia global.

A pesquisa atingiu seus objetivos ao fornecer um amplo espectro relacionado à imperiosa necessidade de manter a transição energética, ora em vigor, em decorrência das mudanças climáticas que ocorrem de modo mais frequente e intenso. A pesquisa possibilitou, também, comprovar o elevado grau de integração energética entre Brasil e Alemanha no tocante à produção e comercialização do hidrogênio verde, considerado uma solução para o aquecimento global. Ganharia o Brasil como produtor e exportador, por possuir abundância de energias renováveis, especialmente solar e eólica, posição geográfica privilegiada próxima à Europa e portos (hubs) que facilitariam a comercialização no mercado europeu, tudo isso impactando direta e positivamente nas exportações nacionais. Ganharia a Alemanha por importar o H₂V do Brasil para atender o seu mercado interno a preços e custos mais vantajosos em detrimento de outros países produtores, melhorando diretamente a sua independência energética em relação aos combustíveis fósseis.

A abordagem qualitativa, por meio da revisão de literatura, foi fundamental para compreender as complexas conjunturas políticas, diplomáticas, climáticas e energéticas, permitindo uma discussão aprofundada das implicações de manter a descarbonização da economia baseada no uso de energias renováveis, tendo o hidrogênio verde uma prioridade nos países europeus. A pesquisa revelou que nesta corrida, as parcerias e a cooperação internacional seriam imprescindíveis para garantir as diversas iniciativas entre os países. Contudo, também ficou evidente que os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias disruptivas seriam essenciais neste processo. Nesse sentido, o artigo mostrou que Brasil e Alemanha, antigos parceiros estratégicos na área nuclear, estão novamente em sintonia neste século XXI a fim de contribuir com a transição energética global. Para futuras pesquisas, é recomendado o acompanhamento da efetividade da parceria energética Brasil-Alemanha, seja na esfera dos órgãos federais, seja entre instituições públicas e privadas, verificando os resultados nos investimentos realizados e os avanços das tecnologias necessárias à cadeia de valor do hidrogênio verde. Além disso, seria fundamental monitorar, já na fase de produção, o quanto o Brasil estaria exportando o hidrogênio para o mercado interno alemão.

REFERÊNCIAS

- [1]. Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, And Mixed Methods Approaches*. (4th Ed.). SAGE Publications.
- [2]. Lakatos, E. M., & Marconi, M. De A. (2017). *Fundamentals Of Scientific Methodology* (7th Ed.). São Paulo: Atlas.
- [3]. ESG. *Relatório De Sustentabilidade E Gestão Ambiental 2009*. São Paulo: Editora Sustentável, 2009.
- [4]. National Geographic. (2021). *What Is Global Warming?* Available At <https://shre.ink/gbjf>. Accessed On March 29, 2024.
- [5]. Holanda, F. A. (2016). *To The Youth: The Challenge Of Science In The 21st Century** (2nd Ed.). Fortaleza: Pouchain Ramos Publishing.
- [6]. ADECE - Development Agency Of The State Of Ceará. (2019). *Wind And Solar Atlas Ceará*. Retrieved January 31, 2024, From <http://atlas.adece.ce.gov.br/>
- [7]. WRI - World Resources Institute. (2023). *IPCC Report On Climate Change 2023*. Available At <https://shre.ink/gbjq>. Accessed On March 18, 2024.
- [8]. Lima, J. R. P. De A., Figueiredo, T. A. De, & Soares, O. A. B. (2022). *Climate Change, Natural Disasters, Health Emergencies, And Armed Forces: Developing Resilience Through Inter-Agency Operations*. In XII ENABED - Defense Studies And The Bicentennial Of Brazil's Independence. Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- [9]. WEF - World Economic Forum. (2024). *The Global Risks Report 2024*. Insight Report. Available At <https://shre.ink/gkyd>. Accessed On January 20, 2024.
- [10]. INMET. (2023, December 4). *2023 Is The Hottest In 174 Years, Confirms WMO Report*. Available At: <https://shre.ink/gbgq>. Accessed On: February 7, 2024.
- [11]. WMO - World Meteorological Organization. (2023, November 30). *Provisional State Of The Global Climate 2023*. Available At <https://wmo.int/publication-series/provisional-state-of-global-climate-2023>. Accessed On February 17, 2024.
- [12]. Copernicus Climate Change Service. (2024). *Monthly Climate Bulletin: March 2024 – 10th Consecutive Record Warm Month Globally*. Retrieved April 9, 2024, From <https://shre.ink/gbgl>
- [13]. Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). (2022). *Global Warming Of 1.5°C: Framing And Context*. In SR15 Chapter 1 HR (Pp. 49–92). Cambridge: Cambridge University Press. Available At: <https://shre.ink/gkys>. Accessed On: April 27, 2024.
- [14]. Iberdrola. (2024). *Impact Of Climate Change: How Climate Change Affects The Economy And Society*. Available At: <https://shre.ink/gbgt>. Accessed On: March 18, 2024.
- [15]. NASA. (2024a). *Too Hot To Handle: How Climate Change May Make Some Places Too Hot To Live*. Available At <https://shre.ink/gbgx>. Accessed On March 15, 2024.

- [16]. NASA, California Institute Of Technology. (2024b, March 21). Climate Change: NASA Analysis Sees Spike In 2023 Global Sea Level Due To El Niño. Available At <https://shre.ink/gbgm>. Accessed On March 23, 2024.
- [17]. AGU - Advancing Earth And Space Sciences. (2024, May 20). CMIP6 Models Rarely Simulate Antarctic Winter Sea-Ice Anomalies As Large As Observed In 2023. *Geophysical Research Letters*. ISSN: 0094-8276. <https://doi.org/10.1029/2024GL109265>. Retrieved May 26, 2024, From <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2024GL109265>
- [18]. Federal Ministry For Economic Affairs And Climate Action. (2023). *National Security Strategy*. Berlin, Germany: Federal Government Of Germany.
- [19]. Brazilian Wind Energy And New Technologies Association (Abeeólica). (2022). *Annual Bulletin 2022*. Retrieved April 11, 2024, From <https://shre.ink/gkiw>
- [20]. Lima, L. V. G. (2023). *Economic Aspects Of The Hydrogen Value Chain: Potentialities And Externalities For Brazil Based On Strategic Interactions With Germany*. (Master's Thesis). Fundação Getúlio Vargas, Escola De Pós-Graduação Em Economia, Rio De Janeiro.
- [21]. IRENA - International Renewable Energy Agency. (2022). *Geopolitics Of The Energy Transformation: The Hydrogen Factor*. Abu Dhabi. Available At: <https://shre.ink/gbyb>. Accessed On: April 21, 2024.
- [22]. MME. (2019). *Brazil-Germany Energy Partnership*. Available At <https://shre.ink/gkav>. Accessed On February 9, 2024.
- [23]. UN. (2022). *Policy Briefs In Support Of The High-Level Political Forum 2022: Addressing Energy's Interlinkages With Other Sdgs*. Available At [2022-UN_SDG7 Brief-060122.Pdf](https://www.un.org/sdgs/060122.pdf). Accessed On May 15, 2024.
- [24]. Santos, P. R. Dos, & Gandara, S. Da S. S. (2022). *Mapping Of Patents Filed In Brazil Related To Hydrogen Production Technologies With A Focus On Green Hydrogen*. Instituto Nacional Da Propriedade Industrial, Rio De Janeiro. Available At <https://shre.ink/gky0>. Accessed On May 15, 2024.
- [25]. Berger, R. (2023). *How To Capture Value In The Emerging Hydrogen Market*. France. Retrieved April 20, 2024, From <https://shre.ink/gkyl>
- [26]. Castro, N., Braga, S. L., Pradelle, F., Chaves, A. C., & Chantre, C. (2023). *The Hydrogen Economy: Transition, Decarbonization, And Opportunities*. Electrical Sector Study Group, UFRJ. Rio De Janeiro. Retrieved March 24, 2024, From <https://shre.ink/gkyv>
- [27]. Oliveira, J. C. R. De. (2024). *Renewable Energies And Green Hydrogen: Pillars Of The Energy Transition And Brazil's Opportunity (Final Thesis, Lato Sensu Postgraduate Program In Electrical Sector Regulation)*. Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio De Janeiro.
- [28]. WEC - World Energy Council. (2021). *National Hydrogen Strategies: Hydrogen On The Horizon: Ready, Almost Set, Go?* Available At <https://shre.ink/gb41>. Accessed On January 17, 2024.

- [29]. Oliveira, R. C. De. (2022). Hydrogen Panorama In Brazil (Discussion Paper No. 2787). Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília. Available At <https://shre.ink/gkya>. Accessed On March 15, 2024.
- [30]. Hebling, C., Ragwitz, M., Fleiter, T., Groos, U., Härle, D., Held, A., Jahn, M., Müller, N., Pfeifer, T., Plötz, P., Ranzmeyer, O., Schaadt, A., Sensfuß, F., Smolinka, T., & Wietschel, M. (2019). A Hydrogen Roadmap For Germany. Karlsruhe And Freiburg: Fraunhofer Institute For Systems And Innovation Research ISI; Fraunhofer Institute For Solar Energy Systems ISE.
- [31]. Bezerra, F. D. (2023). Green Hydrogen: Opportunity For The Northeast. ETENE Sectoral Notebook, 8(320). Banco Do Nordeste.
- [32]. Uribe, D. (2024). Port Of Rotterdam As A Gateway To North West Europe For The Brazilian H2 Market. World Hydrogen Summit.
- [33]. BNDES. National Bank For Economic And Social Development. (2022). Low-Carbon Hydrogen: Opportunities For Brazilian Leadership In Clean Energy Production. Rio De Janeiro. Retrieved April 22, 2024, From <https://shre.ink/gkyu>
- [34]. IEA. International Energy Agency. (2022). Global Hydrogen Review. Available At: <https://shre.ink/gkyr>. Accessed On: May 11, 2024.
- [35]. Martins, T. (2021). Green Hydrogen Puts Brazil On The Radar Of Investors. Revista Brasil-Alemanha, 29(1). São Paulo. Available At <https://shre.ink/gkyj>. Accessed On May 25, 2024.
- [36]. Vasileva, A. (2023). Hydrogen Market Updates From Across Latin America. Intelligence Report. World Hydrogen.
- [37]. Mckinsey & Company. (2022, November 9). A Hidden Treasure—The Opportunity For Brazil To Become A Leader In The New Green Economy. Available At <https://shre.ink/gky4>. Accessed On May 12, 2024.
- [38]. Brazil. Ministry Of Mines And Energy (MME). (2023). National Hydrogen Program: Three-Year Work Plan 2023-2025. Brasília. Retrieved February 19, 2024, From <https://shre.ink/gky3>
- [39]. FIEC. Federation Of Industries Of The State Of Ceará. (2023). Vestas At The Global Forefront Of Sustainability. FIEC System Publication, 15(160).
- [40]. FKA. Konrad Adenauer Foundation. (2022). Cooperation Between Brazil And Europe: Geopolitical Importance And Innovation Perspectives. Brazil-Europe Relations Series, 12. Rio De Janeiro. Available At: <https://shre.ink/gkih>. Accessed On: May 15, 2024.
- [41]. Figueirêdo, H. (2023, October 6). CIPP. Seminar On Energy Transition And Green Hydrogen Production: Opportunity To Transform The Economy Of Ceará And Brazil Through The Green Hydrogen Hub In Pecém. Available At: <https://shre.ink/gkyt>. Accessed On: April 13, 2024.

[42]. Brazil. Chamber Of Deputies. (1975). Legislative Decree No. 85 Of 1975: Approves The Text Of The Agreement On Cooperation In The Field Of Peaceful Uses Of Nuclear Energy. Retrieved December 6, 2024, From <https://shre.ink/gkki>

[43]. FGV. Getúlio Vargas Foundation. (2023). Brazil-Germany Nuclear Agreement. Historical Atlas Of Brazil. Available At: <https://atlas.fgv.br/verbete/5722>. Accessed On: December 6, 2024.

[44]. MRE. (2023, December 4). Press Release No. 563: Joint Declaration Of Intent On The Brazil-Germany Partnership For Ecological And Socially Just Transformation. Available At <https://shre.ink/gkba>. Accessed On February 8, 2024.

[45]. MDIC. (2024). Public Call: Germany Donates R\$ 136 Million For Decarbonization Projects In Brazil's Industry. Available At <https://shre.ink/gkbq>. Accessed On March 13, 2024.

[46]. Batagliotti, J. (2021). Placing Brazil On The Green Hydrogen Radar. Brazil-Germany Magazine, 29(1).

CAPÍTULO 4:

A CADEIA DE VALOR DO H2V NO CEARÁ: UMA BREVE ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES DO COMPOSTO DO MARKETING INTERNACIONAL NO CONTEXTO DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA EUROPA¹

Márcio Carneiro Barbosa

Bacharel em Relações Internacionais – UNISUL; Bacharel em Tecnologia de Comércio Exterior – UNISUL; Pós-graduação MBA em Gestão de Energias Renováveis – Fbuni/IEL; Pós-graduação em Docência no Ensino Superior – UFRJ; MBA em Logística Empresarial – FGV; Mestre em Ciências Militares – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Brasileiro.

Rickardo Léo Ramos Gomes

Doutor (Tít. Cultural) em Ciências Biológicas – FICL; Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências – Universidade Estadual do Ceará – UECE; Pós-graduação Internacional em Paleontologia (Tít. Cultural) – FICL; Bacharel em Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Licenciatura breve em Matemática, Química, Física e Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

RESUMO

Contexto: Este trabalho aborda o uso do hidrogênio verde (H2V) na transição energética mundial como parte da solução para o aquecimento global. Define a cadeia de valor do H2V a ser produzida no Ceará e descreve a aplicação dos conceitos do composto de marketing internacional nessa cadeia destinada à exportação para a Europa, destacando os benefícios para gestores de alto nível no processo decisório de inserção no mercado europeu. **Materiais e Métodos:** A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, adequada para explorar em profundidade o planejamento e a gestão da cadeia de valor do H2V à luz do composto de marketing. O procedimento metodológico consistiu em uma revisão de literatura, com fontes classificadas em três categorias: (1) estudos sobre H2V e transição energética, (2) análises da cadeia de valor do H2V no Ceará e (3) referências sobre o composto de marketing internacional. **Resultados:** A análise demonstrou a possibilidade de aplicar os conceitos do composto de marketing internacional à cadeia de valor do H2V no Ceará, evidenciando sua pertinência para a inserção competitiva no mercado europeu. **Conclusão:** Os resultados indicam que gestores de alto nível podem se beneficiar desses conceitos para fortalecer o posicionamento do Ceará como provedor estratégico de energia limpa para a Europa.

Palavras-chave: Hidrogênio Verde; Transição Energética; Ceará; Cadeia de Valor; Composto de Marketing.

¹Uma versão deste artigo foi publicada em inglês pelo IOSR Journal of Business and Management. O referido Jornal atribuiu o seguinte DOI CODE: 10.9790/487X-2702025566.

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará tem demonstrado ser um potencial provedor de solução energética para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e do aquecimento global, contribuindo para o processo de descarbonização da indústria a nível mundial. Neste contexto, diversas são as formas e maneiras de transmitir suas capacidades e potencialidades para a comunidade internacional, especificamente na produção e exportação de hidrogênio verde (H₂V). Uma destas ferramentas se diz respeito às contribuições do marketing internacional ao identificar mercados para o escoamento deste vetor de energia.

Sobre a metodologia utilizada, foi escolhido o método qualitativo. Quanto aos meios de investigação, o estudo foi bibliográfico e documental realizado em publicações (nacionais e estrangeiras), relatórios de Organismos Internacionais e sítios na internet. A partir da consulta e consolidação destes materiais, foram possíveis levantar as questões mais importantes relacionadas ao presente estudo. Assim, o objetivo geral deste estudo é apresentar as contribuições do composto de marketing internacional aplicáveis à cadeia de valor do H₂V no Ceará. E fruto desta análise, contribuir com os tomadores de decisão de alto nível com ferramentas que favoreçam o processo decisório na consolidação do Estado como exportador ao mercado europeu. Os objetivos específicos estabelecidos são os seguintes: abordar o panorama do H₂V e sua perspectiva como parte da solução global para a transição energética e a descarbonização da economia mundial; definir como se encontra a cadeia de valor do H₂V no Ceará, sua amplitude e complexidade; e descrever o composto de marketing internacional, aplicando seus fundamentos no atual cenário de consolidação do parque industrial do H₂V no Ceará.

Este artigo está estruturado em quatro seções que visam proporcionar uma análise abrangente do composto de marketing internacional aplicável à cadeia de valor do H₂V. A primeira seção, Introdução, apresenta o tema central do estudo. A segunda seção, Metodologia, descreve a abordagem adotada para a pesquisa, incluindo as estratégias de coleta de dados e análise. A Fundamentação Teórica, terceira seção, oferece uma explanação sobre o H₂V e sua importância para a transição energética mundial; uma explicação sobre a atual configuração da cadeia de valor do H₂V no Ceará e as definições do composto de marketing internacional e suas aplicações no contexto da cadeia de valor do H₂V. Por fim, a seção Considerações Finais sintetiza os principais achados da pesquisa, destacando as vantagens advindas do entendimento do composto de marketing aos tomadores de decisão de alto nível quando da produção e exportação do H₂V para a Europa.

2 METODOLOGIA

A abordagem adotada nesta pesquisa foi de natureza qualitativa, pois o objetivo principal foi aplicar os conceitos do composto de marketing nas complexas cadeia de valor do H₂V no Estado do Ceará. A abordagem qualitativa é amplamente reconhecida no mundo científico por sua capacidade de proporcionar análises contextuais, permitindo uma avaliação da conjuntura que envolve a transição energética, as energias renováveis e parques industriais. A pesquisa qualitativa foca na interpretação e na compreensão de fenômenos complexos, sendo fundamental em áreas que envolvem uma cadeia de produção de um vetor de energias, oriundos de renováveis, por exemplo, onde as variáveis são amplas e dinâmicas. Com relação à abordagem qualitativa, Lösch, Rambo, & Ferreira (2023, p.04) destacam que:

A abordagem qualitativa [...] é um tipo de investigação que procura compreender fenômenos sociais, culturais e educacionais por meio da análise de dados subjetivos, tais como entrevistas, observações, relatórios de vida, entre outros. Seu escopo é obter uma compreensão profunda e detalhada do assunto em questão, ao invés de mensurar quantitativamente o fenômeno. É frequentemente utilizada em pesquisas do tipo estudo de caso, exploratória, pesquisa-ação, etnográfica, entre outras, além das investigações de práticas pedagógicas e sobre a perspectiva dos alunos ou professores a respeito de questões educacionais.

O procedimento de pesquisa adotado foi a revisão de literatura, uma metodologia essencial na construção do conhecimento científico, pois permite uma análise crítica e integrada das informações existentes sobre um determinado tema (Carvalho, 2020). Para a realização dessa revisão, as fontes de pesquisa foram cuidadosamente selecionadas e classificadas em três categorias principais: (1) fontes específicas sobre o H₂V, que abordam a sua essencialidade, como combustível do futuro, na transição energética e na descarbonização da economia global; (2) fontes específicas sobre a cadeia de valor do H₂V em uma conjuntura global, nacional e local; e (3) fontes que tratam do composto de marketing (conhecido como 4P), os quais serviriam de subsídios e processo de tomada de decisão para a consolidação do hub, produção no Ceará e exportação para a Europa.

A classificação dessas fontes permitiu uma análise mais precisa e contextualizada, possibilitando a construção de uma discussão robusta sobre os benefícios do composto de marketing na cadeia de valor do H₂V no Ceará. A revisão foi conduzida por meio da consulta a relatórios de organizações internacionais, publicações de órgãos federais do governo brasileiro, artigos recentes e livros, garantindo uma abrangência que refletisse as contribuições mais relevantes e atuais na área.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta fundamentação foi organizada em três subtópicos. No primeiro, falou-se sobre o H₂V e a sua perspectiva como solução global para a transição energética. No segundo, uma breve abordagem sobre a cadeia de valor do hidrogênio no Ceará com suas principais características. E no terceiro, o composto de marketing (produto, preço, promoção e praça/cadeia da distribuição) aplicado na cadeia de valor do H₂V e suas possíveis contribuições no contexto da transição energética na Europa.

3.1 HIDROGÊNIO

O hidrogênio é um combustível de baixo peso molecular, possuidor de grande quantidade de energia por unidade de massa que qualquer outro conhecido, sendo capaz de armazenar e fornecer grandes quantidades de energia (Oliveira, 2022). No contexto da descarbonização da economia, em contraponto ao aquecimento global, ele é considerado o pilar da transformação energética, assumindo, comprovadamente, importância nas estratégias relacionadas à transição, ora em vigor, de diversos países, sobretudo, por possibilitar uma alternativa para setores de forte carbonização (MME, 2023). Sobressai-se, nas inúmeras possibilidades de uso do hidrogênio, o denominado “verde”, produzido a partir de fontes renováveis como a solar, eólica e a hídrica. Inclusive, o Relatório de Políticas em Apoio ao Fórum Político de Alto Nível das Nações Unidas aponta-o como uma solução-chave para setores de difícil descarbonização (Santos, & Gandara, 2022).

“Governos ao redor do mundo estabeleceram metas de descarbonização, esforçando-se para a independência energética. Muitos países desenvolveram estratégias nacionais e a Europa, em particular, estabeleceu metas ambiciosas para introduzi-lo como vetor de energia (Berger, 2023, p. 4)”. Estudos da Agência Internacional de Energia (IEA) estimam que a produção de H₂V passaria de 90 milhões de toneladas em 2020 para mais de 200 milhões de toneladas em 2030. O próprio relatório do *Hydrogen Council* mostrou que o Brasil tem condições de tornar-se protagonista (produção e exportação) de H₂V, um mercado que deverá atingir globalmente US\$ 2,5 trilhões em 2050, cerca de 20% de toda a demanda de energia no mundo (Martins, 2021).

Parte das justificativas do *Hydrogen Council* decorre do fato de que o Brasil possui atributos inigualáveis para a produção de H₂V e produtos verdes, tais como energia renovável em abundância com baixos custos, complementaridade entre as fontes energéticas, sistema elétrico interligado e mercado interno atraente. “Adicionalmente, é um dos poucos países do mundo que dispõe de condições para descarbonizar a sua própria

economia e ainda contribuir com os demais países, tamanha é a abundância de recursos (Oliveira, 2024, p. 39)”.

Para o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂), do Ministério de Minas e Energia (MME) do Brasil, a inclusão do hidrogênio na agenda energética nacional é um dos temas prioritários para investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, conforme Resolução do Conselho Nacional de Política Energética nº 2, de 10 de fevereiro de 2021. Conforme pontuou Bezerra (2023, p. 07), no setor industrial, a fabricação de “produtos verdes” sem a emissão de gases de efeito estufa (GEE) constituiria um mercado muito promissor nos próximos anos, em razão da perspectiva de taxaço de produtos em diversos países que geram GEE em seu processo produtivo. Além disso, as empresas estariam cada vez mais adotando iniciativas de responsabilidade socioambiental visando obter certificações ESG (Governança Ambiental, Social e Corporativa) e uma imagem positiva perante os consumidores e como o Estado do Ceará poderia beneficiar-se nesta corrida na transição energética, como provedor de solução ao aquecimento global, aproveitando-se dos conceitos do marketing internacional em prol da cadeia de valor de H₂V?

3.2 CADEIA DE VALOR DO HIDROGÊNIO NO CEARÁ

A cadeia de valor é entendida como uma forma de dividir o todo em partes de todo o ciclo produtivo (logística, operações, infraestrutura, etc.) de modo que, ao analisar os caminhos e as etapas do processo (entradas e saídas), se possa identificar e agregar valor ao produto ou serviço realizado, beneficiando a empresa, o cliente e o mercado. De acordo com Porter (2004), é um método que possibilita a organização de processos, observando as ligações entre cada etapa e como cada uma poderia gerar valor ao cliente, permitindo que a organização compreenda o funcionamento sistêmico da produção. Dito em outras palavras, é um fluxograma com os caminhos percorridos durante o processo produtivo, abordando as nuances do negócio. Considerado essencial no ambiente produtivo, a correta definição da cadeia de valor possibilitaria a empresa trabalhar nas melhorias que fortalecessem as entregas ao mercado.

O Conselho Mundial de Energia (WEC) salienta que no contexto de um hub de hidrogênio, por existirem vários usuários de diferentes, poderia tornar a sua infraestrutura (como oleodutos, estações de armazenamento e reabastecimento) mais econômica ao promover economias de escala e sinergias desses setores, desenvolvendo a cadeia de valor (WEC, 2021). Para a Agência Internacional de Energia (IEA), o desenvolvimento de infraestruturas e tecnologias de H₂ é frequentemente considerado em relação ao

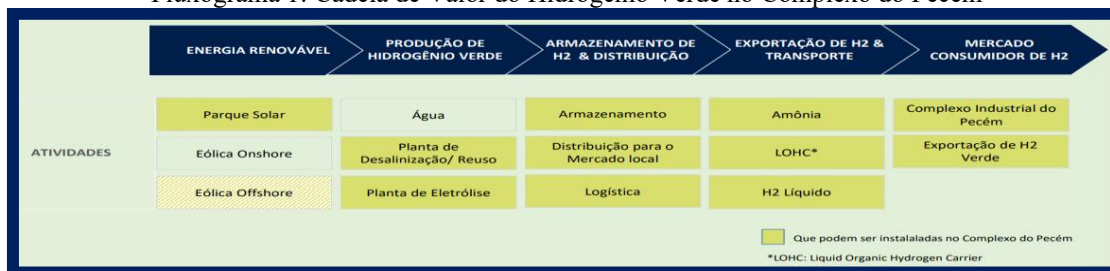
desenvolvimento econômico, especialmente no contexto da transição energética; por isso, as cadeias de valor do H₂ contribuirão em diferentes tipos de tecnologia e setores de fabricação (IEA, 2019).

Por sua vez, a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) acredita que uma cadeia de valor bem estruturada poderia impulsionar a competitividade econômica; em longo prazo, países com potencial renovável poderiam tornar-se locais de industrialização verde, usando seu potencial para atrair indústrias com alta demanda energética (IRENA, 2022). Segundo o MME (2021), o mercado de hidrogênio teve uma grande impulsão mundial a partir de políticas energéticas pós-pandemia com a finalidade de retomar a economia e acelerar a transição energética. O entendimento que permeia em muitos governos é que a descarbonização da economia mundial estaria diretamente proporcional a cadeia de valor do H₂V, ou seja, energia renovável (eólica e solar), produção, armazenamento, transporte, distribuição e consumo.

Em artigo publicado pela Fundação Getúlio Vargas - Europa por Raccichini, Contardi e Ristuccia (2022), os autores apresentaram um panorama das estratégias, experiências e questões de mercado relacionadas ao hidrogênio no Brasil, com ênfase e destaque para o estado do Ceará, para os quais o consideraram o “Primeiro Vale Verde de Hidrogênio do Brasil”, por possuir uma carteira de projetos de milhares de milhões de investimentos, abrangendo toda a cadeia de valor (produção, transformação, transporte e utilizações finais). Por sua posição geográfica privilegiada no Nordeste do Brasil, com baixas latitudes, uma costa atlântica próxima a importantes rotas marítimas comerciais com a Europa, as condições de vento e irradiação solar tornaram o Estado do Ceará um importante ator global na produção e exportação de H₂V (Barbosa, & Gomes, 2024b).

No Ceará, com uma radiação solar média anual de 5,5 KWh/m².dia e ventos que podem chegar a 36 km/h, o Estado garantiria, desde o início do processo de produção, uma vantagem competitiva (FIEC, 2024). O Governo do Estado afirma que é um dos que saiu na frente na construção da cadeia do H₂V devido aos potenciais eólico, solar e logístico, tornando-se um importante *player* nos mercados nacional e internacional – já tendo, inclusive, assinado, até dezembro de 2023, trinta e cinco memorandos de entendimento para o desenvolvimento do Hub de H₂V (Ceará, 2023). Para uma melhor compreensão sobre o ciclo de produção do H₂V no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) no Ceará, a análise concentrar-se-á no Fluxograma 1. Como se pode observar, a cadeia é ampla e complexa. Por isso, o *supply chain management* (gerenciamento da cadeia de suprimento) ser diversificado, com a participação de inúmeros fornecedores.

Fluxograma 1: Cadeia de Valor do Hidrogênio Verde no Complexo do Pecém



Fonte: Nunes e Picanço (2021, p.47).

Tirando como referência o fluxograma supracitado, seria possível à alta administração e os demais níveis hierárquicos da empresa identificar e analisar, em cada etapa do ciclo de produção do H₂V, as oportunidades de melhoria, agregando, assim, valor. Com isso, os ganhos advindos destas melhorias proporcionariam mais ganhos nas vantagens competitivas do Ceará, como a diminuição de custos ou diminuição do *leadtime*, por exemplo, quando da venda deste vetor de energia.

3.3 COMPOSTO DE MARKETING INTERNACIONAL

À luz do marketing internacional, a produção e exportação de H₂V, a partir do CIPP para o mercado europeu, implicaria em trocas comerciais envolvendo dois atores: o Ceará (ofertante e produtor) e a Europa (demandante e mercado consumidor). Para que as relações sejam estáveis, duradouras (longo prazo) e sólidas, em um ambiente de “ganha-ganha”, o primeiro teria que atender às expectativas, preferências e necessidades do segundo (Carioni, & Neves, 2008). É nesta condição que surge o marketing como um processo gerencial pelo qual demandantes obtêm o que necessitam e desejam através da criação, oferta e troca de produto com um ofertante (Kotler, 1994). Destaca-se que o planejamento do primeiro seria conquistar, convencer e persuadir o segundo mediante a identificação, o conhecimento e a interpretação de expectativas do demandante as quais traduzir-se-ia em trocas comerciais, agindo de maneira a transformar a oferta em plena satisfação do segundo (Carioni, & Neves, 2008).

No contexto energético europeu de descarbonização das economias pós-pandemia e da guerra russa-ucraniana, o “Velho Mundo” busca soluções para a diversificação de sua matriz energética em uma corrida para mitigar os diversos efeitos climáticos decorrentes do aquecimento global. Daí ser um mercado que exigiria parceria e cooperações internacionais com fornecedores globais de H₂V com notória capacidade técnica, comercial e tecnológica. Ressalta-se que esta corrida é composta por diversos países que encontraram

no H₂V uma das soluções da transição energética. Logo, o Estado do Ceará, por não estar sozinho nesta transição, deparar-se-ia com outros produtores mundiais, caracterizando, assim, uma intensa concorrência internacional.

Dentro destas circunstâncias, o marketing internacional, aplicando os conceitos mercadológicos pelos tomadores de decisão no Ceará, teria a possibilidade de ofertar o H₂V com diferenciais competitivos, gerando a venda com benefícios perceptíveis e atratividade de compra pela Europa, oferecendo-lhe valor aos consumidores do Atlântico Norte. Desta forma, para alcançar os efeitos desejados na produção e exportação (ofertante) deste vetor de energia, serão explorados, a seguir, os quatro “P” do composto de marketing cunhado por Jerome McCarthy na década de 60: Produto, Preço, Promoção e Praça (Carioni, 2006).

3.3.1 Produto

Para entendimento inicial, a definição de produto consiste na disponibilização de algo, por parte da empresa, que possa suprir os estados de desejos de seus consumidores (compradores), oferecendo-lhes benefícios naquilo que eles buscam para troca. Para Kuazaqui (2018), o produto deve atender a necessidade de um determinado mercado, buscando-se um diferencial competitivo perante os produtos concorrentes. Para Madruga et al (2006), é o elemento principal da estratégia de marketing, representando muito mais do que um bem físico tendo em vista os benefícios e vantagens para quem o utiliza. Apesar de haver alternativas de geração de energia, via hidrogênio, em substituição aos combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural), a opção escolhida pelo Brasil, assim como a Austrália, o Japão, a Coreia do Sul, a Arábia Saudita e o Chile foi o “verde” por possuir zero emissão de CO₂ na atmosfera comparado com outras formas de geração com o hidrogênio (Quadro 1), o que fortaleceria o critério da sustentabilidade energética (Nunes, & Picanço, 2021).

Quadro 1: Geração de energia a partir do hidrogênio

Tipo de Hidrogênio	Fonte / Processo de Combustível	Emissão de Carbono (Kg de CO ₂ / Kg de H ₂)
Marrrom	Carvão / Gaseificação	18 – 20
Cinza	Gás Natural / Reforma a Vapor	8 – 12
Turquesa	Gás Natural / Pirólise	5 – 11
Azul	Gás Natural / Captura de CO ₂	0,6 – 1
Amarelo	Rede Elétrica / Eletrólise	0 – 9
Verde	Energia Renovável / Eletrólise	0
Rosa	Calor / Energia Nuclear / Eletrólise	0 – 0,4

Fonte: Nunes, & Picanço (2021, p. 5).

Segundo Oliveira (2022), a região Nordeste estaria posicionando-se como um polo produtor por possuir elevado potencial para geração de energia eólica e solar e seus portos estarem geograficamente bem localizados em relação aos principais mercados da Europa, com destaque para o estado do Ceará com o maior número de projetos anunciados no Brasil. No Estado, esta opção foi facilitada por conta das condições naturais para a geração de energias renováveis a preços competitivos em relação a outras regiões do mundo. Assim, definindo o H₂V como o produto do composto do marketing, automaticamente há de ressaltar a criação do Hub de Hidrogênio, em 2021, em parceria com o Governo do Estado, a Universidade Federal do Ceará e o CIPP. À época, a atividade incluiu a assinatura de um memorando de entendimento (*MoU*) com a empresa australiana *Energyx Energy* para a construção de uma usina no CIPP (FIEC, 2021).

Os diferenciais competitivos, tão buscados pelos profissionais de marketing, são encontrados no CIPP tendo em vista as futuras indústrias de H₂V estarem em um Estado banhado por um oceano de alta importância econômica no mundo globalizado (Atlântico), facilitando o intercâmbio comercial com a Europa. Além disso, o CIPP conta com uma Zona de Processamento de Exportação (ZPE), contribuindo com a competitividade no processo de exportação (Barbosa, & Gomes, 2024a). Na cadeia de valor do H₂V, outra vantagem competitiva seria a logística na medida em que forem otimizados os processos de transporte, armazenagem, operações industriais e comerciais, pois o tempo de ciclo de pedido (*lead time*) tenderia a ser menor (compra, processamento, aquisição dos insumos, produção, despacho e entrega) no porto de Pecém.

O que se ressalta é que H₂V não é somente um produto com suas características físico-químicas comercializado no mercado internacional; na realidade seria um vetor energético que atenderia a sustentabilidade, contribuindo na redução dos gases de efeito estufa. Desta forma, interpreta-se, no presente artigo, que os benefícios, atributos e

utilidades do H₂V estariam diretamente contribuindo com a preservação do meio ambiente e a descarbonização das indústrias, o que o tornaria essencial para a transição energética global. A posteriori, para fins de transporte, haveria a conversão de H₂ em NH₃ (amônia), considerada a estratégia mais plausível para o Ceará, tendo em vista ter sido consolidado como o principal produto na grande maioria dos clusters estudados e possuir um mercado de massa que mitigaria o risco de fracasso (FIEC, 2024).

Das considerações acima, o Ceará busca alcançar um protagonismo no cenário internacional, consubstanciado nas vantagens competitivas supramencionadas e na crescente demanda mundial por fontes de energia limpa. “A produção e exportação de H₂V poderia refletir para o país como um provedor de soluções de descarbonização para outras nações (MME, 2023, p. 6)”. Entretanto, há condicionantes na cadeia de valor em questão que devem ter a devida atenção e prioridade dos tomadores de decisão de alto nível. Em primeiro lugar, atentar para a água (H₂O), considerada um recurso primário crítico para o H₂V, de onde será extraído o H₂ e que requer uma quantidade significativa para a sua produção (aproximadamente 15l/kg de H₂). Como referência, em um cenário em que uma economia produza 2,3Gt de H₂/ano a 15l/kg, a demanda seria de 34.500 Gl/ano (FIEC, 2024). Em segundo lugar, os eletrolisadores, considerados o componente mais relevante na produção de H₂V, responsável por quebrar a molécula de H₂O, separando o H do O (FIEC, 2024).

3.3.2 Preço

Do Composto de Marketing, se refere o quanto o cliente (comprador, consumidor ou mercado) estaria disposto a pagar para atender a sua necessidade, desejo ou expectativa. Conceitualmente, é a quantidade financeira necessária para a aquisição daquela oferta, devendo ser calculado em função dos custos para a fabricação, a tributação e a venda, por exemplo. O preço se torna um complexo fator competitivo em um ambiente no qual a concorrência busca a cada dia otimizar seus custos, reduzindo de forma efetiva suas margens de lucro (Arbache et al., 2006). Na cadeia de valor do produto, a adequada e justa formulação do preço pode resultar em uma série de vantagens, principalmente para os principais objetivos do negócio: a venda, a produtividade e lucratividade. É o único elemento do composto que gera receita sendo considerado um dos aspectos mais críticos e complexos enfrentados pelas empresas globais (Carioni, & Neves, 2008).

No âmbito do H₂V, este aspecto se reveste de muita importância. Estima-se que o Brasil teria o potencial de disputar competitivamente uma fatia dos mercados de

importação dos Estados Unidos e da União Europeia, faturando por volta de dois bilhões de dólares até 2030 e exportando de quatro a seis bilhões de dólares em 2040 (McKinsey, 2021). E o Ceará, certamente, ganharia parte destas divisas em exportação. Outra consideração importante partiu de Santos e Gandara (2022, p. 13) ao apontarem que o Brasil tem em mãos “uma grande oportunidade de desempenhar papel internacional relevante, ofertando H₂V com menor preço e em elevada quantidade, viabilizando o atendimento no mercado interno e possível exportação de excedente para a Europa (potencial mercado consumidor do hidrogênio produzido no país)”.

Não se pode desconsiderar, também, a competitividade mundial do Brasil em energia renovável ao conferir-lhe uma imensa vantagem na produção de H₂V. O país pode tornar-se um dos maiores produtores mundiais devido ao baixo custo de seus recursos naturais, exigindo menor investimento em bens de capital (McKinsey, 2022). “Espera-se que os custos de produção do H₂V ainda diminuam nas próximas décadas devido aos avanços na tecnologia de eletrolisação e aos avanços na montagem de modelos de negócios e estruturas criativas de *project finance* (FIEC, 2024, p. 109)”. Nos estudos de Santos et al. (2022), o Brasil desempenharia um papel internacional relevante ao oferecer H₂V a preços mais baixos e em grandes quantidades, facilitando o acesso a mercados externos na Europa. Novamente, surge o Ceará como potencial provedor internacional do combustível do futuro. Em palestra proferida no Seminário Transição Energética e Produção de H₂V, o Diretor-Presidente do CIPP informou que o custo nivelado do H₂V brasileiro seria de aproximadamente US\$1,50/kg de H₂ em 2030 e aproximadamente US\$ 1,25/kg de H₂ em 2040 (Figura 1).

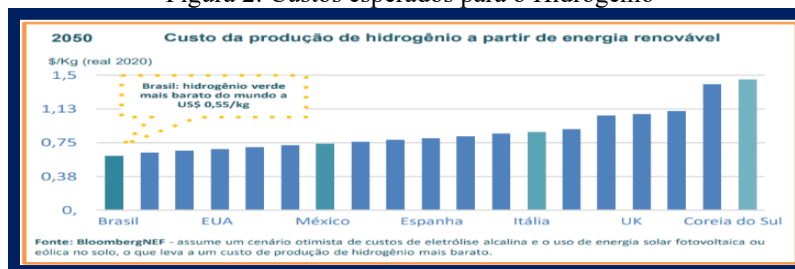
Figura 1: Custos esperados para o Hidrogênio



Fonte: Figueirêdo (2023, p. 4).

Ainda segundo Figueirêdo, o H₂V poderia alcançar a condição de mais barato do mundo em 2050 em comparação aos custos estimados para o produto produzido nos EUA, México, Espanha, Itália, Reino Unido e Coreia do Sul (Figura 2).

Figura 2: Custos esperados para o Hidrogênio



Fonte: Figueirêdo (2023, p. 4).

De certa forma, as estimativas de preços supracitadas refletem indiretamente a sinergia entre a alta irradiação solar e os ventos costeiros do Ceará, permitindo-lhe ser um potencial produtor de H₂V. Assim, os custos de produção poderiam contribuir para ser um *global player* na economia do hidrogênio, dada sua matriz elétrica baseada em energia renovável. Essas características se alinham com o relatório da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), que afirma que a produção de H₂V seria mais viável economicamente em regiões com recursos renováveis abundantes, terra disponível, acesso à água e capacidade de transportar hidrogênio para os principais países importadores (Barbosa, & Gomes, 2024b). Para a cadeia de valor do H₂V no Ceará, outro diferencial competitivo se refere à Zona de Processamento de Exportação (*free zone*) localizado no CIPP, outorgando incentivos tributários diferenciados, como suspensão de tributos federais, estaduais e municipais. Os benefícios concedidos às empresas instaladas seriam por um prazo de até 20 anos, com possibilidade de prorrogação (Barbosa, & Gomes, 2024b).

Contudo, aos tomadores de decisão de alto nível um alerta: apesar da estrutura de custos do Ceará para produzir H₂V seja muito competitiva globalmente (recursos naturais e condições climáticas que levam a fontes de energia renováveis eficientes a baixo custo), os impostos brasileiros são o único componente do custo estruturado que pode prejudicar a competitividade do Ceará (FIEC, 2024, p. 108).

3.3.3 Promoção

Entende-se a promoção como a forma utilizada pela empresa para comunicar e divulgar seu produto ou serviço, aproveitando esta oportunidade, inclusive, para agregar valor. “Para isso, as maneiras tradicionalmente utilizadas são investimentos em publicidade, propaganda e promoção de vendas (Kuzaqui, 2018, p. 54)”. Tendo em vista que no planejamento estratégico já foram definidos o produto e o preço, agora o momento seria definir estratégias de comunicação e divulgação do produto ao mercado (público-

alvo) com a finalidade de valorizá-lo mediante suas características e benefícios, convencendo-o à compra. No caso do H₂V produzido no CIPP, a promoção deste vetor de energia vem sendo continuamente realizado pela FIEC, sendo apresentadas, a seguir, algumas ações para caracterizar o quando a Federação tem promovido, em todos os fóruns possíveis, as potencialidades e as vantagens competitivas do Ceará sobre a produção e exportação do H₂V.

Por ocasião da Conferências das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP 26), em Glasgow, na Escócia, a FIEC fez uma apresentação com o tema “Hidrogênio Verde: oportunidades de investimentos no Nordeste do Brasil” a delegações de mais de cem países (FIEC NOTÍCIAS, 2021). Na ocasião, foi abordado o enorme potencial do H₂V produzido no Ceará além de ressaltar as grandes oportunidades de investimentos no Nordeste. Em outra oportunidade, recebeu visita de comitiva da Embaixada da Alemanha (FIEC NOTÍCIAS, 2023) chefiada pelo Diretor da Divisão Especial para Projetos de Hidrogênio em Países em Desenvolvimento, do Ministério Alemão de Assuntos Econômicos e Proteção Climática; na comitiva, o Vice-diretor da Agência de Cooperação da Alemanha (GIZ Brasil). Durante o encontro, foi apresentada a cadeia da indústria do H₂V no Ceará, com foco nas matrizes eólica e solar, além de compartilhar informações que colocariam o Ceará em uma zona privilegiada de investimentos diretos do exterior, além da administração compartilhada do Porto de Pecém com o Porto de Roterdã.

Outra visita foi a comitiva da Siemens (empresa alemã especializada em automação industrial e software, infraestrutura, tecnologia predial e transporte) ao Hub do H₂V (Porto do Pecém e ZPE) e ao Observatório da Indústria da FIEC (FIEC on line, 2023). Posteriormente, visita de comitiva da Embaixada da Bélgica, em março de 2024. Na ocasião, a cônsul belga explicou que o objetivo da vinda estaria relacionado à setores energético e portuário, facilitando, futuramente, a criação de laços estratégicos entre o Ceará e o país europeu. Pela FIEC, entre outras informações, foram apresentadas as vantagens do estado do Ceará para o desenvolvimento da indústria de energias renováveis, com foco em H₂V (FIEC on line, 2024a). Uma comitiva da empresa francesa *Voltalia* (presente em vinte países como produtora de energia) conheceu as capacidades e as potencialidades do Ceará. Com a referida empresa, o governo do Estado oficializou um pré-contrato para a instalação de uma unidade de produção de H₂V e amônia verde no CIPP, um empreendimento avaliado em US\$ 3 bilhões com potencial de gerar 5 mil empregos durante a fase de implantação do projeto (FIEC on line, 2024b).

Outra oportunidade para promover o Estado como provedor de H₂V foi a participação de comitiva da FIEC e do CIPP no *World Hydrogen 2024 Summit & Exhibition*, considerado o maior evento mundial sobre H₂V, realizado em Roterdã, na Holanda. A missão internacional teve o propósito de divulgar e atrair participantes para o FIEC Summit 2024, além de prospectar e fechar potenciais negócios (FIEC on line, 2024c). Em junho de 2024, a FIEC e o Governo do Estado do Ceará realizaram a apresentação dos resultados do Masterplan do H₂V no Ceará, um mapeamento das oportunidades que devem surgir na esteira de empreendimentos de produção no Estado. O estudo foi conduzido pela consultoria norte-americana IXL Center, incluindo especialistas da Universidade de Harvard e do MIT (Instituto Massachusetts de Tecnologia), pesquisadores de mais de 15 nacionalidades diferentes, consultores sêniores especializados em inovação e representantes de diversas organizações públicas e privadas cearenses (FIEC on line, 2024d).

Em agosto de 2024, teve início a terceira edição do FIEC SUMMIT, um dos maiores eventos da cadeia de H₂V, inovação e tecnologia do Brasil. A atividade colocou o Ceará como centro dos debates sobre transição energética, energias renováveis e o potencial do H₂V para o desenvolvimento socioeconômico e industrial (FIEC on line, 2024e). Somente no mês de setembro, quatro importantes atividades e iniciativas foram realizadas sob a coordenação da FIEC: a. Recepção da Embaixadora da Austrália no Brasil, apresentando-a, entre outros temas, os projetos em andamento com foco em energias renováveis e H₂V (FIEC on line, 2024f); b. Recepção de comitiva de Mecklemburgo-Pomerânia Ocidental (Alemanha). O encontro, organizado pela Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha do Rio de Janeiro, teve como principal objetivo fortalecer os laços entre as regiões e explorar possíveis parcerias em projetos industriais e na área de energia no estado do Ceará (FIEC on line, 2024g); c. Recepção da Diretora do Centro da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), oportunidade que foram apresentados projetos em energias renováveis, tecnologia e inovação, além das potencialidades do Estado para a concretização de parcerias no cenário global (FIEC on line, 2024h); e d. Assinatura de uma carta de intenções com a *TÜV Rheinland Akademie GmbH* (Alemanha), com o objetivo de desenvolver capacitação técnica para segurança e saúde na gestão e no manuseio de H₂V em zonas portuárias brasileiras. O evento ocorreu durante o Encontro Econômico Brasil-Alemanha o qual integra uma das ações do *International Hydrogen Ramp-Up Programme*, da GIZ (FIEC on line, 2024i).

Em outubro de 2024, recepção de delegação de pesquisadores de universidades e representantes de empresas holandesas que atuam nos campos de inovação e transição energética. Naquela ocasião, foram apresentadas a cadeia do H₂V (desde o desenvolvimento de atividades voltadas às energias renováveis até a infraestrutura tecnológica avançada no Porto do Pecém) e os projetos de inovação em energias renováveis na indústria cearense (FIEC on line, 2024j). Em dezembro de 2024, a FIEC apoiou a Cúpula Mundial sobre Transição Energética (*World Summit on Energy Transition - WSoET*), reunindo representantes de mais de 25 países para discutir os desafios e oportunidades do futuro energético. O evento foi organizado pelo Instituto *Winds for Future (IW4F)*, em parceria com o *Global Institute for the Future of Tourism (GIFT)* (FIEC on line, 2024k).

Como se pôde observar, a FIEC vem cumprindo o seu papel de promover, divulgar e fomentar a cadeia de valor do H₂V no Ceará seja para as entidades nacionais como governos e instituições estrangeiras. Estas ações e iniciativas têm a capacidade de atrair investimentos e parcerias internacionais em prol da consolidação do Estado como um dos *global player* na transição energética mundial. Assim, ciente de seus compromissos na transição energética global, o Ceará vem aproximando-se da comunidade internacional, estreitando os laços políticos, econômicos e tecnológicos relacionados ao desenvolvimento da economia do hidrogênio (cooperação internacional).

3.3.4 Praça (cadeia de distribuição)

Entende-se por praça o ponto de venda ou o local de distribuição do produto ou serviço para o consumidor final (ou seja, onde o produto é finalmente vendido). Para Kuazaqui (2018, p. 54), são “as formas de efetuar a distribuição física do produto, envolvendo uma estrutura logística (interna e externa)”. Para o SEBRAE, seja físico ou seja virtual, se refere ao local onde o empreendimento está estabelecido para competir, conquistar clientes e alcançar grandes resultados, acrescentando que quanto melhor o ponto, mais fácil seria fazer clientes. Para Madruga et al. (2006), é uma das mais importantes atividades de marketing tendo em vista que pode representar um atendimento eficaz tornando a compra do cliente mais conveniente, fator crucial em um mercado competitivo.

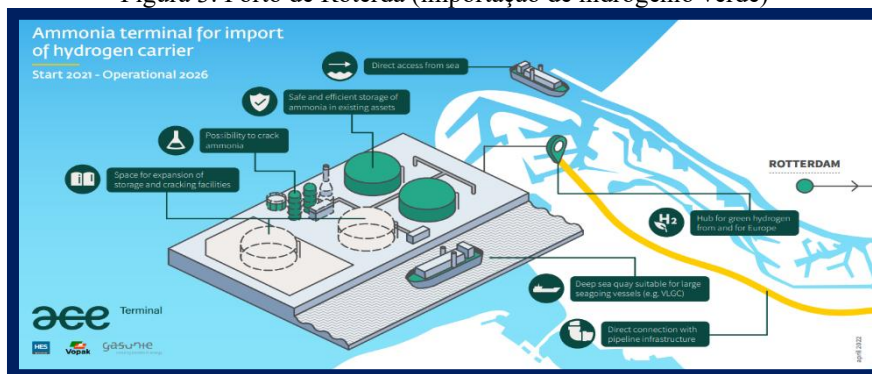
Um canal de distribuição bem estruturado proporciona a disponibilidade de um produto no mercado, possibilitando a melhoria no índice de retenção dos clientes (Arbache et al., 2006). Para tanto, no comercial internacional, o ofertante/produtor deve identificar adequadamente a estratégia de entrada no mercado mediante um conjunto de ações

devidamente organizadas pelos atores com a finalidade de exportar (Kuazaqui, 2018). Neste caso, se cita a Resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) nº 6/2022, que instituiu o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂), apontando a necessidade de desenvolver e consolidar o mercado de hidrogênio no Brasil e a inserção internacional do País em bases economicamente competitivas além de estudar o potencial para exportação no contexto de transição energética (MME, 2021).

Para melhor compreensão deste composto do marketing, no contexto da comercialização internacional do H₂V cearense, o ponto de partida foi o lançamento do Hub de Hidrogênio em 2021, no CIPP. Com ele, haveria o potencial de gerar energia renovável com uma localização próxima a portos estratégicos no planeta, contribuindo para o desenvolvimento do mercado e da tecnologia da indústria nacional, além de tornar-se referência internacional e uma plataforma de acesso para outros países (Oliveira, 2022). Não por coincidência, em 2023, mediante acordo bilateral (*join venture*), o governo do Ceará e o da Holanda estabeleceram o corredor marítimo Pecém (produção e exportação) - Roterdã (importação e distribuição), criando, desta forma, uma rota marítima para a comercialização do H₂V para Europa (Vasileva, 2023). Esta junção de esforços, considerada estratégica em negócios internacionais, foi essencial para construir os canais de distribuição do H₂V em solo europeu pois Roterdã está bem posicionado no mercado europeu, sendo um complexo portuário que combina produção e consumo, infraestrutura para distribuição aos demais países da Europa (dutos até Bélgica e Alemanha), terminal de importação e eletrolisadores (FKA, 2022 e Oliveira, 2022).

Técnica e operacionalmente, as vantagens de Roterdã é que a infraestrutura portuária estaria em condições de descarregar navios de todas as partes do mundo, contando com tanques de armazenamento e outras instalações aptas a converter, quando necessária, a amônia verde em H₂V. A expectativa, também, é que seja desenvolvida uma rede de dutos para transporte de hidrogênio gasoso, especialmente em regiões como a Europa, que deve se tornar um grande mercado (McKinsey, 2021). O Porto de Roterdã está em contato com várias empresas europeias para explorar potenciais compradores de H₂, localizados principalmente no centro industrial de Chemelot (sudeste da Holanda) e nas adjacências da Renânia do Norte-Vestfália (indústrias químicas, refinarias e siderúrgicas) (FKA, 2022). Assim, Roterdã, considerado o maior porto marítimo da Europa, seria a principal porta de entrada do H₂V cearense. Após a saída deste vetor de energia (Porto do Pecém) e atravessando o Atlântico, é possível visualizar a chegada no “Velho Mundo” (Figura 3), demonstrando, assim, parte do canal de distribuição no mercado europeu.

Figura 3: Porto de Roterdã (importação de hidrogênio verde)



Fonte: Porto de Roterdã (2024a).

Da teoria para a prática, o planejamento logístico resultante Pecém-Roterdã influenciaria diretamente a redução de custos (recebimento, armazenamento, separação e distribuição) do hidrogênio e o atendimento das necessidades do mercado europeu, constatando-se que, novamente, o acordo Pecém-Roterdã trouxe uma boa vantagem competitiva perante a outros portos exportadores. Como referência, a demanda por H₂V de Roterdã à Alemanha pode chegar a 20 Gt/ano até 2050, das quais 18 Gt viriam de importações (Figueirêdo, 2023). Para a administração de Roterdã, o objetivo desta parceria seria fortalecer a cooperação bilateral e promover iniciativas entre os Países Baixos e o Brasil no desenvolvimento portuário, logística portuária, conexão com o interior e projetos de energia relacionados com os portos (energia eólica offshore e produção de H₂V) (Porto de Roterdã, 2023). Em linhas gerais, seria possível delimitar parte do mercado consumidor de hidrogênio na Europa? A resposta seria sim! Alinhada com as metas climáticas da União Europeia, o complexo industrial localizado no Noroeste europeu estaria empenhado em uma grande redução das suas emissões de gases de efeito estufa até 2030, o que exigiria a maximização da eficiência energética e grandes investimentos, por exemplo, em hidrogênio (Porto de Roterdã, 2022). Particularmente, a Autoridade do Porto de Roterdã esclarece que os canais de distribuição do H₂ na Europa teriam três diferentes formas:

a. Pelo Corredor *Delta Rhine*, através de redes de dutos ligando Roterdã aos complexos industriais na Holanda, Alemanha e Bélgica. Destaca-se que a previsão de conclusão deste corredor seria em 2031/2032, quando diversas empresas planejavam importar e distribuir hidrogênio (e derivados) para seus respectivos complexos industriais, consolidando, assim, uma cadeia de valor em prol da descarbonização europeia (Porto de Roterdã, 2024b); b. Pelo *RH2INE/CONDOR H2* transportado por balsas pelas hidrovias europeias; c. Por intermédio da amônia (NH₃) e metanol (CH₃OH) no percurso Texas-Roterdã-Duisport-Worms.

Mapa 1: Logística de Suprimento do H₂ na Europa



Fonte: Porto de Roterdã (URIBE, 2024, p. 23).

As ótimas notícias é que o ano de 2024 finalizou muito promissor para o canal de distribuição do H₂V cearense no mercado internacional. Em novembro, os portos de Pecém (Ceará), Roterdã (Holanda) e Duisport (Alemanha) assinaram um *MoU* com o objetivo de consolidar a futura descarbonização da Europa por conta deste “corredor verde” (Uribe, 2024). Em linhas gerais, a relevância deste acordo: a. Fortaleceria o papel central da Holanda na conexão do combustível brasileiro à Alemanha pois o Porto de Roterdã espera importar cerca de 18 Gt de H₂ (e derivados) até 2050. Parte desta quantidade seguiria para a Alemanha por meios de oleodutos, hidrovias e transporte marítimo; b. Destacaria o Porto de Duisport, pois, além de apoiar o desenvolvimento de Pecém, contribuiria na expansão de canais de distribuição de H₂V no interior europeu, fortalecendo a indústria verde europeia devido à criação de novas cadeias de suprimentos; e c. Desenvolveria a Renânia do Norte-Vestfália, considerada o maior centro industrial da Alemanha, tornando-a a primeira região industrial neutra em termos de clima da Europa.

Desta forma, nas circunstâncias supracitadas, os decisores de alto nível do H₂V produzido no Pecém teriam melhores condições de elaborar seus planejamentos estratégicos, a realização de pesquisa de mercado, a elaboração de planos de internacionalização e o respectivo processo de exportação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste ambiente complexo que envolve a transição energética mundial, em que os mercados internacionais tendem a ser muito competitivos, ficou caracterizado que um correto planejamento (curto, médio e longo prazos) tem o potencial de gerar vantagens competitivas aos negócios que realizam. Por isso, a importância de elaborar estratégias a serem utilizadas para o posicionamento do H₂V produzido no Ceará no mercado internacional. Assim, o presente artigo teve como objetivo apresentar as contribuições do

composto de marketing internacional aplicáveis à cadeia de valor do H₂V no Ceará. E fruto desta análise, contribuir com os tomadores de decisão de alto nível com ferramentas que favoreçam o processo decisório na consolidação do Estado como provedor de energia ao “Velho Mundo”.

A pesquisa atingiu seus objetivos pois permitiu conhecer aspectos do ambiente de negócio do complexo e dinâmico campo energético os quais possam ser usados por órgãos governamentais, empresas e indústrias que participam de todo o ciclo de produção do H₂V. A pesquisa possibilitou comprovar o quanto o composto de marketing, à luz dos “4P”, contribuiria no planejamento, gestão e processo de tomada de decisão dos *stakeholders* do governo do Estado do Ceará, do Sistema FIEC e do CIPP. Com isso, fortaleceria as já conhecidas vantagens competitivas cearenses na gestão da cadeia de valor do H₂V. Por sua vez, a abordagem qualitativa, por meio da revisão de literatura, foi fundamental para compreender a complexidade da produção do H₂V e, partir daí, aplicar os conceitos do composto de marketing em prol da produção e exportação.

A pesquisa revelou que é viável e factível aplicar os conceitos dos “4P” de modo a aprofundar os conhecimentos relacionados a inserção do H₂V produzido no Ceará no continente europeu. Neste sentido, o artigo mostrou que os decisores de alto nível poderiam beneficiar-se desses conhecimentos em melhor definir o planejamento estratégico de todo o ciclo de produção e exportação do combustível do futuro. Para futuras pesquisas, seria recomendado acompanhar a evolução dos preços do H₂V no mercado nacional e internacional e identificar, de forma mais detalhada, após sua entrega no Porto de Roterdã, os canais de distribuição na Europa que possam ser de interesse da FIEC e do CIPP. Além disso, seria fundamental verificar a constância das atividades de promoção e divulgação do H₂V a entidades, empresas, instituições e governos internacionais de modo a compatibilizar com a estatura estratégia do Ceará como um *global player* na transição energética, despertando cada vez mais o interesse do mercado europeu em ser parceiro do Estado nesta transição energética mundial.

REFERÊNCIAS

- ARBACHE, F. S. et al. Gestão de logística, distribuição e trade marketing. 3. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 2006.
- BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. The projection of the State of Ceará on the international stage through FIEC in the production and exportation of green hydrogen and its impact on socioeconomic development in Ceará. Disponível em: <http://www.iosrjournals.org>. Acesso em: 21 dez. 2024.
- BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. Ceará, the Federation of Industries of the State of Ceará (FIEC), and green hydrogen production: a global benchmark in energy transition and economy decarbonization. Disponível em: <http://www.iosrjournals.org>. Acesso em: 21 dez. 2024.
- BERGER, R. How to capture value in the emerging hydrogen market. França, 2023. Disponível em: <https://shre.ink/bz2l>. Acesso em: 20 out. 2024.
- BEZERRA, F. D. Green hydrogen: an opportunity for the Northeast. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2023. (Caderno Setorial ETENE, n. 320, v. 8).
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Programa Nacional do Hidrogênio: proposta de diretrizes. Brasília: MME, 2021.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Programa Nacional do Hidrogênio: plano de trabalho trienal 2023-2025. Brasília: MME, 2023.
- CARIONI, R. Marketing management I. Florianópolis: UNISUL, 2006.
- CARIONI, R.; NEVES, J. B. International marketing management. 2. ed. Florianópolis: UNISUL, 2008.
- CARVALHO, Y. M. From the old to the new: literature review as a method of doing science. Thema, v. 16, n. 4, p. 913-928, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema>.
- CEARÁ. The green hydrogen chain predicts a series of actions to ensure professional qualification in Ceará. 2023. Disponível em: <https://shre.ink/bFCL>. Acesso em: 28 dez. 2024.
- FIEC. The green hydrogen hub is launched in Ceará in partnership with FIEC. 2021. Disponível em: <https://www1.sfiec.org.br/sites/numa/?st=noticia&id=139592>. Acesso em: 31 set. 2024.
- FIEC. Master plan green hydrogen Ceará: building Ceará's green hydrogen hub. Fortaleza: FIEC, 2024.
- FIEC NOTÍCIAS. FIEC participates in COP 26 with a lecture on green hydrogen. 2 nov. 2021. Disponível em: <https://www1.sfiec.org.br/sites/numa/?st=noticia&id=145584>. Acesso em: 13 set. 2024.
- FIEC NOTÍCIAS. FIEC president welcomes a delegation from the German Ministry of Economic Affairs and Climate Protection at the Industry House. 2023. Disponível em: <https://shre.ink/bFCx>. Acesso em: 13 out. 2024.

FIEC ONLINE. Ricardo Cavalcante and Paulo André Holanda welcome a Siemens delegation at FIEC, focusing on the green hydrogen HUB. 2023. Disponível em: <https://shre.ink/bFCe>. Acesso em: 16 nov. 2024.

FIEC ONLINE. FIEC hosts the Belgian Embassy delegation. 15 mar. 2024a. Disponível em: <https://shre.ink/bFCM>. Acesso em: 13 nov. 2024.

FIEC ONLINE. Ricardo Cavalcante and Carlos Prado welcome the French renewable energy producer Voltalia delegation. 11 abr. 2024b. Disponível em: <https://shre.ink/bFCg>. Acesso em: 16 out. 2024.

FIEC ONLINE. FIEC participates in the world's largest H2V event, the World Hydrogen 2024 Summit & Exhibition, in Rotterdam. 13 maio 2024c. Disponível em: <https://shre.ink/bFCD>. Acesso em: 13 out. 2024.

FIEC ONLINE. FIEC and the State Government present the Masterplan, mapping opportunities in the green hydrogen value chain in Ceará. 2024d. Disponível em: <https://shre.ink/bFC8>. Acesso em: 20 out. 2024.

FIEC ONLINE. FIEC Summit 2024 starts in Fortaleza, with the presence of authorities and entrepreneurs debating H2V and energy transition. 2024e. Disponível em: <https://shre.ink/bFCr>. Acesso em: 19 out. 2024.

FIEC ONLINE. Ricardo Cavalcante welcomes the Australian Ambassador to Brazil at the Casa da Indústria. 2024f. Disponível em: <https://shre.ink/bFCI>. Acesso em: 10 dez. 2024.

FIEC ONLINE. FIEC and the German delegation hold a networking meeting to discuss potential energy projects in Ceará. 2024g. Disponível em: <https://shre.ink/bFCf>. Acesso em: 17 dez. 2024.

FIEC ONLINE. FIEC hosts a visit from the OECD Director to showcase Ceará's industry potential in renewable energies, technology, and innovation. 2024h. Disponível em: <https://shre.ink/bFCp>. Acesso em: 15 dez. 2024.

FIEC ONLINE. Germany: FIEC, through SENAI, signs a letter of intent to develop and ensure safety standards for H2V handling. 2024i. Disponível em: <https://shre.ink/bFCB>. Acesso em: 27 dez. 2024.

FIEC ONLINE. FIEC welcomes the Dutch delegation to showcase opportunities in the green hydrogen value chain and innovation actions in Ceará's industry. 2024j. Disponível em: <https://shre.ink/bFCW>. Acesso em: 23 dez. 2024.

FIEC ONLINE. FIEC participates in a global event on energy transition. 2024k. Disponível em: <https://shre.ink/bFCT>. Acesso em: 20 dez. 2024.

FIGUEIRÊDO, H. Energy transition and green hydrogen production seminar: transforming Ceará and Brazil's economy through the green hydrogen hub in Pecém. 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bV2F>. Acesso em: 13 dez. 2024.

KONRAD ADENAUER FOUNDATION (KAS). Cooperation between Brazil and Europe: geopolitical importance and innovation prospects. Rio de Janeiro, 2022. (Brazil-Europe Relations Series, n. 12).

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). The future of hydrogen. Paris, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3OMZx0M>. Acesso em: 6 dez. 2024.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Geopolitics of the energy transformation: the hydrogen factor. Abu Dhabi, 2022.

KOTLER, P. Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

KUAZAQUI, E. et al. Relações internacionais: desafios e oportunidades de negócios para o Brasil. São Paulo: Literare Books, 2018.

LÖSCH, S.; RAMBO, C. A.; FERREIRA, J. de L. Exploratory research in the qualitative approach in education. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, v. 18, e023141, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v18i00.17958>.

MADRUGA, R. P. et al. Gestão de marketing no mundo contemporâneo. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 2006.

MARTINS, T. Green hydrogen places Brazil on the radar of investors. Revista Brasil-Alemanha, v. 29, n. 1, 2021.

MCKINSEY & COMPANY. Green hydrogen: an opportunity to generate wealth with sustainability for Brazil and the world. 25 nov. 2021. Disponível em: <https://shre.ink/bV2J>. Acesso em: 2024.

MCKINSEY & COMPANY. A hidden treasure: the opportunity for Brazil to become a leader in the new green economy. 9 nov. 2022. Disponível em: <https://shre.ink/bV2O>. Acesso em: 2024.

NUNES, F.; PICANÇO, J. Green hydrogen: a pathway to Ceará's development. Fortaleza: Academia Cearense de Engenharia, 2021.

OLIVEIRA, R. C. de. Overview of hydrogen in Brazil. Brasília: IPEA, 2022. (Discussion Paper, n. 2787).

OLIVEIRA, J. C. R. de. Renewable energies and green hydrogen: pillars of the energy transition and Brazil's opportunity. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação Lato Sensu em Regulação do Setor Elétrico) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

UNITED NATIONS. Addressing energy's interlinkages with other SDGs. 2022. Disponível em: 2022-UN_SDG7 Brief-060122.pdf.

PORTER, M. E. Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PORT OF ROTTERDAM. Ammonia terminal for the import of hydrogen carrier. 2024a. Disponível em: <https://shre.ink/bFCQ>.

PORT OF ROTTERDAM. Green energy from Brazil for Germany. 2024b. Disponível em: <https://shre.ink/bFXK>.

PORT OF ROTTERDAM. Ports of Rotterdam and Pecém (Brazil) join Brazilian-Dutch cooperation. 11 maio 2023. Disponível em: <https://shre.ink/bFC2>.

PORT OF ROTTERDAM. Broad industry support for Delta Corridor Project. 6 abr. 2022. Disponível em: <https://shre.ink/bFCc>.

RACCICHINI, A.; CONTARDI, M.; RISTUCCIA, M. S. Innovative energy climate action: the Brazilian hydrogen move. Fundação Getúlio Vargas, 2022. Disponível em: <https://shre.ink/bV2V>.

SANTOS, P. R. dos; GANDARA, S. da S. S. Mapeamento de patentes depositadas no Brasil sobre tecnologias relacionadas à produção de hidrogênio com foco no hidrogênio verde. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial, 2022. Disponível em: <https://shre.ink/bV2z>.

URIBE, D. Port of Rotterdam as a gateway to Northwest Europe for the Brazilian H2 Market. World Hydrogen Summit, 2024.

VASILEVA, A. Hydrogen market updates from across Latin America. Chile: World Hydrogen Leaders, 2023.

WORLD ENERGY COUNCIL (WEC). National hydrogen strategies: hydrogen on the horizon – ready, almost set, go? 2021.

CAPÍTULO 5:

AS CONTRIBUIÇÕES DAS CINCO FORÇAS COMPETITIVAS DE MICHAEL EUGENE PORTER NO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE NO CEARÁ E DE SUA EXPORTAÇÃO PARA A EUROPA¹

Márcio Carneiro Barbosa

Bacharel em Relações Internacionais – UNISUL; Bacharel em Tecnologia de Comércio Exterior – UNISUL; Pós-graduação MBA em Gestão de Energias Renováveis – Fbuni/IEL; Pós-graduação em Docência no Ensino Superior – UFRJ; MBA em Logística Empresarial – FGV; Mestre em Ciências Militares – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Brasileiro.

Rickardo Léo Ramos Gomes

Doutor (Tít. Cultural) em Ciências Biológicas – FICL; Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências – Universidade Estadual do Ceará – UECE; Pós-graduação Internacional em Paleontologia (Tít. Cultural) – FICL; Bacharel em Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Licenciatura breve em Matemática, Química, Física e Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

RESUMO

Contexto: Este artigo aborda as contribuições de Michael Porter para o ambiente de negócios em que o Estado do Ceará está inserido em razão da produção de hidrogênio verde e de sua exportação para a Europa. Descreve os princípios gerais do planejamento estratégico aplicados no contexto da transição energética, além de aplicar os conceitos das Forças Competitivas de Porter ao ambiente de negócios atual. Materiais e Métodos: Esta pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, essencial para explorar o planejamento e a aplicabilidade dos conceitos de Porter na cadeia de valor do H2V. O procedimento utilizado foi a revisão de literatura, que envolveu a consulta a fontes classificadas em duas categorias: (1) fontes sobre planejamento estratégico e (2) fontes sobre as Forças Competitivas de Porter, permitindo sua aplicação a esse vetor energético. Resultados: Os estudos indicam que é possível que gestores de alto nível se beneficiem desses conceitos para fortalecer o Ceará como fornecedor de energia para a Europa. Conclusão: A pesquisa evidencia o potencial de aplicação das Forças Competitivas de Porter no planejamento estratégico da produção de hidrogênio verde no Ceará, oferecendo subsídios para gestores de alto nível envolvidos nos processos de tomada de decisão relacionados à inserção do estado no mercado europeu.

Palavras-chave: Ceará; Europa; Hidrogênio Verde; Porter; Produção.

1 INTRODUÇÃO

Os responsáveis pela tomada de decisão em nível estratégico dispõem de um conjunto de ferramentas que possibilitam a análise do ambiente de negócios. Após a correta

¹Uma versão deste artigo foi publicada em inglês pelo IOSR Journal of Business and Management. O referido Jornal atribuiu o seguinte DOI CODE: 10.9790/487X-2703076574.

aplicação dessas ferramentas e metodologias, as decisões passam a ser fundamentadas em favor do fortalecimento das atividades produtivas. O cenário atual em que o Estado do Ceará se encontra é promissor no que diz respeito à produção de hidrogênio verde (H₂V), em razão das vantagens competitivas derivadas de sua localização estratégica no Nordeste do Brasil e da facilidade de geração de energia eólica e solar. Essas circunstâncias se refletem no planejamento estratégico do Ceará, o qual integra uma linha temporal de longo prazo. Por isso, torna-se crucial o monitoramento contínuo das tendências atuais e futuras relacionadas à transição energética, bem como a avaliação dos contextos nacional e internacional vinculados à produção de H₂V, de modo a contribuir para a meta do estado de participar do processo de descarbonização da economia global.

Uma dessas ferramentas é o modelo das Cinco Forças Competitivas de Michael Porter, que auxilia na identificação de limitações, ameaças e oportunidades de negócios entre os principais atores envolvidos no mercado de H₂V, em especial na relação com a Europa. No que se refere à metodologia utilizada, optou-se por uma abordagem qualitativa. Os métodos de pesquisa incluíram estudo bibliográfico e documental, realizado por meio de publicações (nacionais e internacionais), relatórios de organizações internacionais e páginas eletrônicas. A partir da consulta e consolidação desses materiais, foi possível levantar as questões mais relevantes tratadas neste estudo. Assim, o objetivo geral deste trabalho é apresentar as contribuições do modelo das Cinco Forças de Porter no atual cenário de produção de H₂V no Ceará. Como resultado dessa análise, busca-se fornecer aos tomadores de decisão de alto nível informações que sustentem o modelo de negócios, contribuindo para a atuação do estado como produtor e exportador desse vetor energético (o combustível do futuro) para o mercado europeu. Os objetivos específicos são: descrever os princípios gerais do planejamento estratégico aplicados ao ambiente de negócios atual do Ceará; e caracterizar de que forma as Cinco Forças de Porter podem contribuir para estudos, análises e avaliações da competitividade do Ceará na produção e exportação de H₂V para a Europa.

Este artigo está estruturado em quatro seções que visam fornecer uma análise abrangente das Cinco Forças de Porter aplicáveis à cadeia de valor do H₂V. A primeira seção, Introdução, apresenta o tema central do estudo. A segunda seção, Metodologia, descreve a abordagem adotada para a pesquisa, incluindo as estratégias de coleta e análise de dados. A terceira seção, Fundamentação Teórica, expõe os princípios gerais do planejamento estratégico e sua importância para o Estado do Ceará, bem como a aplicação dos conceitos das Forças de Porter no contexto da cadeia de valor do H₂V. Por fim, a seção

de Conclusão sintetiza os principais achados da pesquisa, destacando as vantagens da compreensão das Forças de Porter para os tomadores de decisão de alto nível no que se refere à produção e exportação de H₂V para a Europa.

2 METODOLOGIA

A abordagem adotada nesta pesquisa foi de natureza qualitativa, uma vez que o principal objetivo consistiu em aplicar os conceitos das Cinco Forças de Porter aos cenários atuais da cadeia de produção de H₂V no Ceará. A abordagem qualitativa é amplamente reconhecida pela comunidade científica por sua capacidade de oferecer análises contextuais, permitindo avaliar a situação do H₂V no Ceará em relação à Europa. Esse tipo de pesquisa concentra-se na interpretação e compreensão de fenômenos complexos, o que a torna essencial em campos que envolvem cadeias produtivas de vetores energéticos, onde as variáveis são amplas e dinâmicas. No que se refere à abordagem qualitativa, González (2020, p. 03) destaca que, na Pesquisa Qualitativa, “o Lugar Epistemológico é enfatizado e ocupado pelos pesquisadores, assumindo, assim, compromissos cognitivos com a qualidade da investigação”.

O procedimento de pesquisa adotado foi a revisão de literatura, metodologia essencial para a construção do conhecimento científico, pois possibilita uma análise crítica e integrada das informações existentes sobre determinado tema. Segundo Lakatos e Marconi (2017), a revisão de literatura contribui para uma compreensão ampliada do objeto de estudo, além de favorecer a consolidação de abordagens fundamentadas. Para a realização dessa revisão, as fontes de pesquisa foram selecionadas e classificadas em duas categorias principais: (1) fontes específicas sobre os princípios gerais do planejamento estratégico e (2) referências sobre as Cinco Forças de Porter e sua aplicabilidade no contexto atual da produção de H₂V no Ceará e de sua exportação para a Europa. A classificação dessas fontes possibilitou uma análise mais precisa e contextualizada, permitindo a construção de uma discussão consistente sobre a aplicabilidade das Forças de Porter na cadeia de valor do H₂V no Ceará. A revisão foi conduzida a partir da consulta a relatórios de organizações internacionais, artigos recentes, páginas eletrônicas e livros, assegurando um escopo abrangente que refletisse as contribuições mais relevantes e atuais da área.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste estudo está organizada em duas subseções principais: 3.1 Princípios Gerais do Planejamento Estratégico e 3.2 As Cinco Forças Competitivas de Porter. A primeira subseção explora os conceitos e metodologias fundamentais que sustentam a formulação de planos estratégicos nas organizações. Apresenta uma revisão abrangente das principais teorias e referenciais que orientam a tomada de decisão estratégica, enfatizando a importância da visão de longo prazo, da alocação de recursos e do posicionamento competitivo. Ao compreender esses princípios, as organizações estão mais bem preparadas para enfrentar ambientes de negócios complexos e dinâmicos, garantindo sua sustentabilidade e crescimento. A segunda subseção aprofunda-se no influente modelo de Michael Porter para a análise da dinâmica competitiva em um setor. São apresentadas as cinco forças — rivalidade entre concorrentes, ameaça de novos entrantes, ameaça de produtos ou serviços substitutos, poder de negociação dos fornecedores e poder de negociação dos compradores —, bem como o exame de como essas forças moldam o cenário estratégico das empresas. A aplicação desse modelo é essencial para compreender a concorrência de mercado e desenvolver estratégias capazes de responder de forma eficaz aos desafios impostos por essas forças. Em conjunto, essas duas subseções oferecem uma base teórica sólida para o estudo, possibilitando uma compreensão abrangente dos processos de planejamento estratégico e das forças competitivas em ação no contexto da produção e exportação de H₂V no Ceará.

3.1 PRINCÍPIOS GERAIS DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

A execução de operações internacionais envolve, inerentemente, incertezas e riscos. Essas incertezas decorrem da atuação em mercados distintos do doméstico, com sistemas político-legais e socioeconômicos que podem diferir de maneira significativa (Rocha & Almeida, 2006). A produção de hidrogênio verde (H₂V) no Ceará e sua posterior exportação para a Europa não fogem a essa regra, exigindo dos gestores de alto nível um planejamento minucioso para enfrentar tais desafios de forma eficaz. Além disso, o planejamento é uma atividade tipicamente humana, profundamente enraizada na natureza racional, que permite ao indivíduo refletir sobre as circunstâncias atuais e antecipar possíveis desdobramentos futuros. Um de seus principais propósitos é avaliar as implicações potenciais das decisões presentes, favorecendo, assim, um processo decisório que considere seus impactos no futuro almejado (Martignago, 2011). No contexto do processo de descarbonização da economia global, o planejamento estratégico assume

relevância especial, pois fornece orientação de longo prazo para as organizações. Nesse cenário, torna-se primordial estabelecer objetivos organizacionais e definir uma estratégia para alcançá-los (Robbins, DeCenzo & Wolter, 2012). Por meio do planejamento estratégico, os gestores podem realizar diagnósticos, definir estratégias, planejar a execução, alocar recursos, gerar inovação, ampliar a competitividade e, em última instância, agregar valor ao negócio (Chiavenato, 2013).

Segundo Albuquerque et al. (2021), o planejamento estratégico é essencial para identificar objetivos organizacionais, analisar o ambiente externo e alinhar as metas da empresa com sua visão de longo prazo. Para orientar esses processos de modo eficaz, os gestores precisam dispor de competência conceitual, entendida como a capacidade de analisar e diagnosticar situações complexas, trabalhar com ideias e visualizar o negócio como um sistema de partes inter-relacionadas. Essa competência possibilita a tomada de decisões mais acertadas e a antecipação de potenciais desafios empresariais (Robbins, DeCenzo & Wolter, 2012; Rebouças, 2018). Ademais, torna-se indispensável analisar e avaliar situações de forma clara, reunir dados precisos e avaliar criticamente os fatos para fundamentar decisões bem informadas (Rebouças, 2018). A formulação e a implementação de estratégias adequadas, baseadas em uma compreensão abrangente dos ambientes interno e externo, configuram a gestão estratégica de uma organização (Toni, 2021). Em um modelo de negócios competitivo, é amplamente aceito que qualquer organização que pretenda ingressar em um mercado cada vez mais dinâmico e competitivo deve inovar, desenvolver estratégias de negociação eficazes e oferecer produtos e serviços de alta qualidade a preços competitivos, de modo a superar concorrentes, reter clientes e criar métricas eficientes para suas operações e processos (Araújo, 2021, p. 11).

A ausência de planejamento estratégico expõe uma organização às incertezas futuras e às diversas forças internas e externas que influenciam sua competitividade no setor industrial (Martignago, 2011). Isso evidencia a necessidade de que o planejamento estratégico oriente de maneira eficaz as decisões empresariais. Diante dessas considerações, os atores envolvidos na cadeia de valor do H₂V no Ceará, em especial no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), podem se beneficiar das Cinco Forças Competitivas de Porter. Tal modelo oferece subsídios valiosos, auxiliando-os na tomada de decisões quanto à exportação de H₂V para a Europa. Nesse contexto, o planejamento estratégico, fundamentado nos conceitos de Porter, permitiria um processo decisório mais eficiente, promovendo inovação, alinhando esforços aos objetivos organizacionais e identificando possíveis mudanças políticas, econômicas, sociais e tecnológicas que possam

impactar a competitividade. Essa postura proativa assegura que a competitividade do Ceará se mantenha robusta no cenário internacional, no qual o estado já vem ganhando reconhecimento (Vidal Jr & Vidal, 2022). Ao integrar o planejamento estratégico com o modelo de Porter, a posição do Ceará como fornecedor-chave de energia no mercado global será ainda mais consolidada, possibilitando-lhe prosperar na economia mundial em transformação.

3.2 AS CINCO FORÇAS COMPETITIVAS DE PORTER

Com o objetivo de auxiliar as empresas na análise de seu ambiente de negócios, Michael Eugene Porter, professor da Harvard Business School, propôs em 1979 um modelo para acompanhar a concorrência em um setor. Quanto mais conhecimento uma empresa possui, maiores são suas chances de alcançar vantagens competitivas em relação aos rivais, aumentando, assim, sua lucratividade. Nesse sentido, compreender a competitividade do mercado é crucial para a definição de estratégias corporativas adequadas. As Cinco Forças de Porter oferecem uma estrutura abrangente para analisar modelos de negócios a partir de uma visão holística do mercado, apoiando o diagnóstico e a tomada de decisão. Quando avaliadas em conjunto, essas forças permitem determinar se um setor é ou não atrativo, auxiliando na identificação de oportunidades e ameaças (Martignago, 2011). Esse modelo, amplamente aplicado no planejamento estratégico, orienta o desenvolvimento de estratégias empresariais eficazes. No presente estudo, ele também oferece uma lente para analisar o macroambiente de negócios no qual o hidrogênio verde (H2V) do Ceará poderia ser inserido na Europa, evidenciando seu potencial de posicionamento em relação a concorrentes internacionais.

3.3 RIVALIDADE ENTRE CONCORRENTES

A globalização intensificou a concorrência na maioria dos mercados, ampliando o número de participantes. Quanto maior o número de empresas atuando em um setor, mais intensa tende a ser a competição (Porter, 2004). Essa dinâmica se evidencia no atual processo de transição energética internacional, no qual diversos países têm adotado políticas voltadas à descarbonização de suas indústrias, em resposta aos compromissos globais de redução das emissões de gases de efeito estufa e mitigação das mudanças climáticas. Isso levanta duas questões centrais: quais fatores aumentam a competitividade nesse mercado e como os produtores podem se diferenciar para conquistar uma fatia maior no mercado global? Nesse contexto, o Ceará desponta como um caso relevante. Suas

características territoriais — especialmente as áreas aptas para geração de energia eólica e fotovoltaica — conferem-lhe potencial para se tornar um importante produtor e exportador global de H2V, contribuindo para a expansão da oferta mundial (Barbosa & Gomes, 2024).

Porter observa que, quando um produto ou serviço é considerado uma necessidade básica e possui características homogêneas, os consumidores tendem a decidir principalmente pelo preço, o que intensifica a rivalidade entre concorrentes (Martignago, 2011). O H2V, como vetor energético com características de commodity, produzido por meio da eletrólise, não apresenta diferenciação significativa de qualidade entre países produtores. Em nível nacional, espera-se que o CIPP (Complexo Industrial e de Produção de Hidrogênio) do Ceará se beneficie das vantagens competitivas já estabelecidas na região. Dois fatores merecem destaque: o tempo de entrega para a Europa, favorecido pela proximidade geográfica do Nordeste, e os custos de produção relativamente baixos, decorrentes do potencial favorável para a geração de energia eólica e solar no estado (Barbosa & Gomes, 2024).

Entretanto, a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA, 2022) ressalta que o acesso abundante a fontes renováveis, embora vantajoso, não é suficiente por si só. Outros fatores críticos incluem infraestrutura, custos de capital, acesso a tecnologias, apoio governamental, investimentos e estabilidade política. Na mesma direção, Uribe (2024, p. 8), no World Hydrogen Summit 2024, destacou a importância da infraestrutura, da rede elétrica, da estabilidade política, das políticas públicas, da legislação, da capacidade de transporte e armazenamento, das fontes renováveis e da mão de obra para a avaliação do potencial de produção de hidrogênio. Assim, a estratégia do Ceará para se posicionar como fornecedor global de H2V deve necessariamente considerar esses critérios mais amplos de competitividade. No cenário global, diversos países dispõem de recursos de alta qualidade para a produção de hidrogênio. Segundo a IRENA (2022), África, Américas, Oriente Médio e Oceania possuem elevado potencial técnico, com capacidade de produção dependente, em grande medida, das estratégias adotadas por cada país. Entre eles, destacam-se o Chile na América do Sul, a Austrália na Oceania e o Marrocos na África (Mapa 1).

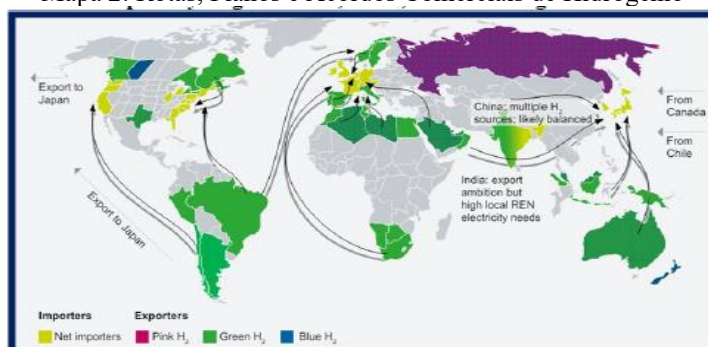
Mapa 1: Rotas, Planos e Acordos Comerciais de Hidrogênio (IRENA).



Fonte: IRENA (2022, p. 13)

Em outro estudo, Roland Berger identifica as maiores regiões importadoras e exportadoras de hidrogênio. Na América do Sul, o Chile, por exemplo, teria como mercados de exportação a costa oeste dos Estados Unidos e o Japão, enquanto o Brasil direcionaria suas exportações para a Europa e para a costa atlântica dos Estados Unidos (Mapa 2).

Mapa 2: Rotas, Planos e Acordos Comerciais de Hidrogênio



Fonte: Berger (2023, p. 06)

Para o Porto de Roterdã, os países potenciais produtores e exportadores de hidrogênio foram identificados no Mapa 3.

Mapa 3: Países Potenciais Exportadores de H₂V



Fonte: Uribe (2024, p. 07)

Entre as principais regiões que atuam no setor de H₂V, destacam-se a América Latina, o Oriente Médio, a Austrália e o Chile como grandes exportadores, sendo a China o maior produtor do mundo, com a meta de “produzir entre 100.000 e 200.000 toneladas anualmente até 2025” (Oliveira, 2022, p. 8). No H₂V Masterplan, lançado em 2024 no Ceará, estudos conduzidos pela consultoria norte-americana IXL Center, com a participação do Massachusetts Institute of Technology, da Universidade de Harvard, de pesquisadores seniores e consultores, indicaram que os principais concorrentes do Ceará seriam Espanha, Marrocos e Canadá (FIEC, 2024, p. 32).

No que diz respeito à Europa, o Porto de Roterdã (Países Baixos), considerado o maior porto de importação de H₂V do mundo, já estabeleceu parcerias com diversos países, totalizando mais de 30 Memorandos de Entendimento (MoU) assinados com Marrocos, Portugal, Islândia, Omã, Uruguai, Chile, Austrália, África do Sul, Brasil, Escócia, Canadá, Egito, Espanha, Argentina, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Noruega. Aproximadamente um terço das 20 milhões de toneladas de hidrogênio e derivados importados permaneceria nos Países Baixos, enquanto dois terços seriam enviados para a Alemanha e outros países (FKA, 2022, p. 83). De qualquer forma, estima-se que o comércio transfronteiriço ganhe impulso na década de 2030 devido à maturidade e competitividade da tecnologia (Lima, 2023, p. 47). Dessa forma, cabe aos gestores no Ceará analisar e avaliar continuamente os países ou empresas concorrentes potenciais para o H₂V produzido no CIPP, identificando ameaças ou oportunidades de parceria.

3.4 PODER DE BARGANHA DOS COMPRADORES

De forma geral, na segunda força competitiva de Porter, os compradores pressionam os preços para baixo e buscam produtos de maior qualidade (Martignago, 2011). Neste estudo, os compradores (clientes ou consumidores) são os países potenciais importadores de H₂V localizados na Europa, que buscam substituir combustíveis fósseis por fontes de energia mais baratas e menos poluentes, alinhadas à descarbonização das indústrias em função do aquecimento global (Barbosa & Gomes, 2024). Os aspectos que podem representar uma ameaça à indústria energética no Ceará, relacionados aos compradores, incluem:

a. Capacidade de Adquirir Grandes Volumes

De acordo com a IRENA, o hidrogênio deve influenciar a mudança na geografia do comércio de energia. Com a redução dos custos de energia renovável, o mapa geopolítico mostrará maior regionalização nas relações energéticas. Para a Agência Internacional de

Energia (IEA), a produção deve aumentar de 90 milhões de toneladas em 2020 para mais de 200 milhões de toneladas em 2030. Estimativas do *Hydrogen Council* indicam que o Brasil possui potencial para se tornar um ator-chave (tanto na produção quanto na exportação) no mercado de H₂V, previsto para alcançar US\$ 2,5 trilhões globalmente até 2050, representando cerca de 20% da demanda energética mundial (Martins, 2021, p. 31). Como referência, a demanda de Roterdã para a Alemanha poderia alcançar 20 milhões de toneladas por ano até 2050, com 18 milhões de toneladas sendo importadas. “Do lado do Ceará, com produção estimada de 1,3 milhão de toneladas por ano em 2030, o CIPP poderia atender a 25% da demanda de importação de Roterdã” (Figueirêdo, 2023, p. 7). Em resumo, esses números indicam a produção projetada de volumes extremamente grandes de H₂V, tanto global quanto localmente, que poderiam ser usados pelos compradores para pressionar os preços no Ceará.

b. Produtos Padronizados e Pouco Diferenciados

O H₂V é produzido a partir de fontes de energia renovável, sem emissões de carbono. A produção baseia-se na eletrólise, processo eletroquímico que divide a água em H₂ e O₂. Com a redução dos custos da eletricidade renovável, cresce o interesse pelo hidrogênio eletrolítico, que requer cerca de 9 litros de água para produzir 1 kg de H₂ e 8 kg de oxigênio (Oliveira, 2022, p. 15). Como este vetor energético é considerado uma *commodity*, sem diferenciação técnica, os consumidores europeus tenderiam a optar pelo produto mais competitivo, ou seja, o mais barato ou aquele que ofereça outras vantagens ao comprador (por exemplo, menor tempo de entrega). Apesar da localização privilegiada do Ceará e dos baixos custos de produção de energia renovável, os compradores europeus poderiam exercer pressão sobre os preços. Como visto, a produção depende de processos químicos, sem distinção entre produção no Ceará ou em outro país. Nessas circunstâncias, o comprador europeu teria a capacidade de negociar preços mais baixos e, se as negociações falharem, teria liberdade para buscar outro fornecedor concorrente fora do Ceará.

c. Comprador Possui Informação Completa Sobre o Mercado

Instituições internacionais como IEA e IRENA publicaram estudos e relatórios detalhados sobre H₂V, e vários países desenvolveram suas próprias políticas nacionais. Todas essas informações sobre demanda, preços de mercado e custos de fornecedores conferem maior poder de barganha ao comprador (Martignago, 2011). Foi mapeado que o desenvolvimento em larga escala de hidrogênio poderia criar um novo setor industrial para a produção de equipamentos de alta tecnologia. “Cadeias regionais de suprimentos para

fabricação de equipamentos (como eletrólitos) poderiam gerar oportunidades e empregos além das grandes economias” (IEA, 2021, p. 9). Além disso, governos de países potenciais exportadores estão implementando estratégias políticas com muitos outros países nos mais altos níveis de diplomacia. Ao longo do tempo, esses acordos provavelmente darão origem a novas relações comerciais, novas rotas marítimas e novos corredores comerciais (IRENA, 2022). O próprio H₂V Masterplan é uma publicação abrangente que apresenta estudos detalhados sobre perspectivas de mercado de H₂V, permitindo que diversos stakeholders nacionais e internacionais obtenham conhecimento sobre a economia do hidrogênio. Assim, é possível que o Ceará, durante o processo de negociação de vendas, seja pressionado pelos compradores europeus a reduzir preços devido ao seu conhecimento de informações relevantes sobre o CIPP.

d. Alta Competitividade de Mercado

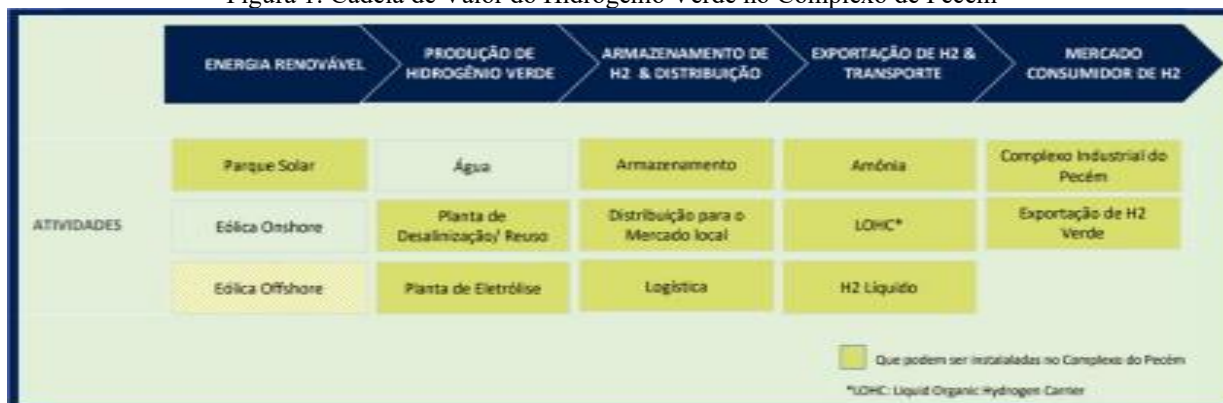
O poder de barganha dos compradores está diretamente relacionado ao grau de competitividade entre empresas. Como o cliente é o decisor final na compra (de produtos, bens e serviços), ele participa do processo de negociação, sempre buscando, naturalmente, seu próprio benefício econômico — preços mais baixos, por exemplo. À luz da guerra na Ucrânia, os países europeus foram forçados a reduzir a dependência do gás russo e diversificar suas matrizes energéticas, aumentando a participação de fontes renováveis. Assim, o Ceará, aproveitando as vantagens competitivas já mencionadas, teria uma oportunidade significativa de exportar para a Europa via Porto de Roterdã (Barbosa & Gomes, 2024). Dada a corrida global na produção de H₂V, quanto mais cedo este produto estiver disponível para exportação, mais rápido o mercado europeu o comprará.

3.5 PODER DE BARGANHA DOS FORNECEDORES

Os fornecedores podem reduzir a lucratividade de uma indústria quando exercem seu poder de barganha sobre os compradores, ameaçando, por exemplo, aumentar preços ou reduzir a qualidade dos produtos fornecidos (Martignago, 2011). Dessa forma, esse poder pode determinar o grau de dependência de uma empresa em relação aos fornecedores de seus produtos, bens e serviços. Conceitualmente, segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), se uma empresa depende de poucos fornecedores, é provável que se torne dependente das decisões desses fornecedores sobre preços, prazos e níveis de qualidade. Outra possibilidade é que os mesmos fornecedores possam decidir atender também a concorrentes, situação que aumentaria os riscos e vulnerabilidades relacionados ao cumprimento do planejamento estratégico da empresa.

Para uma melhor compreensão dos fornecedores na cadeia de produção de H₂V no CIPP, a análise focará na Figura 1.

Figura 1: Cadeia de Valor do Hidrogênio Verde no Complexo de Pecém



Fonte: Nunes e Picanço (2021, p. 47)

Como observado, a cadeia é complexa, evidenciando uma diversidade de fornecedores, situações em que os fornecedores se tornam fortes nas negociações ocorrem quando: **a. O produto oferecido é um insumo crucial para o comprador.** Isso aumenta o poder de barganha do fornecedor quando o insumo está em alta demanda no mercado, permitindo a cobrança de preços mais elevados. Conseqüentemente, a empresa é forçada a pagar mais para não perder seus fornecedores (Araújo, 2021). Entre as atividades apresentadas na Figura 1, foi identificada uma que poderia potencialmente aumentar o poder de barganha dos fornecedores internacionais. No contexto da transição energética, o componente mais relevante na produção de H₂V é o eletrólito, que pode ser do tipo ALK (alcalino) ou PEM (membrana de troca de prótons). Globalmente, espera-se que o PEM supere o ALK até 2030, à medida que a produção se expande com um maior número de patentes e investimentos em P&D (FIEC, 2024). De acordo com o relatório *Global Electrolyzer Market: Growth, Trends, and Forecast for 2029* (Blackridge Research, 2024), China, Europa e América do Norte se destacaram e emergiram como players importantes no mercado de eletrólitos utilizando tecnologia avançada (Tabela 1).

Tabela 1: Principais Fabricantes Globais de Eletrólitos de Hidrogênio, 2024

Nº	Empresa Proprietária	Localização da Planta	Capacidade Atual de Produção de Eletrólise (MW)
1	LONGi Hydrogen Technology Co., Ltd.	China	5.000
2	Plug Power, Inc.	Woodbine, Geórgia, EUA	2.500
3	Hygreen Energy	Shandong, China	2.000

Nº	Empresa Proprietária	Localização da Planta	Capacidade Atual de Produção de Eletrólise (MW)
4	Bloom Energy Corporation	Newark, Nova Jersey, Estados Unidos da América (EUA)	2.000
5	ITM Power Plc	Sheffield, Reino Unido	1.500
6	PERIC Hydrogen Technologies Co., Ltd.	Handan City, Província de Hebei, China	1.500
7	McPhy Energy S.A.	San Milano, Itália	1.300
8	Electric Hydrogen Co.	Devens, Massachusetts, EUA	1.000
9	Thyssenkrupp Nucera AG & Co. KGaA	Alemanha	1.000
10	John Cockerill S.A.	Saichou, China	1.000
11	Cummins, Inc.	Findlay, Ohio, EUA	1.000
12	Nel ASA	Heroya, Noruega	500
13	HydrogenPro ASA	Heroya, Porsgrunn, Noruega	500
14	Surfire GmbH	Solingen, Alemanha	500
15	Ohmium International, Inc.	Bengaluru, Índia	500

Fonte: Blackridge Research²

A China é o maior produtor mundial de eletrólitos de baixo custo, com três grandes fabricantes controlando a indústria chinesa. Devido a disputas comerciais, é improvável que a Europa e a América do Norte adquiram seus eletrólitos, criando uma oportunidade para países neutros, como o Brasil (FIEC, 2024). O mesmo país responde por cerca de 40% da capacidade global de produção, e diversas economias, incluindo Índia, União Europeia e Estados Unidos, lançaram políticas para apoiar a capacidade de produção de eletrólitos (Muniz, Carvalho & Júnior, 2024). Vários pedidos chineses em larga escala podem ter prazos de entrega superiores a dois anos (FIEC, 2024, p. 118).

a. A indústria não é um cliente importante para o grupo de fornecedores:

Quando a indústria não é um cliente relevante, o desempenho do fornecedor depende menos dos resultados da indústria (Martignago, 2011). Nesse caso, perder o cliente não impactaria substancialmente o fornecedor, mas o inverso é verdadeiro para a indústria: perder um fornecedor afetaria a qualidade e as vendas dos produtos. Assim, gerenciar cuidadosamente as relações com fornecedores, especialmente com fabricantes de eletrólitos, é fundamental. As empresas devem evitar depender de apenas um ou dois fornecedores.

² Top 15 Hydrogen Electrolyzer Manufacturers in the World. Disponível em: <https://www.blackridgeresearch.com/blog/list-of-global-top-hydrogen-electrolyzer-manufacturers-companies-makers-suppliers-in-the-world>. Acesso em 03 fev. 2025.

3.6 AMEAÇA DE NOVOS ENTRANTES (BARREIRAS À ENTRADA)

A ameaça de novos entrantes depende das barreiras existentes e da reação esperada dos concorrentes. Se as barreiras forem altas, a entrada é desestimulada; se forem baixas, novos entrantes podem acessar o mercado facilmente (Martignago, 2011). Novos entrantes podem levar à redução de lucros, queda de preços e dificuldades nas negociações com fornecedores (Porter, 2004). As seguintes situações podem criar obstáculos, dificuldades e desincentivos para o estabelecimento de novos negócios em um setor econômico específico:

a. Economias de Escala:

Economias de escala referem-se à redução do custo unitário à medida que o volume de produção aumenta ao longo do tempo. Nesse caso, a empresa é forçada a entrar no mercado em grande escala ou enfrenta desvantagem de custo se entrar em pequena escala, ambas opções indesejáveis para novos entrantes (Martignago, 2011). O mercado de H₂V do Ceará teria como destino a Europa, acessando o mercado via porto de Roterdã. Estudos estimam uma produção de 1,3 milhão de toneladas/ano até 2030, com potencial para suprir 25% da demanda de importação do porto (Figueirêdo, 2023). Como a produção europeia de hidrogênio é insuficiente para atender à demanda, torna-se crucial importar de países onde o hidrogênio pode ser produzido de forma mais econômica, como Oriente Médio, Norte da África e América Latina (WEC, 2021, p. 9). A União Europeia não consegue produzir a quantidade necessária, portanto a solução é recorrer a países com capacidade de produção e exportação, incluindo o Brasil, devido ao seu potencial em energia solar e eólica (Oliveira, 2022). Diante disso, espera-se que o Ceará não enfrente dificuldades para entrar no mercado europeu.

b. Necessidade de Capital:

A necessidade de um investimento financeiro substancial para competir em um mercado cria uma barreira à entrada, já que operar globalmente exige uma base de capital significativa (Martignago, 2011). Por exemplo, o Banco Mundial e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio financiaram a infraestrutura do hub de hidrogênio no porto de Pecém (Ceará) com US\$ 100 milhões (Vasileva, 2023). Além disso, o porto de Pecém planeja investimentos de R\$ 2,2 bilhões até 2028 para modernização adicional. Após o lançamento do hub, o Ceará assinou mais de 35 MoUs com empresas nacionais e internacionais, anunciando investimentos de cerca de US\$ 20 bilhões (Muniz, Carvalho & Júnior, 2024). Portanto, não se espera que o Ceará enfrente limitações de capital na produção de H₂V e na entrada no mercado europeu.

c. Acesso a Canais de Distribuição:

Uma barreira à entrada pode surgir da necessidade de garantir canais de distribuição para o produto. Como empresas já estabelecidas atendem a esses canais, um novo entrante precisaria convencê-los a aceitar seu produto (Martignago, 2011). Entretanto, em 2023, os governos do Ceará e da Holanda estabeleceram o corredor marítimo Pecém-Roterdã (produção e exportação – importação e distribuição), criando uma rota de transporte para a comercialização de H₂V na Europa (Vasileva, 2023). Roterdã (Países Baixos) é o maior porto da Europa, tornando-se o principal ponto de entrada para o H₂V do Ceará. Atualmente, existem estudos de viabilidade na Holanda para a construção de quatro gasodutos abrangendo Roterdã, Chemelot Limburg, North Brabant e North Rhine-Westphalia, no âmbito da iniciativa Delta Corridor. Esse empreendimento contribuirá para a transição energética na região, especialmente em Roterdã e Chemelot, permitindo que suas indústrias avancem para uma forma de produção mais sustentável. Uma vez estabelecido esse corredor marítimo, ele proporcionará acesso a um mercado em um continente voltado para a transição energética e dependente de importações nos próximos anos. Assim, o acesso a canais de distribuição não é visto como uma barreira restritiva para o H₂V do Ceará entrar na Europa.

d. Política Governamental:

Governos podem ser uma barreira significativa à entrada em seus mercados devido a mecanismos que poderiam dificultar a operação de empresas estrangeiras. Licenciamento, restrições de acesso a matérias-primas, tarifas, impostos, cotas e tratamento fiscal preferencial para empresas locais são alguns exemplos de barreiras de entrada (Martignago, 2011). No entanto, na corrida global para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, a cooperação internacional tem sido proeminente. Desde o lançamento do hub em Pecém, o governo do Ceará assinou mais de trinta e cinco MoUs com instituições nacionais e internacionais interessadas em desenvolver projetos no estado, particularmente no CIPP (ver Tabela 1).

Tabela 1: Empresas que Assinaram MoU com o Governo do Ceará (Hub de H₂V de Pecém)

1. Enegix Energy	19. HDP
2. White Martins/Linde	20. Mitsui
3. Qair	21. ABS
4. Fortescue (Pré-contrato)	22. Gold Wind
5. Eneva	23. Alupar
6. Diferencial	24. Mingyang Smart Energy
7. Hytron	25. Spis
8. H2helium	26. Sansu Science & Technology Investment
9. Neoenergia	27. PowerChina
10. Engie	28. Platform Zero (Complexo do Pecém + 18 instituições de cinco países)
11. Transhydrogen Alliance	29. Green Hydrogen Corridor (Complexo do Pecém, AES Brasil, Casa dos Ventos, Comerc Eficácia, Havenbedrijf Rotterdam, Fortescue e EDF)
12. Total Eren	30. Voltalia
13. AES Brasil (Pré-contrato)	31. Lightsource bp
14. Cactus Energia Verde (Pré-contrato)	32. EDF Renewables
15. Casa dos Ventos (Pré-contrato)	33. GoVerde
16. H2 Green Power	34. Hitachi
17. Comerc Eficácia	35. Jepri
18. Enel Green Power	

Fonte: Bezerra (2023, p. 11)

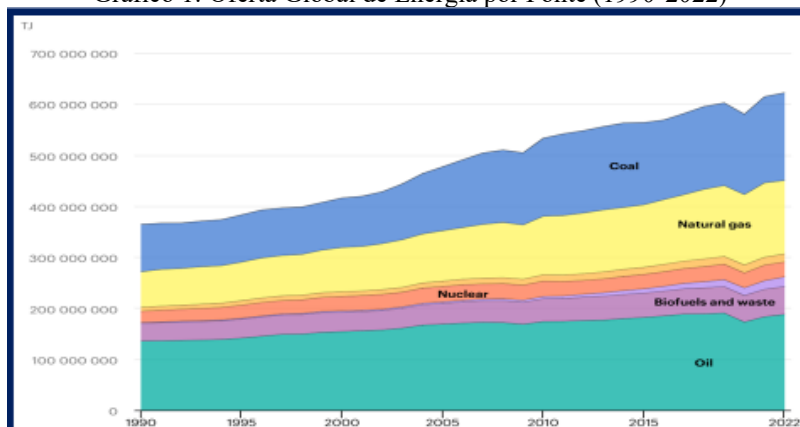
Esses MoUs estão alinhados ao Artigo 7 do Acordo de Paris ao enfatizar a cooperação internacional em questões climáticas, promovendo a redução das desigualdades tecnológicas e financeiras entre países do Sul e do Norte Global, incluindo ações como compartilhamento de informações, arranjos institucionais, fortalecimento de P&D e intercâmbio de melhores práticas (FKA, 2022). Portanto, até o momento, não há indicação de barreiras de entrada para o H₂V de Pecém na Europa, o que proporcionaria melhores condições de negociação para os produtores do CIPP ao conduzir acordos bilaterais e internacionais.

3.7 PRESSÃO DE PRODUTOS SUBSTITUTOS

Além dos concorrentes diretos, toda indústria compete com produtos substitutos: o chá pode substituir o café; o suco pode substituir o refrigerante (Martignago, 2011). Nessas condições, a pressão dos produtos substitutos pode reduzir a lucratividade e a margem de lucro de uma empresa quando o mercado opta por algo diferente, mas com funcionalidades semelhantes ou os mesmos objetivos. Essa perspectiva sugere que, uma vez que outro produto (substituto) se torne mais atraente para o consumidor, a participação de mercado anteriormente ocupada por outra empresa pode ser comprometida. Para sustentar o complexo industrial, os sistemas de transporte e as necessidades da sociedade, os países dependem de matrizes energéticas: combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão); energias renováveis (hidrelétrica, eólica, solar fotovoltaica e geotérmica); energia nuclear; e biocombustíveis (biomassa e bioenergia). Ao analisar o Gráfico 1, compreende-se as origens dos gases de efeito estufa, as causas do aquecimento global, a necessidade da transição energética e a descarbonização da economia global. Isso desperta a consciência

da comunidade internacional para aumentar o uso de energias renováveis em suas matrizes energéticas.

Gráfico 1: Oferta Global de Energia por Fonte (1990-2022)



Fonte: Agência Internacional de Energia (IEA)³

E quais seriam os produtos substitutos para o hidrogênio verde (H2V)? Parte da resposta está contida no Gráfico 1, e outras alternativas também se originam do próprio hidrogênio. Ele pode ser produzido por meio de múltiplos processos e fontes de energia; de fato, uma nomenclatura baseada em cores (Figura 2) está se tornando comumente utilizada para facilitar a discussão (IRENA, 2020).

Figura 2: Código de Cores do Hidrogênio

Color	GREY HYDROGEN	BLUE HYDROGEN	TURQUOISE HYDROGEN*	GREEN HYDROGEN
Process	SMR or gasification	SMR or gasification with carbon capture (85-95%)	Pyrolysis	Electrolysis
Source	Methane or coal	Methane or coal	Methane	Renewable electricity

Note: SMR = steam methane reforming.
* Turquoise hydrogen is an emerging decarbonisation option.

Fonte: IRENA (2020, p. 8).

No entanto, a longo prazo, espera-se que a matriz energética global sofra mudanças devido ao aumento da produção de energia renovável. O processo de transição energética é irreversível, graças à conscientização da comunidade internacional sobre o que tem sido denominado Trilema da Sustentabilidade. Esse conceito sugere que, para ser sustentável,

³ IEA. Energy Statistics Data Browser. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource> Acesso em 04 fev. 2025.

uma empresa deve ser financeiramente viável, socialmente justa e ambientalmente responsável, buscando sempre um equilíbrio entre esses três pilares.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse ambiente complexo de transição energética global, em que os mercados internacionais tendem a ser altamente competitivos, estabeleceu-se que o planejamento adequado (de curto, médio e longo prazo) tem o potencial de gerar vantagens competitivas para os negócios. Assim, destaca-se a importância de desenvolver planos estratégicos para o posicionamento do H₂V produzido no Ceará no mercado internacional (Europa). Dessa forma, este artigo teve como objetivo apresentar as contribuições das Forças Competitivas de Porter aplicáveis à cadeia de valor do H₂V no Ceará. Como resultado dessa análise, buscou-se contribuir para que os tomadores de decisão de alto nível disponham de ferramentas que favoreçam o processo decisório na consolidação do Estado como fornecedor de energia para o “Velho Mundo”.

A pesquisa alcançou seus objetivos ao fornecer insights sobre o complexo e dinâmico ambiente energético, os quais podem ser utilizados por órgãos governamentais, empresas multinacionais e indústrias brasileiras envolvidas em todo o ciclo de produção do H₂V no CIPP. O estudo demonstrou como as ferramentas de Porter podem contribuir para o planejamento, a gestão e os processos de tomada de decisão dos stakeholders no mercado cearense. Dessa forma, fortalece-se as vantagens competitivas já consolidadas do Estado frente a outros concorrentes globais.

A abordagem qualitativa, por meio de revisão bibliográfica e documental, foi essencial para compreender a heterogeneidade da cadeia de valor do H₂V no CIPP, os desafios enfrentados pelos negociadores no Ceará com fornecedores e potenciais compradores, a complexidade dos canais de distribuição no mercado consumidor europeu e a compreensão das pressões competitivas no setor energético global. A pesquisa revelou que é viável aplicar os conceitos das “5P” para aprofundar o conhecimento relacionado à inserção do H₂V cearense no continente europeu. Nesse sentido, o artigo demonstrou que os tomadores de decisão de alto nível poderiam se beneficiar desse conhecimento ao definir planos estratégicos eficientes para todo o ciclo de produção e exportação do combustível do futuro, garantindo, assim, o sucesso do Ceará no campo energético em melhores condições.

Para pesquisas futuras, considerando a evolução das variáveis de mercado, recomenda-se monitorar o comportamento das “5P” tanto nos cenários nacional quanto

internacional, a conduta dos potenciais clientes em relação ao Ceará e a postura dos fornecedores da cadeia de valor do H₂V, a fim de fortalecer o Estado como ator global na transição energética, estimulando o interesse do mercado europeu como parceiro estratégico nesse processo global.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Y. S. Structural analysis as a competitive strategic tool: a case study of a dairy industry in Pernambuco. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/42903/1/ARAUJO%2C%20Yasmim%20Souza.pdf>.
- BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. The projection of the State of Ceará on the international stage through FIEC in the production and exportation of green hydrogen and its impact on socioeconomic development in Ceará. IOSR Journals, nov. 2024. Disponível em: www.iosrjournals.org.
- BERGER, R. How to capture value in the emerging hydrogen market. Munique: Roland Berger, 2023. Disponível em: https://content.rolandberger.com/hubfs/07_presse/23_2041_rep_hydrogen_business_models_final.pdf.
- BEZERRA, F. D. Green hydrogen: an opportunity for the Northeast. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2023. (Caderno Setorial ETENE, v. 8, n. 320).
- CHIAVENATO, I. Princípios da administração: o essencial em teoria geral da administração. 2. ed. rev. e atual. Barueri: Manole, 2013.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC). Green hydrogen masterplan Ceará: building the Ceará green hydrogen hub. Fortaleza: FIEC, 2024. Relatório final.
- FIGUEIRÊDO, H. Energy transition and green hydrogen production seminar: opportunity for transforming the economy of Ceará and Brazil through the green hydrogen hub in Pecém. São Gonçalo do Amarante: CIPP, 2023.
- KONRAD ADENAUER FOUNDATION (KAS). Cooperation between Brazil and Europe: geopolitical importance and innovation perspectives. Rio de Janeiro: KAS, 2022. (Brazil-Europe Relations Series, n. 12).
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Green hydrogen: a guide to policy making. Abu Dhabi, 2020.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Geopolitics of the energy transformation: the hydrogen factor. Abu Dhabi, 2022.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- LIMA, L. V. G. Economic aspects of the hydrogen value chain: potential and externalities for Brazil based on strategic interactions with Germany. 2023. Dissertação (Mestrado) – Escola de Pós-Graduação em Economia, 2023.
- MARTIGNAGO, G. Strategic management of international business I. 2. ed. Florianópolis: UnisulVirtual, 2011.

MARTINS, T. Green hydrogen puts Brazil in the spotlight for investors. *Brazil-Germany Magazine*, v. 29, n. 1, 2021.

MUNIZ, T. D. J.; CARVALHO, J. M.; SANTOS JUNIOR, E. M. Technologies applicable to the green hydrogen chain in the state of Ceará: prospection of technologies applicable to the green hydrogen hub (H2V). *Brazil Windpower Papers*, [s.d.].

NUNES, F.; PICANÇO, J. Green hydrogen: a pathway for Ceará's development. Fortaleza: Academia Cearense de Engenharia, 2021.

OLIVEIRA, R. C. Overview of hydrogen in Brazil. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2022. (Discussion Paper, n. 2787).

PORTER, M. E. *Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

ROBBINS, S. P.; DECENZO, D. A.; WOLTER, R. *Fundamentos de administração*. São Paulo: Saraiva, 2013.

ROCHA, A.; ALMEIDA, V. Estratégias de entrada e operações em mercados internacionais. In: TANURE, B.; DUARTE, R. G. (org.). *Gestão internacional*. São Paulo: Saraiva, 2006.

URIBE, D. Port of Rotterdam as a gateway to North West Europe for the Brazilian H2 market. *World Hydrogen Summit*, 2024.

WORLD ENERGY COUNCIL (WEC). *National hydrogen strategies: hydrogen on the horizon – ready, almost set, go?* Londres, 2021.

CAPÍTULO 6:

UMA BREVE REFLEXÃO SOBRE A 1ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NA INGLATERRA (1760-1850) E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO CEARÁ COM O HIDROGÊNIO VERDE: UMA ANÁLISE SOB OS ASPECTOS POLÍTICO, ECONÔMICO, SOCIAL E CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO¹

Márcio Carneiro Barbosa

Bacharel em Relações Internacionais – UNISUL; Bacharel em Tecnologia de Comércio Exterior – UNISUL; Pós-graduação MBA em Gestão de Energias Renováveis – Fbuni/IEL; Pós-graduação em Docência no Ensino Superior – UFRJ; MBA em Logística Empresarial – FGV; Mestre em Ciências Militares – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Brasileiro.

Rickardo Léo Ramos Gomes

Doutor (Tít. Cultural) em Ciências Biológicas – FICL; Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências – Universidade Estadual do Ceará – UECE; Pós-graduação Internacional em Paleontologia (Tít. Cultural) – FICL; Bacharel em Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Licenciatura breve em Matemática, Química, Física e Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

RESUMO

Contexto: Este trabalho compara os principais aspectos da 1ª Revolução Industrial com o processo de transição energética no Ceará, no contexto do hidrogênio verde. Destaca a importância da História como ferramenta para a construção de análises críticas do passado, projetando novas perspectivas no presente, além de identificar semelhanças e diferenças entre os dois eventos, oferecendo subsídios ao desenvolvimento do hidrogênio verde no estado. **Materiais e Métodos:** A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, voltada para a análise aprofundada dos contextos históricos da Inglaterra e do Ceará na atualidade. O procedimento metodológico consistiu em revisão de literatura, com fontes agrupadas em duas categorias: (1) a 1ª Revolução Industrial e (2) a transição energética no Ceará, com foco no hidrogênio verde. **Resultados:** A análise comparativa permitiu identificar pontos de convergência e divergência entre os dois momentos históricos, revelando percepções relevantes para compreender o papel da transição energética contemporânea. **Conclusão:** Os estudos apontaram sugestões de ações em benefício da transição energética no Ceará, fundamentadas na análise crítica de eventos ocorridos no século XVIII, reforçando a utilidade da perspectiva histórica no debate atual sobre o hidrogênio verde.

Palavras-chave: 1ª Revolução Industrial; Inglaterra; Transição Energética; Ceará.

¹Uma versão deste artigo foi publicada em inglês pelo IOSR Journal of Business and Management. O referido Jornal atribuiu o seguinte DOI CODE: 10.9790/487X-2702025566.

1 INTRODUÇÃO

A Humanidade é rica em fatos e acontecimentos históricos que marcaram e definiram, profunda e permanentemente, os rumos de várias sociedades. A 1ª Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra (1760-1850), é um clássico exemplo. Foi de tal importância e magnitude que definiu a Europa como o primeiro continente a introduzir o sistema fabril em substituição do trabalho artesanal. Suas consequências repercutiram globalmente, influenciando diversos países em espelhar-se nos seus fundamentos. Na atualidade, outro acontecimento, que em breve será registrado na História do Ceará, é o processo de transição energética a cargo do hidrogênio verde (H₂V). Suas perspectivas teriam o alcance de contribuir muito além de fomentar o desenvolvimento socioeconômico do Estado: tem o potencial de tornar o Estado um provedor mundial de energia renovável na descarbonização da economia.

Apesar de serem aparentemente dois acontecimentos sem nenhuma ligação no tempo e no espaço, se acredita que o conhecimento dos principais fatos que marcaram o primeiro tornar-se-ia valioso ainda nos tempos atuais. Ao compreender o contexto político, econômico, social e científico-tecnológico naquela ocasião, poderia, eventualmente, oferecer *insights* e contribuir com uma análise crítica no momento presente, ratificando ou retificando os planejamentos em vigor. E o que o primeiro poderia contribuir com o segundo? Haveria semelhanças entre o que ocorreu na Inglaterra do século XVIII e o que vem ocorrendo no Ceará atualmente? É possível algum ensinamento do primeiro para com o segundo? Sobre a metodologia utilizada, foi escolhido o método qualitativo. Quanto aos meios de investigação, o estudo foi bibliográfico e documental realizado em publicações (nacionais e internacionais), relatórios, artigos científicos e sítios na internet. A partir da consulta e consolidação destes materiais, foram possíveis analisar criticamente os dois acontecimentos relacionados ao tema.

Assim, o objetivo geral deste estudo é refletir e comparar a 1ª Revolução Industrial com a transição energética no Ceará com o H₂V. E fruto destas reflexões, descrever o quanto o primeiro poderia oferecer *insights* e contribuir no contexto da transição energética no Estado. Os objetivos específicos estabelecidos são os seguintes: explicar como os fatos históricos poderiam influenciar o presente; descrever os principais acontecimentos políticos, econômicos, sociais e científicos-tecnológicos que permearam a 1ª Revolução Industrial; nos mesmos critérios anteriores, apresentar as algumas conjunturas da atual transição energética no Ceará com o H₂V; e identificar possíveis contribuições do primeiro para o segundo.

Este artigo está estruturado em quatro seções que visam proporcionar uma análise abrangente sobre as principais circunstâncias ocorridas na Inglaterra e no Ceará nas áreas industrial e energética, respectivamente. A primeira seção, Introdução, apresenta o tema central do estudo. A segunda seção, Metodologia, descreve a abordagem adotada para a pesquisa. A Fundamentação Teórica, terceira seção, oferece uma explicação da importância da História e possíveis ensinamentos no presente, uma descrição dos principais acontecimentos ocorridos na Inglaterra e alguns dos que ocorrem no Ceará (atualmente) e algumas reflexões de como o segundo poderia aproveitar-se do primeiro em termos de ensinamentos. Por fim, a seção Considerações Finais sintetiza os principais achados da pesquisa, destacando o quanto a 1ª Revolução Industrial poderia ser referência em determinados critérios na transição energética no Ceará com o H₂V.

2 METODOLOGIA

A abordagem adotada nesta pesquisa foi de natureza qualitativa, pois o objetivo principal foi refletir e comparar os principais marcos que permearam a 1ª Revolução Industrial e alguns fatos importantes no processo da transição energética no Ceará com o H₂V. A abordagem qualitativa é amplamente reconhecida no mundo científico por sua capacidade de proporcionar análises históricas e contextuais, permitindo uma avaliação da conjuntura que envolveu a 1ª Revolução Industrial e a atual transição energética no Ceará. A pesquisa qualitativa foca na interpretação e de fenômenos complexos, sendo fundamental em áreas que envolvem fatos históricos de grande repercussão na História da Humanidade, por exemplo.

Neves (1996), conforme citado por Dias et al. (2024, p.197), argumenta “que os métodos qualitativos e quantitativos não são excludentes, mas, ao contrário, podem ser utilizados de forma complementar, o que contribui para a confiabilidade das pesquisas”. O procedimento de pesquisa adotado foi a revisão de literatura, uma metodologia essencial na construção do conhecimento científico, pois permite uma análise crítica e integrada das informações existentes sobre um determinado tema. De acordo com Lakatos e Marconi (2017), a revisão bibliográfica contribui para uma ampliação do entendimento acerca do objeto de estudo, além de promover a consolidação de abordagens fundamentadas. Para a realização dessa revisão, as fontes de pesquisa foram cuidadosamente selecionadas e classificadas em duas categorias principais: (1) fontes específicas sobre os fatos que permearam a 1ª Revolução Industrial e (2) fontes sobre o processo de transição energética no Ceará com o H₂V.

A classificação dessas fontes permitiu uma análise mais contextualizada, possibilitando a construção de um pensamento crítico sobre possíveis ensinamentos da Inglaterra no Ceará. A revisão foi conduzida por meio da consulta a relatórios de organizações internacionais, publicações (nacionais e internacionais), artigos científicos, livros e sites na internet, garantindo uma abrangência que refletisse as contribuições mais relevantes daquele século XVIII no Ceará atualmente.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta fundamentação foi organizada em quatro subtópicos. No primeiro, falou-se sobre a importância da História como uma das maneiras de entender o presente. No segundo, uma breve retrospectiva da 1ª Revolução Industrial. No terceiro, a conjuntura da transição energética no Ceará com o H₂V. No quarto, algumas reflexões e comparações entre a revolução na Inglaterra e a transição energética no Ceará, oferecendo uma análise crítica do quanto a segunda poderia aproveitar seus planejamentos com a primeira.

3.1 A IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA PARA O ENTENDIMENTO DO PRESENTE

O contexto histórico fornece entendimentos pelos quais poder-se-ia compreender as origens de acontecimentos que marcaram uma época, aprimorando a tomada de decisões no presente ao aproveitar-se das lições do passado. O pensador renascentista Nicolau Maquiavel inferiu como os acontecimentos históricos poderiam ajudar os agentes políticos, econômicos e sociais a tomar melhores decisões no presente. Na obra “O Príncipe”, de 1513, Maquiavel (2023) salienta que os homens percorrem, quase sempre, as estradas já desbravas pelos demais, não sendo possível seguir fielmente as trilhas alheias nem alcançar a virtude do que se imita, deveria então, o homem prudente, imitar aqueles que foram excelentes para ao menos usufruir algum proveito (Maquiavel, 2023). Na obra “Filosofia da História”, Pecoraro (2021) esclarece que a visão cíclica privilegia o passado e o presente para interpretar ou prever o destino dos Estados, fundamentando-se em uma concepção de tempo e de história que se alternam e se repetem ao infinito. E o historiador alemão R. Koselleck (1923-2006) afirma que a história nos deixa livres para repetir os sucessos do passado, ao invés de incorrermos presentemente nos velhos erros (Rocha, 2015).

Na opinião de Pereira e Gomes (2022, p.04)

Conhecer a história, principalmente a de onde se está inserido está intimamente ligada à formação do indivíduo, a formação de sua identidade social e individual,

ao desenvolvimento do pensamento crítico, bem como possibilita ao indivíduo se posicionar como agente modificador da história.

Daí surge a seguinte questão: seria possível construir, baseado no contexto histórico da 1ª Revolução Industrial, uma análise crítica e levá-la em consideração nos atuais cenários da transição energética levada a cabo no Ceará?

3.2 A 1ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NA INGLATERRA (1760-1850)

A Inglaterra é um país insular localizado no Atlântico Norte e na parte ocidental da Europa. A partir do século XVII, circunstâncias de diversas naturezas culminaram com profundas transformações na sociedade inglesa no século seguinte. Para Lima e Oliveira Neto (2017), sucessivas invenções deram origem à produção fabril inglesa em virtude de melhorias no processo produtivo. Motivadas por razões políticas, econômicas, sociais e científicas-tecnológicas, entre outras, a 1ª Revolução Industrial se tornou um marco na História da Humanidade, modificando os rumos da economia mundial e abolindo o sistema feudal (Iglésias, 1990). Foi um fenômeno único: tratava-se de uma sociedade precocemente amadurecida por conta do progresso técnico, isento de interferências de países previamente industrializados (Arruda, 1988).

3.2.1 Expressão Política

Em 1651, foi aprovado pelo parlamento inglês um conjunto de leis denominado Atos de Navegação, por Oliver Cromwell (Apaixonados por História, 2020). Tais medidas permitiram, entre outras, a Inglaterra controlar as principais rotas marítimas comerciais tendo em vista que nenhuma mercadoria deveria ser importada e exportada a não ser por navios ingleses (Domingues, 2024). Em 1688, a Revolução Gloriosa aboliu a Monarquia Absolutista, dando lugar à Monarquia Parlamentarista Constitucional. A mudança de sistema de governo acarretou uma estabilidade política acompanhada pelo fortalecimento da classe econômica pois grande parte desta era formada por parlamentares. Consolidaram-se, também, alianças desta com o Realeza, contribuindo para a expansão comercial, a acumulação de capital e o desenvolvimento do capitalismo (Iannone, 1992; Mello, 2012; Lima, & Oliveira Neto, 2017).

Em consequência das circunstâncias supracitadas, foram possíveis investimentos na infraestrutura econômica como a construção de portos e ferrovias, o fortalecimento da indústria naval e o crescimento da marinha mercante. Além disso, já era crescente o número

de leis e atos do Parlamento beneficiando as atividades manufatureiras (Iannone, 1992, p. 53).

Do ponto de vista Geopolítico, a sua localização estratégica e privilegiada no Atlântico Norte lhe permitia acessar rapidamente as principais rotas marítimas à época: oceanos Atlântico e Índico. Conclui-se parcialmente que na Expressão Política, as alianças entre a realeza e os poderes econômicos, a estabilidade política no país e o acúmulo de capital pela Monarquia foram imprescindíveis para a eclosão da 1ª Revolução Industrial.

3.2.2 Expressão Econômica

A economia britânica passou por um conjunto de transformações na sua estrutura que a transformou no “primeiro país industrializado” (Mello, 2012, p. 7). Para o economista *David Landes*, renomado Professor Doutor da Universidade de Harvard, a Revolução Industrial Inglesa é entendida como o primeiro exemplo histórico do avanço de uma economia agrária e artesanal para uma economia dominada pela indústria e pela manufatura mecanizada (Landes, 2005). Historicamente, foi motivada por uma série de oportunidades econômicas as quais foram minuciosamente aproveitadas.

Para Lima e Oliveira Neto (2017, p. 103), “o mundo assistiu a uma transformação ampla e profunda na sociedade inglesa, em que a produção deixou de ser agrária e de manufatura para transformar-se em uma economia industrial fundamentada em métodos, princípios e práticas capitalistas”. Essa transição foi impulsionada por fatores como a abundância de matérias-primas provenientes da agropecuária, que desempenharam um papel central no processo de industrialização. A produção de lã e algodão, por exemplo, não apenas sustentou a base econômica agrária, mas também possibilitou o avanço da indústria têxtil, criando condições favoráveis para o desenvolvimento de novas tecnologias e o crescimento econômico. “Na agropecuária, o país era grande produtor de lã e algodão, o que lhe permitiu transformar a indústria e impulsionar o desenvolvimento econômico. Estes produtos foram utilizados na indústria têxtil, o que incentivou o progresso das manufaturas de fiação e tecelagem” (Mello, 2012, p. 18). “Nenhum país possuía uma oferta tão abundante de lã, em especial as de fibras longas exigidas pelos tecidos mais leves e resistentes”, aponta Landes (apud Lima e Oliveira Neto, 2017, p. 110).

No século XVIII, diversas invenções alteraram a indústria algodoeira, originando um novo modo de produção como o sistema fabril (Landes apud Lima, & Oliveira Neto, 20217). Mais tarde, no século XIX, a expansão da manufatura transformou o país no maior polo industrial do mundo que experimentou um certo pioneirismo e onde a maior parte das

inovações ocorreu. Com isso, os processos industriais ingleses foram impulsionados (Iannone, 1992). A existência de reservas de carvão e ferro foram fundamentais, respectivamente, na produção de energia e construção de máquinas e equipamentos (Iannone, 1992). Inclusive, os aperfeiçoamentos da máquina a vapor asseguraram um novo ente energético, superior à força da água, dos animais e do homem, consolidando a produção têxtil e as atividades metalúrgicas (Iglésias, 1990).

Para que os produtos fossem comercializados no mercado interno, foram feitos investimentos na infraestrutura de transporte, como estradas, pontes e canais (Mello, 2012) e os centros de produção tiveram acesso às vias navegáveis, permitindo que a distribuição alcançasse menores custos de venda (Mello, 2012). Para as atividades além-mar, o país investiu em portos, assegurando melhores condições de importação e exportação (Lima, & Oliveira Neto, 2017), fortalecendo o comércio internacional e a indústria naval inglesa (Iannone, 1992).

Destaca-se que o Império Britânico usufruía do “pacto colonial” (a metrópole se relacionava comercialmente com outros países, mas a colônia somente com a metrópole) no contexto da revolução comercial. Por isso, o país não tinha nenhuma restrição de acessar as matérias primas para abastecer o seu parque industrial (importação) e mercado consumidor para exportar seus produtos (inicialmente para a Europa; depois América, Ásia e África). Desta forma, o comércio exterior teve uma contribuição vital para impulsionar o crescimento econômico inglês. De fato, as indústrias exportadoras tiveram crescimento acelerado com uma taxa de 4,6% no período de 1780 a 1800, sendo o setor considerado o maior responsável pelo significativo crescimento da economia inglesa (Arruda, 1988, p. 44). De uma produção artesanal, surgiu a produção em série, refletindo no aumento da produtividade (Iannone, 1992). Assim, se substituiu as habilidades do homem por dispositivos mecânicos; a força humana substituída por energia (Mello, 2012). Com a produção em massa, se atingiu a economia de escala, reduzindo os custos dos produtos industrializados e fortalecendo a competitividade no comércio internacional.

Permitiu, também, a supremacia comercial inglesa, possibilitando-lhe atingir o *status* de potência mundial pela implementação de uma economia liberal, justificada pela utilização judiciosa dos fatores de produção: matéria prima, mão de obra, energia, transporte, mercado consumidor, investimentos de capital e tecnologia. Contudo, a 1ª Revolução Industrial trouxe consequências negativas: as transformações econômicas vieram acompanhadas da degradação do meio ambiente, pelo aumento da poluição atmosférica, pela contaminação da água e do solo. Em outras palavras, o desenvolvimento

industrial não era sustentável por utilizar pesadamente energias não renováveis (carvão) e poluentes. Como conclusão parcial, se infere que a disponibilidade de recursos naturais e minerais, os investimentos em infraestrutura de transportes, o fortalecimento do comércio internacional e as inovações tecnológicas contribuíram sobremaneira com a 1ª Revolução Industrial. Todavia, foi deixado como legado negativo uma forte poluição atmosférica com intensa degradação do meio ambiente.

3.2.3 Expressão Social

Entre 1600 e 1700, a população de Londres dobrou em relação ao período de 1500 a 1600, chegando a aproximadamente um milhão de habitantes em 1800. No século XVIII, o nível de urbanização subiu em toda a Inglaterra como resultado das exportações de manufaturas para o mercado colonial (Mello, 2012). Parte desta mão de obra, empregada nas indústrias têxtil, siderúrgica e metalúrgica, viera do campo, pois desde o século XVI a nobreza vinha expulsando os camponeses de suas terras (processo conhecido como cercamentos) para serem transformadas em pastagens de ovelhas, cuja lã era comercializada em grande escala na produção de tecidos (Iannone, 1992).

Assim, muitos agricultores foram obrigados a buscar novas atividades, aumentando a migração de enormes contingentes para as cidades. Por isso, o processo crescente de urbanização foi considerado essencial para as mudanças no padrão de consumo da época, atrelado ao avanço da comercialização e industrialização. Alguns fatores foram chaves para o desenvolvimento do mercado interno do país: aumento populacional, avanços das comunicações, aumento da renda média e a livre iniciativa comercial (Lima, & Oliveira Neto, 2017, p. 110).

Segundo Landes (apud Mello, 2012), a renda inglesa era elevada para os padrões internacionais, significando que o país dispunha de trabalhadores bem remunerados; os salários eram altos, permitindo um elevado poder de compra. Para Allen (apud Mello, 2012), em termos de consumo, trabalhadores bem pagos gastavam mais com manufaturas, construindo um amplo mercado interno de bens de consumo, como os tecidos. Ademais, a capacidade do artesão inglês era outro diferencial: um construtor de moinhos era um bom matemático e sabia algo de geometria. Na Inglaterra do século XVIII, havia um nível de qualificação técnica sem igual no continente, onde o povo inglês era muito mais interessado pelas máquinas e “engenhocas” do que em outros países europeus (Landes apud Mello, 2012). Assim, o sistema social inglês passou por rápidas transformações pelas mudanças no sistema produtivo e nas relações de trabalho (Arruda, 1988). Depreende-se, portanto,

que o intenso processo de urbanização do país, a disponibilidade de mão de obra nas fábricas, a qualificação técnica dos ingleses e o nível salarial (renda média) da população fomentaram a produção e o consumo de produtos na Inglaterra, contribuindo, assim, com a 1ª Revolução Industrial.

3.2.4 Expressão Científica-Tecnológica

O panorama político, social e o sucesso econômico ocorrido na Inglaterra refletiu, também, na expressão científica-tecnológica. Para Landes (apud Lima, & Oliveira Neto, 2017), a mudança tecnológica foi possibilitada pelo aperfeiçoamento de novos métodos diante das inapropriadas técnicas vigentes, criando uma nova mentalidade empresarial ao analisar os investimentos e os possíveis riscos incorridos.

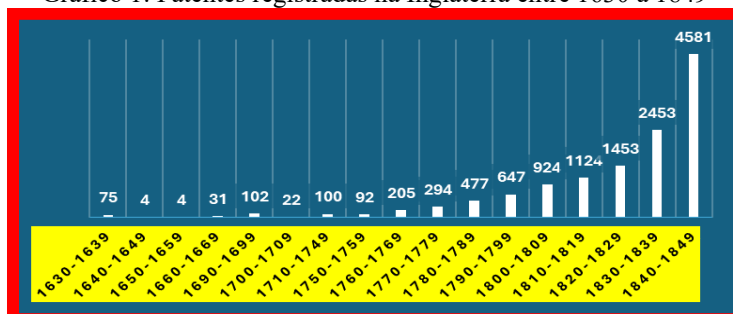
Com isso, foi possível produzir mercadorias que até então seriam impossíveis de serem feitas pelas técnicas artesanais antigas. O impulso dado à inovação foi essencial para buscar métodos mais eficientes que gerassem um ambiente propício para invenções (Lima, & Oliveira Neto, 2017).

O seu desenvolvimento foi possivelmente decorrente da crescente concorrência comercial a qual proporcionou grande incentivo à busca de melhorias nos métodos produtivos. Essas inovações foram mais acentuadas a partir da segunda metade do século XVIII, facilitada pelo desenvolvimento da energia mecânica (Iannone, 1992).

Mello (2012) argumenta que a Revolução Industrial se diferenciou fundamentalmente pelo avanço cumulativo da tecnologia, tornando o crescimento econômico irreversível. Setores de siderurgia e metalurgia experimentaram um progresso tecnológico no final do século XVIII, embora tenham sido transformações menos radicais do que as ocorridas no setor têxtil (Iannone, 1992).

Para compreender melhor as inovações na área científica-tecnológica, um dos indicadores escolhidos foi o número de patentes registradas na Inglaterra, desde 1630 a 1849.

Gráfico 1: Patentes registradas na Inglaterra entre 1630 a 1849



Fonte: Iglésias (1990, p. 67). Adaptado pelo Autor.

Como pode ser observado no Gráfico 1, antes de 1760 (ano inicial da 1ª Revolução Inglesa), os registros de invenções patenteadas eram muito reduzidos. De 1630 a 1759, foram somente 430 invenções registradas; enquanto no período de 1760 a 1849, foram 12.158. Os referidos números atestam o incrível e inacreditável salto em invenções na Inglaterra, ratificando o quando a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação foram partícipes do desenvolvimento do país. Conforme os dados do Gráfico 1, Mello (2012) esclarece que o país dispunha de profissionais qualificados para introduzir inovações e empreendedores para desenvolvê-las, antevendo uma possibilidade de investimento muito melhor do que nos métodos tradicionais. Estas invenções tiveram como resultado o avanço acelerado em três setores fundamentais na economia inglesa: fundição de ferro, fiação do algodão e produção de energia a vapor (Arruda, 1988, p. 55).

Os resultados acima denotaram, também, a autonomia intelectual, a consolidação do método científico e o desenvolvimento de pesquisa como uma atividade de rotina na Inglaterra (Lima, & Oliveira Neto, 2017). Ante o exposto, se pode inferir que a criação de novos métodos e técnicas de produção, a intensificação da pesquisa e desenvolvimento no país, contribuindo com o surgimento de diversas inovações e produtos sob a responsabilidade de pessoas de elevada qualificação técnica, possibilitaram a Inglaterra a tornar-se uma potência mundial na área de Ciência e Tecnologia. Como síntese final dos fatores que contribuíram com a 1ª Revolução Industrial, foi elaborado resumidamente o Quadro 1.

Quadro 1: Fatores de Sucesso na 1ª Revolução Industrial

Aspecto	Fatores de Sucesso na 1ª Revolução Industrial
Aspecto Político	- Alianças entre a realeza e os poderes econômicos - Estabilidade política no país - Acumulação de capital
Aspecto Econômico	- Disponibilidade de recursos naturais e minerais - Investimentos em infraestrutura de transporte - Fortalecimento do comércio internacional - Inovações tecnológicas
Aspecto Social	- Urbanização do país - Disponibilidade de mão de obra - Qualificação técnica - Níveis

Aspecto	Fatores de Sucesso na 1ª Revolução Industrial
	salariais (renda média)
Aspecto Científico-Tecnológico	- Criação de novos métodos e técnicas de produção - Intensificação da pesquisa, do desenvolvimento e da inovação - Recursos humanos com alta qualificação técnica

Fonte: Dados dos pesquisadores.

A partir do Quadro 1, poder-se-ia verificar a viabilidade de, aproveitando-se dos ensinamentos ingleses, refletir e obter novas perspectivas ou ensinamentos na transição energética no Estado. Com uma visão de futuro, poder-se-ia antever a aplicabilidade das lições aprendidas da 1ª Revolução Industrial no momento atual no Ceará.

3.3 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO CEARÁ COM O H₂V NO SÉCULO XXI

3.3.1 Expressão Política

O Estado ocupa a porção Nordeste do Brasil, banhado pelo Atlântico Sul (de grande relevância econômica no mundo globalizado), contribuindo com o intercâmbio comercial com a comunidade internacional (Barbosa, & Gomes, 2024). No tocante à transição energética, o presente trabalho considera como principal marco Político a criação do Hub de Hidrogênio no Porto de Pecém onde o Governo do Estado participa na articulação política (estadual e federal) mediante a concessão de incentivos fiscais, a disponibilização de educação básica e a capacitação tecnológica. Adicionalmente, envida esforços institucionais para a viabilização de licenciamentos ambientais e a disponibilização de infraestrutura necessária para a execução de projetos de H₂V (UFC, 2021). No campo internacional, vem exercendo a paradiplomacia com governos e instituições estrangeiras.

A criação do hub se antecipou em 14 anos em relação o Plano de Trabalho Trienal, do Ministério de Minas e Energia, ao ser lançado em 2021 juntamente com a Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) e a Universidade Federal do Ceará, no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (Bezerra, 2023, p. 10).

Não por acaso, tal iniciativa convergia com uma tendência mundial de que o potencial de geração de energia renovável e sua localização próxima a portos estratégicos no planeta estimularia a criação de hubs de hidrogênio, contribuindo com o desenvolvimento do mercado, de tecnologia para a indústria nacional e de uma plataforma de acesso para outros países (Oliveira, 2022). Dois anos mais tarde, em maio de 2023, estabeleceu um corredor marítimo com o Governo da Holanda, criando uma rota de comercialização do futuro H₂V para Europa (Vasileva, 2023). O acordo bilateral (O Otimista, 2024) envolveu os portos de Pecém e Roterdã (considerado o maior porto

marítimo da Europa). Esta junção de esforços, considerada estratégica em negócios internacionais, foi por intermédio de uma *join-venture* quando Roterdã deteve 30% do controle do Complexo do Pecém.

Em setembro de 2024, Governo do Estado e a FIEC lançaram o Masterplan do Hidrogênio Verde (FIEC on line, 2024). A publicação apresenta os estudos conduzidos pela consultoria norte-americana *IXL Center* com a participação da Universidade de Harvard, do Instituto Massachusetts de Tecnologia, pesquisadores, consultores sêniores e representantes de diversas organizações públicas e privadas locais. Em outubro de 2024, o Governo assinou pré-contrato de R\$ 9 bilhões com a empresa norueguesa *Fuella AS* (desenvolvedora e operadora de usinas de H₂V e amônia) para instalação de uma planta na Zona de Processamento de Exportação do Porto do Pecém (Campos, 2024), prevendo a geração de mais de mil empregos.

Em janeiro de 2025, ratificando o esforço político na consolidação do H₂V, o Governador do Ceará se reuniu com o CEO do Porto de Roterdã (Complexo do Pecém, 2025) com o objetivo de estabelecer novas parcerias e fortalecer projetos entre os dois portos. Cita-se, também, a retomada pelo Pacto pelo Pecém (FIEC on line, 2023), em agosto de 2023. O programa, que reúne setores políticos (Governo do Estado, Assembleia Legislativa e prefeituras municipais), setores industriais (FIEC e Associação das Empresas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém), setores acadêmicos, sociedade civil e meio ambiente, tem o propósito de uma governança multisetorial com uma sustentabilidade socioambiental. Destaca-se que uma das grandes vertentes do Pacto pelo Pecém é o Hub de Hidrogênio como polo de produção de energia limpa.

No contexto da transição energética no Ceará, a integração interinstitucional apresentado no Estado vai ao encontro do relatório da Agência Internacional de Energia quando afirma que o desenvolvimento da produção de hidrogênio de baixo carbono consiste em um desafio que requererá um trabalho simultâneo em múltiplas frentes e de maneira coordenada pois é a única maneira de atingir o engajamento de todas as partes interessadas, como governos, indústria, agências de pesquisa e inovação, serviços financeiros, uniões comerciais e sociedade civil (IEA, 2021). Nestas circunstâncias, surge o Estado do Ceará como potencial provedor de H₂V ao mercado internacional, fruto do Hub de Hidrogênio no CIPP. O complexo vem atraindo elevados investimentos públicos e privados e recebido grandes projetos energéticos. Assim, o Estado vem continuamente fortalecendo alianças e parcerias com instituições econômicas, industriais e acadêmicas no contexto da Hélice Tríplice.

3.3.2 Expressão Econômica

O protagonismo do Ceará na produção de H₂V tem a possibilidade de abrir oportunidades para o desenvolvimento de mercado exportador e o fortalecimento de parcerias internacionais com base em interesses convergentes. A consolidação da cadeia de produção contribuiria para a descarbonização da indústria, dos transportes e o desenvolvimento do ecossistema no Estado, proporcionando maior segurança energética (MME, 2023). A sua posição geográfica (baixa latitude e próxima da Linha do Equador) lhe permite explorar economicamente a energia solar, gerando um potencial fotovoltaico de 643 GW (Cavalcante, 2023, p. 19). No contexto eólico, diversos estudos apontam favoravelmente à instalação de parques eólicos ao aplicar a distribuição de probabilidade de *Weibull*² (Silva et al, 2020). Estando no interior do cinturão solar e fruto das condições de vento, lhe permite, também, um promissor potencial solar fotovoltaico e eólico graças ao que se chama de complementaridade energética³.

Assim, a produção cearense de H₂V traria consigo vantagens operacionais, logísticas e comerciais mais atraentes e competitivas, passando a ser um provedor de energias renováveis à Europa em detrimento de outros países produtores. “Destaca-se que a Europa está mais focada no uso de H₂V para descarbonizar os setores da indústria e do transporte pesado (ônibus e caminhões), devendo permanecer o maior mercado no curto prazo” (Oliveira, 2022, p. 8). O porto do Pecém, ao viabilizar inúmeras rotas comerciais, emerge como uma infraestrutura logística fundamental, representando um ponto de inflexão no desenvolvimento econômico do Estado (Alberto, 2024). Por destacar-se como um elo vital nas cadeias de suprimentos globais, teria a função de permitir a integração de atividades portuárias e industriais (porto industrial), inclusive na cadeia de valor do H₂V.

Em termos de investimentos, “o Banco Mundial e o MDIC financiaram a infraestrutura do hub de hidrogênio com 100 milhões de dólares” (Vasileva, 2023, p. 6). Ademais, o Governo do Estado tem realizado investimentos por intermédio da Secretaria do Desenvolvimento Econômico e pela Secretaria da Infraestrutura. As atividades têm o objetivo de potencializar a utilização do complexo como estratégia de desenvolvimento econômico além de assegurar uma infraestrutura logística adequada e diversificada (IPECE, 2022). Baseando-se em um modelo de cooperação *multi-stakeholder*, um dos

² Fator de Forma de Weibull [k]: parâmetro que determina a forma da distribuição de probabilidade contínua, proposta pelo engenheiro Ernst Hjalmar Waloddi Weibull (1877-1979). Trata-se da distribuição estatística com melhor aderência a dados de velocidade do vento (ADECE, 2019, p. 147).

³ Utilização de várias fontes de energia com a finalidade de garantir a segurança energética. São fontes de energia diferentes para que sejam complementares em determinados momentos do dia.

grandes êxitos do hub foi conjugar, em um mesmo complexo portuário, diversas instituições nacionais (públicas e privadas) e empresas multinacionais, permitindo a construção de um “cluster industrial costeiro” com boa gestão e governança, trazendo estabilidade ao longo do tempo (Raccichini, Contarde, & Ristuccia, 2022, p. 4).

Entre essas duas dinâmicas, destaca-se a importância da integração de diferentes esferas da economia e da gestão, criando uma rede de colaboração que maximiza os recursos disponíveis e fortalece a competitividade do hub. A coordenação eficiente entre as partes envolvidas permite não apenas a otimização das infraestruturas, mas também a criação de sinergias que favorecem a inovação e o desenvolvimento sustentável do complexo. Essas características, aplicadas ao contexto do Canal de Suez, demonstram como a combinação de modelos estratégicos pode resultar em ganhos substanciais em eficiência e redução de custos operacionais. “Esta arquitetura (portuária, exportadora, industrial e energética), presente também na Zona Econômica do Canal de Suez (Egito), contribuiria para a redução de custos por ter as infraestruturas compartilhadas” (IEA, 2022, p. 164).

Outro aspecto relevante foi a implantação pela FIEC, em 2022, do Programa ESG⁴ (Governança Ambiental, Social e Corporativa) (FIEC, 2024c), inédito em todo o sistema industrial brasileiro e um dos temas mais abordados no mundo corporativo. Tal iniciativa teria a finalidade de guiar as indústrias cearenses nos projetos de sustentabilidade, incorporar nos processos produtivos as melhores práticas de preservação ambiental e reduzir os impactos nos processos operacionais. Com o Núcleo ESG, se incorporou a gestão do meio ambiente como um incentivo às empresas conduzir as suas atividades de forma ambientalmente segura, fomentando o desenvolvimento de produtos que não tenham impacto no meio ambiente e apresentando melhor rendimento em termos de eficiência energética e recursos naturais. Conforme pontuou Bezerra (2023), no setor industrial, a fabricação de “produtos verdes” sem a emissão de gases de efeito estufa (GEE) constituiria um mercado muito promissor nos próximos anos, em razão da perspectiva de taxaço de produtos em diversos países que geram GEE em seu processo produtivo. Além disso, as empresas estariam cada vez mais adotando iniciativas de responsabilidade socioambiental visando melhorar a imagem perante os consumidores.

⁴ ESG é o modo que o mercado avalia e seleciona uma empresa pela sua conduta responsável com o meio ambiente, seu compromisso com o desenvolvimento socioeconômico e sua postura na condução dos negócios sob o ponto de vista de mitigar riscos e obter oportunidades. Além disso, também serve como estratégia para investimentos com critérios de sustentabilidade. Disponível em: <https://shre.ink/bhmU>. Acesso em 04 nov. 2024.

Este é o cenário que o Ceará está inserido, cheio de oportunidades de mercado que poderiam torná-lo participe da transição energética mundial bem como alterar o perfil socioeconômico do Estado advindo da produção e exportação de H₂V, um vetor de energia advindo de energias renováveis e não poluentes. Entretanto, há alguns desafios a serem vencidos no processo de produção de H₂V no Ceará a ponto de poder dificultar ou retardar a transição energética, comprometendo a competitividade do Estado a nível mundial. O primeiro desafio é a água. A separação do hidrogênio e do oxigênio da molécula da água ocorre em função de um fluxo de corrente contínua através de eletrodos (catodo e anodo) imersos em uma solução aquosa alcalina na temperatura ambiente (Castro et al, 2023, p. 30). Conseqüentemente, o H₂V requer uma quantidade significativa de água. De acordo com relatório da Agência Internacional de Energias Renováveis, “o H₂V será melhor economicamente produzido em locais que combinem recursos renováveis abundantes, terra disponível, acesso à água e capacidade para transportar para grandes países importadores” (IRENA, 2022, p. 33).

Porém, as regiões com maior potencial de energia renovável e espaço para as usinas de H₂V estão em regiões cada vez mais estressadas por água. E o Ceará é uma região com estresse hídrico. Para garantir a estabilidade da água, o Estado precisaria buscar alternativas para reutilizá-la ou dessalinizá-la (FIEC, 2024a). O segundo desafio são os custos trabalhistas considerados intermediários (inferiores aos países desenvolvidos e superiores aos da Índia), mas a desvantagem frente a alguns países não é suficiente para eliminar a posição vantajosa do Estado (FIEC, 2024a, p. 108). O terceiro desafio são os impostos brasileiros considerados o único componente do custo estruturado que pode prejudicar a competitividade do Ceará (e do Brasil), por isso é importante que essa questão seja tratada pelos governos Federal e Estadual (FIEC, 2024a, p. 108).

O quarto desafio é a infraestrutura. Entre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pelas Nações Unidas, o Objetivo 9, denominado “Indústria, Inovação e Infraestrutura”, visa “construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação”. Os investimentos em infraestrutura e inovação configuram-se como essenciais para o crescimento econômico. No Índice FIEC de Inovação dos Estado 2024, o Estado do Ceará está na 19ª posição a nível Brasil, de 27 Unidades da Federação e a 6ª posição no Nordeste. (FIEC, 2024b, p. 36). Daí ser essencial desenvolver uma infraestrutura capaz de suportar as demandas econômicas voltadas para o desenvolvimento do H₂V no Estado.

3.3.3 Expressão Social

No Índice de Desenvolvimento da Educação Básica de 2023, o Ceará conquistou o melhor resultado do Brasil no Ensino Fundamental, considerando apenas a rede pública de ensino. Na rede estadual, registrou o terceiro melhor índice do Brasil na avaliação de Ensino Médio tradicional e Médio integrado à Educação Profissional (Falcão, 2024). Estes desempenhos demonstram, por si só, o nível educacional do jovem cearense. No contexto da transição energética, o Estado do Ceará tem dado, também, importantes passos na capacitação de recursos humanos. Um importante exemplo ocorreu em maio de 2024, quando foi lançado o Projeto Estadual H-TEC Qualificação e Fortalecimento da Cadeia Produtiva em Energias Renováveis (FIEC on line, 2024). O H-TEC tem o objetivo de apoiar a capacitação de profissionais qualificados, contando com a parceria do Governo do Estado do Ceará, da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI/FIEC), da Universidade Federal do Ceará, da Universidade Estadual do Ceará e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

A carga horária é de 360 horas, sendo o SENAI o responsável por conduzir as aulas práticas, abordando temas como hidrogênio, distribuição de energia, energia eólica, energia solar e segurança do trabalho. Estima-se que serão capacitados 1.050 profissionais em uma primeira fase e uma expectativa de 10.650 até 2026 (FIEC on line, 2024). Além disso, há uma coletânea de cursos do SENAI voltados para a capacitação de recursos humanos em energias renováveis, podendo ser observado no Quadro 2 os treinamentos conduzidos pela instituição de ensino.

Quadro 2 - Capacitações conduzidas pelo SENAI.

Curso/Treinamento/Oficina	Carga Horária
Tecnologia em Energia Eólica	32 horas/aula
Técnico em Reparo de Pás de Turbina	160 horas/aula
Hidrogênio, Energia (Eólica e Solar) e Segurança Ocupacional	360 horas/aula
Montagem de Sistemas Fotovoltaicos	40 horas/aula
Comissionamento de Sistemas Fotovoltaicos	40 horas/aula
Montagem de Sistemas Fotovoltaicos	40 horas/aula
Segurança Aplicada ao Armazenamento e Distribuição de Hidrogênio	60 horas/aula

Fonte: Dados dos pesquisadores

As informações do Quadro 2 demonstram o comprometimento do setor industrial em garantir as qualificações necessárias no campo tecnológico-energético. Por sua vez, a

Universidade Federal do Ceará se destaca na capacitação técnica científica na área de transição energética. Sua participação consiste em disponibilizar docentes e pesquisadores nas áreas inerentes à tecnologia do H₂V; disponibilizar os laboratórios para pesquisa e ensino e atuar de forma proativa nas pesquisas em desenvolvimento (UFC, 2021). Para tanto, possui, em sua infraestrutura acadêmica, o Parque Tecnológico para estimular a produção de conhecimento.

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia está também vocacionando-se com a capacitação de recursos humanos voltados para as energias renováveis. Existe um Campus do Instituto dentro da área do CIPP. Em 2024, lançou o curso de especialização (nível de pós-graduação *lato sensu*) com apoio da Agência de Cooperação Alemã (GIZ) voltado para desenvolver soluções na cadeia de produção, distribuição e aplicações do H₂V (IFCE, 2024). Por fim, o Instituto Euvaldo Lodi (IEL) vem acumulando expertises para capacitar profissionais no segmento de energia, atendendo as atuais demandas do mercado. Citam-se como exemplos o MBA em Gestão em Energias Renováveis (392h/aula), em parceria com o Centro Universitário Farias Brito (FIEC on line, 2023), e o Curso de Gestão de Energias Renováveis e Hidrogênio Verde (64 h/aula).

3.3.4 Expressão Científica-Tecnológica

Um importante marco no contexto no H₂V foi o lançamento, em março de 2024, da Rede de Pesquisa e Inovação em Energias Renováveis (Rede VERDES) (FIEC on line, 2023): uma iniciativa que tem como objetivo a realização de pesquisas básicas e aplicadas de forma colaborativa e multidisciplinar em torno de diversos tipos de energias limpas. O IEL/FIEC, enquanto Instituição Científica Tecnológica (ICT), articula esta estratégica rede a qual fortalece a aproximação da academia com o setor produtivo. No seu lançamento, a Rede ficou constituída por mais de 100 pesquisadores ligados a 26 Unidades de Pesquisa de 14 Instituições de Ensino Superior e ICT. Ressalta-se a possibilidade de transferência de tecnologia da Rede VERDES para o setor de energia, gerando impactos socioeconômicos e ambientais (FIEC on line, 2024).

O Centro de Excelência em Transição Energética Jurandir Picanço, considerado o primeiro no âmbito da Confederação Nacional da Indústria, é outro exemplo da prioridade dado pelo Ceará na inovação, ratificando o compromisso da FIEC no esforço para a descarbonização. A inauguração das infraestruturas (FIEC on line, 2024) ocorreu em março de 2024, contribuindo com a capacitação e treinamento da força de trabalho destinada a produção de energia limpa no Estado (FIEC on line, 2022). Em 2024, foi divulgado o

“Índice FIEC de Inovação dos Estados”. Com ele, é possível conceber e tomar decisões de políticas públicas em prol do ecossistema inovador, com participação de empresários, universidades, entidades públicas e terceiro setor (FIEC, 2024b, p. 14). No resultado geral, pelo segundo ano consecutivo, o Ceará foi o Estado mais inovador na região Nordeste, alcançando a 8ª posição no ranking nacional (FIEC on line, 2024). Da leitura do Quadro 3, é possível inferir uma base de informações essenciais para a definição de estratégias e políticas de Estado capazes de modificar a realidade do ecossistema de inovação, conduzindo a indústria a um novo patamar de produtividade e competitividade (Souza Filho, 2019).

Quadro 3: Posição relativa do Ceará no índice FIEC de Inovação

Indicador	Brasil	Nordeste
Capital Humano (Graduação)	11º	3º
Capital Humano (Pós-Graduação)	9º	2º
Mestres e Doutores	11º	2º
Investimento Público e Financiamento em C,T&I	9º	1º
Infraestrutura	19º	6º
Instituições	11º	2º
Competitividade Global	8º	1º
Empreendedorismo	27º	9º
Produção Científica	13º	5º
Intensidade Tecnológica e Criatividade	4º	1º
Propriedade Intelectual	13º	4º
Sustentabilidade Ambiental	5º	2º
Posição Geral do Estado do Ceará	8º	1º

Fonte: Índice FIEC de Inovação dos Estados 2024 (FIEC, 2024b).

No contexto da transição energética, o Índice FIEC de Inovação seria uma ferramenta de análise e decisão fundamental que veio para facilitar a compreensão de cenários no Ceará, podendo, certamente, contribuir no processo de transição energética no Estado. Dos dados apresentados no Quadro 3, o cenário negativo que mais se sobressaiu foi o baixíssimo nível de empreendedorismo no âmbito nacional. Considerado central na disseminação da inovação, o empreendedorismo promove a criação e a consolidação de empresas que impulsionam um ambiente de negócios dinâmico. No Índice 2024, o Estado do Ceará está na última posição nacional. Em tais circunstâncias, há de se tomar medidas que possam reverter esse quadro (FIEC, 2024b, p. 44).

3.4 REFLEXÕES ENTRE A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Analisando os dois fatos estudados (afastados na linha do tempo e do espaço), enquanto a 1ª Revolução Industrial houve uma forte conjugação de recursos energéticos e tecnológicos, impulsionando extraordinariamente o setor industrial inglês; na Transição Energética no Ceará, se observa uma intensa conjugação do complexo industrial com o tecnológico, resultando na produção de H₂V. Assim, ao longo da pesquisa, há circunstâncias que se assemelham e outras que se diferem. Aos critérios que se assemelharam, é lícito concluir que o Estado teria um ótimo *benchmak* em manter os planejamentos em vigor, permitindo-lhe referenciar-se em sucessos do passado. Em contrapartida, aos critérios que se diferenciaram, seria possível refletir criticamente cada situação, ratificando ou retificando ações estratégicas que pudessem manter ou melhorar o processo de implantação e consolidação do H₂V. Nesta dinâmica, as referências históricas do primeiro evento, poderia, eventualmente, orientar a tomada de decisão no presente, indo ao encontro das assertivas de Maquiavel, Peccorato e Koselleck.

Assim, o Quadro 4, a seguir, fornece subsídios que permitem desenvolver uma análise crítica. Na Expressão Política, os dois eventos possuem semelhanças com destaque para a concepção da Hélice Tríplice no Estado, a qual tem sido um diferencial na implantação do H₂V no Ceará. Na Expressão Econômica, a transição energética no Ceará está associada ao uso de energias renováveis, não poluidoras e de reduzido impacto ambiental, condições bem mais favoráveis àquelas verificadas no século XVIII. Entretanto, surge um grande desafio em todo esse processo que seria buscar alternativas para o estresse hídrico no Estado do Ceará. Acompanhar os investimentos em infraestrutura econômica, especialmente no sistema de transportes, melhorar o empreendedorismo na sociedade cearense e atentar sobre os aspectos de impostos, tributação e custos trabalhistas são condicionantes que merecem atenção. Na Expressão Social, os dois eventos possuem semelhanças pois os gestores públicos e privados impulsionaram a capacitação de recursos humanos a fim de proporcionar educação aos jovens e qualificação e especialização técnica adequada à força de trabalho designada para desempenhar as funções no complexo ambiente que compõe o sistema industrial e energético.

Quadro 4: A 1ª Revolução Industrial e o Processo de Transição Energética no Ceará

Critérios Comparativos	Revolução Industrial	Transição Energética
Expressão Política		
Posição (Localização)	Ótima (Atlântico Norte)	Muito boa (Atlântico Sul)
Rotas Marítimas	Acesso a importantes rotas de comércio marítimo	Idem
Integração Política	Forte aliança entre Nobreza e Poder Econômico	Forte integração entre Governo, Indústria e Academia (Triple Helix)
Matéria-prima	Minério de ferro, carvão, lã e algodão	Fontes ricas de energia renovável (sol e vento)
Energia	Não renovável e poluente	Renovável e não poluente
Transporte (mercado interno e comércio internacional)	Estrada, ferrovia e marítimo	Idem
Mercado consumidor externo	Europa	Idem
Investimento de Capital	Infraestrutura em transporte, indústria e energia	Necessidade de investimentos em infraestrutura econômica
Vantagens Competitivas	Divisão de tarefas, linha de produção, produtividade, economias de escala e redução de custos	Energia renovável, H_V Hub
Empreendedorismo	Alto	Baixo
Impacto Ambiental	Alto	Baixo
Impostos e Tributação	Não abordado no artigo	Requer atenção
Custos de Trabalho	Não abordado no artigo	Requer atenção
Expressão Econômica e Social		
Recursos Humanos	Especializados	Alta Especialização (Qualificação H-TEC)
Expressão Científico-Tecnológica		
Tecnologia	Pesquisa e desenvolvimento intensivos; Alto número de inovações e registros de patentes (invenções)	Triple Helix (Governo Estadual, UFC, IFCE, IEL e SENAI); Rede VERDES e Pícnó Centro de Excelência em Transição Energética

Fonte: Dados dos pesquisadores

Na Expressão Científica-Tecnológica, os dois eventos possuem semelhanças tendo em vista o empenho de Instituições que compõem a Tríplíce Hélice estarem focadas na pesquisa e desenvolvimento. O destaque é para a condução de capacitações por intermédio da Rede VERDES e o Centro de Excelência em Transição Energética Jurandir Picanço.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A História ajuda a desenvolver o pensamento crítico ao compreender o que aconteceu no passado, contribuindo, a posteriori, na capacidade de ajudar a obter novas perspectivas no momento presente. Foi neste sentido que a 1ª Revolução Industrial foi a

referência histórica para projetar seus principais acontecimentos, ocorridas no século XVIII, na transição energética ora em andamento no Ceará. Nos campos político, econômico, social e científico-tecnológico, foram possíveis levantar critérios que se assemelharam e se diferenciaram no complexo cenário do desenvolvimento da cadeia de produção do H₂V no Estado. Por isso, o presente artigo teve como objetivo geral refletir e comparar a 1ª Revolução Industrial com a transição energética no Ceará. E fruto destas reflexões, descrever o quanto o primeiro poderia oferecer insights e contribuir criticamente no contexto da transição energética em vigor.

A pesquisa atingiu seus objetivos ao fornecer insights, ocorridos no século XVIII, nos atuais cenários no Ceará, inclusive aspectos que possam ser melhorados nas atuais circunstâncias a fim de consolidar a transição energética. A abordagem qualitativa (revisão de literatura), foi fundamental para compreender as dinâmicas históricas ocorridas na Inglaterra e as realidades vividas no Ceará, permitindo a construção de um pensamento crítico do segundo, baseado no primeiro. Apesar de serem acontecimentos separados na linha do tempo e do espaço, em conjunturas específicas de cada momento histórico, a pesquisa revelou que a 1ª Revolução Industrial fornece entendimentos que podem, eventualmente, aprimorar a análise crítica e a tomada de decisões de gestores políticos, econômicos e acadêmicos em prol da consolidação da transição energética no Ceará. Confirma-se, portanto, que a História mostra-nos ser uma grande aliada em interpretar o passado, facilitar a compreensão do presente e contribuir na definição de uma perspectiva futura.

REFERÊNCIAS

- ALBERTO, C. Porto do Pecém 22 anos: uma infraestrutura fundamental para a economia do Ceará. Fortaleza: Jornal Diário do Nordeste, 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bhlB>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- ALLEN, R. C. Why the industrial revolution was British: commerce, induced invention, and the scientific revolution. *The Economic History Review*, 2011.
- APAIXONADOS POR HISTÓRIA. Atos de navegação de 1651. Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://shre.ink/bC08>. Acesso em: 12 dez. 2024.
- ARRUDA, J. J. de A. A revolução industrial. São Paulo: Ática, 1988.
- BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. The projection of the state of Ceará on the international stage through FIEC in the production and exportation of green hydrogen and its impact on socioeconomic development in Ceará. 2024a. Disponível em: www.iosrjournals.org. Acesso em: 21 dez. 2024.
- BEZERRA, F. D. Hidrogênio verde: oportunidade para o Nordeste. *Caderno Setorial ETENE*, ano 8, n. 320, dez. 2023.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2): plano de trabalho trienal 2023-2025. Brasília, 2023.
- CAMPOS, I. Governo assina pré-contrato de R\$ 9 bilhões com empresa norueguesa para instalação de planta de H2V no Pecém. Fortaleza: Casa Civil, 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bhH3>. Acesso em: 19 jan. 2025.
- CASTRO, N.; BRAGA, S. L.; PRADELLE, F.; CHAVES, A. C.; CHANTRE, C. A economia do hidrogênio: transição, descarbonização e oportunidades. Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico, UFRJ, 2023. Disponível em: <https://shre.ink/bGUy>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- CAVALCANTE, J. R. M. Hidrogênio verde e energias renováveis: a oportunidade Ceará. Fortaleza: FIEC; Exército Brasileiro, 2023. Trabalho apresentado no 2º Encontro da Rede Nordeste de Estudos Estratégicos e Inovação.
- CEARÁ. Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho. Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE). Atlas eólico e solar. Disponível em: <http://atlas.adece.ce.gov.br/User?ReturnUrl=%2F>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Relatório ODS: os objetivos do desenvolvimento sustentável e as ações do Governo do Ceará. Fortaleza, 2022. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2024/01/Relatorio_ODS_2022.pdf. Acesso em: 29 nov. 2024.
- COMPLEXO DO PECÉM. Governador Elmano fortalece parceria com o Porto de Roterdã, um dos mais importantes do mundo. Fortaleza, 2025. Disponível em: <https://shre.ink/bhHK>. Acesso em: 15 jan. 2025.

DIAS, F. L.; SOUSA, G. G. de; AMARAL, T. F. M. C.; CASTRO, R. M. M. de. As pesquisas qualitativas, quantitativas e seus procedimentos. *Humanidades & Tecnologia (FINOM)*, v. 49, jul./set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12682772>.

DOMINGUES, J. E. *Oliver Cromwell promulga os Atos de Navegação*. São Paulo: Ensinar História, 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bC0W>. Acesso em: 12 dez. 2024.

FALCÃO, L. IDEB 2023: Ceará tem a melhor rede pública do Brasil no ensino fundamental e a terceira melhor nota no ensino médio. Fortaleza: Casa Civil, 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bGcf>. Acesso em: 21 jan. 2025.

FIEC ONLINE. Sistema FIEC e Governo do Ceará lançam livro de relatório final do Masterplan do Hidrogênio Verde no Ceará. Fortaleza, 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bhl6>. Acesso em: 15 jan. 2025.

FIEC ONLINE. Ricardo Cavalcante e Elmano de Freitas participam do lançamento do projeto estadual H-TEC, voltado para qualificação profissional em energias renováveis. 06 maio 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bhmn>. Acesso em: 06 dez. 2024.

FIEC ONLINE. FIEC sedia lançamento da primeira rede de pesquisa e inovação em energias renováveis do Ceará. 12 mar. 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bh1J>. Acesso em: 22 mar. 2024.

FIEC ONLINE. Ceará é o estado mais inovador do Nordeste e avança em ranking nacional. 17 dez. 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bh1R>. Acesso em: 15 jan. 2025.

FIEC ONLINE. Ricardo Cavalcante participa da solenidade de retomada do Pacto pelo Pecém. 24 ago. 2023. Disponível em: <https://shre.ink/bhmc>. Acesso em: 11 jan. 2025.

FIEC ONLINE. SENAI CE inicia aulas práticas para multiplicadores em energias renováveis do projeto H-TEC. 26 jun. 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bh1Y>. Acesso em: 29 nov. 2024.

FIEC NOTÍCIAS. Centro de excelência para transição energética Prof. Jurandir Picanço é inaugurado no SENAI Barra do Ceará. 07 mar. 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bh1O>. Acesso em: 05 nov. 2024.

FIEC ONLINE. IEL Ceará promove aula inaugural do MBA em gestão em energias renováveis. 25 ago. 2023. Disponível em: <https://shre.ink/bh16>. Acesso em: 25 dez. 2024.

FIEC ONLINE. FIEC lança centro de excelência de transição energética. 25 maio 2022. Disponível em: <https://shre.ink/bh17>. Acesso em: 26 nov. 2024.

FIEC. *Masterplan hidrogênio verde Ceará: construindo o hub de hidrogênio verde do Ceará – relatório final*. Fortaleza, 2024.

FIEC. *Observatório da Indústria. Índice FIEC de inovação dos estados. 2024b*. Disponível em: <https://shre.ink/bhQo>. Acesso em: 17 jan. 2025.

FIEC. Programa ESG. 2024c. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/esg>. Acesso em: 29 nov. 2024.

IANNONE, R. A. A revolução industrial. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1992.

IFCE. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Especialização em hidrogênio verde. 06 fev. 2024. Disponível em: <https://shre.ink/bh14>. Acesso em: 26 nov. 2024.

IGLÉSIAS, F. A revolução industrial. 10. ed. São Paulo: Brasiliense, 1990.

IEA. International Energy Agency. Hidrogênio na América Latina: de oportunidades no curto prazo à implantação em larga escala. Sumário executivo. 2021. Disponível em: <https://shre.ink/bh1u>. Acesso em: 13 dez. 2024.

IEA. Global hydrogen review. 2022. Disponível em: <https://shre.ink/bh2p>. Acesso em: 11 nov. 2024.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Geopolitics of the energy transformation: the hydrogen factor. Abu Dhabi, 2022. Disponível em: <https://shre.ink/bGUT>. Acesso em: 21 dez. 2024.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LANDES, D. Prometeu desacorrentado: transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, de 1750 até os dias de hoje. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

LIMA, E. C. de; OLIVEIRA NETO, C. R. de. Revolução industrial: considerações sobre o pioneirismo industrial inglês. Revista Espaço Acadêmico, n. 194, jul. 2017.

MAQUIAVEL, N. O príncipe. Tradução de Rafael Arrais. São Paulo, 2023.

MELLO, J. M. S. de. Inovações técnicas na Revolução Industrial Inglesa: duas visões. 2012. Pré-projeto de monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Rio de Janeiro, 2012.

OLIVEIRA, R. C. de. Panorama do hidrogênio no Brasil. Texto para Discussão 2787. Brasília: IPEA, 2022.

O OTIMISTA. Porto do Pecém celebra 22 anos e projeta investimentos de R\$ 2,2 bilhões até 2028. São Paulo, 2024.

PECORARO, R. Filosofia da história. Rio de Janeiro: Zahar, 2021.

PEREIRA, H. M.; GOMES, J. P. de O. Importância do ensino de história na formação do estudante como indivíduo. Veredas da História, v. 15, n. 1, p. 9-20, jun. 2022.

RACCICHINI, A.; CONTARDI, M.; RISTUCCIA, M. S. Innovative energy climate action: part 4 – the Brazilian hydrogen move. FGV Europe, 2022. Disponível em: <https://shre.ink/bh2U>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SILVA, F. J. R. da et al. Fatores de forma e de escala da distribuição de probabilidade Weibull: um estudo de caso para dados de recursos eólicos da região Nordeste do Brasil. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 12, n. 1, p. 229-239, abr. 2020.

SOUZA FILHO, J. S. de. *Movido por ideias: a arte de empreender com inovação*. Fortaleza: E2 Editora, 2019.

UFC. Universidade Federal do Ceará. Potenciais do Estado do Ceará para produção de hidrogênio verde. Pecém: Complexo do Pecém, 2021. Disponível em: <https://shre.ink/bh1h>. Acesso em: 08 nov. 2024.

VASILEVA, A. Hydrogen market updates from across Latin America. *Intelligence Report. World Hydrogen Leaders, Chile*, 2023. Disponível em: <https://shre.ink/bh1G>. Acesso em: 10 nov. 2024.

CAPÍTULO 7:

VANTAGENS COMPETITIVAS DO CEARÁ NA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE PARA A EUROPA: UMA ABORDAGEM TEÓRICO-EMPÍRICA SOB A PERSPECTIVA DA RESOURCE-BASED VIEW¹

Márcio Carneiro Barbosa

Bacharel em Relações Internacionais – UNISUL; Bacharel em Tecnologia de Comércio Exterior – UNISUL; Pós-graduação MBA em Gestão de Energias Renováveis – Fbuni/IEL; Pós-graduação em Docência no Ensino Superior – UFRJ; MBA em Logística Empresarial – FGV; Mestre em Ciências Militares – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Brasileiro.

Rickardo Léo Ramos Gomes

Doutor (Tít. Cultural) em Ciências Biológicas – FICL; Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências – Universidade Estadual do Ceará – UECE; Pós-graduação Internacional em Paleontologia (Tít. Cultural) – FICL; Bacharel em Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Licenciatura breve em Matemática, Química, Física e Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

RESUMO

Contexto: Este artigo discute a aplicabilidade da Resource-Based View (RBV) no Estado do Ceará em relação à produção de hidrogênio verde (H2V). Aborda as mudanças climáticas, os efeitos do aquecimento global e o surgimento do H2V como solução para a transição energética, destacando sua relevância para o contexto local. Materiais e Métodos: A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica e documental. As fontes consultadas foram classificadas em três categorias: (1) aquecimento global, transição energética e H2V; (2) fundamentos teóricos da RBV; e (3) aplicações da RBV no ambiente doméstico do Ceará. Resultados: A análise permitiu identificar recursos, capacidades e vantagens competitivas do Estado do Ceará na produção de H2V, evidenciando o potencial do território como fornecedor estratégico. Os achados mostraram que a RBV é aplicável à cadeia de valor do H2V, permitindo uma compreensão aprofundada dos ativos locais. Conclusão: Os resultados indicam que a gestão estratégica pode se beneficiar da RBV ao impulsionar as vantagens competitivas do Ceará, fortalecendo sua posição como fornecedor de hidrogênio verde para a Europa.

Palavras-chave: Resource-Based View; Ambiente de Negócios; Aquecimento Global; Vantagens Competitivas.

1 INTRODUÇÃO

Observando a conjuntura socioambiental, os desastres naturais e os efeitos das mudanças climáticas neste século XXI, tais circunstâncias permitiram a comunidade

¹Uma versão deste artigo foi publicada em inglês pelo IOSR Journal of Business and Management. O referido Jornal atribuiu o seguinte DOI CODE: 10.9790/487X-2704023042.

internacional conscientizar-se pela descarbonização da economia, impulsionando diversas políticas energéticas para compensar o uso de combustíveis fósseis.

E o Estado do Ceará não poderia ficar alheio a este momento crucial, motivo pelo qual iniciou, também, um processo de transição energética a fim de aproveitar as oportunidades oferecidas mundialmente para poder contribuir e participar, como provedor de energia, na descarbonização do planeta. E o cenário é promissor quanto à produção do hidrogênio verde (H₂V) graças a disponibilidade de vantagens no Estado advindas de recursos e capacidades existentes.

No tocante ao planejamento e gestão desta transição no Ceará, os gestores de alto nível possuem uma variedade de ferramentas à disposição, permitindo-lhes analisar mais detalhadamente o ambiente de negócios. Após o uso dessas metodologias, as decisões seriam consubstanciadas em prol da gestão estratégica e do fortalecimento da atividade energética-econômica, refletindo direta e positivamente nos objetivos e metas definidas na cadeia de valor do H₂V. Para tanto, uma destas ferramentas é a Visão Baseada em Recursos (do inglês *Resource Based View* - RBV) ao guiar decisões gerenciais e contribuir com o diagnóstico estratégico antevendo, fomentando, criando e mantendo vantagens competitivas perante seus concorrentes.

Sobre a metodologia utilizada, foi escolhido o método qualitativo. Quanto aos meios de investigação, o estudo foi bibliográfico e documental realizado em publicações (nacionais e estrangeiras), relatórios de organismos internacionais, artigos científicos, livro e sítios na internet. A partir da consulta e consolidação destes materiais, foram possíveis levantar as questões mais importantes relacionadas no presente estudo.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar as contribuições de uma corrente de pensamento da área da estratégia empresarial (RBV) na atual conjuntura do H₂V no Ceará. E fruto desta análise, permitir aos tomadores de decisão de alto nível um quadro situacional que lhes proporcione maior clareza na formulação de estratégias empresariais no âmbito da gestão organizacional. Com isso em mente, contribuiria para que o Estado criasse, desenvolvesse e consolidasse vantagens competitivas frente a seus concorrentes mundiais ao produzir e exportar este vetor de energia (combustível do futuro) ao mercado europeu.

Os objetivos específicos estabelecidos são: descrever as circunstâncias do aquecimento global, da transição energética e do protagonismo do H₂V; apresentar a concepção geral da ferramenta RBV e comprovar a exequibilidade de aplicá-la nas situações e iniciativas levadas a cabo pelo Estado por contribuir nas avaliações da competitividade do Ceará na produção e exportação para a Europa.

Este artigo está estruturado em quatro seções que proporcionam uma análise da RBV aplicáveis no atual ambiente de negócios no Ceará. A primeira seção, Introdução, apresenta o tema central do estudo. A segunda seção, Metodologia, descreve a abordagem adotada para a pesquisa, incluindo as estratégias de coleta de dados e análise. A Fundamentação Teórica, terceira seção, oferece uma explicação sobre o aquecimento global, a transição energética e o protagonismo do H₂V como uma solução da transição energética; os conceitos gerais da estratégia RBV e sua aplicabilidade no contexto da cadeia de valor do H₂V. Por fim, a seção Considerações Finais sintetiza os principais achados da pesquisa, destacando as vantagens da aplicação dos conceitos da RBV pelos decisores de alto nível quando da produção e exportação do H₂V para a Europa.

2 METODOLOGIA

A abordagem adotada nesta pesquisa foi de natureza qualitativa, pois o objetivo principal foi aplicar os conceitos da RBV na atual conjuntura da produção e exportação do H₂V do Ceará para a Europa. Esta abordagem é amplamente reconhecida no mundo científico por sua capacidade de proporcionar análises contextuais, permitindo uma avaliação do ambiente interno vivido no Estado do Ceará no atual contexto da transição energética.

A pesquisa qualitativa foca na interpretação e na compreensão de fenômenos complexos, sendo fundamental em áreas que envolvem os recursos, as capacidades e as habilidades na produção de um vetor de energia onde as variáveis internas e externas são amplas e dinâmicas. González (2020) destaca que na Pesquisa Qualitativa, o Lugar Epistemológico é ocupado pelos pesquisadores, assumindo os compromissos cognitivos com a qualidade da pesquisa.

O procedimento de pesquisa adotado foi a revisão de literatura e uma análise documental, essenciais na construção do conhecimento científico, pois permite uma análise crítica e integrada das informações existentes sobre um determinado tema.

De acordo com Lakatos e Marconi (2017), a revisão bibliográfica contribui para uma ampliação do entendimento acerca do objeto de estudo, além de promover a consolidação de abordagens fundamentadas. Para a realização dessa revisão, as fontes de pesquisa foram selecionadas e classificadas em três categorias principais: (1) fontes específicas sobre o aquecimento global, transição energética e H₂V no Ceará, (2) fontes da literatura que detalham os conceitos da RBV e (3) fontes que permitem caracterizar a

aplicabilidade da estratégia RBV no atual contexto de produção de H₂V no Ceará e sua exportação para a Europa.

A classificação dessas fontes permitiu uma análise mais precisa e contextualizada, possibilitando a construção de uma discussão robusta sobre a aplicabilidade da RBV na atual conjuntura do Ceará quanto à produção e exportação de H₂V para a Europa.

A revisão bibliográfica e documental foi conduzida por meio da consulta a publicações (nacionais e estrangeiras), relatórios de organismos internacionais, artigos científicos, livro e sítios na internet, garantindo uma abrangência que refletisse as contribuições mais relevantes e atuais nas temáticas administração estratégica e energética.

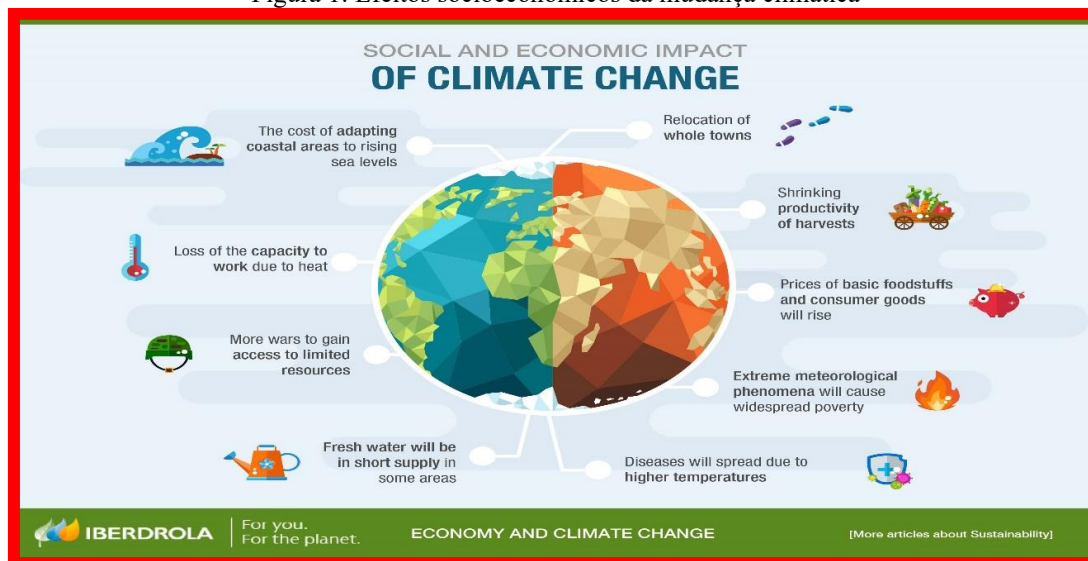
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta fundamentação foi organizada em três subtópicos. No primeiro, se esclareceu sobre o aquecimento global, a transição energética e o protagonismo do H₂V na transição energética ante os efeitos das mudanças climáticas. No segundo, a concepção geral da RBV mediante a apresentação dos principais conceitos de alguns pensadores importantes. E no terceiro, as contribuições e a aplicabilidade dos conceitos RBV na atual conjuntura do Estado do Ceará fruto das situações e iniciativas implementadas no contexto da produção e exportação de H₂V à Europa.

3.1 O AQUECIMENTO GLOBAL, A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA MUNDIAL E O H₂V

Inundações em zonas costeiras pelo aumento dos níveis dos mares; diminuição da capacidade de trabalho e propagação de doenças pelas altas temperaturas; dificuldade de acesso a fontes de água potável, diminuição da produção agrícola afetada pelos eventos climáticos adversos e aumento dos preços dos alimentos são exemplos comuns dos efeitos das mudanças climáticas em diversas cidades, trazendo-lhes a tragédia de perdas de vidas humanas aliado a diversos e desastrosos impactos socioeconômicos (Figura 1).

Figura 1: Efeitos socioeconômicos da mudança climática

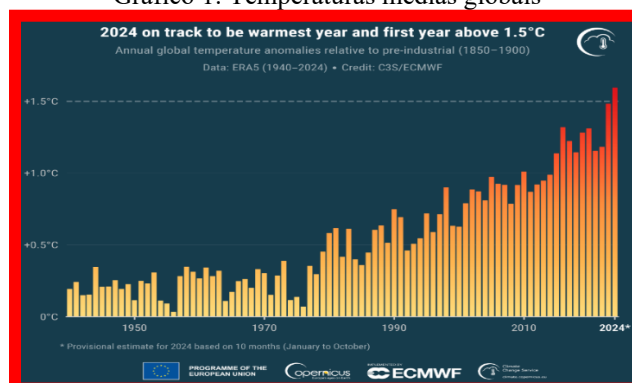


Fonte: Iberdrola².

Outros eventos têm ficado cada vez mais frequentes como secas generalizadas, derretimento de geleiras e aumento da temperatura média global. Tais ocorrências já tinham sido apresentadas no Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), em 2007 (Holanda, 2016).

Recentemente, o ano de 2024 entrou para a história como o mais quente desde o período pré-industrial (1850-1900). Indo de encontro ao Acordo de Paris, a média global da temperatura do ar excedeu 1,5°C acima desse marco histórico pela primeira vez (Gráfico 1). Este limite, já considerado crítico pelo IPCC, estava previsto para ser atingido no final desta década (Martinez, & Christofolletti, 2024).

Gráfico 1: Temperaturas médias globais



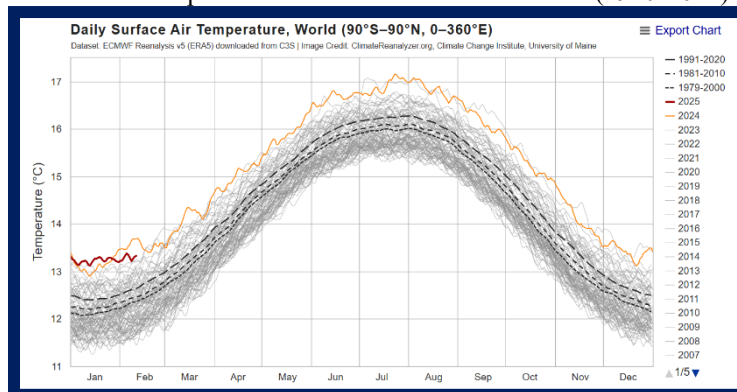
Fonte: Observatório Climático da Comissão Europeia Copernicus³.

² Iberdrola. How is climate change affecting the economy and society? Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustainability/impacts-of-climate-change>. Acesso em 17 fev. 2025.

³ Copernicus: Second-warmest November globally confirms expectation for 2024 as warmest year | Copernicus Acesso em 17 fev. 2025.

Outro dado alarmante se encontra no Gráfico 2. A linha laranja mostra as temperaturas em 2024 como o ano mais quente já registrado, ultrapassando os recordes de 2023 (cinza) e muito acima das médias históricas dos períodos 1979-2000, 1981-2010 e 1991-2020. Esse aumento contínuo das temperaturas por décadas denota o aquecimento global em curso (Martinez e Christofolletti, 2024).

Gráfico 2: Temperatura média diária do ar no mundo (1940-2024)



Fonte: Climate Reanalyzer (Climate Change Institute, University of Maine).⁴

Neste desafiador contexto climático e ambiental, surge o H₂V (produzido a partir de energias renováveis) como uma solução alternativa para compensar o uso dos combustíveis fósseis. Atualmente, é considerado o pilar da transformação energética mundial, assumindo, comprovadamente, importância capital nas estratégias relacionadas à transição de energia de diversos países, sobretudo, por possibilitar uma alternativa para setores de forte carbonização (MME, 2023). Este posicionamento é convergente com o relatório de Políticas em Apoio ao Fórum Político de Alto Nível das Nações Unidas⁵ quando aponta o H₂V como uma solução-chave para setores de difícil descarbonização (Santos, 7 Gandara, 2022).

E o Governo do Estado do Ceará, em estreita cooperação, coordenação e integração com a Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC), Instituições de Ensino Superior e em parceria (acordos) com empresas nacionais e estrangeiras, assumiu o compromisso de desenvolver a cadeia de H₂V no Estado (no Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP) com o “estado final desejado” de ser um *global player* na cadeia de suprimento mundial deste vetor de energia ao contribuir na solução na transição energética global. E

⁴ Climate Reanalyzer. Disponível em: https://climatereanalyzer.org/clim/t2_daily/?dm_id=world. Acesso em 17. Fev. 2025.

⁵ *Policy Briefs in Support of the High-Level Political Forum 2022. Addressing Energy's Interlinkages with others SDGs*. Disponível em: 2022-UN_SDG7 Brief-060122.pdf Acesso em 15 jan. 2025.

no tocante ao planejamento estratégico e ao processo decisório de alto nível, qual a ferramenta que poderia ser útil para mapear as possíveis vantagens competitivas do Estado ante os concorrentes mundiais? Uma solução à disposição dos gestores seria a Visão Baseada em Recursos (RBV).

3.2 CONCEPÇÃO GERAL DA VISÃO BASEADA EM RECURSOS (RBV)

Michael Eugene Porter e outros estudiosos no campo do planejamento estratégico desenvolveram diversos modelos e estruturas de análise para a formulação de estratégias sobre os pontos fortes e fracos, bem como sobre as oportunidades e ameaças ambientais para entender as fontes das vantagens competitivas (Porter 1980, apud Kretzer, & Menezes, 2006). Entretanto, o presente artigo não concentrar-se-á completamente na clássica e consagrada abordagem da matriz *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*), técnica usada por organizações para identificar e analisar as fortalezas e as fraquezas (ambiente interno) e as oportunidades e as ameaças (campo externo) de um plano de negócio (Kuazaqui et al., 2018).

No caso específico, o estudo basear-se-á somente no ambiente interno das organizações, buscando descrever como as variáveis existentes poderiam fomentar, criar, desenvolver e consolidar as tão pretendidas vantagens competitivas perante os concorrentes. Os estudos apontaram somente para as variáveis internas e controláveis que proporcionariam vantagens para o sistema, permitindo robustecê-las, superando ameaças e aproveitando oportunidades emergentes (ESG, 2023). Trata-se da RBV, cuja origem decorreu das valiosas contribuições da economista Edith Penrose, elaboradas em *The theory of the growth of the firm*, de 1959. Segundo Penrose, as empresas, sob os efeitos de suas habilidades e capacidades, gerariam e manteriam vantagens competitivas por meio do desenvolvimento de recursos internos à organização, capazes de atrair rentabilidade superior (apud Kretzer, & Menezes, 2006; Guedes Laimer, & Rossato Laimer, 2009; Augusto, 2017).

Tais fundamentos indicariam que o desempenho das empresas dependeria de recursos construídos por meio da acumulação interna mediante a criação, manutenção e renovação de vantagens competitivas associadas aos atributos internos (Foss, 1993 apud Kretzer, & Menezes, 2006). Nestas circunstâncias, não analisar-se-ia a organização com base em seus produtos e sim os seus recursos, ou seja, qualquer coisa que poderia ser pensado como uma força ou fraqueza de uma determinada empresa (Wernerfelt, 1984, apud Vilela, & Jhuniior, 2018). Para Mintzberg et al. (2020), o foco da RBV é a origem, o

desenvolvimento e a sustentação das capacidades das organizações – uma visão de dentro para fora, voltando-se para o interior com o objetivo de investigar as forças e as deficiências de seu posicionamento em relação aos recursos da organização. Assim, os recursos estratégicos seriam considerados essenciais para a definição da estratégia e também para a definição da vantagem competitiva das organizações, sendo este o próprio pressuposto da RBV (Gohr et al., 2011).

Por isso, a RBV se baseia nas competências, capacidades e habilidades como sendo a base de conhecimento produtivo e organizacional, permitindo os gestores entender as condições pelas quais os recursos gerariam vantagem competitiva, de fundamental importância para a visão estratégica da empresa (Barney, 1991, apud Kretzer, & Menezes, 2006). Com os conceitos da RBV, as organizações possuiriam melhores condições de desempenhar uma atividade por conquistar e manter vantagens competitivas mediante o desenvolvimento de recursos internos, de uma forma ou de outra, superiores aos dos concorrentes (Augusto, 2017; Gohr et al., 2011). Com este acurado diagnóstico, seria possível capitalizar as oportunidades por meio dos pontos fortes; melhorar os pontos fracos; monitorar as ameaças por meio dos pontos fortes e eliminar os pontos fracos face às ameaças ambientais (Martignago, 2011). A importância da RBV se relaciona com diversas áreas do conhecimento sendo amplamente reconhecida como uma das mais importantes e poderosas teorias para descrever, explicar e prever relações organizacionais (Barney, Ketchen & Wright, 2011 apud Vilela, & Jhuniór, 2018). Como esclarecimento, neste artigo, o ambiente interno consiste em tudo que está dentro das fronteiras da organização, a partir do que a empresa dispõe de recursos, capacidades e competências que ela pode fazer ou identificar o que poderia fazer (Martignago, 2011), permitindo-lhe definir e implementar estratégias em seu modelo de negócios (Guedes Laimer, & Rossato Laimer, 2009).

3.2.1 Tipos de recursos internos na Visão Baseada em Recursos (RBV)

Barney (1991, apud Guedes Laimer, & Rossato Laimer, 2009; Augusto, 2017) aponta que os recursos incluem ativos, capacidades, processos organizacionais, informações e conhecimentos controlados por uma empresa que possibilitar-lhe-ia criar e seguir estratégias que melhorassem sua eficiência e eficácia. Recursos de capital físico (tecnologia, fábrica, equipamentos, localização geográfica e acesso a matérias-primas), recursos de capital humano (treinamento, experiência, inteligência e relacionamentos) e

recursos de capital organizacional (sistemas e estruturas formais e relações informais dos grupos) foram exemplos descritos por Barney (1991).

Com base na perspectiva de Penrose (1959) e Barney (1991), a vantagem competitiva relacionar-se-ia ao fato de as empresas possuírem um conjunto de recursos distintivos que satisfizessem as demandas dos mercados onde atuassem (Augusto, 2017). Para tanto, estes recursos poderiam ser tangíveis e intangíveis, uma divisão amplamente reconhecida na literatura de estratégia empresarial (Gohr et al., 2011). Com a identificação destas diferenças, os gestores e decisores poderiam utilizá-los para escolher e implementar suas estratégias, constituindo-se em fonte de capacidades que pudessem garantir a vantagem competitiva (Martignago, 2011). Conceitualmente, os tangíveis são vistos e quantificados, como as máquinas, os equipamentos, as instalações e os recursos financeiros disponíveis. Os intangíveis, ao contrário, são mais difíceis de identificar e quantificar; não são palpáveis e concretos; são recursos que estão incrustados e, por isso, são de difícil entendimento e imitação, como confiança, conhecimento organizacional e reputação (Martignago, 2011). Para um melhor entendimento, Hitt, Ireland, & Hoskisson (2003) propuseram a classificação de recursos tangíveis e intangíveis, conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Classificação dos recursos e capacidades

Tangíveis	Financeiros	Disponibilidade de recursos financeiros, capacidade de gerir fundos internos, captar capital externo e reter lucros.
	Físicos	Localização geográfica das fábricas, existência de máquinas e equipamentos, acesso a matérias-primas e canais de distribuição.
	Tecnológicos	Ativos que geram produtos e serviços respaldados por patentes, registro de marcas e direitos autorais; P&D e C&T.
	Organizacionais	Sistemas formais de planejamento, comando e controle; sistemas integrados de administração, informação e comunicação; relacionamento com públicos externos e trabalho em equipe.
Intangíveis	Humanos	Treinamento de gestores e funcionários, experiência, inteligência, relacionamentos, conhecimento e talentos inerentes à empresa.
	Inovativos	Ambiente favorável a novas ideias, capacidade de P&D e aptidão para a inovação e mudanças organizacionais.
	Reputacionais	Capacidade de desenvolver e aprimorar a reputação como fornecedora de produtos e serviços, empregadora atrativa e entidade com responsabilidade social corporativa.

Fonte: Hitt, Ireland, & Hoskisson, 2003, apud Guedes Laimer, & Rossato Laimer, 2009.

Entretanto, por si só, os recursos seriam incapazes de gerar uma vantagem competitiva pois uma organização, por exemplo, pode ter grande quantidade de capital que lhe possibilite a entrada no mercado internacional, mas estes recursos, somados aos recursos como máquinas e reputação, não significariam que a empresa teria sucesso na implementação da sua estratégia (Martignago, 2011). Neste caso, os recursos não são

apenas uma relação de capacidades, mas um conjunto de forças internas que interagem entre si, influenciando e sendo influenciados. Por isso, para ter vantagem competitiva, é preciso ter recursos capazes de desempenhar uma tarefa de forma integrada, empregando-os de forma dinâmica e organizada para atingir determinado objetivo, gerando uma interação complexa entre os tangíveis e os intangíveis (Martignago, 2011). Eis a premissa da RBV: a coordenação, a integração e a interação dos recursos internos da organização com vista a identificar, gerar e manter vantagens competitivas ao mesmo tempo que oferece oportunidades de crescimento dos negócios, direcionando o foco na formulação de estratégias.

3.2.2 Identificação de competência essencial e vantagem competitiva

Conforme apresentado anteriormente, os recursos internos se constituem em valiosas fontes de capacidade da empresa por contribuir na criação e manutenção de vantagens competitivas. Daí a necessidade e a importância de conhecer outro aspecto importante do RBV: as competências essenciais como origem, também, de vantagens competitivas por gerar valor para os clientes (Martignago, 2011). De acordo com Hamel e Prahalad (1999, apud Martignago, 2011), o conceito de competência essencial considera um conjunto de habilidades e tecnologias que permite uma empresa oferecer um determinado benefício aos clientes. Para estes autores, uma empresa detém uma competência essencial quando: a. Tem um conjunto de habilidades e tecnologias e não uma única habilidade e tecnologia isolada pois uma competência representaria a soma do aprendizado de todos os conjuntos de habilidades organizacionais; b. Gera valor percebido pelo cliente ao explorar suas competências essenciais e atender aos elevados padrões da concorrência. O valor é constituído pelas características e atributos de desempenho que as empresas proporcionam sob a forma de bens e serviços pelos quais o cliente está disposto a pagar; c. Tem uma habilidade que é competitivamente única que se diferencia da concorrência; e d. Tem capacidade de expansão ao gerar uma gama de novos produtos e serviços a partir dela.

Já para Hitt, Ireland, & Hoskisson (2003, apud Martignago, 2011), do ponto de vista estratégico, a competência essencial deveria ser a combinação de recursos e capacidades pelo fato de serem: a. Valiosos, permitindo beneficiar-se de oportunidades e/ou neutralizar ameaças do ambiente externo; b. Raros, sendo incomuns e quando poucos concorrentes possuem; c. Imperfeitamente imitáveis (recurso deve ser não apenas valioso e raro, mas também inimitável); e d. Insubstituíveis, quando não há equivalentes na indústria. Um

recurso pode ser raro e inimitável, mas não será estratégico se os concorrentes puderem encontrar um substituto para ele.

Destas considerações, Barney (1991, apud Guedes Laimer, & Rossato Laimer, 2009) desenvolveu um modelo teórico composto por critérios básicos para identificação dos recursos que geram vantagens competitivas (Quadro 2), permitindo a empresa concluir se um determinado recurso é ou não fonte de vantagem competitiva.

Quadro 2: Critérios para identificação da vantagem competitiva sustentável

Valioso?	Raro?	Difícil de Imitar?	Não Substituível?	Implicações Competitivas	Desempenho
Não	Não	Não	Não	Desvantagem Competitiva	Abaixo do Normal
Sim	Não	Não	Sim ou Não	Paridade Competitiva	Normal
Sim	Sim	Não	Sim ou Não	Vantagem Competitiva Temporária	Acima do Normal
Sim	Sim	Sim	Sim	Vantagem Competitiva Sustentável	Acima do Normal

Fonte: Adaptado de Barney (1991 apud Guedes Laimer e Rossato Laimer, 2009).

Ressalta-se que a posse de recursos com tais características (Quadro 2) não seriam por si só sinônimo de vantagem, mas a capacidade de integrá-los e desenvolvê-los, tornando-os, desta forma, vantajosos (Barney, 1991 apud Vilela, & Jhuniór, 2018). Em suma, a vantagem competitiva basear-se-ia na capacidade estratégica da empresa de coordenar o esforço humano e a habilidade de avaliar efetivamente a posição do recurso, em termos de pontos fortes e fracos com estratégias para explorar os ativos existentes na organização (Kretzer, & Menezes, 2006). Assim, se conclui, parcialmente, que aos gestores de alto nível caberia a análise detalhada do ambiente interno da empresa, enquadrando a situação presente e futura nos Quadros 1 e 2 e, a partir de então, identificar seus pontos fortes e as oportunidades de melhoria a fim de buscar, constantemente, aumentar suas vantagens competitivas perante os concorrentes.

3.3 SITUAÇÕES E INICIATIVAS DO CEARÁ NA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE H₂V À EUROPA

Em se tratando de um setor estratégico para a economia cearense devido à possibilidade de trazer desenvolvimento socioeconômico, melhoria na capacitação de recursos humanos especializados, o fomento da pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e até mesmo contribuindo para a transição energética mundial, tornar-se-ia

importante utilizar a ferramenta RBV como uma opção de oferecer uma melhor percepção nos planejamentos estratégicos. Observando o Quadro 1 e conjugando com fatos e acontecimentos ocorridos no Ceará, é possível constatar o que o Estado acumulou recursos e capacidades que poderiam contribuir com a geração e o desenvolvimento de vantagens competitivas, conforme os preceitos estabelecidos por Barney (1991).

a. Análise dos recursos e capacidades tangíveis no Estado do Ceará

1) Financeiros

O projeto de produzir H₂V vem alcançando cifras de bilhões de reais em investimentos, demonstrando a capacidade do Estado de atrair e gerir recursos financeiros de grande vulto. Alguns exemplos são apresentados a seguir: O Governo do Estado tem realizado investimentos com o objetivo de potencializar a utilização do CIPP como estratégia de desenvolvimento econômico além de fortalecer a infraestrutura logística-portuária do Pecém (IPECE, 2022). O Porto do Pecém (CIPP) projeta investimentos de R\$ 2,2 bilhões até 2028 com o objetivo de modernizar o hub, incluindo serviços de energia elétrica, água de reuso e outros segmentos ligados à infraestrutura de apoio⁶. O Banco Mundial e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio financiaram a infraestrutura do hub com US\$ 100 milhões (Vasileva, 2023). Em 2024, foi oficializado um pré-contrato avaliado em US\$ 3 bilhões com a empresa francesa *Voltalia*⁷ para a instalação de uma unidade de produção de H₂V e amônia verde no CIPP. No mesmo ano, foi assinado pré-contrato de R\$ 9 bilhões com a empresa norueguesa *Fuella AS*⁸ (desenvolvedora e operadora de usinas de H₂V) para instalação de uma planta na Zona de Processamento de Exportação do CIPP.

2) Físicos

Uma capacidade natural do Ceará se diz respeito ao regime de vento (até 36km/h, o que é considerado excelente) e radiação solar média anual de 5,5 kWh/m²dia, proporcionando a produção de energia eólica e solar fotovoltaica (energias renováveis) com custos menores em relação a outros produtores mundiais. Energias solar e eólica, que

6 Centro Internacional de Negócios (FIEC). Porto do Pecém celebra 22 anos e projeta investimentos de R\$ 2,2 bilhões até 2028. Disponível em: <https://www.cin-ce.org.br/mailclipping/detalhe/159334> Acesso em 17 fev. 2025.

7 FIEC. Ricardo Cavalcante e Carlos Prado recebem comitiva da Voltalia, produtora de energia renovável francesa. Disponível em: <https://www1.sfiec.org.br/fiec-noticias/search/159551/ricardo-cavalcante-e-carlos-prado-recebem-comitiva-da-voltalia-produtora-de-energia-renovavel-francesa>. Acesso em 16 jan. 2025.

8 CEARÁ. Governo assina pré-contrato de R\$ 9 bilhões com a empresa norueguesa para instalação de planta de H₂V no Pecém. Disponível em: [https://www.ceara.gov.br/2024/10/28/governo-do-ceara-assina-pre-contrato-de-r-9-bilhoes-com-a-empresa-norueguesa-para-instalacao-de-planta-de-hidrogenio-verde-no-pecem/#:~:text=Com%20um%20papel%20importante%20no,ZPE\)%20do%20Porto%20do%20Pec%C3%A9m](https://www.ceara.gov.br/2024/10/28/governo-do-ceara-assina-pre-contrato-de-r-9-bilhoes-com-a-empresa-norueguesa-para-instalacao-de-planta-de-hidrogenio-verde-no-pecem/#:~:text=Com%20um%20papel%20importante%20no,ZPE)%20do%20Porto%20do%20Pec%C3%A9m.). Acesso em: 18 fev. 2025.

podem ser produzidas no Estado durante todo o ano, são altamente complementares no Ceará, pois são fontes cujo pico de produção ocorre em momentos alternados ao longo do dia (FIEC, 2024). Estas condições geoeconômicas são favorecidas pelo fator de Weibull (Silva et al., 2020; ADECE, 2019) no tocante ao regime de vento; e pela localização no interior do cinturão solar, pelas baixas latitudes e proximidade da Linha do Equador (Barbosa, & Gomes, 2024a). Situado no Saliente Nordeste e às margens do Atlântico (maritimidade), o CIPP está em uma estratégica e privilegiada posição geográfica ao exportar, futuramente, o H₂V à Europa (Barbosa, & Gomes, 2024a). A própria construção do hub no CIPP⁹ em 2021 (Bezerra, 2023) aliou um complexo portuário e industrial, racionalizando custos e otimizando tempo, algo imprescindível na economia do hidrogênio, além de ter convergido com uma tendência mundial de geração de energia renovável próxima a portos estratégicos (Oliveira, 2022). Outro ponto que merece destaque é o acesso aos canais de distribuição, os quais, sendo bem estruturados, proporcionaria a disponibilidade de um produto no mercado e melhoria no índice de retenção dos clientes (Arbache et al., 2006 apud Barbosa, & Gomes, 2025). Neste caso, o governo estadual e o da Holanda estabeleceram, em 2023, o corredor marítimo Pecém-Roterdã, criando uma rota marítima para a comercialização deste vetor de energia, futuramente, no continente europeu (Vasileva, 2023). Para Porto de Roterdã¹⁰(2023), o objetivo desta parceria seria fortalecer a cooperação bilateral, promovendo iniciativas voltadas ao desenvolvimento portuário, logística portuária, conexão com o interior e projetos de energia relacionados com os portos, energia eólica offshore e produção de H₂V (Barbosa, & Gomes, 2025).

3) Tecnológicos

No campo tecnológico, se considerou que os ativos que vão gerar produtos e serviços em P&D foi o lançamento, em 2024, da Rede de Pesquisa e Inovação em Energias Renováveis (Rede VERDES)¹¹ com o objetivo a realizar pesquisas de forma colaborativa e multidisciplinar, constituída por mais de 100 pesquisadores de 26 Unidades de Pesquisa de 14 Instituições de Ensino Superior (Barbosa, & Gomes, 2024b). O Centro de Excelência em Transição Energética Jurandir Picanço é outro exemplo de recurso e capacidade do

9 FIEC. Hub de Hidrogênio Verde é lançado no Ceará com a parceria da FIEC. Disponível em: <https://www1.sfiec.org.br/sites/numa/?st=noticia&id=139592> Acesso em 31 jan. 2025.

10 Porto de Roterdã. Ports of Rotterdam and Pecém (Brazil) join Brazilian-Dutch cooperation. Publicado em 11 mai 2023. Disponível em: <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/ports-of-rotterdam-and-pecem-brazil-join-brazilian-dutch-cooperation>. Acesso em 12 fev. 2025.

11 FIEC. Rede de Pesquisa e Inovação em Energias Renováveis do Ceará é lançada na Casa da Indústria. Disponível em: <https://www1.sfiec.org.br/fiec-noticias/search/159060/rede-de-pesquisa-e-inovacao-em-energias-renovaveis-do-ceara-e-lancada-na-casa-da-industria>. Acesso em 22 fev. 2025.

Ceará, ratificando o compromisso do Estado em incorporar ativos tecnológicos em prol da transição energética (Barbosa, & Gomes, 2024b).

4) Organizacionais

O Ceará tem consolidado excelentes recursos e capacidades no âmbito organizacional, caracterizado por relações interinstitucionais envolvendo os principais entes da sociedade cearense. Em 2023, houve a retomada pelo Pacto pelo Pecém¹², programa que reúne setores políticos, industriais, acadêmicos, sociedade civil e meio ambiente com o propósito de uma governança multisetorial e sustentabilidade socioambiental. Ressalta-se que uma das grandes vertentes do Pacto pelo Pecém é o hub H₂V como polo de produção de energia limpa (Barbosa, & Gomes, 2024b). O Estado, por intermédio da Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC), foi escolhido pelo Pacto Global da ONU como sede do hub dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (SDG)¹³. A iniciativa visa mobilizar empresas e instituições para atuarem em ações sustentáveis, inclusivas e justas com foco em energias renováveis, educação, saúde, trabalho, entre outros temas. Outro passo relevante foi a implantação, em 2022, do Programa ESG (Governança Ambiental, Social e Corporativa)¹⁴, inédito em todo o sistema industrial brasileiro. Tal iniciativa teria a finalidade de guiar as indústrias nos projetos de sustentabilidade, incorporar as melhores práticas de preservação ambiental e reduzir os impactos nos processos produtivos (Barbosa, & Gomes, 2024b). Como é auditado pelo *Bureau Veritas* (organização fundada em 1828 na Bélgica, atualmente com sede na França e um dos maiores organismos certificadores do mundo), confere ao programa maior competitividade e credibilidade pelos *stakeholders* globais, dando-lhes mais segurança, inclusive, por ocasião de negociações e atração de investimentos relacionados à economia do hidrogênio.

b. Análise dos recursos e capacidades intangíveis no Estado do Ceará

1) Humanos

Em linhas gerais, os jovens cearenses ocupam um lugar privilegiado no ranking nacional em termos de educação. No Índice de Desenvolvimento da Educação Básica de

12 FIEC. Ricardo Cavalcante participa da solenidade de retomada do Pacto pelo Pecém. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/fiec-noticias/search/155667/ricardo-cavalcante-participa-da-solenidade-de-retomada-do-pacto-pelo-pecem>. Acesso em 11 jan. 2025.

13 FIEC. FIEC e Pacto Global da ONU no Brasil lançam sexto HUB ODS do país e primeiro no Nordeste. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/sites/numa/?st=noticia&id=151196#:~:text=A%20partir%20do%20HUB%20ODS,das%20energias%20renov%C3%A1veis%20e%20acess%C3%ADveis> Acesso em 16 fev. 2025.

14 FIEC. Programa ESG. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/esg>. Acesso em: 29 jan. 2025.

2023, o Ceará conquistou o melhor resultado do Brasil no Ensino Fundamental, considerando apenas a rede pública de ensino. Na rede estadual, registrou o terceiro melhor índice do Brasil na avaliação de Ensino Médio tradicional e Médio integrado à Educação Profissional (Falcão, 2024). Assim, o elevado grau de educação dos recursos humanos cearenses refletiria na capacitação e formação, preparando-os para lidar no complexo e desafiador setor energético (cadeia de valor do H₂V). Em 2024, foi lançado o Projeto Estadual H-TEC Qualificação e Fortalecimento da Cadeia Produtiva em Energias Renováveis¹⁵ para apoiar a capacitação de profissionais em parceria com o Governo do Estado do Ceará, da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI/FIEC), da Universidade Federal do Ceará (UFC), da Universidade Estadual do Ceará e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) (Barbosa, & Gomes, 2024b). O próprio SENAI vem priorizando a capacitação de recursos humanos em energias renováveis, demonstrando o comprometimento do setor industrial em garantir as qualificações necessárias no campo tecnológico-energético (Tabela 1).

Tabela 1 Capacitações conduzidas pelo SENAI.

Curso/Formação/Qualificação	Carga Horária
Tecnologia em Energia Eólica	32 h/aula
Reparo de Pás de Turbinas Eólicas	160 h/aula
Hidrogênio, Energia (Eólica e Solar) e Segurança no Trabalho	360 h/aula
Montagem de Sistema Fotovoltaico	40 h/aula
Comissionamento de Sistema Fotovoltaico	40 h/aula
Montagem de Sistema Fotovoltaico	40 h/aula
Segurança Aplicada ao Armazenamento e Distribuição de Hidrogênio	60 h/aula

Fonte: Barbosa, & Gomes (2024b, p. 26).

A UFC se destaca na capacitação técnica científica, disponibilizando docentes e pesquisadores nas áreas inerentes à tecnologia do H₂V, laboratórios para pesquisa e ensino (UFC, 2021). O IFCE está também vocacionando-se com a capacitação de recursos humanos voltados para as energias renováveis. Existe um Campus do Instituto dentro da área do CIPP, tendo lançado um curso de especialização¹⁶ (nível de pós-graduação *lato*

¹⁵ FIEC. Ricardo Cavalcante e Elmano de Freitas participam do lançamento do Projeto estadual H-TEC, voltado para qualificação profissional em energias renováveis. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/fiec-noticias/search/160121/ricardo-cavalcante-e-elmano-de-freitas-participam-do-lancamento-do-projeto-estadual-h-tec-voltado-para-qualificacao-profissional-em-energias-renovaveis>. Acesso em 06 jan. 2025.

¹⁶ IFCE. Especialização em Hidrogênio Verde. Disponível em: <https://ifce.edu.br/pecem/campus-pecem/cursos/pos-graduacao-2/hidrogenioverde>. Acesso em 26 fev. 2025.

sensu) com apoio da Agência de Cooperação Alemã (GIZ) voltado para desenvolver soluções na cadeia de produção, distribuição e aplicações do H₂V (Barbosa, & Gomes, 2024b). Por fim, o Instituto Euvaldo Lodi (IEL) vem especializando profissionais no segmento de energia renováveis, atendendo as atuais demandas do mercado. Citam-se como exemplos o MBA em Gestão em Energias Renováveis, em parceria com o Centro Universitário Farias Brito¹⁷ (Barbosa, & Gomes, 2024b).

2) Inovadores

Incluindo os legados das ações em P&D e inovação das instituições supramencionadas (H-TEC, SENAI, UFC, IFCE e IEL), outras iniciativas vêm fortalecendo o contexto da inovação no Estado do Ceará. Em 2024, foi divulgado o “Índice FIEC de Inovação dos Estados”, permitindo aos gestores de alto nível conceber e tomar decisões de políticas públicas em prol do ecossistema inovador, com participação de empresários, universidades, entidades públicas e terceiro setor (FIEC, 2024b, p. 14). Para se ter uma ideia, no resultado geral e pelo segundo ano consecutivo, o Ceará foi o Estado mais inovador na região Nordeste, alcançando a 8ª posição no ranking nacional¹⁸. Com este índice se acredita que o ambiente educacional tornar-se-ia mais propício a novas ideias, melhorando a capacidade de inovação e mudanças organizacionais no âmbito estadual.

3) Reputacionais

No tocante aos aspectos reputacionais, o Ceará vem demonstrando capacidade institucional para desenvolver e impulsionar ações que fomentam a credibilidade na produção de H₂V. Além do Programa ESG (responsabilidade socioambiental), a iniciativa do Pacto Global da ONU permitiria o Estado explorar eficientemente seus recursos em energias renováveis, consolidando diversos acordos e memorandos de entendimento com empresas multinacionais no exercício da paradiplomacia (Barbosa, & Gomes, 2024a). Assim, estabeleceu acordo bilateral entre Pecém e Roterdã (considerado o maior porto marítimo da Europa). Neste caso, a *join-venture* apresenta melhores resultados para instituições de produção, tendo em vista que um dos participantes, neste caso Roterdã, já estaria bem posicionada no mercado europeu, sendo um complexo portuário que combina produção e consumo de H₂V, infraestrutura para distribuição aos demais países da Europa

¹⁷ FIEC *On line*. IEL Ceará promove aula inaugural do MBA em Gestão em Energias Renováveis. Publicado em 25 ago. 2023. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/fiec-noticias/search/155683/iel-ceara-promove-aula-inaugural-do-mba-em-gestao-em-energias-renovaveis> Acesso em 25 dez. 2024.

¹⁸ FIEC. Ceará é o estado mais inovador do Nordeste e avança em ranking nacional. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/fiec-noticias/search/164300/ceara-e-o-estado-mais-inovador-do-nordeste-e-avanca-em-ranking-nacional-aponta-indice-fiec-de-inovacao-dos-estados-20242024>. Acesso em: 15 fev. 2025.

(dutos até Bélgica e Alemanha), terminal de importação e eletrolisadores (FKA, 2022; Oliveira, 2022 apud Barbosa, & Gomes, 2024a).

“Desde o lançamento do hub, foram assinados mais de trinta de cinco *MoU* com instituições nacionais e internacionais interessadas em desenvolver projetos no Estado (Bezerra, 2023, p. 11)”. No exercício da paradiplomacia, diversos foram os países que já assinaram acordos com o Estado (Quadro 3), caracterizando o interesse pelo Ceará como provedor de solução energética. Este interesse se baseia, também, no fato do país importador poder beneficiar-se da rede elétrica existente aqui no Ceará tendo em vista que 70% do custo de produção do hidrogênio é o custo de energia (Mckinsey, 2021, Apud Barbosa e Gomes, 2024a).

Quadro 3: Projetos e investimentos confirmados no Porto de Pecém (em H₂V)

País	Empresa	Valores previstos (US\$) ¹	Local de investimento
Austrália	Fortescue Future Industries	6 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
Holanda	Transhydrogen Alliance	2 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
Austrália	Energix Energy	5,4 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
França	Qair	6,95 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
Portugal	EDP do Brasil	8 milhões	Porto do Pecém, Ceará
França	Engie	-	Porto do Pecém, Ceará
Espanha	Neoenergia	-	Porto do Pecém, Ceará
Alemanha	White Martins	-	Porto do Pecém, Ceará
Alemanha	Linde	-	Porto do Pecém, Ceará
França	TotalEnergies	-	Porto do Pecém, Ceará
Brasil	Eneva	-	Porto do Pecém, Ceará
Brasil	Diferencial Energia	-	Porto do Pecém, Ceará
Alemanha	Hytron	-	Porto do Pecém, Ceará
Brasil	H2helium Energia	-	Porto do Pecém, Ceará

Fonte: Oliveira, 2022 apud Barbosa, & Gomes, 2024a.

Desta forma, o Quadro 3 evidencia a credibilidade do Ceará pelo mercado internacional como importante *player global* de H₂V de modo que as iniciativas e ações já realizadas reforçariam a reputação de um potencial fornecedor de H₂V ao mercado europeu. No contexto da transição energética, caracterizando uma vantagem reputacional, foi constatar a integração interinstitucional (ambiente interno) apresentado pelo Estado, indo ao encontro do relatório da Agência Internacional de Energia (IEA) quando afirma que o desenvolvimento da produção de hidrogênio de baixo carbono consiste em um desafio que requererá um trabalho simultâneo em múltiplas frentes e de maneira

coordenada pois é a única maneira de atingir o engajamento de todas as partes interessadas, como governos, indústria, agências de pesquisa e inovação, serviços financeiros, uniões comerciais e sociedade civil (IEA, 2021 apud Barbosa, & Gomes, 2024a).

Como síntese dos estudos apresentados, em termos de recursos e capacidades (tangíveis e intangíveis) do Ceará (referência ao Quadro 1) e consubstanciados com a literatura de Penrose, Barney etc, foi elaborado do Quadro 4 o qual consolida as ações e iniciativas realizadas no Estado que poderiam, eventualmente, corroborar na geração e manutenção de vantagens competitivas do Ceará quanto à produção de H₂V e sua posterior exportação para a Europa.

Quadro 4: Classificação dos recursos e capacidades

Tangíveis	Financeiros	Recurso disponível que sustenta economicamente a empresa, permitindo investir em inovação, expansão e retenção de talentos.	Altos investimentos nacionais e estrangeiros no estado, totalizando bilhões de dólares.
	Físicos	Localização geográfica das fábricas, existência de maquinário e equipamentos, além dos canais de distribuição da empresa.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisiografia (posição, clima, latitude, influência marítima e regime de ventos); • Geração de energia renovável (solar e eólica); e • Hub de Hidrogênio Verde no CIPP.
	Tecnológicos	Ativos que geram produtos e serviços respaldados por patentes, registros de marca e direitos autorais; P&D e C&T.	Rede VERDES; Laboratório de Energias Renováveis Jurandir Picanço e Centro de excelência.
	Organizacionais	Sistemas formais de planejamento, comando e controle; integração de administração, informação e comunicação; relacionamento com públicos externos e trabalho em equipe.	Pacto pelo Pecém; UN Global Compact; and ESG-FIEC Seal.
Intangíveis	Humanos	Formação de gestores e colaboradores, experiência, inteligência, relacionamentos, conhecimento e talentos inerentes à empresa.	<ul style="list-style-type: none"> • Qualificações H-TEC. • Formação técnica e científica em energias renováveis (UFC, IFCE, FIEC, SENAI).
	Inovativos	Ambiente favorável a novas ideias, capacidade de P&D e aptidão para inovação e mudanças organizacionais.	<ul style="list-style-type: none"> • Qualificações H-TEC. • Rede VENTOS e HUB de Hidrogênio Verde no Estado.
	Reputacionais	Capacidade da empresa de desenvolver e aprimorar sua reputação como fornecedora de produtos e serviços, empregadora atrativa e entidade com responsabilidade social corporativa.	<ul style="list-style-type: none"> • Hub ODS (Pacto Global da ONU); • Selo ESG-FIEC; • Paradiplomacia; • Joint Venture Pecém-Roterdã; • Estabelecimento de parcerias, alianças e cooperações institucionais.

Fonte: Hitt, Ireland, & Hoskisson, 2003, apud Guedes Laimer, & Rossato Laimer, 2009. Adaptado do autor.

Seguindo o mesmo raciocínio anterior, foi analisado o Quadro 2 estabelecido pelo modelo teórico de Barney (1991). No caso do Ceará, observando a conjuntura internacional da descarbonização da economia, a transição energética global, a cadeia de valor do H₂V

e dos estudos realizados até o momento, do ponto de vista estratégico, é possível inferir o seguinte:

a. Valioso

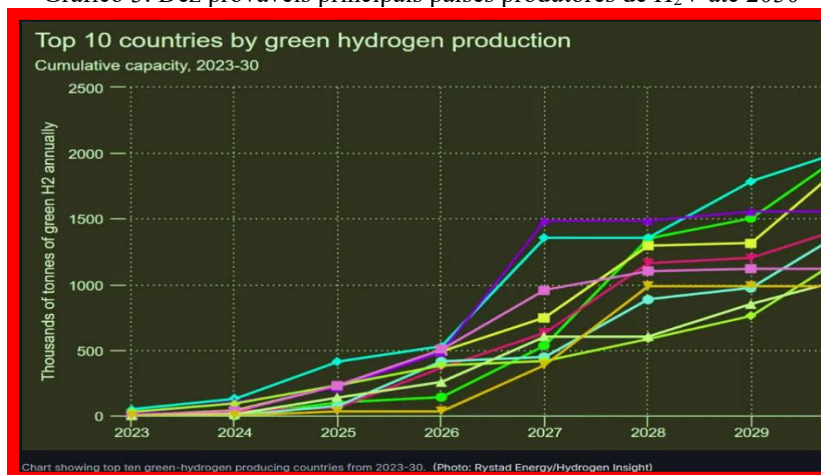
O H₂V, face aos investimentos na implantação de sua cadeia de produção, é considerado um produto valioso, sendo responsável por diversas políticas energéticas mundialmente. “Estimativas do *Hydrogen Council* mostram que é um mercado que deverá atingir globalmente US\$ 2,5 trilhões em 2050, cerca de 20% de toda a demanda de energia no mundo (Martins, 2021, p. 31)”. É valioso pois privilegia o uso de energias renováveis; é valioso pois veio para compensar o uso de combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão), responsáveis pela emissão dos gases de efeito estufa (aquecimento do ar e do mar). Por isso, tê-lo produzido no Ceará é uma possibilidade de beneficiar-se de oportunidades oferecidos pela transição energética mundial (ambiente externo).

b. Raro

No Relatório da IEA “*Renewables 2024: Analysis and forecast to 2030*”, consta que apesar do aumento do apoio político, o H₂ produzido a partir de energia renovável deve representar apenas 4% da produção total de H₂ em 2030, principalmente devido à baixa demanda. “No geral, se prevê que ele impulse apenas 43 GW de nova capacidade renovável até 2030, ou menos de 1% da expansão total da capacidade renovável global (IEA, 2024, p. 08)”. No mesmo relatório, afirma que os projetos de H₂ continuam sendo limitados para o crescimento adicional da capacidade renovável até 2030. Entre 2024 e 2030, se espera a produção de hidrogênio renovável impulse a demanda por mais 45 GW de capacidade renovável, menos de 1% da expansão total da capacidade renovável global. “A demanda por nova capacidade renovável depende das condições de mercado e do ambiente regulatório (IEA, 2024, p. 121)”.

Desta forma, com as informações supracitadas, poder-se-ia inferir que o H₂V é, eventualmente, considerado um produto raro. Por outro lado, o *Hydrogen Insight* divulgou os dez países que deveriam possuir relevância mundial em H₂V até 2030: Alemanha, Austrália, Brasil, Canadá, Chile, Egito, Espanha, Estados Unidos, Índia e Marrocos (Rystad Energy/Hydrogen Insight, 2023 apud FIEC, 2024). Por estas previsões dos dez prováveis principais produtores globais, se pode inferir, também, que o H₂V já não é um produto raro pela perspectiva de produção em escala global a longo prazo (Gráfico 3).

Gráfico 3: Dez prováveis principais países produtores de H₂V até 2030



Fonte: Rystad Energy/Hydrogen Insight (2023).

c. Imperfeitamente imitáveis

O H₂V é obtido a partir de fontes de energias renováveis sem a emissão de carbono mediante a eletrólise, um processo eletroquímico que divide a água em H₂ e O₂ (Oliveira, 2022). Logo, esta *commodity* energética é perfeitamente imitável desde que produzida por uma adequada cadeia de produção tendo como energia, para quebrar a molécula de água, as renováveis.

d. Insubstituíveis

Neste caso, a indústria oferece outras formas de energia além do H₂V: os fósseis (petróleo, gás e carvão); as renováveis (hidrelétricas, eólicas, solar fotovoltaicas e geotérmica), a nuclear e os biocombustíveis (biomassa e bioenergia). Nestas circunstâncias, o H₂V não é insubstituível. Das análises e avaliações realizadas, os estudos apontam que o H₂V produzido no CIPP teria uma perspectiva de “paridade competitiva” (performance normal) a “vantagem competitiva temporária” (acima do normal), conforme Quadro 5, permitindo inferir que o Ceará possui uma vantagem competitiva sobre o H₂V.

Quadro 5: Perspectiva da vantagem competitiva do Ceará para o H₂V

Valioso?	Raro?	Difícil de Imitar?	Não Substituível?	Implicações Competitivas	Desempenho
Sim	Não	Não	Não	Paridade competitiva	Normal
Sim	Sim	Não	Não	Vantagem competitiva temporária	Acima do normal

Fonte: Adaptado de Barney (1991 apud Guedes Laimer, & Rossato Laimer, 2009).

Quanto aos concorrentes mundiais, se pode constatar que há países com recursos de alta qualidade para produção de H₂V e amplamente dispersos ao redor do globo, e muitos

países exportadores de energia também são dotados de recursos renováveis que poderiam produzi-lo (Oliveira, 2022), motivo pelo qual o Estado do Ceará deve manter suas iniciativas, implementando e impulsionando outras a fim de manter a competitividade mundial ante seus concorrentes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aquecimento global, fruto dos gases de efeito estufa, tem influenciado uma série de mudanças climáticas, deixando materializado em diversos países um prejuízo ambiental com diversos impactos socioeconômicos. A conscientização da comunidade internacional, por uma economia mais sustentável, levou-a a gradativamente aumentar o uso de energias renováveis em detrimento, a logo prazo, dos combustíveis fósseis. É nesta perspectiva que surge o H₂V como alternativa para a transição energética e a descarbonização da economia global. E o Ceará surge como potencial provedor deste combustível renovável graças a uma série de circunstâncias existentes no Estado.

Assim, o presente artigo teve como objetivo analisar as contribuições da RBV na atual conjunta do H₂V no Ceará. E fruto desta análise, permitir aos gestores de alto nível um quadro situacional que lhes proporcione maior clareza no modelo de negócios de modo a contribuir para que o Estado desenvolva e consolide vantagens competitivas frente a seus concorrentes mundiais ao produzir e exportar este vetor de energia ao mercado europeu. A pesquisa atingiu seus objetivos pois permitiu conhecer a aplicabilidade dos conceitos da RBV no complexo e dinâmico ambiente energético que permeia os órgãos governamentais, empresas multinacionais e indústrias brasileiras que participam de todo o ciclo de produção do H₂V no CIPP. A pesquisa possibilitou comprovar que a RBV contribuiria na administração estratégica dos *stakeholders* presentes no mercado cearense. Com isso, fortalecer-se-ia as já conhecidas vantagens competitivas do Estado ante aos demais concorrentes mundiais.

A abordagem qualitativa, por meio da revisão de literatura e documental, foi fundamental para compreender as variáveis que compõem o mercado energético e os desafios de identificar as fortalezas e as oportunidades de melhoria no ambiente interno ao Estado do Ceará, buscando consolidar vantagens competitivas e fomentar outras em prol do fortalecimento da cadeia de valor do H₂V no CIPP. Os resultados obtidos na fundamentação teórica reforçam a importância do uso de ferramentas e metodologias utilizadas pela administração estratégia em identificar as capacidades e recursos que possam fortalecer as vantagens competitivas em prol da produção e exportação do H₂V à

Europa. Para pesquisas futuras recomendar-se-ia identificar outros recursos e capacidades do Ceará que pudessem aumentar as vantagens competitivas do Estado, fortalecendo-o como um *global player* na transição energética.

REFERÊNCIAS

- AUGUSTO, C. A. The competitive advantage of organizations: an analysis of the resource-based view. *Caderno de Ciências Sociais Aplicadas*, v. 14, n. 24, p. 133-155, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22481/cssa.v14i24.3228>.
- BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. The projection of the state of Ceará on the international stage through FIEC in the production and exportation of green hydrogen and its impact on socioeconomic development in Ceará. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, v. 26, n. 11, p. 56-63, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.9790/487X-2611045663>.
- BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. Ceará, the Federation of Industries of the State of Ceará (FIEC), and green hydrogen production: a global benchmark in energy transition and economic decarbonization. *IOSR Journal of Humanities and Social Science (IOSR-JHSS)*, v. 29, n. 12, p. 14-29, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.9790/0837-2912091429>.
- BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. The H2V value chain in Ceará: a brief analysis of the contributions of the international marketing mix in the context of the energy transition in Europe. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, v. 27, n. 2, p. 55-66, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.9790/487X-2702025566>.
- BARNEY, J. Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, v. 17, n. 1, p. 99-120, 1991.
- BARNEY, J. B.; KETCHEN, D. J. JR.; WRIGHT, M. The future of resource-based theory: revitalization or decline? *Journal of Management*, v. 37, n. 5, p. 1299-1315, 2011.
- BEZERRA, F. D. Green hydrogen: opportunity for the Northeast. *Caderno Setorial ETENE*, v. 8, n. 320, 2023.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Strategic planning methodology. Brasília: Escola Superior de Guerra, 2023.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. National Hydrogen Program: three-year work plan 2023–2025. Brasília, 2023.
- CEARÁ. Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho. Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE). Wind and solar atlas Ceará. Fortaleza, 2019.
- CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). ODS report: the sustainable development goals and the actions of the Government of Ceará. Fortaleza, 2022.
- FALCÃO, L. IDEB 2023: Ceará has the best public education system in Brazil for elementary education and the third-best score in high school. Governo do Estado do Ceará, 14 ago. 2024. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2024/08/14/ideb-2023-ceara-tem-a-melhor-rede-publica-do-brasil-no-ensino-fundamental-e-a-terceira-melhor-nota-no-ensino-medio/>. Acesso em: 2025.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC). Masterplan green hydrogen Ceará: building the green hydrogen hub of Ceará. Relatório final. Fortaleza, 2024a.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC). Industry observatory: FIEC innovation index of the states. 2024b. Disponível em: <https://www.observatorio.ind.br/inteligencia-competitiva?conteudo=c1&sub=sc1>.

FOSS, N. J. Theories of the firm: contractual and competence perspectives. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 3, p. 127-144, 1993.

KONRAD ADENAUER FOUNDATION (KAS). Cooperation between Brazil and Europe: geopolitical importance and innovation perspectives. *Brazil-Europe Relations Series*, n. 12, 2022.

GOHR, C. F. et al. Strategic resources and competitive advantage: application of the VRIO model in an organization of the sugar-alcohol sector. *Revista Gestão Organizacional*, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2011.

GUEDES LAIMER, C.; ROSSATO LAIMER, V. Cooperation relationships in the perspective of the resource-based view. *Revista de Administração da UNIMEP*, v. 7, n. 3, p. 93-110, 2009.

HAMEL, G.; PRAHALAD, C. K. *Competindo pelo futuro*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

HITT, M. A.; IRELAND, R. D.; HOSKISSON, R. E. *Strategic management: competitiveness and globalization*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

HOLANDA, F. A. *À juventude: o desafio da ciência no século XXI*. 2. ed. Fortaleza: Pouchain Ramos, 2016.

HYDROGEN INSIGHT. Which ten countries will be the biggest producers of green hydrogen in 2030? 19 fev. 2025. Disponível em: <https://www.hydrogeninsight.com/production/exclusive-which-ten-countries-will-be-the-biggest-producers-of-green-hydrogen-in-2030-/2-1-1405571>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Hydrogen in Latin America: from short-term opportunities to large-scale deployment*. Executive summary. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Renewables 2024: analysis and forecast to 2030*. 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>.

KRETZER, J.; MENEZES, E. A. The importance of the resource-based view in explaining competitive advantage. *Revista de Economia Mackenzie*, v. 4, n. 4, p. 63-87, 2006.

KUAZAQUI, E. et al. *International relations: challenges and business opportunities in Brazil*. São Paulo: Literare Books, 2018.

MARTINEZ, A. S.; CHRISTOFOLETTI, R. A. 2024: the hottest year in history. *Série Brazil in Transformation: The impact of the climate crisis*, 2024.

MARTIGNAGO, G. *International business strategy I*. 2. ed. Florianópolis: UnisulVirtual, 2011.

MARTINS, T. Green hydrogen puts Brazil in the sights of investors. *Brazil-Germany Journal*, v. 29, n. 1, p. 10-20, 2021.

MCKINSEY & COMPANY. Green hydrogen: an opportunity for wealth generation with sustainability for Brazil and the world. 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>.

MINTZBERG, H. et al. Strategy safari. Porto Alegre: Bookman, 2000.

OLIVEIRA, R. C. de. Panorama do hidrogênio no Brasil. Texto para Discussão 2787. Brasília: IPEA, 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11291/1/td_2787_web.pdf.

PORTER, M. Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors. New York: Free Press, 1980.

SANTOS, P. R.; GANDARA, S. da S. Mapping of patents filed in Brazil on technologies related to hydrogen production with a focus on green hydrogen. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial, 2022.

SEBRAE. Conheça a análise SWOT. 28 jan. 2025. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/conheca-a-analise-swot,202f64e8feb67810VgnVCM1000001b00320aRCRD>.

SILVA, F. J. R. da et al. Shape and scale factors of the Weibull probability distribution: a case study for wind resources data from the Northeast region of Brazil. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 12, n. 1, p. 229-239, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2176/2176-7270>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). Potenciais do Estado do Ceará para produção de hidrogênio verde. 2021. Disponível em: <https://parquetecnologico.ufc.br/wp-content/uploads/2021/02/sim.potenciais-do-estado-do-ceara-para-producao-de-hidrogenio-verde-1.6.pdf>.

VASILEVA, A. Hydrogen market updates from across Latin America. Intelligence Report. World Hydrogen Leaders, 2023.

VILELA, N. G. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. de O. S. Strategic alliances and competitive advantages: a theoretical-empirical approach from the resource-based view. Journal of Perspectives in Management, v. 2, n. 1, p. 21-31, 2018.

WERNERFELT, B. A resource-based view of the firm. Strategic Management Journal, v. 5, n. 2, p. 171-180, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/smj.4250050207>.

CAPÍTULO 8:

A ALIANÇA ESTRATÉGICA PECÉM - ROTERDÃ: OS BENEFÍCIOS MÚTUOS PARA O CEARÁ E PARA OS PAÍSES BAIXOS NA PRODUÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE À LUZ DA TEORIA DOS RECURSOS EMPRESARIAIS¹

Márcio Carneiro Barbosa

Bacharel em Relações Internacionais – UNISUL; Bacharel em Tecnologia de Comércio Exterior – UNISUL; Pós-graduação MBA em Gestão de Energias Renováveis – Fbuni/IEL; Pós-graduação em Docência no Ensino Superior – UFRJ; MBA em Logística Empresarial – FGV; Mestre em Ciências Militares – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Brasileiro.

Rickardo Léo Ramos Gomes

Doutor (Tít. Cultural) em Ciências Biológicas – FICL; Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências – Universidade Estadual do Ceará – UECE; Pós-graduação Internacional em Paleontologia (Tít. Cultural) – FICL; Bacharel em Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Licenciatura breve em Matemática, Química, Física e Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

RESUMO

Contexto: Este trabalho aborda a formação da aliança estratégica entre Pecém (Ceará) e Roterdã (Países Baixos) no contexto da transição energética. Destaca a importância da cooperação internacional diante das mudanças climáticas, bem como os benefícios e as circunstâncias relacionadas às alianças estratégicas. Além disso, discute a teoria dos recursos empresariais, aplicada à análise das características e potencialidades dessa parceria. Materiais e Métodos: A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa para explorar a aplicabilidade da teoria dos recursos empresariais na parceria Pecém-Roterdã. O procedimento utilizado foi a revisão bibliográfica e documental, com consulta a fontes classificadas em quatro categorias: (1) cooperação internacional; (2) alianças estratégicas; (3) teoria dos recursos empresariais; e (4) recursos e capacidades relacionados a Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos. Resultados: A análise evidenciou que a aplicação da teoria dos recursos empresariais possibilita identificar os ativos e capacidades estratégicas envolvidos na parceria. Os achados demonstraram que a aliança fortalece os vínculos de cooperação internacional e consolida condições favoráveis para a produção e comercialização do hidrogênio verde. Conclusão: Os estudos apontaram que a parceria entre Pecém e Roterdã contribui para intensificar a cooperação internacional e criar vantagens competitivas no mercado global de energia, especialmente ao posicionar o Ceará como fornecedor de hidrogênio verde para a Europa.

Palavras-chave: Aliança estratégica; Ceará; Países Baixos; Teoria dos Recursos Empresariais; Hidrogênio Verde.

¹Uma versão deste artigo foi publicada em inglês pelo IOSR Journal of Business and Management. O referido Jornal atribuiu o seguinte DOI CODE: 10.9790/487X-2705021626.

1 INTRODUÇÃO

A transição energética ora em vigor e a descarbonização da economia global são reconhecidamente as soluções mais adequadas e urgentes para mitigar os efeitos do aquecimento global, compensando o uso dos combustíveis fósseis. Tendo em vista que essas ações são difíceis de serem conduzidas individualmente por países pela insuficiência de recursos, há um consenso de que quanto maior a sinergia e união de esforços da comunidade internacional, melhores seriam as respostas em atenuar os transtornos causados pelas mudanças climáticas. Em função de suas comprovadas capacidades, surge o Estado do Ceará como potencial contribuinte da transição energética mundial decorrente de condicionantes políticas, econômicas e ambientais para produzir o hidrogênio verde (H₂V) e exportá-lo para a Europa a partir do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP).

Na esfera da gestão estratégica dos negócios internacionais pelo Ceará, os decisores de alto nível têm tomado iniciativas com países europeus com a finalidade de compartilhar as vantagens competitivas que o Estado dispõe, fomentando novas parcerias e acordos de interesses e benefícios mútuos no âmbito energético. Neste promissor cenário de cooperação internacional em que o Ceará está participando, é possível antever a possibilidade do uso de conceitos consagrados da administração estratégica, como a Teoria dos Recursos Empresariais, ao contribuir no processo decisório político e econômico do Estado. Sobre a metodologia utilizada, foi escolhido o método qualitativo. Quanto aos meios de investigação, o estudo foi bibliográfico e documental realizado em publicações (nacionais e estrangeiras), relatórios de organismos internacionais, artigos científicos e sítios na internet. A partir da consulta e consolidação destes materiais, foram possíveis levantar as questões mais importantes relacionadas no presente estudo.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar as alianças estratégicas entre Pecém-Ceará e o Roterdã-Países Baixos na produção do H₂V sob a ótica da Teoria dos Recursos Empresariais. E fruto desta análise, oferecer subsídios aos tomadores de decisão de alto nível que lhes proporcionem maior clareza na formulação de estratégias empresariais no âmbito da cooperação internacional. Os objetivos específicos estabelecidos são: descrever o quão importante e imperativo são a união de esforços entre os países mediante a cooperação internacional no contexto da transição energética mundial; caracterizar os benefícios mútuos decorrentes e as causas que induzem países e instituições em concretizar alianças estratégicas; discorrer sobre os principais conceitos sobre a Teoria dos Recursos Empresariais e sua aplicabilidade no âmbito de cooperações internacionais e

apresentar um breve histórico que demonstram os benefícios mútuos entre Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos.

Este artigo está estruturado em quatro seções que proporcionam uma análise das alianças estratégicas entre Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos no atual cenário energético no Estado. A primeira seção, Introdução, apresenta o tema central do estudo. A segunda seção, Metodologia, descreve a abordagem adotada para a pesquisa, incluindo as estratégias de coleta de dados e análise. A Fundamentação Teórica, terceira seção, oferece uma descrição dos motivos e a importância da cooperação internacional no contexto da transição energética mundial, as características das alianças estratégicas como catalizador de vantagens competitivas; uma abordagem sobre a Teoria dos Recursos Empresariais; e uma apresentação das potencialidades, capacidades e benefícios mútuos decorrentes da união Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos em prol da produção do H₂V e sua comercialização na Europa. Por fim, a seção Considerações Finais sintetiza os principais achados da pesquisa, destacando a aplicabilidade dos conceitos da Teoria dos Recursos Empresariais pelos decisores de alto nível quando da implementação de alianças estratégicas relacionadas à produção e exportação do H₂V para a Europa.

2 METODOLOGIA

A abordagem adotada nesta pesquisa foi de natureza qualitativa, pois o objetivo principal foi analisar os conceitos e teorias concernentes à aliança estratégica entre o Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos à luz da Teoria dos Recursos Empresariais no contexto da produção do H₂V. Esta abordagem é amplamente reconhecida no mundo científico por sua capacidade de proporcionar análises contextuais, permitindo uma visão ampla das perspectivas decorrentes desta aliança tanto para o Estado do Ceará quanto para a Europa no atual contexto da transição energética. A pesquisa qualitativa foca na interpretação e na compreensão de fenômenos complexos, sendo fundamental em áreas que envolvem as parcerias entre instituições nacionais e estrangeiras na produção de um vetor de energia onde as variáveis internas e externas são amplas e dinâmicas.

González (2020) destaca que na Pesquisa Qualitativa, o lugar epistemológico é ocupado pelos pesquisadores, assumindo os compromissos cognitivos com a qualidade da pesquisa. O procedimento de pesquisa adotado foi a revisão de literatura e uma análise documental, essenciais na construção do conhecimento científico, pois permite uma análise crítica e integrada das informações existentes sobre um determinado tema. De acordo com Lakatos e Marconi (2017) (substitua por:), a revisão bibliográfica contribui para uma

ampliação do entendimento acerca do objeto de estudo, além de promover a consolidação de abordagens fundamentadas. Para a realização dessa revisão, as fontes de pesquisa foram selecionadas e classificadas em três categorias principais: (1) fontes que tratam dos conceitos sobre alianças estratégicas, (2) fontes da literatura que detalham os conceitos da Teoria de Recursos Empresariais e (3) fontes que permitem identificar e caracterizar as circunstâncias e os benefícios mútuos (ganha-ganha) na consecução de alianças estratégicas entre o Ceará e os Países Baixos no atual contexto de produção de H₂V e sua exportação para a Europa.

A classificação dessas fontes permitiu um entendimento mais abrangente e contextualizado no tocante aos ganhos socioeconômicos e energéticos da cooperação internacional Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos como fomentadores de vantagens competitivas. A revisão bibliográfica (insira uma citação de:) e documental (insira uma citação de:) foi conduzida por meio da consulta a publicações (nacionais e estrangeiras), relatórios de organismos internacionais, artigos científicos e sítios na internet, garantindo uma abrangência que refletissem as contribuições mais relevantes e atuais nas temáticas cooperação internacional e energética.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta fundamentação foi organizada em três subtópicos. No primeiro, houve uma descrição da cooperação internacional no contexto da transição energética mundial. No segundo, a intenção foi caracterizar as causas, efeitos e vantagens do estabelecimento das alianças estratégicas. No terceiro, foram apresentadas a concepção geral da Teoria dos Recursos Empresariais. E no quarto, as circunstâncias e perspectivas de ganhos mútuos para o Estado do Ceará e da Europa, especialmente para os Países Baixos e a Alemanha fruto da cooperação internacional entre Pecém-Roterdã no contexto da produção de H₂V à Europa.

3.1 A COOPERAÇÃO INTERNACIONAL NO CONTEXTO DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA MUNDIAL

A comunidade internacional tem testemunhado os efeitos das emissões dos gases de efeito estufa, as consequências do aquecimento global e os impactos das mudanças climáticas. Os trágicos resultados socioeconômicos e ambientais são imensuráveis e muitas vezes irreparáveis (Barbosa; Gomes, 2024). Com os esforços mundiais para compensar o uso de combustíveis fósseis, diversas iniciativas estão em andamento, principalmente na

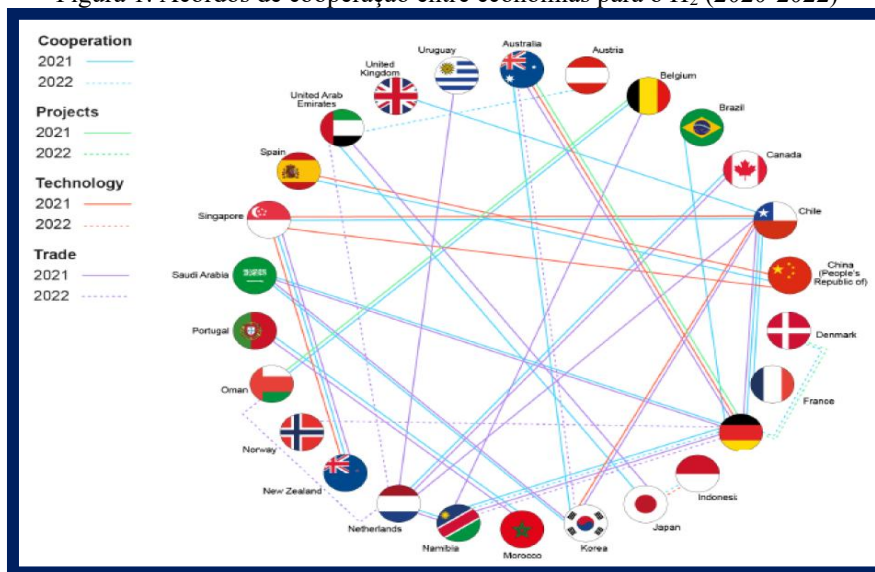
geração de mais energias renováveis e não poluentes. Estudos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) de novas tecnologias também são prioridades em diversos países.

Neste complexo e desafiador ambiente, passou a ser urgente a união de esforços entre os países mediante uma cooperação internacional voltada para a transição energética. Um dos marcos ocorreu em 2015 na Organização das Nações Unidas, quando chefes de Estado e de Governo definiram os novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), conhecidos como Agenda 2030 (ONU, 2015). O ODS 7 (Energia acessível e limpa) estimula, até 2030, o fortalecimento da cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisas, incluindo energias renováveis, eficiência energética e promoção de investimentos em infraestrutura e tecnologias de energia limpa.

Outro marco climático-ambiental foi o Acordo de Paris cujo Artigo 7º enfatiza a cooperação internacional nas questões climáticas, promovendo a redução de desigualdades tecnológicas e financeiras entre países do sul e do norte global e incluindo ações como o compartilhamento de informações, fortalecimento de P&D e intercâmbio de boas práticas (FKA, 2022). Estas cooperações residiriam no fato de contribuir para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, mediante investimentos em tecnologias de baixas emissões de gases de efeito estufa (IPCC, 2023). Parte das soluções energética-ambiental encontrar-se-ia no hidrogênio H₂), considerado o pilar da transformação energética e de importância capital por ser uma alternativa para setores de forte carbonização (MME, 2023). Esta consideração converge com o relatório de Políticas em Apoio ao Fórum Político de Alto Nível das Nações Unidas (ONU, 2022; Santos e Gandara, 2022).

No Brasil, o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂), do Ministério de Minas e Energia (MME), destaca o interesse na cooperação internacional para o desenvolvimento tecnológico e de mercado para produção e uso energético do H₂. De forma consciente, a comunidade internacional reconhece as condições climáticas adversas e a carbonização da atmosfera como um dos maiores desafios da era contemporânea tendo em vista os efeitos negativos na vida do planeta, motivo pelo qual vêm celebrando parcerias para o desenvolvimento das cadeias globais de H₂ de baixa emissão, conforme Figura 1 (Lima, 2023).

Figura 1: Acordos de cooperação entre economias para o H₂ (2020-2022)



Fonte: IEA (2022, p. 205).

Desta forma, se conclui parcialmente que a cooperação internacional, consubstanciada em documentos nacionais e estrangeiros, seria uma solução imprescindível, para não dizer, imperativa, para viabilizar a transição energética. Esta sinergia e conjugação de esforços contribuiriam para o fortalecimento da cadeia de valor do H₂V, essencial para cumprir com a Agenda 2030 e o Acordo de Paris. E uma das formas de parcerias entre países, instituições, empresas ou organizações seria as alianças estratégicas, as quais reforçariam a performance dos cooperantes em prol da economia do combustível do futuro (H₂V).

3.2 CARACTERÍSTICAS E BENEFÍCIOS DAS ALIANÇAS ESTRATÉGICAS

O processo de globalização da economia, do comércio e dos negócios internacionais implicou no aumento da concorrência de produtos, bens e serviços entre países, empresas e indústrias. No decorrer do tempo, o que poderia ser uma corrida para alcançar, autonomamente, rentabilidade e lucratividade, se verificou que a autossuficiência de recursos e capacidades seria difícil de alcançar, motivo pelo qual o mercado descobriu os benefícios das alianças estratégicas entre duas ou mais empresas (instituições, organizações, etc.), contribuindo esta união para compartilhar recursos e potencializar vantagens competitivas.

O incremento da competitividade se tornou uma questão de sobrevivência com impactos diretos na produtividade, custos, qualidade, novas tecnologias e qualificação de recursos humanos e como seria difícil cada empresa ser autossuficiente, justifica a

necessidade das alianças estratégicas (Klotzle, 2002). Para Teece (1992 Apud Klotzle, 2002), são acordos nos quais dois ou mais parceiros dividem o compromisso de alcançar um objetivo comum, unindo todas as suas capacidades e recursos, implicando algum grau de coordenação estratégica e operacional em atividades conjuntas de P&D, transferência de tecnologia, concessão de direitos de produção e venda e acordos na área de marketing.

Alinhado a Teece, Garai (1999 Apud Klotzle, 2002) assevera que as alianças incluem esforços conjuntos na área de marketing e P&D, colaboração no desenvolvimento de produtos e transferência de tecnologia. Para Gulati (1998) e Borges e Bastos (2020), se referem às alianças como acordos espontâneos entre organizações com o propósito de troca, divisão ou desenvolvimento cooperativo de projetos e recursos, seja na forma de produtos, serviços ou tecnologias. Outro entendimento partiu de Gomes-Casseres (1999 apud Vilela e Jhuniór, 2018) ao enfatizar a necessidade das alianças estratégicas possuírem: (1) clareza nos objetivos, (2) parceiros com competências complementares, (3) distribuição de tarefas e responsabilidades, (4) estímulos para a cooperação; (5) comunicação eficaz e mútua confiança, (6) planejamento de longo prazo, (7) desenvolvimento de projetos em conjunto e (8) flexibilidade.

Um aspecto relevante foi oferecido por Gofredo e Bataglia (2015 apud Vilela e Jhuniór, 2018) ao destacarem o ganho de aprendizagem como a principal vantagem no processo de alianças estratégicas. A partir dela, novos conhecimentos são gerados, refletindo positivamente em vantagens competitivas. Deste modo, se pode entendê-las como um elo que une as empresas em uma parceria econômica e comercial, que se fundamenta exclusivamente no aumento da eficácia das estratégias competitivas do negócio, proporcionando sinergias e benefícios em diversas áreas da organização, tais como tecnologias, qualificações e, conseqüentemente, aperfeiçoamento de produtos (Borges; Bastos, 2020).

Conjugando as características supracitadas, as organizações parceiras buscariam obter melhores resultados de modo que a performance do grupo fosse maior do que seria se cada uma das partes trabalhasse independentemente (Eiriz, 2001 e Garcias, 2001 apud Vilela e Jhuniór, 2018). Como forma de resumo, a Tabela 1 apresenta as características e benefícios das alianças estratégicas, conforme os autores citados.

Tabela 1: Característica, benefícios e causas das alianças estratégicas

Características	Benefícios
Acordos espontâneos entre as partes;	Desenvolvimento econômico;
Clareza nos objetivos estratégicos (reconciliáveis);	Desenvolvimento de habilidades e competências;
Estímulo à cooperação;	Acesso a novas tecnologias e a mercados estrangeiros;
Habilidades complementares;	Troca, compartilhamento ou desenvolvimento cooperativo de recursos;
Comprometimento com metas estabelecidas;	Alcance de melhores resultados;
Compartilhamento de recursos e capacidades;	Melhoria no desempenho das partes envolvidas;
Coordenação no mais alto nível de atividades (P&D, marketing, desenvolvimento conjunto de produtos, transferência de tecnologia);	Maiores retornos individuais e coletivos;
Distribuição de tarefas e responsabilidades;	Geração, transmissão e compartilhamento de novos conhecimentos e informações;
Comunicação eficaz e confiança estabelecida;	Inovação em produtos e processos;
Planejamento de longo prazo;	Criação de valor no modelo de negócios;
Flexibilidade.	Aperfeiçoamento das estratégias empresariais competitivas; e
	Melhoria de produtos.

Fonte: Garai (1999), Gomes-Casseres (1999), Garcias (2001), Eiriz (2001), Klotzle (2002), Borges e Bastos (2020).

Interessante notar, também, as conclusões de Douglas e Craig (1995 Apud Eiriz, 2001) sobre alianças estratégicas quando os estudos revelaram a possibilidade de três formas de colaboração entre os cooperantes: P&D de novos produtos, produção e logística e colaboração no marketing e distribuição. E por fim, se apresenta o conceito de Eiriz (2001) ao inferir que seria possível identificar três domínios de cooperação nas alianças estratégicas: comercial, técnico (ou de produção), e financeiro, sendo cada domínio correspondente a diferentes tipos de alianças estratégicas (Tabela 2).

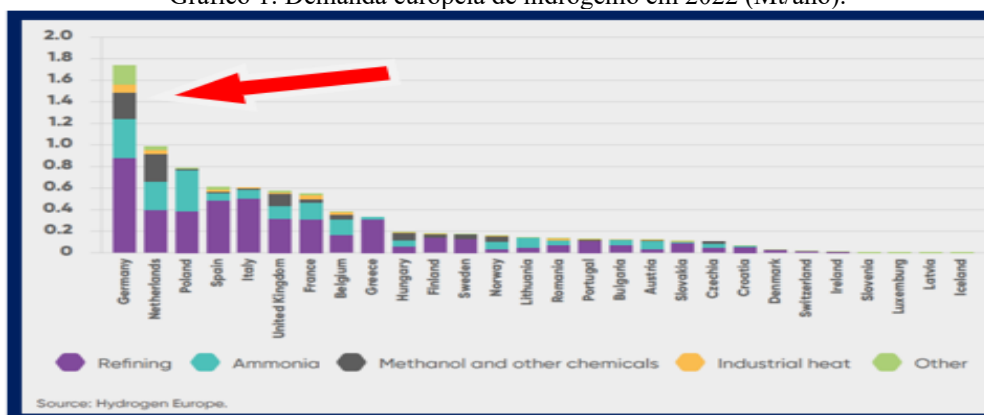
Tabela 2: Três domínios de cooperação nas alianças estratégicas

Domínio	Alianças Estratégicas em	Exemplos
Comercial	Compras, vendas e marketing; distribuição de produtos e serviços pós-venda.	Estabelecimento de acordos de distribuição entre uma empresa produtora e outra que possua domínio ou presença nas redes de distribuição até o consumidor final. Nesse caso, o distribuidor tem acesso ao produto acabado, vendendo-o a vários canais de distribuição.
Técnico (Produção)	Atividades de produção, gestão de recursos humanos e P&D tecnológico.	Quando a P&D de produtos e processos se torna significativa nos negócios, especialmente quando os custos são elevados, os investimentos são compartilhados entre as empresas.
Financeiro	Envolvimento de capital e grau de integração entre os parceiros.	Estabelecimento de joint ventures por meio da criação de uma nova entidade, envolvendo capital em sua estrutura acionária, comumente utilizada para fins comerciais ou objetivos de produção/técnicos.

Fonte: Eiriz (2001).

Observando Tabela 2, Eiriz (2001) concluiu que uma aliança só é estratégica quando possui impacto nos três domínios, ainda que tenha sido classificada em um somente. Ou seja, uma aliança estratégica é por norma desenvolvida para uma ou várias atividades, mas, direta ou indiretamente, acaba por envolver e ter implicações para as atividades restantes. Quanto às cooperações internacionais no âmbito da transição energética, o Gráfico 1 demonstra que Alemanha e Holanda foram os maiores mercados em 2022 (Uribe, 2024), permitindo atestar que o Estado do Ceará decidiu estratégica e acertadamente em estreitar os acordos ora em vigor relacionados ao H₂V com os dois países, contextualizados no estabelecimento de uma *joint venture* no CIPP. Nas duas situações, a cooperação internacional brasileira tenderia a garantir mercado para o H₂V produzido pelo Pecém (Barbosa e Gomes, 2025a).

Gráfico 1: Demanda europeia de hidrogênio em 2022 (Mt/ano).



Fonte: Porto de Roterdã (Uribe, 2024, p. 13).

Se conclui, de forma parcial, que as alianças estratégicas foram as soluções encontradas pelo mercado internacional visando a criação e desenvolvimento de vantagens

competitivas, permitindo entre os cooperantes a união de esforços e a sinergia de recursos e capacidades voltados para a conquista e consolidação de mercados. É um processo “ganha-ganha” cujos benefícios atingem simultaneamente diversas áreas os partícipes (P&D, produção, logística, distribuição marketing, etc.).

3.3 TEORIA DOS RECURSOS EMPRESARIAIS

A literatura relacionada à Administração Estratégica oferece aos gestores e decisores uma série de ferramentas com a finalidade de identificar dados, obter informações e construir conhecimentos voltados para a elaboração do Planejamento Estratégico. Somente com uma utilização confiável destas informações e conhecimentos poder-se-ia definir os objetivos e as metas das organizações. À disposição dos negócios, se encontram metodologias como as Cinco Forças Competitivas de Porter, a clássica matriz SWOT, o Mix do Composto de Marketing, a Visão Baseada em Recursos e a Teoria dos Recursos Empresariais, entre outras. Normalmente, o que há em comum é a oportunidade da empresa mapear suas capacidades e recursos, as realidades no ambiente interno e externo, o entendimento das tendências atuais e futuras do mercado e o acompanhamento das conjunturas nacionais e internacionais com a finalidade de identificar oportunidades, antever ameaças e fomentar vantagens e diferenciais competitivos. Tudo isso para consolidar seu modelo de negócios ante um mercado muitas vezes competitivo, incluindo uma intensa concorrência globalizada.

No presente artigo, o objetivo é constatar a aplicabilidade dos conceitos da Teoria dos Recursos Empresariais como fator indutor e compatível com o processo de análise, negociação, formação e desenvolvimento das alianças estratégicas estabelecidas entre Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos na produção e comercialização do H₂V no contexto da transição energética cearense-europeia. O ponto de partida reside nos estudos de Wernerfelt (1984 apud Klotzle, 2002) quando afirma que as fontes de competitividade de uma empresa seriam decorrentes de seus recursos (ativos materiais e imateriais). Diferentemente das teorias tradicionais, que se baseiam fortemente na análise do ambiente competitivo, a Teoria dos Recursos Empresariais tem como foco principal os recursos possuídos pela empresa, ou seja, é dada mais ênfase a seus aspectos internos (tecnologia, capacidade administrativa, capacidade gerencial, linha de produtos, *know-how*, etc.).

A partir do momento que um cooperante possua capacidades e recursos internos de reconhecida relevância, com vantagens e diferenciais competitivos de interesse dos negócios de outro cooperante e vice-versa, surgiria então a possibilidade destas partes

unirem esforços em prol de objetivos e metas em comum, permitindo a troca de experiências e expertises e acesso aos valiosos recursos empresariais de outra empresa (Klotzle, 2002). Das considerações supracitadas, se ressalta a necessidade de que haja uma relação de complementaridade e similaridade dos recursos aportados pelos diferentes parceiros da aliança estratégica (Das e Teng, 2000 apud Klotzle, 2002); caso contrário, havendo assimetrias destas capacidades, não justificaria, desta forma, o interesse para a formação e o desenvolvimento de alianças estratégicas.

Em estudo realizado com 59 *joint-ventures* entre empresas de Bangladesh e empresas de países industrializados e em desenvolvimento, se concluiu que quanto maior o equilíbrio entre os recursos disponibilizados pelos diferentes parceiros, melhor tenderia a ser o desempenho das alianças estratégicas (Sim e Ali, 1998 Apud Klotzle, 2002). À luz das considerações apresentadas da Teoria dos Recursos Empresariais e conjugando com as informações constantes nas Tabelas 1 e 2 e no Gráfico 1, se pergunta: quais foram os fatores, circunstâncias, recursos, capacidades e expertises que contribuíram, eventualmente, com a formação e desenvolvimento da aliança estratégica entre Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos?

3.4 AS ALIANÇAS ESTRATÉGICAS ENTRE PECÉM-CEARÁ-BRASIL E ROTERDÃ-PAÍSES BAIXOS

As condições fisiográficas do Estado do Ceará e a localização do Porto do Pecém permitiram o aproveitamento de inúmeras potencialidades econômicas. A localização no Saliente Nordeste (baixa latitude), inserido no cinturão solar brasileiro, os regimes de ventos alísios e a elevada radiação média anual influenciaram diretamente a geração de energias renováveis (eólica e solar). Simultaneamente, a articulação terra-mar do litoral cearense no Oceano Atlântico e a distância para a Europa conferem um elevado grau de maritimidade do Porto do Pecém e uma proximidade a importantes rotas marítimas internacionais, facilitando-lhe as trocas comerciais com o continente europeu (Barbosa e Gomes, 2024). O Governo do Estado do Ceará tem realizado programas e investimentos no porto de Pecém, objetivando potencializá-lo como estratégia de desenvolvimento econômico além de assegurar-lhe uma infraestrutura e logística adequadas e diversificadas (IPECE, 2022).

Atualmente, o Terminal Portuário tem a função de elo na cadeia logística do transporte marítimo, integrando atividades portuárias e industriais, caracterizando-o como porto industrial (ADECE, 2019) e representando um ponto de inflexão no desenvolvimento

econômico do Estado. Por destacar-se como elo nas cadeias de suprimentos globais (hub de diversas mercadorias), vem operacionalmente crescendo devido aos constantes investimentos em superestruturas portuárias por meio de seus Prestadores de Serviços (Nunes, 2024). Em outubro de 2018, a Autoridade Portuária de Roterdã e Estado do Ceará assinaram acordo referente à participação de Roterdã no desenvolvimento do porto de Pecém com um investimento de 75 milhões de Euros no CIPP, garantindo 30% neste empreendimento além de participar de decisões estratégicas com representação no Conselho Executivo, Conselho Fiscal e Administração.

Este interesse é decorrente de Roterdã reconhecer Pecém como o principal centro logístico e industrial do Nordeste do Brasil, o que contribuiria em oportunidades para fluxos de comércio internacional e investimentos pela Europa (Rotterdam, 2018). Em fevereiro de 2021, o Estado do Ceará lançou o Hub de Hidrogênio em parceria com a Federação das Indústrias do Estado do Ceará e a Universidade Federal do Ceará. Mediante memorando de entendimento (*MoU*), se previu a construção de uma usina de H₂V no CIPP pela empresa australiana Energyx Energy ao aportar US\$ 5,4 bilhões no projeto (FIEC, 2021). Esta decisão iria ao encontro de Oliveira (2022) ao afirmar que o potencial de geração de energia renovável e sua localização próxima a portos estratégicos estimularia a criação de hubs, contribuindo para o desenvolvimento do mercado, da tecnologia para a indústria nacional, ser referência internacional e uma plataforma de acesso a outros países.

Em maio de 2023, os Países Baixos e o Estado do Ceará estabeleceram o Corredor de Hidrogênio Verde (Pecém e Roterdã); simultaneamente, Pecém-Roterdã implementaram a Parceria de Portos Verdes para o desenvolvimento da produção de H₂V. Uma das expectativas desses acordos seria a consecução de contratos firmes de demanda, considerado fator-chave para acelerar o desenvolvimento do hub de hidrogênio (Chiappini, 2023). Ademais, se criou uma rota marítima para a comercialização do H₂V no mercado europeu (Vasileva, 2023). Outro marco de altíssima relevância ocorreu em novembro de 2024. Os portos do Pecém, Rotterdam e Duisport (Alemanha) assinaram um *MoU* com o objetivo de expandir o Corredor Verde (Ceará–Rotterdam) até a Alemanha. O acordo objetiva o transporte de combustíveis alternativos (e-metanol, amônia verde e outros derivados), reforçando os compromissos com a descarbonização e segurança energética da Europa, a transição energética no Brasil, o desenvolvimento de projetos de geração de energia verde brasileira e fomento ao desenvolvimento socioeconômico para a região Nordeste do Brasil (Ceará, 2024; Rotterdam, 2024).

Indo até a Alemanha, o H₂V do Pecém ampliaria sua oferta no mercado europeu; a Duisport, que atua como um hub logístico central no coração da Europa, comprometer-se-ia em apoiar Pecém compartilhando sua experiência e expertise para expandir a conexão com o interior europeu (Ceará, 2024; Rotterdam, 2024). A Autoridade do Porto de Roterdã esclareceu que um dos canais de distribuição do H₂ na Europa seria pelo Corredor *Delta Rhine*, através de redes de dutos ligando Roterdã aos complexos industriais na Holanda, Alemanha e Bélgica. Destaca-se que a previsão de conclusão deste corredor seria em 2031/2032, quando diversas empresas planejavam importar e distribuir hidrogênio (e derivados) para seus respectivos complexos industriais, consolidando, assim, uma cadeia de valor em prol da descarbonização europeia (Rotterdam, 2024 Apud Barbosa e Gomes, 2025b). Em janeiro de 2025, o Governo do Estado, autoridades do Porto de Roterdã e o Presidente do CIPP estabeleceram novas parcerias com previsão de investimentos em torno de US\$ 24 bilhões em projetos de produção de H₂V. Estas perspectivas impactariam a criação de 80 mil novos postos de trabalho, impulsionando o desenvolvimento socioeconômico do Estado (CIPP, 2025). A atual arquitetura do CIPP (portuária, exportadora, industrial e energética), presente, também, na Zona Econômica do Canal de Suez (Egito), contribuiria para a redução de custos por ter as infraestruturas compartilhadas (IEA, 2022). A posteriori, o Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 destacou como vantagem competitiva a instalação de plantas de produção de hidrogênio em complexos portuários (hubs) cuja área incluía, também, plantas industriais (MME, 2023).

A alta administração do CIPP está convicta que a parceria com Roterdã impulsionaria a capacidade e eficiência de Pecém para competir no mercado internacional em função do compartilhamento de *expertise e know-how* e gestão conjunta do complexo industrial e portuário. Em tais circunstâncias, a perspectiva seria ampliar a capacidade do Ceará em atrair mais investimentos internacionais na área portuária, infraestrutura e instalação de novas indústrias na região (CIPP, ?). Em suma, a exportação do H₂V ao mercado europeu aumentaria a balança comercial cearense, tornando-a mais superavitária; com o ingresso de mais divisas, ocorreria mais investimentos do poder público e do setor produtivo. Do lado holandês, o governo dos Países Baixos quer reduzir as emissões em 55% até 2030 e zerar em 2050. No Fundo Climático para 2024, se previu 28,1 bilhões de euros para gastos no país até 2030; desse total, 7,5 de bilhões seriam destinados para desenvolver a indústria de H₂V, incluindo 300 milhões em importação, o que poderia favorecer os projetos no Pecém (Chiappini, 2023). Daí a competitividade de Roterdã: considerado o maior porto do continente, a melhor infraestrutura portuária europeia, a

principal entrada para a Europa, o acesso a um mercado de 440 milhões de consumidores, a geração de 565.000 empregos, o trânsito de 30.000 navios por ano (transporte marítimo) e 100.000 navios por ano via transporte hidroviário (Uribe, 2024, p. 4).

Roterdã tornar-se-ia pioneira na importação em grande escala de H₂V para o abastecimento energético europeu. Em 2022, durante o *World Hydrogen Summit*, foi anunciado que seriam distribuídos para a Europa 4,6 milhões de toneladas em 2030, sendo que 4 milhões seriam importados e o restante produzidos no própria porto (FKA, 2022). Em outros estudos, a demanda por H₂V, de Roterdã à Alemanha, poderia chegar a 20 milhões de toneladas por ano até 2050, das quais 18 milhões de toneladas viriam de importações (Figueirêdo, 2023). Ressalta-se que Roterdã está em contato com várias empresas europeias para explorar potenciais compradores de H₂, localizados principalmente no centro industrial de Chemelot (sudeste da Holanda) e nas adjacências da Renânia do Norte-Vestfália com a presença de indústrias químicas, refinarias e siderúrgicas (FKA, 2022). Desta forma, das considerações apresentadas, é possível consolidar, dentro do espectro político, diplomático, geoeconômico e energético, as características do Porto de Pecém-Ceará e de Roterdã-Países Baixos voltadas para o fortalecimento da cadeia de valor do H₂V (Tabela 3).

Tabela 3: Características do Porto de Pecém (Ceará) e de Roterdã (Países Baixos)

Características do Estado do Ceará e/ou do Porto do Pecém	Localização estratégica na Península Nordeste; Potencial comprovado para geração de energia renovável; Proximidade marítima com a Europa; Excelente infraestrutura portuária, industrial, logística e de exportação; Investimentos significativos em infraestrutura portuária.
Potenciais do Estado do Ceará e/ou do Porto do Pecém	Apoiar empresas cearenses na exportação e nos investimentos na Europa; Aumento do saldo da balança comercial do Ceará (superávit); Desenvolvimento socioeconômico (geração de emprego e renda); Consolidação como polo logístico e industrial do Nordeste; Competitividade nos custos de produção; Aumento da capacidade e eficiência do Porto do Pecém; Melhores condições para competir no mercado internacional; Participação ativa na transição energética justa e inclusiva; Fortalecimento dos setores naval e portuário; Expansão da geração de energia renovável; Diversificação da matriz energética no Ceará, no Nordeste e no Brasil.
Características do Porto de Roterdã	Localização estratégica no Atlântico Norte; Principal ponto de entrada para a Europa; Maior porto do continente europeu; Melhor infraestrutura portuária da Europa; Conexão com o mercado europeu por meio de oleodutos e hidrovias.
Potenciais dos Países Baixos e/ou do Porto de Roterdã	Apoiar empresas holandesas na exportação e em investimentos no Brasil; Potencial para contribuir com a transição energética na Europa; Investimentos significativos em empresas produtoras de hidrogênio (H ₂ V); Principal fornecedor de H ₂ V para a Europa; Abertura do mercado europeu para o H ₂ V do Ceará; Liderança global no setor de energia; Compartilhamento de conhecimento e experiência; Gestão conjunta com o Porto do Pecém.

Fonte: Dados dos pesquisadores.

Como se pode observar, no contexto da cooperação internacional, das alianças estratégicas e consubstanciadas pela Teoria dos Recursos Empresariais, a maior premissa é que seja uma união de esforços com o “estado final desejado” de benefícios mútuos (“ganha-ganha”). A intercessão e justaposição das informações constantes nas Tabelas 1, 2 e 3 demonstram e comprovam o alinhamento entre os conceitos teóricos e as parcerias estratégicas entre Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos no contexto da transição energética mundial. De fato, se percebe que ambas as partes têm a intenção de que a aliança impulse a cooperação voltada para iniciativas em logística portuária, projetos de energia portuária (energia eólica terrestre e marítima) e a produção de H₂V (BRIC GROUP, 2023). Assim, das análises e estudos apresentados, de forma parcial, se conclui que o processo de fortalecimento da cooperação internacional entre o Estado do Ceará e os Países Baixos e as parcerias estratégicas entre Pecém e Roterdã se alinham com a necessidade da cooperação internacional e os conceitos e as tipologias das alianças estratégicas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A corrida desencadeada pela comunidade internacional para impulsionar a transição energética e a descarbonização da economia mundial está em andamento. O compromisso dos países em mitigar os efeitos do aquecimento global e das mudanças climáticas foram consubstanciados, entre outros, na Agenda 2030 e o Acordo de Paris. Entretanto, somente com a união de esforços além-fronteira e o compartilhamento de recursos dos partícipes deste processo é que seriam possíveis fortalecer as capacidades econômicas e tecnológicas conjuntamente, frente a este desafio do século XXI. Para tanto, seria imprescindível a cooperação internacional.

Desta forma, o presente artigo teve como objetivo analisar as alianças estratégicas entre Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos na produção do H₂V sob a ótica da Teoria dos Recursos Empresariais. E fruto desta análise, oferecer subsídios aos tomadores de decisão de alto nível, proporcionando-lhes maior clareza na formulação de estratégias empresariais no âmbito da cooperação internacional. A pesquisa atingiu seus objetivos ao fornecer uma melhor percepção e compreensão da cooperação internacional e das alianças estratégicas no atual momento global quando as mudanças climáticas têm demonstrado os efeitos do aquecimento global e das emissões dos gases de efeito estufa. A pesquisa possibilitou, também, comprovar o elevado grau de integração política, econômica e energética entre o porto de Pecém e o Estado do Ceará com o porto de Roterdã e os Países Baixos no tocante à produção e comercialização do H₂V. Ganharia o Ceará como produtor e exportador, por

possuir recursos e capacidades geoeconômicas existentes no porto de Pecém e relevante interesse energético aos Países Baixos. Por outro lado, ao compartilhar outros recursos e capacidades, além de experiências e expertises acumuladas ao longo de sua história, ganharia os Países Baixos por importar o H₂V, via porto de Roterdã, para atender os mercados interno e europeu (Alemanha) a preços e custos mais vantajosos em detrimento de outros países produtores.

A abordagem qualitativa, por meio da revisão de literatura e análise documental, foi fundamental para compreender a aplicabilidade da Teoria dos Recursos Empresariais como indutor da formação e desenvolvimento de alianças estratégicas, permitindo um entendimento mais detalhado sobre as parcerias concretizadas entre Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos no processo de transição energética. A pesquisa revelou, também, os benefícios mútuos para as duas regiões, garantindo investimentos, acessando novas tecnologias, alcançando novos mercados, o desenvolvimento socioeconômico, entre outras vantagens mútuas. Nesse sentido, o artigo mostrou que Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos estão unindo esforços (“ganha-ganha”) neste século XXI a fim de contribuir com a transição energética global.

Para futuras pesquisas, é recomendado o acompanhamento da efetividade da parceria econômica-energética Pecém-Ceará e Roterdã-Países Baixos, verificando os resultados decorrentes dos investimentos realizados, os novos recursos e capacidades de interesse de Pecém-Ceará que possam ser compartilhados pelos Países Baixos, as perspectivas de demandas de H₂V e os canais de distribuição a serem utilizados nos mercados consumidores na Europa. Além disso, seria fundamental monitorar os reflexos destes acordos em prol do desenvolvimento socioeconômico do Ceara.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. The Brazil-Germany energy partnership: from nuclear to green hydrogen – a perspective on mutual benefits in the energy transition of the 21st century. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, v. 27, n. 1, p. 60-70, 2025a. Disponível em: <https://doi.org/10.9790/487X-2701046070>.

BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. The H2V value chain in Ceará: a brief analysis of the contributions of the international marketing mix in the context of the energy transition in Europe. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, v. 27, n. 2, p. 55-66, 2025b. Disponível em: <https://doi.org/10.9790/487X-2702025566>.

BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. The projection of the state of Ceará on the international stage through FIEC in the production and exportation of green hydrogen and its impact on socioeconomic development in Ceará. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, v. 26, n. 11, p. 56-63, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.9790/487X-2611045663>.

BLODGETT, L. L. Partner contributions as predictors of equity share in international joint-ventures. *Journal of International Business Studies*, v. 22, p. 63-78, 1991.

BORGES, R. F.; BASTOS, C. M. de A. M. Alianças estratégicas: o impacto da formação de joint ventures nos ativos das empresas constituintes. *Múltiplos Acessos*, v. 5, n. 2, p. 190-205, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.51721/2526-4036/v5n2a14>.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Programa Nacional do Hidrogênio: plano de trabalho trienal 2023–2025. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/PlanodeTrabalhoTrienalPNH2.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2025.

BRIC GROUP. Ceará and the Netherlands launch green hydrogen corridor. 15 maio 2023. Disponível em: <https://bric-group.com/article/ceara-and-netherlands-launch-green-hydrogen-corridor>. Acesso em: 6 mar. 2025.

CARVALHO, Y. M. Do velho ao novo: a revisão de literatura como método de fazer ciência. *Revista Thema*, Pelotas, v. 16, n. 4, p. 913–928, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/thema.V16.2019.913-928.1328>.

CHIAPPINI, G. Países Baixos firmam parceria com Ceará para impulsionar hidrogênio verde. *Eixos Energia*, 11 maio 2023. Disponível em: <https://eixos.com.br/hidrogenio/paises-baixos-firmam-parcerias-com-portos-brasileiros-para-impulsionar-hidrogenio-verde/>. Acesso em: 7 mar. 2025.

COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM (CIPP). Porto de Roterdã como parceiro. 2025. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/porto-de-roterda-como-parceiro/>. Acesso em: 8 mar. 2025.

COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM (CIPP). Governador Elmano fortalece parceria com o Porto de Roterdã, um dos mais importantes do mundo. 13 jan. 2025. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/governador-elmano-fortalece-parceria-com-o-porto-de-roterda-um-dos-mais-importantes-do-mundo/>. Acesso em: 7 mar. 2025.

DAS, T. K.; TENG, B. S. Between trust and control: developing confidence in partner cooperation in alliances. *Academy of Management Review*, v. 23, p. 491-512, 1998.

DOUGLAS, S. P.; CRAIG, C. S. *Global marketing strategy*. New York: McGraw-Hill, 1995.

EIRIZ, V. Proposta de tipologia sobre alianças estratégicas. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 5, p. 65-90, maio/ago. 2001.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC). Hub de hidrogênio verde é lançado no Ceará com a parceria da FIEC. 2025. Disponível em: <https://www1.sfiec.org.br/fiec-noticias/search/139592/hub-de-hidrogenio-verde-e-lancado-no-ceara-com-a-parceria-da-fiec>. Acesso em: 30 jan. 2025.

FIGUEIRÊDO, H. Seminário transição energética e produção de hidrogênio verde: oportunidade de transformação da economia do Ceará e do Brasil através do hub de hidrogênio verde no Pecém. 2023. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-temporarias/especiais/57a-legislatura/transicao-energetica-e-producao-de-hidrogenio-verde/apresentacoes-em-eventos/2023.10.06HUGOFIGUEIREDOCIPP.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2025.

FUNDAÇÃO KONRAD ADENAUER (FKA). *Cooperação entre Brasil e Europa: importância geopolítica e perspectivas de inovação*. Série Relações Brasil-Europa, n. 12. Rio de Janeiro, 2022.

GARCIAS, P. M. A lógica de formação de grupos e aliança estratégica de empresas. *Tuiuti: Ciência e Cultura*, v. 24, p. 51-78, 2001.

GOFREDO, T. R.; BATAGLIA, W. Os mecanismos de sincronização em alianças estratégicas. *Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria*, v. 8, n. 4, p. 633-649, 2015.

GOMES-CASSERES, B. *Estratégia em primeiro lugar*. HSM Management, v. 3, n. 15, p. 58-64, 1999.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). *Relatório ODS: os objetivos do desenvolvimento sustentável e as ações do Governo do Ceará*. Fortaleza, 2022. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2024/01/Relatorio_ODS_2022.pdf. Acesso em: 29 jan. 2025.

CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. Portos do Pecém, Rotterdam e Duisport assinam acordo para expandir o corredor verde até a Alemanha. 12 dez. 2024. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2024/12/12/portos-do-pecem-rotterdam-e-duisport-assinam-acordo-para-expandir-o-corredor-verde-ate-a-alemanha/>. Acesso em: 4 mar. 2025.

CEARÁ. Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho. Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE). *Atlas eólico e solar Ceará*. Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://atlas.adece.ce.gov.br/>. Acesso em: 31 jan. 2025.

GRAZZIOTIN, L. S.; KLAUS, V.; PEREIRA, A. P. M. Documental historical analysis and bibliographic research: study focuses and methodological paths. *Pro-Posições*, Campinas, v. 33, e20200141, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1980-6248-2020-0141>.

GULATI, R. Alliances and networks. *Strategic Management Journal*, v. 19, n. 4, p. 293-317, 1998.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Global hydrogen review*. 2022. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c5bc75b1-9e4d-460d-9056-6e8e626a11c4/GlobalHydrogenReview2022.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2025.

KLOTZLE, M. C. Alianças estratégicas: conceito e teoria. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 6, p. 85-104, 2002.

MARTIGNAGO, G. *Gestão estratégica de negócios internacionais I*. 2. ed. Palhoça: Unisul Virtual, 2011.

NUNES, C. A. Porto do Pecém 22 anos: uma infraestrutura fundamental para a economia do Ceará. *Diário do Nordeste*, 28 mar. 2024. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/opiniao/colaboradores/porto-do-pecem-22-anos-uma-infraestrutura-fundamental-para-a-economia-do-ceara-1.3494177>. Acesso em: 27 fev. 2025.

OLIVEIRA, R. C. de. *Panorama do hidrogênio no Brasil*. Texto para Discussão 2787. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Policy briefs in support of the High-Level Political Forum 2022: addressing energy's interlinkages with other SDGs*. 2022. Disponível em: [2022-UN_SDG7 Brief-060122.pdf](https://www.un.org/development/desa/policy/2022-UN_SDG7_Brief-060122.pdf). Acesso em: 15 fev. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. Brasília: Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil, 2015.

PEREIRA, A. S. et al. *Metodologia da pesquisa científica*. 1. ed. Santa Catarina: UFSM, 2018.

PITANGA, Â. F. Pesquisa qualitativa ou pesquisa quantitativa: refletindo sobre as decisões na seleção de determinada abordagem. *Revista Pesquisa Qualitativa*, São Paulo, v. 8, n. 17, p. 184-201, 2020.

PORT OF ROTTERDAM. *Green energy from Brazil for Germany*. 15 dez. 2024. Disponível em: <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/green-energy-brazil-germany>. Acesso em: 8 mar. 2025.

PORT OF ROTTERDAM. *Port of Rotterdam Authority signs investment agreement for participation in Port of Pecém*. 25 out. 2018. Disponível em: <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/port-rotterdam-authority-signs-investment-agreement-participation-port>. Acesso em: 7 mar. 2025.

SIM, A. B.; ALI, Y. Performance of international joint ventures from developing and P&D countries: an empirical study in a developing country context. *Journal of World Business*, v. 33, n. 4, p. 357-370, 1998.

TEECE, D. J. Competition, cooperation, and innovation: organizational arrangements for regimes of rapid technological progress. *Journal of Economic Behavior and Organization*, v. 18, p. 1-25, 1992.

URIBE, D. Port of Rotterdam as a gateway to North West Europe for the Brazilian H2 market. *World Hydrogen Summit*, 2024.

VASILEVA, A. Hydrogen market updates from across Latin America. *Intelligence Report. World Hydrogen Leaders*, Chile, 2023.

VILELA, N. G. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. de O. S. Alianças estratégicas e vantagens competitivas: uma abordagem teórico-empírica sob a ótica da visão baseada em recursos. *Journal of Perspectives in Management*, v. 2, n. 1, p. 21-31, 2018.

WERNERFELT, B. A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, v. 5, p. 171-180, 1984.

CAPÍTULO 9:

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E EMPRESARIAL COMO VANTAGEM COMPETITIVA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO ESTADO DO CEARÁ¹

Márcio Carneiro Barbosa

Bacharel em Relações Internacionais – UNISUL; Bacharel em Tecnologia de Comércio Exterior – UNISUL; Pós-graduação MBA em Gestão de Energias Renováveis – Fbuni/IEL; Pós-graduação em Docência no Ensino Superior – UFRJ; MBA em Logística Empresarial – FGV; Mestre em Ciências Militares – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Brasileiro.

Rickardo Léo Ramos Gomes

Doutor (Tít. Cultural) em Ciências Biológicas – FICL; Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências – Universidade Estadual do Ceará – UECE; Pós-graduação Internacional em Paleontologia (Tít. Cultural) – FICL; Bacharel em Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Licenciatura breve em Matemática, Química, Física e Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

RESUMO

Contexto: O concerto das nações passou a conscientizar-se sobre a importância do desenvolvimento sustentável como forma de mitigar os efeitos decorrentes da degradação ambiental e dos impactos sociais. Para alcançar o equilíbrio dos ecossistemas, é necessário que três pilares caminhem juntos: econômico, social e ambiental. Nesse cenário, observa-se a adesão de empresas e indústrias no Ceará em incorporar práticas de desenvolvimento sustentável em seus modelos de negócios, o que pode representar uma vantagem competitiva no processo de transição energética mundial. Materiais e Métodos: A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, com procedimentos bibliográficos e documentais. O objetivo geral foi caracterizar em que medida o desenvolvimento sustentável, associado à responsabilidade socioambiental e empresarial implementada por empresas e indústrias cearenses, poderia favorecer o Estado no contexto da transição energética mundial. Resultados: O estudo revelou a existência de uma série de benefícios e vantagens econômicas e socioambientais decorrentes da adoção de práticas sustentáveis no Ceará, indicando potencial de competitividade no cenário internacional da transição energética. Conclusão: A incorporação efetiva do desenvolvimento sustentável pelas empresas e indústrias cearenses demonstra que o Ceará possui condições de se destacar positivamente no processo de transição energética global, conciliando ganhos econômicos com responsabilidade socioambiental.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável; Responsabilidade socioambiental; Transição energética; Vantagem competitiva.

¹ Uma versão deste artigo foi publicada em inglês pelo IOSR Journal of Business and Management. O referido Jornal atribuiu o seguinte DOI CODE: 10.9790/487X-2706043950.

1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global e as conseqüentes mudanças climáticas são fenômenos presentes no mundo contemporâneo. A natureza, fruto de intensas atividades econômicas, tem mostrado que o uso de combustíveis fósseis na geração de energia, voltado para um modelo de consumo ilimitado, tem apresentado severas mudanças climáticas com resultados desastrosos para o meio ambiente. A partir da segunda metade do século XX é que os organismos internacionais perceberam que o ecossistema estava sob forte pressão dos gases de efeito estufa, trazendo pesadas conseqüências socioeconômicas em todos os continentes. À época, as primeiras iniciativas foram tomadas para conscientizar que a descarbonização da economia e a transição energética seriam parte da solução para mitigar os danos causados pelo modelo econômico baseado em um elevado consumo de recursos naturais. Surgiram, assim, novos conceitos que pudessem conciliar o desenvolvimento econômico simultaneamente com o desenvolvimento socioambiental. A conciliação destas premissas contribuiria com uma efetiva transição energética. E o Estado do Ceará não poderia estar fora desta corrida pela sustentabilidade econômica, social e ambiental, em prol da transição energética, por apresentar indicadores favoráveis e comprovado comprometimento nesta questão.

A metodologia utilizada neste estudo se distingue por adotar uma abordagem qualitativa, fundamental para a compreensão aprofundada e crítica da influência dos preceitos do desenvolvimento sustentável e da responsabilidade socioambiental e empresarial no processo de transição energética no Ceará. Dois procedimentos de investigação foram empregados: a pesquisa bibliográfica, sustentada a partir de obras científicas, incluindo artigos e teses os quais orientaram o desenvolvimento do trabalho e a pesquisa documental, que se baseou na análise de documentos tanto nacionais quanto internacionais, os quais apresentaram e orientaram a interligação entre desenvolvimento sustentável e transição energética. Assim, o objetivo geral deste estudo é caracterizar o quanto as premissas do desenvolvimento sustentável e da responsabilidade socioambiental e empresarial, levadas a cabo por empresas e organizações econômicas, poderiam favorecer competitivamente o Ceará na transição energética mundial. Os objetivos específicos estabelecidos são os seguintes: descrever um breve histórico da implementação do desenvolvimento sustentável pela comunidade internacional, a partir do século XX; apresentar conceitos, definições, importância e benefícios da responsabilidade socioambiental e empresarial no mundo contemporâneo e analisar o desenvolvimento

sustentável e a responsabilidade socioambiental e empresarial no Ceará como vantagem competitiva na transição energética mundial.

Este artigo está organizado em quatro seções. A primeira trata da introdução, em que se apresenta o contexto da pesquisa, a metodologia adotada e os objetivos do estudo. A segunda seção aborda os aspectos metodológicos, detalhando a abordagem qualitativa e os procedimentos utilizados. A terceira seção compreende a fundamentação teórica, na qual são abordados o desenvolvimento sustentável, a responsabilidade socioambiental e empresarial com reflexo na transição energética mundial levada a cabo pelo Estado do Ceará. Por fim, a quarta seção apresenta as considerações finais, que sintetizam os principais achados e sugerem caminhos para pesquisas futuras.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa se distingue por ser qualitativa, tendo sua importância no âmbito científico relacionada à sua aptidão para proporcionar uma compreensão profunda e contextualizada dos fenômenos econômicos, sociais e ambientais. Segundo afirmam Lakatos e Marconi (2019), a pesquisa qualitativa transcende meras quantificações e se propõe a interpretar significados, inter-relações e estruturas subjacentes aos dados, revelando-se, assim, particularmente eficiente em investigações direcionadas à relação direta entre desenvolvimento sustentável e transição energética. Os métodos utilizados consistiram em pesquisa bibliográfica e pesquisa documental. A primeira foi embasada em análise de publicações (nacionais e internacionais), relatórios, artigos científicos e sítios na internet, conferindo um sólido alicerce teórico. De acordo com Pereira et al. (2018), esse tipo de abordagem é fundamental para a ciência global, uma vez que possibilita a organização do conhecimento existente e a orientação para novas pesquisas.

Já a pesquisa documental, por sua parte, se fundamentou na análise de publicações nacionais e internacionais pertinentes ao tema, incluindo relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), da Agência Internacional de Energia (IEA), da Organização das Nações Unidas (*United Nations*), do *Global Reporting Initiative* (GRI), da McKinsey, da Presidência da República, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTIC), do Ministério de Minas e Energia (MME), do Ministério de Relações Exteriores (MRE), da Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) e dos relatórios de sustentabilidade da Qair Brasil, Casa dos Ventos e do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). Esses documentos possibilitaram a compreensão da interface

entre o desenvolvimento sustentável, a responsabilidade socioambiental e empresarial com a transição energética, oferecendo ao Estado do Ceará o potencial de uma vantagem competitiva na transição energética ora em vigor.

De acordo com Grazziotin, Klaus e Pereira (2022), a combinação da pesquisa documental com a pesquisa bibliográfica forma poderosas ferramentas metodológicas para o progresso científico, uma vez que permitiu não apenas a organização do conhecimento já consolidado, mas também a inter-relação entre desenvolvimento sustentável e transição energética. Nesse contexto, a articulação entre fontes bibliográficas e documentais favoreceu o aprofundamento analítico da pesquisa, permitindo uma interpretação integrada dos aspectos econômicos, sociais e socioambientais relacionados à influência destes como vantagem competitiva do Ceará na transição energética.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta fundamentação foi organizada em três subtópicos. No primeiro, houve a descrição de um breve histórico da implementação dos fundamentos, origens e justificativas do desenvolvimento sustentável pela comunidade internacional, a partir do século XX. No segundo, a intenção foi apresentar os conceitos, definições, importância e benefícios da responsabilidade socioambiental e empresarial no mundo contemporâneo em proveito das atuais e futuras gerações. E no terceiro, uma análise do atual contexto do desenvolvimento sustentável e da responsabilidade empresarial e socioambiental no Ceará como vantagem competitiva para o Estado na transição energética mundial ora em vigor.

3.1 BREVE HISTÓRICO DA IMPLEMENTAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PELA COMUNIDADE INTERNACIONAL A PARTIR DO SÉCULO XX

As mudanças climáticas, decorrentes de atividades econômicas baseadas preponderantemente na produção e consumo de combustíveis fósseis, têm causado diversos danos ambientais. Tais circunstâncias se justificam pois os ecossistemas que integram a biosfera são sensíveis às interferências provocadas pelo homem. A poluição ambiental e o esgotamento dos recursos naturais são motivos de estudos pois a velocidade da degradação do meio ambiente leva ao risco de se perderem as condições de regeneração e recuperação do sistema (ESG, 2009, apud Barbosa; Gomes, 2024b). A História vem demonstrando que a adoção de um sistema de produção econômico centrado em fontes de energia não renováveis, com significativa emissão de gases e resíduos poluentes, teve como resultado uma comunhão de crises energéticas e ambientais, cujo enfrentamento demanda

esforços conjuntos entre setores privados e entidades governamentais, em uma escala internacional (Costa et al., 2024). Conscientes de tais condicionantes, a partir da segunda metade do século XX, a comunidade internacional e diversos organismos internacionais iniciaram tratativas para sensibilizar a importância do desenvolvimento econômico conciliando com o desenvolvimento socioambiental. Em um esforço conjunto de visão de futuro, era uma solução para mitigar os negativos impactos da degradação do meio ambiente face à produção econômica não sustentável.

3.1.1 Clube de Roma (Relatório Meadows ou *The limits to growth*)

Em 1968, políticos, físicos, industriais e cientistas juntaram-se na Itália para tratar do desenvolvimento sustentável do planeta. Conhecido como Clube de Roma, foi a primeira associação internacional a discutir sustentabilidade e meio ambiente, analisando os limites do crescimento econômico, levando em consideração o uso crescente dos recursos naturais (Ferreira, 2014). Em 1972, em cooperação com o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (EUA), os cientistas americanos Dennis Meadows e Donella Meadows e o acadêmico norueguês Jorgen Randers, usando modelos matemáticos avançados, simularam a interação do Homem com o Meio Ambiente, levando em consideração o número de habitantes e o esgotamento de recursos naturais. O resultado foi publicado no Relatório Meadows ou *The limits to growth* (Meadows et al., 1972).

As conclusões apontavam que se se mantivessem, à época, as tendências de crescimento da população mundial, industrialização, contaminação ambiental, produção de alimentos e esgotamento de recursos, o planeta alcançaria os limites de seu crescimento no curso dos próximos cem anos, resultando, provavelmente, um súbito e incontrolável declínio tanto da população como da capacidade industrial (Tayra, 2012 apud Mariani, 2017). A repercussão do Relatório Meadows foi tão grande que inspirou, anos mais tarde, no Brasil, a Lei nº 6.938/81 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente) e todo o Sistema Nacional do Meio Ambiente/SISNAMA (Mariani, 2017). O Relatório Meadows é considerado o marco inicial no despertar da consciência mundial entre desenvolvimento econômico e desenvolvimento socioambiental.

3.1.2 Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano

Em decorrência do Relatório *Meadows*, foi realizada em 1972 (Estocolmo-Suécia), a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, com a participação de 113 países, 250 organizações não-governamentais e organismos da ONU (Lomborg, 2012

apud Mariani, 2027). Nesta Conferência, se compreendeu que desenvolvimento e conservação ambiental não eram temas incompatíveis, nascendo um movimento crescente em compatibilizar interesses econômicos, sociais e ambientais em prol das gerações futuras (Chaves; Castello, 2013). A crescente discussão foi buscar conciliar atividade econômica com preservação do meio ambiente (Estender; Pitta, 2008). A Declaração de Estocolmo produziu vinte e seis princípios que influenciaram a elaboração do capítulo do meio ambiente da Constituição Federal do Brasil, de 1988, e diversas outras constituições de países, ao incorporar, sucessivamente, a questão ambiental ao seu ordenamento jurídico, comprovando a opção mundial por um meio ambiente saudável e equilibrado (Silva, 2009 apud Mariani, 2017). Outros resultados da Conferência foram a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e a elaboração da Declaração sobre o Meio Ambiente Humano, com uma lista de 23 princípios norteadores (Juski; Ribeiro, 2015).

3.1.3 Comissão Brundtland

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu durante a Comissão de Brundtland na década de 1980, onde foi elaborado o relatório *Our Common Future*, quando a Primeira-Ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland apresentou a seguinte definição: “É a forma como as atuais gerações satisfazem as suas necessidades sem, no entanto, comprometer a capacidade de gerações futuras” (Montibeller Filho, 1993; Estender; Pitta, 2008 e Chaves; Castello, 2013). O pensamento que se ressaltou durante a Comissão de Brundtland foi que a capacidade de regeneração dos recursos naturais se tornava comprometida, em função do seu consumo de forma desenfreada, ou seja, o desenvolvimento sustentável deveria focar principalmente nas futuras gerações, pois de acordo como a geração atual satisfaz suas necessidades, é que acarretaria problemas econômicos, sociais e ambientais nas gerações futuras (Estender; Pitta, 2008). Naquele momento, se observou a necessidade de definir uma política ambiental internacional, adotando uma nova postura em relação ao meio ambiente, de modo a garantir os recursos naturais necessários à sobrevivência das futuras gerações. Dentro destas circunstâncias, surgiu a ideia de Desenvolvimento Sustentável (Chaves; Castello, 2013).

3.1.4 Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

Em 1992, ocorreu no Rio de Janeiro (Brasil), a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, reunindo Chefes de Estado e representantes de 179 países. Este encontro, conhecido como Rio-92 (ou ECO-92), discutiu a nova

concepção de Desenvolvimento Sustentável que estava em foco desde a publicação do Relatório Brundtland (Chaves; Castello, 2013). Durante a Rio-92, se constatou a crescente conscientização sobre os problemas do sistema econômico à época, o que promoveu a discussão entre a relação do desenvolvimento socioeconômico e as transformações ecológicas (Estender; Pitta, 2008). O resultado final da conferência foi a Agenda 21, formulada internacionalmente para ser adotada em escala global, nacional e localmente por organizações do sistema das Nações Unidas, pelos governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impactasse o meio ambiente (Gomes et al., 2024). Assim, estabeleceu uma rede de cooperação internacional para pôr em prática, ao longo do século XXI, o desenvolvimento sustentável do planeta. O documento selou um compromisso socioambiental global, trazendo a necessidade de uma promoção da consciência ambiental e o fortalecimento das instituições para o desenvolvimento sustentável, harmonizando eficiência econômica, justiça social e proteção ambiental (Chaves; Castello, 2013). Desta forma, o plano de sustentabilidade da Agenda 21 fixava três áreas de desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental (Estender; Pitta, 2008).

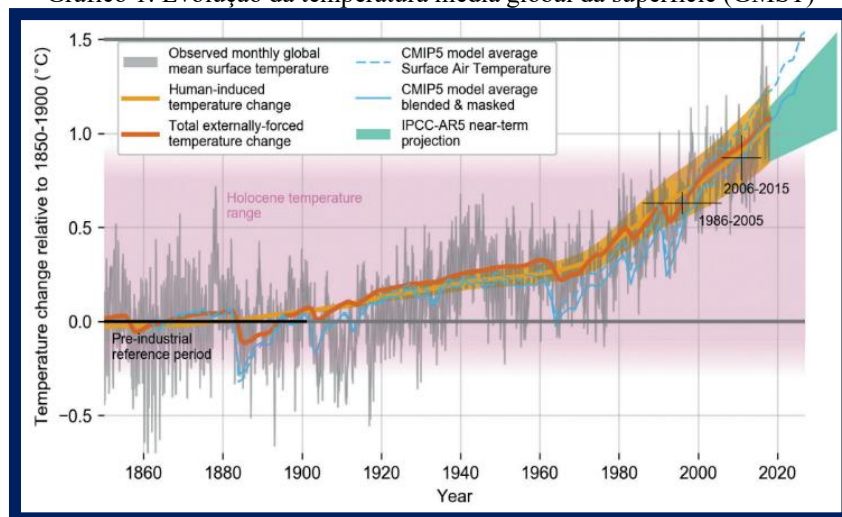
3.1.5 Agenda 2030

Em 2015, durante o 70º aniversário da ONU, Chefes de Estado e de Governo definiram os novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (SDG), conhecidos como Agenda 2030. No total, são dezessete objetivos globais, todos voltados para o desenvolvimento econômico, social e ambiental, sendo dois diretamente voltados aos efeitos das mudanças climáticas e da transição energética: os SDG 7 e 13. De forma consciente, a comunidade internacional reconheceu as condições climáticas adversas e a carbonização da atmosfera como um dos maiores desafios da Era Contemporânea tendo em vista que os efeitos negativos vinham impactando diretamente na vida do planeta. O SDG 7 prevê, até 2030, o aumento substancial da participação de energias renováveis na matriz energética global, o fortalecimento da cooperação internacional em pesquisa, em tecnologia de energia limpa e a promoção de investimentos em infraestrutura de energia limpa (ONU, 2015). O SDG 13 ressalta a integração de medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais e a educação para aumentar a conscientização, a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima.

3.1.6 Acordo de Paris

Durante a 21ª Conferência das Partes (COP21), em 2015, foi assinado o Acordo de Paris, um tratado abrangendo os países da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Tem por finalidade fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima no contexto do desenvolvimento sustentável e dos esforços de erradicação da pobreza (MCTI, 2017). Naquela ocasião, reconhecendo que as mudanças climáticas seriam uma preocupação comum da humanidade, os governos se comprometeram em agir para manter o aumento da temperatura média mundial “bem abaixo” dos 2°C em relação aos níveis pré-industriais e em envidar esforços para limitar o aumento a 1,5 °C (MCTI, 2017), o que pode ser comprovado com o Gráfico 1.

Gráfico 1: Evolução da temperatura média global da superfície (GMST)



Fonte: *Intergovernmental Panel on Climate Change* (2023, p. 57).

Pelas metas estabelecidas, seria necessário cortar em 60% as emissões de CO₂ até 2050 (McKinsey, 2021). Desta forma, para atingir o objetivo deste acordo, seria impositivo descarbonizar grande parte do sistema energético mundial que ainda depende fortemente de combustíveis fósseis poluentes (Oliveira, 2022). O principal objetivo do acordo seria incentivar ações contrárias às mudanças climáticas, fortalecendo as capacidades dos países para lidar com os impactos gerados por essas mudanças. No caso do Brasil, o país deveria reduzir as suas emissões em 48% até 2025 e 53% até 2030, em relação às emissões de 2005 e entre 59% e 67% até 2035, também em comparação aos níveis de 2005, algo em torno de 850 milhões e 1,05 bilhão de toneladas de CO₂ equivalente em termos absolutos (MRE, 2025).

Com o Acordo de Paris, se intensificou a consciência mundial de se buscar alternativas de geração de energia de fontes renováveis, ambientalmente mais limpas e ecologicamente sustentáveis, em contraposição aos combustíveis derivados do petróleo (WEF, 2024, apud Barbosa; Gomes, 2024b).

Foi um encontro que reforçou a necessidade da transição energética, incluindo em seus objetivos o fortalecimento da resposta global às ameaças no cenário climático, com base no desenvolvimento sustentável (Gomes, et al., 2024).

O *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* emitiu relatório, reconhecendo a interdependência do clima, dos ecossistemas, da biodiversidade, das sociedades humanas e do desenvolvimento sustentável, associando o Acordo de Paris com os objetivos mais amplos de erradicação da pobreza e do desenvolvimento sustentável, reconhecendo que respostas eficazes às mudanças climáticas exigiriam um esforço coletivo que poderia ser guiado pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, de 2015 (IPCC, 2023).

Como conclusão parcial, se verifica que a comunidade internacional vem tomando uma série de providências, a partir da segunda metade do século XX, comprometendo diversos países sobre a temática do desenvolvimento sustentável. A maior conscientização do mundo contemporâneo foi a percepção de que os recursos naturais são limitados frente a um consumo ilimitado.

Urge, portanto, tomar uma série de medidas, nos campos econômico, social e ambiental, a fim de atender e compatibilizar as necessidades e aspirações das atuais gerações sem comprometer as futuras gerações. E parte destas medidas, como solução da sustentabilidade econômica, social e ambiental, reside no fato de diversificar a geração de energia mundial mediante uma transição energética global.

3.2 CONCEITOS, DEFINIÇÕES, IMPORTÂNCIA E BENEFÍCIOS DA RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E EMPRESARIAL NO MUNDO CONTEMPORÂNEO

De acordo com o *Dictionary of Environmental and Sustainable Development*, o desenvolvimento sustentável propicia, a longo prazo, benefícios econômico, social e ambiental, levando em consideração as necessidades das atuais e futuras gerações. Nesta definição, além de enfatizar a conservação dos recursos naturais, ressalta a importância da equidade social (Gilpin, 1996). De acordo com o *Relatório Brundtland* (da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), o desenvolvimento sustentável deve

ser entendido como um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações humanas (Ipiranga et al., 2011).

Como se pode verificar, há basicamente três pilares: o desenvolvimento econômico (geração de riqueza), a proteção ambiental (impacto no sistema natural) e o pilar social. Ou seja, é a utilização adequada de recursos naturais e a busca pelo bem-estar social, buscando o equilíbrio destes pilares (Ferreira, 2014). Da conjugação destes pilares, surgiu o “Tripé da Sustentabilidade”, criado pelo empresário norte-americano **Jonh Elkington**, **oferecendo** uma maneira de entender os negócios. No contexto da responsabilidade empresarial, conhecido como **Triple Bottom Line (People–Planet–Profit)**, para ser sustentável, uma empresa deveria ser financeiramente viável, socialmente justa e ambientalmente responsável, sempre buscando, como dito, o equilíbrio deste tripé (SEBRAE, 2022). Elkington (2001, apud Ipiranga et al., 2011) enfatiza que a sustentabilidade deve ser entendida como um modelo de gestão de negócios que visa o retorno (lucro) para os acionistas, envolvendo o desenvolvimento econômico, a promoção social e a proteção dos recursos naturais, complementando que os negócios precisam ser gerenciados não apenas do ponto de vista financeiro, mas também considerando aspectos sociais e ambientais. Quanto aos problemas socioambientais, identificados desde o Relatório *Meadows*, o processo econômico, baseado no crescimento ilimitado do consumo, tem evidenciado seus limites. A economia não pode mais levar em consideração apenas a geração de benefícios pelas atividades produtivas, surgindo a necessidade de uma nova maneira de pensar a relação economia e natureza (Menuzzi; Silva, 2015).

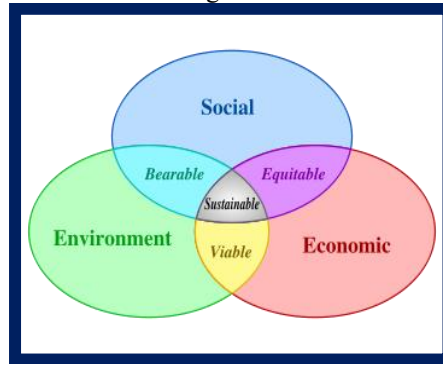
Não por acaso, está recaindo sobre as empresas uma grande pressão da sociedade por melhorias nas condições de vida das pessoas e na preservação ambiental, sendo reflexo, em muitos casos, da impossibilidade do Estado em atender às demandas geradas pela sociedade, incentivado pela busca por novos atores que se propusessem a preenchê-lo. Daí o surgimento da Responsabilidade Socioambiental das organizações (Chaves; Castello, 2013). Uma vez que se agravam os problemas socioambientais por todo o planeta (desemprego, poluição, exaustão de recursos naturais, entre outros) e à dificuldade dos governos de solucioná-los, as empresas passam a sentir a pressão para adotarem uma postura socialmente responsável na condução dos seus negócios. Nesse contexto, o conceito de responsabilidade socioambiental, bem como, o de desenvolvimento sustentável

têm sido utilizados como uma forma de estratégia das empresas para o seu próprio crescimento (Chaves; Castello, 2013).

Constata-se que houve um aumento, no meio empresarial brasileiro, da discussão sobre o papel social e ambiental das empresas na intenção de assumirem posturas socialmente responsáveis, implicando em uma série de mudanças nas dimensões de seus negócios (Chaves; Castello, 2013). Assim, as empresas passaram a ter co-responsabilidade na solução dos problemas sociais e ambientais, pois têm poder político e habilidade de mobilizar recursos financeiros e tecnológicos para desenvolver ações que podem ser replicadas pelos outros atores sociais (Young, 2004 apud Busch e Ribeiro, 2009). Internacionalmente, a Comissão Europeia definiu no seu Livro Verde (2001) a responsabilidade social como a integração voluntária de preocupações sociais e ambientais por parte das empresas nas suas operações e na sua interação com outras partes interessadas (Eurocid, 2023). Seguindo uma tendência mundial, empresas brasileiras estão cada vez mais preocupadas com a responsabilidade social, contemplando mudanças organizacionais e estratégicas. No Brasil, o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) representa o setor na promoção de soluções sustentáveis de impacto, que tragam maior competitividade para as empresas e para o país, de maneira colaborativa junto a governos, academia e sociedade civil. Empresas e indústrias do agronegócio, bens de consumo, cosméticos, energia, finanças, logística, mineração, petróleo e gás, petroquímica, saneamento, transporte e varejo já aderiram à responsabilidade socioambiental (CEBDS, 2023).

O próprio CEBDS definiu a responsabilidade empresarial como o comprometimento permanente dos empresários em contribuir com o desenvolvimento econômico, melhorando a qualidade de vida de seus empregados e de suas famílias, da comunidade local e da sociedade como um todo (Almeida, 2002 apud Busch; Ribeiro, 2009). A incorporação da variável socioambiental como estratégia de negócios é algo necessário para garantir a sobrevivência das empresas em um mercado competitivo, como o que se configura em momentos de crise global (Busch; Ribeiro, 2009). Como se pode observar, o desenvolvimento sustentável é uma forma multidimensional de pensar sobre as interdependências entre os sistemas naturais, sociais e econômicos. Representa um processo no qual as políticas econômicas, financeiras, comerciais, energéticas, agrícolas, industriais e todas as outras são implementadas de forma a gerar um desenvolvimento que seja econômica, social e ambientalmente sustentável (*University of Vermont*).

Figura 1



Fonte: *University of Vermont.*

Conforme apresentado na Figura 2, não seria socialmente justa e ambientalmente responsável se a transição energética, trazendo consigo as benesses tecnológicas e os elevados investimentos de capital, não beneficiassem, também, as sociedades as quais pertencem. O mundo anseia por uma transição energética, com foco gradativo na substituição dos combustíveis fósseis, como principal matriz energética mundial, pelas fontes de energias renováveis, menos nocivas aos ecossistemas, cujos modelos energéticos são embasados em condicionantes como desenvolvimento sustentável, mudanças climáticas e inovações tecnológicas (Gomes et al., 2024). De forma inquestionável, o rápido e disruptivo desenvolvimento industrial marcou maiores emissão de gases poluidores, motivo que levaram a comunidade internacional a desencadear uma corrida internacional para tentar mitigar os seus efeitos, mediante uma transição energética capaz de atenuar o aquecimento global e suas consequências (Barbosa; Gomes, 2024b). No Brasil, o Ministério de Minas e Energia lançou, em 2023, o Plano Nacional de Transição Energética justa e inclusiva, durante a 78ª Assembleia Geral da ONU. Com ele, o Brasil alcançaria os seguintes ganhos: emprego e renda, inclusão social, redução das desigualdades socioeconômicas, crescimento econômico, reindustrialização, combate às mudanças climáticas, preservação da biodiversidade e melhoria da qualidade de vida (MME, 2024).

Em 2025, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio atualizou o “Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2026”, ao apresentar as principais ações da Nova Indústria Brasil as quais favoreceriam a realização de transformações econômicas e sociais, com vistas à superação dos entraves ao desenvolvimento brasileiro (MDIC, 2025). Desta forma, no setor industrial, por exemplo, a fabricação de “produtos verdes” sem a emissão de gases de efeito estufa constituiria um mercado muito promissor nos próximos anos, em razão da perspectiva de taxaço de produtos em diversos países que

geram estes gases em seu processo produtivo (Bezerra, 2023). “As sociedades contemporâneas, conscientes e preocupadas com os aspectos ecológicos, demandariam soluções mais sustentáveis fruto do desafio imposto pelo aquecimento global (Mineiro et al., 2018, p. 82)”. Os benefícios e as vantagens, fruto da implementação da concepção do desenvolvimento sustentável e da responsabilidade socioambiental e empresarial, são inúmeros. Ao priorizar e atentar para o tripé da sustentabilidade, empresas, indústrias e setores econômicos impactariam positivamente toda a sociedade, refletindo satisfatoriamente em todo o ecossistema natural (Tabela 1).

Tabela 1: Benefícios do desenvolvimento sustentável e da responsabilidade socioambiental

Econômicos	Sociais	Ambientais
<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento e eficiência econômica; - Geração de emprego, renda e autonomia econômica às comunidades locais e regionais; - Atração de investimentos; - Melhoria da estratégia de negócio; - Melhor alocação e gestão eficiente de recursos; - Eficiência energética; - Incentivo a melhores técnicas de produção; - Melhoria da produtividade e rentabilidade; e - Estímulos à inovação e ao desenvolvimento tecnológico (P&D e CT&I). 	<ul style="list-style-type: none"> - Inclusão social; - Melhor distribuição de renda; - Melhores condições de saúde, segurança, educação e trabalho; - Melhor justiça social; - Fomento ao bem-estar social; - Melhoria da qualidade de vida e dos indicadores sociais; - Postura socialmente responsável; e - Diminuição das desigualdades sociais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proteção e conservação dos recursos naturais; - Redução do impacto ambiental; - Melhoria da preservação da natureza; - Diminuição da contaminação do ar, da água, do solo e do subsolo; - Diminuição do aquecimento da atmosfera; - Tratamento de resíduos sólidos e substância poluentes do meio ambiente; - Preservação de fontes de recursos energéticos; - Fomento à reciclagem; - Combate aos desperdícios de recursos naturais e energéticos; e - Reaproveitamento de insumos (matéria-prima).

Fonte: Dados dos pesquisadores

De forma parcial, se pode concluir que o desenvolvimento sustentável vem permeando políticas, programas e ações de diversos *stakeholders*. Das mudanças climáticas ocorridas nas últimas décadas, o desenvolvimento sustentável surge como um processo de mudança e transformação da sociedade contemporânea, sendo sua implementação a longo prazo. Neste cenário, organizações, empresas e instituições, na esfera econômica, têm se conscientizado de que ações em prol do social e do ambiental seriam um oportuno e adequado caminho para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e do aquecimento global, mantendo um salutar e necessário equilíbrio em todo o ecossistema humano. Assim, são misteres o fortalecimento e a integração contínua entre Homem e Natureza na construção de um modelo de vida que compatibilize produção e consumo, atendendo as necessidades das atuais e futuras gerações. E parte dessa

conjugação de esforços perpassa necessariamente a geração de energias renováveis, impulsionando o processo de transição energética mundial.

3.3 O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E EMPRESARIAL NO CEARÁ COMO VANTAGEM COMPETITIVA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Com a conscientização dos stakeholders que compõem o sistema econômico, sensibilizados pela importância de práticas sustentáveis no modelo de negócio da empresa/organização, certificações e relatórios foram elaborados a fim de nortear as ações, iniciativas e indicadores relacionados ao desenvolvimento sustentável e a responsabilidade socioambiental e empresarial. No presente trabalho, serão analisados a utilização da certificação ESG (*Environmental, Social and Governance*) e do relatório da *Global Reporting Initiative (GRI)* pelo complexo industrial no Ceará e os positivos reflexos na competitividade do Estado na transição energética.

3.3.1 Certificação ESG

O ESG é o modo que o mercado avalia e seleciona uma empresa pela sua responsável conduta com o meio ambiente e seu compromisso com o desenvolvimento socioeconômico. Além disso, serve como estratégia para investimentos com critérios de sustentabilidade; em vez de analisar apenas índices financeiros, por exemplo, investidores também observam fatores ambientais, sociais e de governança de uma companhia (FIEC, 2022). No Ceará, em 2022, a Federação das Indústrias do Estado do Ceará implantou em sua estrutura organizacional o Programa e Núcleo ESG-FIEC (Governança Ambiental, Social e Corporativa), inédito em todo o sistema industrial brasileiro e um dos temas mais abordados, atualmente, no mundo corporativo (FIEC, 2022). Tal iniciativa, por intermédio do “Programa de Certificação ESG-FIEC”, tem a finalidade de guiar as indústrias cearenses nos projetos de sustentabilidade, incorporando nos processos produtivos as melhores práticas de preservação ambiental e reduzindo os impactos nos processos operacionais. Tendo em vista que é auditado pelo *Bureau Veritas* (considerado um dos maiores organismos certificadores do mundo), este programa confere maior competitividade, credibilidade e confiabilidade aos *stakeholders*, dando-lhes mais segurança, inclusive, por ocasião de negociações e atração de investimentos relacionados à transição energética no Estado do Ceará (FIEC, 2022, apud Barbosa e Gomes, 2024b).

Com o Núcleo ESG-FIEC, se incorporou a gestão do meio ambiente como um incentivo às empresas, permitindo-lhes conduzir suas atividades de forma ambientalmente segura. Nestas circunstâncias, a busca pela sustentabilidade aumentaria a competitividade de empresas e indústrias cearenses comprometidas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis das Nações Unidas, contribuindo-lhes na obtenção de contratos de fornecimento, financiamentos de investidores, melhoria da gestão, redução de custos e competitividade no mercado, refletindo, assim, em mais oportunidades de negócios (FIEC, 2023). Assim, o crescente movimento em prol do uso de produtos verdes (menor impacto ao meio ambiente), que proporcionem benefícios sociais, tem obrigado as empresas a adotarem políticas de ESG (Bezerra, 2023).

3.3.2 Global Reporting Initiative (GRI)

Esse relatório é uma forma de comunicação clara, transparente e mundialmente reconhecida sobre os impactos positivos e negativos que as operações da empresa têm sobre a sustentabilidade (Busch; Ribeiro, 2009). As Normas GRI representam as melhores práticas globais para o relato público de diferentes impactos econômicos, sociais e ambientais. O relatório de sustentabilidade fornece informações sobre as contribuições positivas ou negativas de uma organização para o desenvolvimento sustentável (GRI, 2025).

3.3.3 Ações e iniciativas no Ceará em prol do desenvolvimento sustentável

As pesquisas relacionadas ao desenvolvimento sustentável, responsabilidade socioambiental e empresarial abordaram empresas (nacionais e estrangeira) que participam direta, ativa e decisivamente na transição energética no Ceará. O Grupo Qair é uma multinacional francesa cuja subsidiária no país (Qair Brasil) já conta com portfólios de projetos expressivos. Possui o complexo eólico de Serrote (Ceará) composto por 49 aerogeradores em operação comercial com capacidade de 205,8 MW (Qair, 2024). Em 2021, estabeleceu parceria com o Estado do Ceará em um investimento de € 5,85 milhões voltado à produção de hidrogênio verde e energia eólica em alto mar (offshore). O investimento total previsto é de US\$ 6,95 bilhões, com geração de aproximadamente 2.000 empregos durante a construção das plantas e 600 empregos diretos quando os projetos entrarem em fase de operação (Qair, 2024).

No contexto do desenvolvimento sustentável, a empresa foca na promoção do desenvolvimento humano, no fortalecimento social, na manutenção e melhoria da saúde e

segurança de seus trabalhadores e comunidades vizinhas, na mitigação dos impactos ambientais, na responsabilidade ambiental e no desenvolvimento socioeconômico, contribuindo com a economia cearense ao demonstrar como as ações sustentáveis se refletem positivamente na prática empresarial (Qair, 2024). A empresa recebeu o Prêmio ESG-FIEC em 2023 (*rating AAA*), passando a ser reconhecida no compromisso com as práticas empresariais responsáveis. O seu Relatório de Sustentabilidade de 2023 é regido pelo GRI (Qair, 2024). A Casa dos Ventos é uma empresa brasileira vocacionada para a transição energética do Brasil ao identificar recursos renováveis em todo o país. Atualmente, são 3,4 GW em projetos em operação e em construção. É signatária da Rede Brasil do Pacto Global da Organização das Nações Unidas, maior iniciativa de sustentabilidade empresarial do mundo e reconhecida com o Selo Ouro do programa Brasileiro GHG Protocol no ciclo 2023 (Casa dos Ventos, 2025).

No pilar ambiental, prioriza a proteção do meio ambiente ao gerenciar recursos e atividades de forma eficiente e sustentável. Durante todo o processo de construção, implantação e operação dos parques, analisa os aspectos que podem causar consequências nos biomas locais, nas comunidades e para os colaboradores envolvidos nas atividades (Casa dos Ventos, 2025). No pilar social, impulsiona o desenvolvimento socioeconômico nas cidades que os empreendimentos estão localizados, valorizando o relacionamento com as comunidades, especialmente os moradores das regiões que estão em situação de vulnerabilidade econômica e social. Outro legado da empresa é a geração de empregos, da estruturação de novos negócios e da elevação dos indicadores de desenvolvimento humano e social (Casa dos Ventos, 2025). O Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) é composto por uma extensa área industrial, pelo Porto de Pecém e uma Zona de Processamento de Exportação, impulsionando a economia do Ceará. Sua localização geográfica é estratégica por estar mais próxima dos Estados Unidos, da Europa e do Norte, despontando como a casa do Hidrogênio Verde no Brasil, uma vez que abriga os primeiros projetos do setor no país (CIPP, 2025).

A nível global, o CIPP é membro da *International Association of Ports and Harbors* (IAPH), uma organização internacional dedicada à promoção de uma associação comercial global, representando os interesses dos operadores portuários. A IAPH atua junto a órgãos das Nações Unidas, incluindo a *United Nations Trade and Development* (UNCTAD), o *United Nations Development Programme* (UNDP) e o Pacto Global das Nações Unidas (CIPP, 2024a). Destaca-se, também, que o Complexo do Pecém é o elemento-chave para o Estado do Ceará se tornar um protagonista global na produção de hidrogênio renovável

e seus derivados, com preços competitivos para distribuição e exportação local, contribuindo para a descarbonização e melhoria das condições sociais, econômicas, tecnológicas e ambientais (CIPP, 2024a). O Relatório de Sustentabilidade, de 2023, está alinhado com as melhores práticas globais e com o normativo da GRI, destacando os resultados operacionais, financeiros e os compromissos relacionados à agenda ESG (CIPP, 2024a).

O Porto do Pecém, em 2024, foi certificado com o selo A3P (Agenda Ambiental na Administração Pública), concedido pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. O selo visa a adoção de novos padrões de produção e consumo, racionalizando matéria-prima e reutilizando insumos, conforme os seguintes eixos temáticos: uso dos recursos naturais, qualidade de vida no ambiente de trabalho; sensibilização dos servidores para a sustentabilidade; compras sustentáveis; construções sustentáveis; e gestão de resíduos sólidos (CIPP, 2024b). Outro destaque do Porto do Pecém, em 2025, foi a adesão ao Pacto pela Sustentabilidade do Ministério dos Portos e Aeroportos que tem como principais objetivos a redução das emissões de gases de efeito estufa, a implementação de programas sociais e ambientais e o alinhamento às metas globais da Agenda 2030 (Ceará, 2025).

Tabela 2: Principais empresas envolvidas na transição energética no Ceará

Empresa	Missão (serviço)	Ações de desenvolvimento sustentável (responsabilidade socioambiental e empresarial)
Qair Brasil	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuir com a transição energética, fundamentada na sustentabilidade e sinergia das pessoas. - Produzir energia renovável alinhada às ações fundamentadas na prática contínua da sustentabilidade socioambiental, à promoção da sinergia entre as pessoas e ao cuidado com o meio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Promoção do Dia Mundial do Clima e da Limpeza (World Clean Up Day); - Projeto Ambiental CO₂ ZERO; - Gerenciamento dos Resíduos Sólidos; - Projeto Educação Ambiental; - Jornada da sustentabilidade corporativa; - Promoção da Atividade Física; - Projeto “Semana Interna de Prevenção de Acidentes de Trabalho e Meio Ambiente”; - Programa Cultura de Excelência; - Projeto Biblioteca itinerante; e - Projeto Camarim da Leitura.

<p style="text-align: center;">Casa dos Ventos</p>	<p style="text-align: center;">- Promover o desenvolvimento socioeconômico dos territórios de atuação, valorizando a preservação ambiental e alinhados às melhores práticas de governança.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto Floresta dos Ventos; - Programa de Resgate de Fauna; - Ação do Programa de Educação Ambiental; - Programa de Controle de Monitoramento de Ruídos; - Projeto Doação a Mudanças para Escolas Municipais; - Programa de Proteção e Monitoramento de Recursos Hídricos - Projeto Mais Leite e Projeto Mias Cordeiro; - Projeto Hortas Comunitárias; e - Projeto Construção de Cisternas
<p style="text-align: center;">Complexo Industrial e Portuário do Pecém</p>	<p style="text-align: center;">- Atrair negócios, provendo infraestrutura, serviços portuários, área industrial e Zona de Processamento a Exportação, gerando desenvolvimento sustentável.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Promoção da saúde e do bem-estar no ambiente de trabalho; - Programa BEM + CUIDADO; - Plano Anual de Capacitação; - Programa de Integração de Novos Colaboradores; - Programa de Educação Ambiental; - Programa de Comunicação Social; - Participação em associações, comitês, entidades, fóruns e organizações de relevância; - Estabelecimento da Gerência de Risco e Conformidade; - Programa Saúde e Segurança no Trabalho

Fonte: Relatórios de Sustentabilidade do CIPP, da Qair Brasil e da Casa dos Ventos.

Ao analisar os relatórios de sustentabilidade das empresas Qair Brasil, Casa dos Ventos e CIPP, foram consolidadas as principais informações coletadas e inseridas na Tabela 2, envolvendo, principalmente, ações no âmbito do tripé da sustentabilidade. Conjugando os principais programas, projetos, ações e iniciativas das empresas (Tabela 2) com as informações apresentadas na Tabela 1, se pode constatar a convergência do tripé de sustentabilidade como estratégia de negócio nas áreas econômica, social e ambiental destas empresas. Outra constatação na Tabela 2 foi observar que na missão principal das três empresas, há menção a práticas socioambientais como “desenvolvimento sustentável”, “sustentabilidade” e “preservação ambiental”.

Destaca-se, também, que, fruto do *Masterplan* de hidrogênio verde no Ceará, setores econômicos como energia, construção civil e pesada e metalomecânica seriam essenciais no desenvolvimento da cadeia de valor do hidrogênio verde, fomentando a geração de emprego e renda, melhorando o ensino pela necessidade de capacitar recursos humanos especializados (formação de mão de obra) e contribuindo com uma transição energética justa e inclusiva (Barbosa e Gomes, 2024a), refletindo diretamente na melhoria da qualidade de vida do cearense. Desta forma, se pode concluir, parcialmente, que no processo de transição energética no Estado do Ceará, ora em vigor, empresas e organizações econômicas aderiram à Certificação ESG, aos relatórios de sustentabilidade da GRI e a certificações da Administração Pública brasileira. As ações, programas, projetos e iniciativas dessas empresas fortalecem a mentalidade do tripé da sustentabilidade, ao

considerar, no modelo de negócios, a melhoria das condições socioambientais dos empreendimentos que conduzem, demonstrando a adoção e promoção de práticas sustentáveis. Com isso, alinhado com o tripé da sustentabilidade, no contexto das mudanças climáticas, o Ceará contaria com uma destacada vantagem competitiva no contexto da transição energética, despontando, mais uma vez, como um global player em prover uma solução mundial para a descarbonização da economia.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa cumpriu integralmente todos os objetivos delineados, proporcionando uma análise acerca da importância do desenvolvimento sustentável, da responsabilidade socioambiental e empresarial como vantagem competitiva do Ceará na transição energética. Durante a investigação, foi possível reconhecer que o consumo ilimitado, através de uma produção movida por combustíveis fósseis, tem gerado mudanças climáticas e impactos negativos em todos os continentes, o que despertou a consciência da comunidade internacional em desencadear uma transição energética em benefício desde as atuais gerações e às futuras. Com relação ao primeiro eixo da fundamentação teórica, observou-se que, desde a segunda metade do século XX, o concerto das nações conduziu uma série de estudos, conferências e acordos internacionais com o intuito de comprovar que o desenvolvimento econômico deveria caminhar lado a lado com o desenvolvimento socioambiental. Nesta retrospectiva histórica, se caracterizou que a falta de equilíbrio entre os pilares econômico, social e ambiental, acarretaria um comprometimento da satisfação das necessidades das gerações futuras, com impactos negativos para o bem-estar social e a natureza.

No segundo eixo, relacionado aos conceitos, definições, importância e benefícios da responsabilidade socioambiental e empresarial no mundo contemporâneo, se comprovou o despertar da consciência de empresas e organizações econômicas em reforçar o seu modelo de negócio em prol do fortalecimento do aspecto social e ambiental no local onde estivesse envolvida. O estudo revelou uma expressiva quantidade de benefícios advindos de uma postura empresarial voltada para uma responsabilidade socioambiental do setor produtivo. Por último, no terceiro eixo, foi demonstrado que empresas do complexo industrial cearense, partícipes da transição energética, aderiram às premissas do desenvolvimento sustentável, incorporando uma série de condutas que poderiam, eventualmente, prover o Estado do Ceará com vantagens competitivas no processo de transição energética global, ora em vigor. Essas contribuições enfatizam o quanto o

desenvolvimento sustentável tem uma forte interface com a transição energética. Considerando os resultados alcançados, sugere-se que estudos futuros analisem a inter-relação entre ações de responsabilidade socioambiental e empresarial na captação de investimentos no complexo industrial cearense vocacionados para a transição energética, assim como o acompanhamento dos indicadores econômicos, sociais e ambientais nas cidades onde as empresas estão em operação na geração de energia renovável.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. O bom negócio da sustentabilidade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.
- BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. The projection of the state of Ceará on the international stage through FIEC in the production and exportation of green hydrogen and its impact on socioeconomic development in Ceará. *IOSR Journal of Business and Management*, v. 26, n. 11, p. 56-63, nov. 2024a. DOI: <https://doi.org/10.9790/487X-2611045663>.
- BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. Ceará, the Federation of Industries of the State of Ceará (FIEC), and green hydrogen production: a global benchmark in energy transition and economic decarbonization. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, v. 29, n. 12, p. 14-29, dez. 2024b. DOI: <https://doi.org/10.9790/0837-2912091429>.
- BEZERRA, F. D. Hidrogênio verde: oportunidade para o Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2023. (Caderno Setorial ETENE, ano 8, n. 320).
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Acordo de Paris. Brasília, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf. Acesso em: 11 mar. 2025.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Escola Superior de Guerra. Manual básico: assuntos específicos. v. 2. Rio de Janeiro: ESG, 2009.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Nova Indústria Brasil: plano de ação para a neointustrialização 2024-2026. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao-2024-2026-1.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2025.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Transição Energética (PLANTE). Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-transicao-energetica-requer-alternativas-de-baixo-carbono-e-inclusao-social/PLANTE2024.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Contribuição do Brasil para o acordo sobre mudança do clima de Paris. Brasília, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/meio-ambiente-e-mudanca-do-clima/contribuicao-apresentada-pelo-brasil-as-nacoes-unidas-cop-21>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- BRASIL. Presidência da República. Atualização da meta climática brasileira. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/agenda-internacional/missoes-internacionais/cop28/ndc-do-brasil>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- BRUNDTLAND, G. H. Nosso futuro comum. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- BUSCH, S. E.; RIBEIRO, H. Responsabilidade socioambiental empresarial: revisão da literatura sobre conceitos. *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*, 2009.

CASA DOS VENTOS. Sustentabilidade. 2025. Disponível em: <https://casadosventos.com.br/sustentabilidade#ambiental>. Acesso em: 3 maio 2025.

CENTRO DE INFORMAÇÃO EUROPEIA JACQUES DELORS (EUROCID). Conceito e marcos importantes na responsabilidade social. 2023. Disponível em: https://eurocid.mne.gov.pt/entity_pdf/node/8848/full. Acesso em: 1 maio 2025.

CHAVES, D. A.; CASTELLO, R. do N. O desenvolvimento sustentável e a responsabilidade socioambiental empresarial. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2013, Resende. Anais [...]. Resende, 2013.

COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM (CIPP). Relatório de sustentabilidade 2023. Fortaleza, 2024a. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/wp-content/uploads/2024/06/Relatorio-de-Sustentabilidade-Ed.-2023.pdf>. Acesso em: 2 maio 2025.

COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM (CIPP). Porto do Pecém e ZPE Ceará recebem selo A3P, do Ministério do Meio Ambiente. 2024b. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/porto-do-pecem-e-zpe-ceara-recebem-selo-a3p-do-ministerio-do-meio-ambiente/>. Acesso em: 5 maio 2025.

COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM (CIPP). Institucional. Fortaleza, 2025. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/institucional/>. Acesso em: 3 maio 2025.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS). Quem somos. 2023. Disponível em: <https://cebds.org/quem-somos/>. Acesso em: 1 maio 2025.

COSTA, S. P. M. da et al. Transição energética e sustentabilidade: energia renovável, hidrogênio verde e mineração como fatores de desenvolvimento sustentável do estado do Piauí. Porto Alegre: Editora Fundação Fênix, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36592/9786554601337>.

ELKINGTON, J. Canibais com garfo e faca. São Paulo: Makron Books, 2001.

ESTENDER, A. C.; PITTA, T. de T. M. O conceito do desenvolvimento sustentável. Revista Terceiro Setor & Gestão, v. 2, n. 1, p. 22-28, 2008.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC). FIEC lança programa voltado para boas práticas globais. 2022. Disponível em: <https://www1.sfiec.org.br/fiec-noticias/search/147932/fiec-lanca-programa-voltado-para-boas-praticas-globais>. Acesso em: 2 maio 2025.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC). Programa ESG: sobre o ESG. 2022. Disponível em: <https://www1.sfiec.org.br/esg>. Acesso em: 2 maio 2025.

FERREIRA, D. D. M. Desenvolvimento sustentável. 1. ed. Palhoça: Unisul Virtual, 2014.

GILPIN, A. Dictionary of environmental and sustainable development. Chichester: John Wiley & Sons, 1996.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI). The global standards for sustainability impacts. Amsterdã, 2025. Disponível em: <https://www.globalreporting.org/how-to-use-the-gri-standards/gri-standards-portuguese-translations/>. Acesso em: 16 abr. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Porto do Pecém adere ao pacto pela sustentabilidade do Ministério dos Portos e Aeroportos. 2025. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2025/01/28/porto-do-pecem-adere-ao-pacto-pela-sustentabilidade-do-ministerio-dos-portos-e-aeroportos/>. Acesso em: 5 maio 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Net zero roadmap: a global pathway to keep the 1.5 °C goal in reach – 2023 update. Paris, 2024. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/8ad619b9-17aa-473d-8a2f-4b90846f5c19/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf. Acesso em: 1 maio 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Global warming of 1.5°C: framing and context. 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SR15_Chapter_1_HR.pdf. Acesso em: 27 abr. 2025.

IPIRANGA, A. S. R.; GODOY, A. S.; BRUNSTEIN, J. Introdução. Revista de Administração Mackenzie, v. 12, n. 3, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-69712011000300002>.

JUSKI, J. do R.; RIBEIRO, R. R. Sustentabilidade: a legitimação de uma nova cultura. Revista da Universidade de São Paulo, ano IX, n. 16, 2015.

LOMBORG, B. Environmental alarmism, then and now. Foreign Affairs, jul./ago. 2012. Disponível em: <http://www.foreignaffairs.com/articles/137681/bjorn-lomborg/environmental-alarmismthen-and-now>. Acesso em: 7 abr. 2025.

MARIANI, A. de A. O relatório Limites do Crescimento revisitado. Revista JurisFIB, v. 8, 2017.

MEADOWS, D. H. et al. The limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. New York, 1972. Disponível em: <https://www.clubofrome.org/publication/the-limits-to-growth/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

MCKINSEY & COMPANY. Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo. 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>. Acesso em: 11 mar. 2025.

MENUZZI, T. S.; SILVA, L. G. Z. da. Interação entre economia e meio ambiente: uma discussão teórica. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236117019148>.

MINEIRO, A. A. da C. et al. Da hélice tríplice à quintupla: uma revisão sistemática. Economia e Gestão, Belo Horizonte, 2018.

MONTIBELLER FILHO, G. Ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável: conceitos e princípios. *Textos de Economia*, v. 4, n. 1, p. 131-142, 1993.

OLIVEIRA, R. C. de. *Panorama do hidrogênio no Brasil*. Brasília: IPEA, 2022. (Texto para Discussão, 2787).

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *A ONU e o meio ambiente*. Brasília: ONU Brasil, 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.

QAIR BRASIL. *Relatório de sustentabilidade 2023*. Fortaleza, 2024. Disponível em: <https://www.brasil.qair.energy/>. Acesso em: 2 maio 2025.

SEBRAE. *Sustentabilidade: práticas saudáveis que impulsionam o seu negócio*. 2022.

TAYRA, F. A relação entre o mundo do trabalho e o meio ambiente: limites para o desenvolvimento sustentável. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 2002. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn119-72.htm>. Acesso em: 15 abr. 2025.

UNIVERSITY OF VERMONT. *What is sustainable development*. 1997. Disponível em: https://www.uvm.edu/~jashman/CDAE195_ESCI375/What_is_Sustainable_Development.html. Acesso em: 2 maio 2025.

UNITED NATIONS. *Our common future: report of the World Commission on Environment and Development*. 1987. Disponível em: <https://www.are.admin.ch/are/en/home/media/publications/sustainable-development/brundtland-report.html>. Acesso em: 22 abr. 2025.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). *The climate dictionary: nature edition*. New York, 2024.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). *The global risks report 2024*. Geneva, 2024. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf. Acesso em: 20 fev. 2025.

YOUNG, R. Dilemmas and advances in corporate social responsibility in Brazil: the work of the Ethos Institute. *Natural Resources Forum*, v. 28, p. 291-301, 2004.

CAPÍTULO 10:

DO FLAGELO DA SECA À TERCEIRA ECONOMIA DO NORDESTE: A SUPERAÇÃO DO CEARÁ À LUZ DA TEORIA GEOPOLÍTICA DE ARNOLD JOSEPH TOYNBEE E AS IMPLICAÇÕES DESTA SUPERAÇÃO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO ESTADO¹

Márcio Carneiro Barbosa

Bacharel em Relações Internacionais – UNISUL; Bacharel em Tecnologia de Comércio Exterior – UNISUL; Pós-graduação MBA em Gestão de Energias Renováveis – Fbuni/IEL; Pós-graduação em Docência no Ensino Superior – UFRJ; MBA em Logística Empresarial – FGV; Mestre em Ciências Militares – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Brasileiro.

Rickardo Léo Ramos Gomes

Doutor (Tít. Cultural) em Ciências Biológicas – FICL; Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências – Universidade Estadual do Ceará – UECE; Pós-graduação Internacional em Paleontologia (Tít. Cultural) – FICL; Bacharel em Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC; Licenciatura breve em Matemática, Química, Física e Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

RESUMO

Contexto: O concerto das nações passou a reconhecer a importância do desenvolvimento sustentável como forma de mitigar os efeitos da degradação ambiental e dos impactos sociais. Para alcançar o equilíbrio dos ecossistemas, os três pilares da sustentabilidade — econômico, social e ambiental — devem operar em harmonia. Materiais e Métodos: Este estudo adotou uma abordagem qualitativa. A pesquisa foi conduzida por meio de análise bibliográfica e documental. Resultados: O estudo identificou a adesão de empresas e indústrias no estado do Ceará a práticas de desenvolvimento sustentável em seus modelos de negócios. Esse comprometimento tem potencial para posicionar o Ceará com uma vantagem competitiva na transição energética global. Conclusão: A pesquisa demonstrou uma série de benefícios econômicos e socioambientais associados à transição energética no Ceará, sugerindo que o desenvolvimento sustentável, bem como a responsabilidade socioambiental e corporativa, podem favorecer estrategicamente a região no contexto energético global.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável; Responsabilidade socioambiental; Transição energética; Vantagem competitiva.

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará, desde o século XVI, tem registros históricos com episódios de secas e irregularidades de chuvas, os quais impactaram negativamente as atividades agropecuárias e influenciando diretamente o seu desenvolvimento socioeconômico. Vários

¹ Uma versão deste artigo foi publicada em inglês pelo IOSR Journal of Business and Management. O referido Jornal atribuiu o seguinte DOI CODE: 10.9790/487X-2707034657.

foram e ainda são os desafios enfrentados pelos cearenses a fim de superar os efeitos das frequentes estiagens. Por outro lado, instituições cearenses, conscientes da necessidade de responder a estas dificuldades, têm tomado uma série de medidas com a finalidade de compensar e superar aqueles desafios impostos pela natureza cujos resultados se mostraram satisfatórios. A metodologia utilizada neste estudo se distingue por adotar uma abordagem qualitativa, fundamental para a compreensão aprofundada e crítica do histórico do Ceará quando às adversidades impostas pela natureza (secas e estiagens) ao povo cearense, sua superação socioeconômica e sua expectativa de participar da transição energética global. Para isso, dois procedimentos de investigação foram empregados: a pesquisa bibliográfica, sustentada a partir de obras científicas e a pesquisa documental, que se baseou na análise de fontes nacionais, orientando a interligação entre superação socioeconômica e transição energética.

Assim, o objetivo geral do presente trabalho é o de demonstrar que as medidas tomadas, ao longo da história do Ceará, foram capazes de superar os efeitos e desafios decorrentes das secas na região. E fruto destas medidas, o quanto o Estado se tornou próspero economicamente no âmbito da região Nordeste, permitindo-lhe ser um protagonista na transição energética global. Os objetivos específicos estabelecidos são os seguintes: apresentar as características climáticas do Estado, descrever o histórico das secas, apresentar definições de geopolítica; explicar a Teoria do Desafio e Reposta, de Arnold Joseph Toynbee (1934), apresentar ações e iniciativas implementadas no campo político, econômico, social no Estado em resposta aos desafios da seca, tornando-o a terceira economia do Nordeste brasileiro e justificar as implicações desta superação no processo de transição energética no Estado. Este artigo está organizado em quatro seções. A primeira trata da introdução, em que se apresenta o contexto da pesquisa, a metodologia adotada e os objetivos do estudo. A segunda seção aborda os aspectos metodológicos, detalhando a abordagem qualitativa e os procedimentos utilizados. A terceira seção compreende a fundamentação teórica, na qual são apresentadas as condições climáticas do Ceará; descritos o histórico e as negativas consequências das secas para o desenvolvimento socioeconômico cearense; explicados a geopolítica e a Teoria de Toynbee; apresentadas as ações e iniciativas do Estado em resposta aos desafios da seca e justificadas as implicações da superação do Ceará em proveito da transição energética. Por fim, a quarta seção apresenta as considerações finais, que sintetizam os principais achados e sugerem caminhos para pesquisas futuras.

2 METODOLOGIA

Mesmo sob as circunstâncias adversas da seca, o presente projeto está focado nas medidas e ações que caracterizariam a superação do Ceará, conforme preconiza a Teoria Geopolítica do Desafio e Resposta, de Arnold Toynbee, nas vertentes política, econômica e social a ponto de contribuir com a transição energética no Estado. A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa se distingue por ser qualitativa, tendo sua importância científica em proporcionar uma compreensão profunda e contextualizada dos temas políticos, econômicos, sociais e fisiográficos em questão. Segundo afirmam Lakatos e Marconi (2019), a pesquisa qualitativa transcende meras quantificações e se propõe a interpretar significados, inter-relações e estruturas subjacentes aos dados, revelando-se, assim, particularmente eficiente em investigações direcionadas à superação socioeconômica do Ceará com reflexos na transição energética no Estado.

Os métodos utilizados consistiram em pesquisa bibliográfica e pesquisa documental. A primeira foi embasada em análise de publicações (nacionais e internacionais), relatórios, artigos científicos e sítios na internet, conferindo um sólido alicerce teórico. De acordo com Pereira et al. (2018), esse tipo de abordagem é fundamental para a ciência global, uma vez que possibilita a organização do conhecimento existente e a orientação para novas pesquisas. Já a pesquisa documental se fundamentou na análise de publicações de instituições nacionais, tais como a Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), a Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE), o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), o Bando do Nordeste (BNB), o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTIC), o *World Bank Group* (WBG), a Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) e a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará (FAEC). Esses documentos possibilitaram a compreensão da interface entre o histórico das condições climáticas no Estado, com consequências e impactos negativos ao desenvolvimento socioeconômico do Ceará, e as ações e iniciativas, no campo político, econômico e social, que lhe garantiram superar óbices e dificuldades conjunturais, a ponto de poder participar, em melhores condições, do processo de transição energética mundial. De acordo com Grazziotin, Klaus e Pereira (2022), a combinação da pesquisa documental com a bibliográfica forma poderosas ferramentas metodológicas para o progresso científico, uma vez que permitiu não apenas a organização do conhecimento já consolidado, mas também a inter-relação entre superação socioeconômica e a melhor capacidade do Ceará participar da transição energética. Nesse contexto, a articulação entre fontes bibliográficas e documentais favoreceu o aprofundamento analítico da pesquisa,

permitindo uma interpretação integrada de fatores fisiográficos, geopolíticos, econômicos e sociais tendo em vista a superação do Estado frente aos desafios impostos pelas secas e estiagens até tornar-se uma destacada economia no Nordeste.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

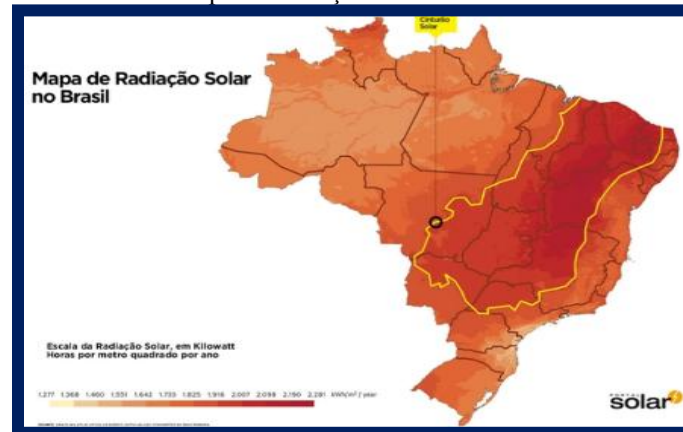
Esta fundamentação foi organizada em seis subtópicos. No primeiro, falou-se sobre as características climáticas do Ceará. No segundo, um breve histórico sobre as secas no Estado. No terceiro, conceitos e definições de geopolítica. No quarto, uma abordagem sobre a Teoria Geopolítica de Arnold Toynbee. No quinto, em resposta aos desafios decorrentes das secas na região, foram apresentadas as ações e iniciativas (públicas e privadas) implementadas no campo político, econômico e social frente aos desafios das condições climáticas adversas. E por último, as implicações da superação do Estado na transição energética no Ceará.

3.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DO ESTADO DO CEARÁ

O Instituto Nacional do Semiárido (INSA), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), define que os critérios que caracterizam uma região semiárida são precipitações pluviométricas média anual inferior a 800 mm, índice de aridez de até 0,5 e risco de seca maior que 60% (INSA, 2025). Nas regiões de clima semiárido, como as do Nordeste do Brasil, a ocorrência de eventos de seca é manifestação climática muito presente, tendo afetado, ao longo da história, a vida social, cultural e política da sociedade. O Ceará, especificamente, se caracteriza pelo clima semiárido, sendo um dos Estados brasileiros que mais sofre os efeitos da seca (ADECE, 2019). Além disso, quase todo o território está situado no que se costumou denominar de ‘polígono das secas’, uma região com vegetação da caatinga, um tipo de planta própria para suportar longos períodos de estiagem (Cortez, 2013). Daí é que se origina a aridez do clima, a deficiência hídrica, a variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas e a presença de solos pobres em matéria orgânica (IPECE, 2015). No Estado, ao longo do ano, predominam dois períodos distintos: o chuvoso (inverno) e o seco; e o regime de chuvas (“quadra invernososa”) compreende os meses de fevereiro a maio, quando se observam as maiores médias anuais mediante chuvas irregulares, curtas e de alta densidade (Ximenes, 2013). Conjugado com as irregularidades das chuvas, o Ceará possui outra característica fisiográfica que impacta e influencia diretamente o ambiente semiárido cearense: a irradiação do sol. O “cinturão solar” foi definido pelo Atlas Brasileiro de Energia Solar, do Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais (INPE). Nele, é possível identificar os maiores valores de irradiação em território nacional (Mapa 1).

Mapa 1: Radiação Solar no Brasil



Fonte: Portal Solar.

O cinturão delimita uma área que vai do Nordeste ao Pantanal e as melhores taxas de irradiação se encontram entre o sertão da Bahia e parte de Minas Gerais. Conforme observado no Mapa 1, o Estado do Ceará se encontra integralmente no cinturão solar brasileiro (Barbosa; Gomes, 2024). Desta forma, se conclui, parcialmente, que o Estado possui características fisiográficas, especialmente relacionadas ao clima, temperatura, solo e escassez hídrica, que implicam, historicamente, em uma permanente situação de desafio e adversidade ambiental com impacto direto no desenvolvimento do Ceará.

3.2 HISTÓRICO DAS SECAS NO ESTADO DO CEARÁ

A seca é um fenômeno climatológico caracterizado pela ausência, escassez, frequência reduzida, quantidade limitada e má distribuição das precipitações pluviométricas durante as estações chuvosas, dificultando o desenvolvimento socioeconômico e a integridade ambiental da região (Luna, 2007). O ano de 1583 foi o primeiro registro de seca na história do Brasil realizado pelo padre jesuíta Fernão Cardim, ocasião que índios abandonaram a região do interior de Pernambuco e Rio Grande do Norte, afetando economicamente as atividades de cana-de-açúcar e mandioca (Castro; Cerezini, 2023). Em uma breve linha do tempo, de acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH), muitos foram os períodos de seca que acompanharam e influenciaram a história cearense, destacando as de 1877-1879, 1900, 1915, 1919; 1932, 1958; 1979-1983, 1987, 1990, 1992-1993, 1997-1998, 2002-2003 e 2012-2016. Estes

períodos de escassez hídrica marcaram diversos ciclos de desenvolvimento do Estado do Ceará (SRH, ?).

No triênio 1877-79, a “grande seca” se estendeu por todo o Nordeste; no Ceará, o mais severo foi o de 1878, quando faleceram 118.900 pessoas. No mês de dezembro daquele ano, em média, foram sepultadas diariamente 495 pessoas no cemitério de Fortaleza (Ximenes, 2013). Naquele mesmo triênio, flagelados saquearam depósitos de mantimentos do governo e informações da época indicam que quase 200 mil pessoas morreram em Fortaleza em consequência da fome e de doenças disseminadas pela população retirante do sertão para a cidade, que fugia após a vertiginosa quebra de safra de 1877 (Castro; Cerezini, 2023).

No início do século XX, outra forte estiagem atingiu o Ceará em 1915, cuja magnitude foi retratada pela escritora cearense Rachel de Queiroz na obra “O Quinze”. A situação pioraria em relação à deficiência de chuva em 1919, pois os índices foram inferiores a 60% do esperado climatologicamente (Ximenes, 2013). O histórico supracitado impactou diretamente as populações urbana e rural cearenses, especificamente quanto aos indicadores sociais pois a escassez hídrica refletia diretamente na pobreza, tendo em vista a água ser um dos elementos essenciais ao desenvolvimento e bem-estar das pessoas. Impactava fortemente na perda de capital humano em decorrência do tempo despendido, principalmente por mulheres e crianças, na busca e captação de água para a sobrevivência de suas famílias (Luna, 2007).

Desde o século XVI, devido ao regime desigual das chuvas em solo cearense, várias foram as consequências socioeconômicas: migração aos principais centros urbanos do país (Rio de Janeiro e São Paulo), fome, desnutrição (principalmente a infantil), doenças e mortes (pessoas e parte significativa do rebanho). Por isso, o grande desafio do Estado em prover segurança hídrica, considerada imperativa para a promoção do desenvolvimento sustentável, garantindo água em quantidade e qualidade em detrimento de eventos hidrológicos como a secas. Assim, de forma parcial, se conclui que os históricos de secas, associados às características climáticas do Ceará, contribuíram negativamente no desenvolvimento socioeconômico do povo cearense, impondo-lhe um longo período de óbices e desafios em como sobreviver neste ambiente adverso.

3.3 GEOPOLÍTICA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

O Instituto de Geopolítica de Munique (Alemanha) a conceitua como a consciência geográfica do Estado e a ciência das relações da terra com os processos políticos. O

geógrafo alemão *Karl Haushofer* a definia como a ciência que trata da dependência dos fatos políticos em relação ao solo (Bonfim, 2005). A compreensão do conceito decorre, assim, do entendimento pormenorizado das relações interesaciais de um território tendo em vista que a geografia condiciona seus interesses políticos, econômicos e sociais em face de uma situação de estímulo-desafio em que se encontra (ESG, 2009). Considerado um dos precursores da Geopolítica no Brasil, Mario Travassos, em sua obra “A Projeção Continental do Brasil”, de 1931, a definiu como um processo interpretativo dos fatos geográficos, resultando um juízo da situação de um país em um momento considerado (Travassos, 1938). Da mesma forma, Carlos de Meira Mattos, ao publicar as obras: a. “Brasil: Geopolítica e Destino”, a definiu como indicadora de soluções políticas condizentes às realidades geográficas e a ciência de governar os Estados, inspirando-se nas realidades geográficas de seu território (Mattos, 1975); b. “A Geopolítica e as Projeções do Poder”, afirmara que o meio físico em que vive o homem provoca estímulos que inspiram, indicam rumos e despertam necessidades (Mattos, 1977); e c. “Geopolítica e Modernidade: Geopolítica Brasileira”, a define como produto da evolução da observação gradual da ação do homem na exploração do meio natural, ou seja, a influência da geografia na ação do homem sobre a terra e uma política aplicada aos espaços geográficos sob a inspiração da experiência histórica. Aborda, também, a importância de valorizar a relação Estado-meio físico, mencionando Napoleão Bonaparte, imperador francês: “A Geografia indica o destino das Nações” (Mattos, 2002).

Therezinha de Castro, geopolítica brasileira, a define como a ciência que vincula aspectos geográficos com acontecimentos políticos, tendo como objetivo principal o aproveitamento racional de todos os ramos da geografia no planejamento das atividades do Estado, visando resultados imediatos ou remotos (Castro, 1999). Por fim, para Mafra (2002), geopolítica é quando as condições geográficas influenciam estudos e decisões, atrelando planejamentos políticos, econômicos e sociais às condicionantes do meio geográfico.

3.4 A TEORIA GEOPOLÍTICA DO DESAFIO E REPOSTA, DE ARNOLD J. TOYNBEE (1934)

Dos conceitos de Geopolítica, surgiu a teoria “Desafio e Resposta”, de 1934, do inglês Arnold Joseph Toynbee (1889-1975), estabelecendo que o protagonismo de uma nação depende da superação de seus desafios. Em sua obra “*A Study History*”, discorre que nesta batalha com o meio ambiente, os estímulos atuam favoravelmente quando encontram

um núcleo humano capaz de lutar, disposto a aceitar o desafio do meio físico, sobrepujando os fatores desfavoráveis da geografia, ou seja, o destino dos povos estaria nas mãos de seus dirigentes (Mattos, 1975). Estas constatações advieram depois de analisar a trajetória de 21 civilizações, dos sumérios aos tempos modernos. Quando aceitaram e venceram os desafios, traduzidos por obstáculos ou inferioridades, se desenvolveram nos contextos em que estavam inseridas. E as civilizações que não aceitaram, ou não mais tiveram desafios a enfrentar, estagnaram, regrediram e até se desagregaram (Bonfim, 2005). Para Toynbee, foram vitoriosas as sociedades que se mostraram capazes de responder ao desafio do meio físico (geografia) e fracassadas aquelas que não tiveram capacidade de responder a estes desafios. O homem ativo de qualquer raça, habitante de qualquer latitude ou longitude, se responder o desafio toynbeeano, poderia triunfar no processo evolutivo da sociedade (Mattos, 2002). As inferioridades geográficas (obstáculos) são desafios que se antepõem ao processo de afirmação das nações: ou estas superam e se afirmam, ou não as superam e são condenadas à estagnação ou à desagregação (Mafra, 2002).

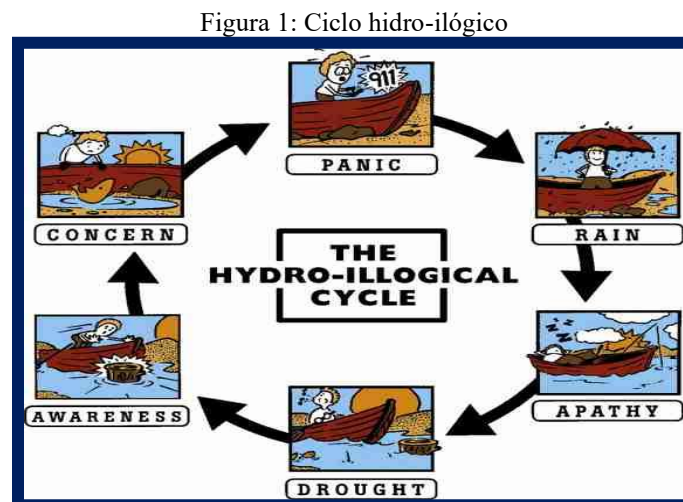
Silva (2006) discorre que as civilizações se desenvolvem em função das respostas que elas conseguiram dar aos desafios antepostos. Moreira (2007) analisa a teoria como a ocasião em que os tomadores de decisão de alto nível (dirigentes e líderes de uma sociedade) buscam definir, frente a um desafio, um caminho para o futuro, apontando que o dilema de qualquer país, e da própria humanidade como um todo, é encontrar a cada momento a resposta adequada ao desafio imposto pelas circunstâncias nacionais e internacionais. Para Filho (2009), a sobrevivência de uma comunidade, sociedade ou civilização depende da forma e dos meios que elas utilizam para fazer frente às dificuldades dos momentos críticos. Na teoria Toynbeeana, o “desafio” referir-se-ia a fatores ou eventos que pudessem representar uma ameaça àquela sociedade que impactasse o bem-estar de sua população; por outro lado, a “resposta” basear-se-ia nas ações a serem tomadas para superar aqueles desafios, exigindo visão e liderança de seus governantes (Schmandt; Ward, 2020).

A incorporação de novas tecnologias, a realização de atividades econômicas ou uma combinação de vários fatores seriam exemplos de respostas àqueles desafios. A resposta nunca seria previsível, e seu resultado só seria conhecido com o tempo. Esse era o risco que os humanos corriam – resultando em sucesso ou fracasso (Schmandt; Ward, 2020). Assim, se depreende que as condições climáticas, o regime de chuvas e as históricas estiagens do Estado do Ceará, ao longo de sua história, lhe proporcionaram limitações ao seu desenvolvimento socioeconômico, materializados nas frentes de serviços

emergenciais, nas mortes dos sertanejos, na desnutrição de crianças e adultos, o que leva a concluir que estas circunstâncias convergem com as premissas dos desafios preconizados pela Teoria de Toynbee. Desta forma, como o Ceará vem superando esses históricos óbices e adversidades da natureza? Como o Estado e a população vêm superando os desafios e as incertezas advindos das condições climáticas (estiagem), podendo-lhe impor um risco permanente de insegurança alimentar e hídrica? Quais seriam as implicações destas respostas, advindas destes desafios climáticos, em relação à transição energética no Estado do Ceará?

3.5 AÇÕES E INICIATIVAS DO ESTADO DO CEARÁ EM RESPOSTA AOS DESAFIOS DA SECA

Donald Wilhite (climatologista norte-americano), reconhecido como o maior especialista global em política e gestão da seca, estabeleceu o ciclo hidro-ilógico (Figura 1) muito comum em países com escassez hídrica. Inicialmente, a fase do pânico (primeira etapa do círculo vicioso); em seguida, vem a chuva e, com ela, a apatia (nem a população nem os políticos veem a necessidade de se preparar para a estiagem seguinte). Mas, quando as secas se repetem, despertam novamente a preocupação e o pavor de quem não se planejou (WBG, 2023).



Fonte: Wilhite (2012 apud Filho, 2024).

A decisão do Ceará foi estudar, aprofundar e trabalhar o ciclo hidro-ilógico no Estado, consubstanciado em três pilares: planejamento, visão estratégica e gestão dos recursos hídricos. Para tanto, três foram as medidas para reduzir a severidade dos impactos das secas: (1) gestão de demanda de água (racionalidade no manejo, uso eficiente e

capacitação de usuários), (2) gestão de oferta de água (planejamento, construção, operação e manutenção de infraestrutura física de estocagem e transferência hídrica) e (3) regularização da água em solo por não se conseguir regularizar as de chuvas (Filho, 2024). Nestas circunstâncias, uma adequada gestão da água (curto, médio e longo prazos) permitiria uma visão estratégica da política de recursos hídricos, considerada essencial para adaptar-se com a escassez hídrica (Filho, 2024). Das considerações supracitadas, serão apresentadas ações e iniciativas no Ceará que caracterizariam como o Estado vem respondendo aos desafios impostos pela natureza (condições irregulares de chuva), demonstrando, assim, a capacidade de convivência, superação e adaptação em prol do desenvolvimento socioeconômico do Ceará.

3.5.1 No campo político

A dura realidade cearense possibilitou a criação do Plano Estadual de Convivência com a Seca, um conjunto de medidas emergenciais e estruturantes baseado em cinco eixos de atuação: segurança hídrica, segurança alimentar, benefícios sociais, sustentabilidade econômica e inovação (IPECE, 2015). Simultaneamente, o Governo tem conduzido planejamentos a fim de garantir que os recursos hídricos disponíveis sejam monitorados e utilizados em proveito da sociedade e da economia cearenses, os quais alguns serão descritos a seguir:

3.5.1.1 Plano de Ações Estratégicas em Recursos Hídricos do Ceará

Está organizado em seis eixos estruturantes da política estadual dos recursos hídricos (Planejamento dos Recursos Hídricos; Água, Tempo e Clima; Infraestrutura Hídrica; Gerenciamento das Águas; Governança das Águas; e Água). Tem como objetivo orientar a atuação do governo no setor de recursos hídricos, com foco na ampliação da segurança hídrica, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos da água, monitoramento e fiscalização, desenvolvimento de estratégias de promoção da gestão da demanda de água (junto aos usuários), ampliação da oferta de água à sociedade cearense, entre outros (SRH, 2018).

3.5.1.2 Política de Gestão Proativa de Secas para os Recursos Hídricos do Ceará

Tem a finalidade de (1) gerenciar o risco de secas nos recursos hídricos cearenses; (2) instrumentalizar ações de gestão dos recursos hídricos em todo o território do Estado; (3) aprimorar a gestão de riscos climáticos associados às secas, mitigando o impacto

direto nos usos da água (urbana, industrial, agrícola, aquicultura e pesca, hidroelétricas e ecossistêmicas), entre outras finalidades (SRH, 2023). A referida política demanda medidas e ações que deixem de ser reativas e passem a ser proativas, fazendo-se necessário o desenvolvimento de uma gestão de seca baseada em planos de preparação que contenham ações de curto e longo prazos e um sistema de alerta precoce, sendo as lições aprendidas em períodos de seca anteriores mantidas (SRH, 2023).

3.5.1.3 Planos de Gestão Proativa de Seca

Visam manter as memórias e experiências acumuladas pelos atores sociais na vivência com a seca no intervalo entre uma e outra. Objetiva, sobretudo, reduzir as vulnerabilidades às secas, identificando impactos, problemas e conflitos ocasionados ou potencializados pelo contexto de seca, e as respostas e medidas adotadas para minimizá-los ou solucioná-los (Ceará, 2023).

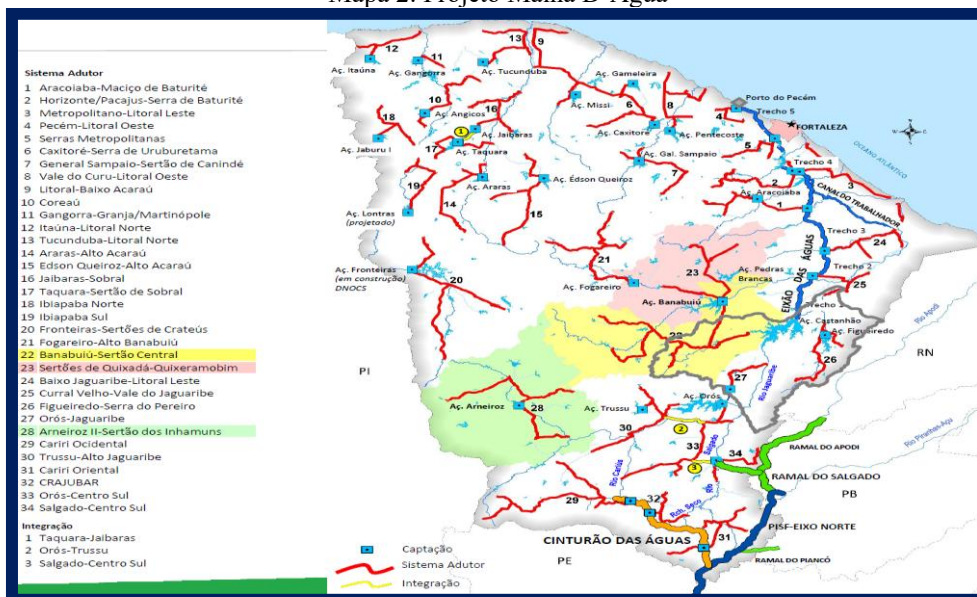
3.5.1.4 Centro Estratégico de Excelência em Políticas de Águas e Secas

O Centro Estratégico de Excelência em Políticas de Águas e Secas, vinculado à Universidade Federal do Ceará, se dedica à pesquisa, desenvolvimento e inovação em gestão de recursos hídricos. Com uma abordagem multidisciplinar, promove a segurança hídrica e a sustentabilidade dos usos sociais e ecossistêmicos da água (UFC, 2025). Adicionalmente, desenvolve tecnologias para a segurança hídrica, a eficiência hídrica e a gestão de recursos hídricos, promovendo a sustentabilidade dos ecossistemas e disseminando conhecimento em gestão de recursos hídricos e gestão de secas (UFC, 2025).

3.5.1.5 Projeto Malha D'Água

De acordo com Rodrigues (2024), é um sistema adutor de água tratada com captação realizada diretamente em açudes estratégicos para abastecimento de sedes municipais e distritais. O referido projeto tem como objetivo ampliar a segurança hídrica do Estado além de promover a sua maior disponibilidade.

Mapa 2: Projeto Malha D'Água



Fonte: Rodrigues (2024).

Os benefícios do projeto seriam, entre outros, a ampliação quantitativa de água para o abastecimento humano em períodos de secas severas; melhor qualidade da água para o abastecimento humano, maior eficiência na gestão dos reservatórios e redução do conflito entre o uso da água para o abastecimento humano e a atividade econômica rural (Rodrigues, 2024). Os dados são significativos: 34 sistemas adutores com Estação de Tratamento de Água e 4,3 mil km de linhas adutoras e 6,7 mil km de linhas de ramais. Com um projeto estimado em R\$ 9 bilhões, alcançaria 178 municípios e aproximadamente 6,3 milhões de cearenses, compreendendo população urbana e rural (Rodrigues, 2024).

3.5.2 No campo econômico

Na segunda metade do século XIX, o Ceará, com um histórico de calamidades (secas), apresentou pouco desenvolvimento no processo de industrialização pois sua economia era baseada na agricultura e criação de animais (Girão, 2000). Entretanto, ao ingressar no século XXI, a situação econômica cearense evoluiu de forma satisfatória. No campo econômico, uma das instituições de grande relevância no Estado do Ceará, no tocante ao desenvolvimento da região, é o Banco do Nordeste (BNB). Para promover e fortalecer o campo, o BNB criou o Agroamigo, considerado o maior programa de microcrédito rural produtivo da América Latina. Este programa facilita a aquisição de máquinas e equipamentos aos proprietários rurais, permitindo-lhes reduzir a penosidade no campo, aumentar a produção e uso racional da água e melhorar a infraestrutura hídrica dos imóveis rurais, inclusive, com ações que promovam o acesso, uso e reúso da água (Silva,

2024). O BNB já assinou mais de 200.333 contratos para estrutura hídrica na região, totalizando créditos na ordem de R\$ 6,2 bilhões desde janeiro de 2022, fomentando a mecanização da agricultura familiar, técnicas de convivência com o semiárido, formação de reserva estratégica alimentar (silagem e fenação) e irrigação por microaspersão ou gotejamento (Silva, 2024). No contexto econômico, destaca-se, também, a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará (FAEC), entidade constituída para fins de estudos, coordenação, defesa e representação da categoria nos ramos da agricultura, pecuária, extrativismo rural, pesca, silvicultura e agroindústria (FAEC, 2025). A instituição tem como objetivo, entre outros, buscar o aumento da produção e da produtividade das empresas rurais mediante a adoção de tecnologias adequadas à região e estimular as organizações dos produtores rurais em projetos que viabilizem o desenvolvimento econômico do setor rural cearense.

A Instituição vem estruturando uma sólida bases de dados, por intermédio do Centro de Inteligência e Inovação da Agropecuária do Ceará, o qual tem o objetivo de analisar as principais cadeias produtivas cearenses a fim de acompanhar o desempenho das atividades do setor agropecuário (agroindústria, apicultura, avicultura, bovinocultura, carcinicultura, economia do mar, equinocultura, fruticultura, ovinocaprinocultura e piscicultura), incluindo a elaboração e análise de relatórios técnicos de cada uma das cadeias produtivas (Soares, 2024). No Ceará, com suas características de clima semiárido e afetado pelos fenômenos da seca, as ações e iniciativas da FAEC vêm contribuindo com o desenvolvimento agropecuário cearense. Não por acaso, de acordo com Soares (2024), o Estado tem se destacado no agronegócio no âmbito da região Nordeste e do Brasil (Tabela 1).

Tabela 1: Destaques do Setor Agronegócio do Ceará (2022).

No Nordeste	No Brasil
<p>Maior produtor de alevinos (30,6% da produção nacional); Maior produtor de ovos (26,8% da produção do Nordeste); 3º maior produtor de leite (18,6% da produção); 3º maior produtor de mel (18,8% da produção do Nordeste); e Maior produtor de batata-doce (33,2% da produção do Nordeste e do Brasil).</p>	<p>Maior produtor de camarão (54,1% da produção nacional); Maior produtor de larvas e pós-larvas de camarão (49,1% da produção nacional); Maior produtor de castanha de caju (65,1% da produção nacional); Maior produtor de Coco-da-baía (31,1% da produção nacional); Maior produtor de maracujá (12,4% da produção nacional); e 2º maior produtor de melão (12,4% da produção nacional).</p>

Fonte: Soares (2024).

Outro indicador que caracterizaria a superação do Ceará ante os desafios impostos pelo histórico de estiagens seria a sua balança comercial. O Informe “Comércio Exterior do Ceará em 2023”, aponta que, levando em consideração somente os itens da agropecuária, o mais afetado pelos efeitos da seca, os valores são bem expressivos, tendo sido exportados US\$ 164.047.988,00, um crescimento de 11,34% em relação a 2022. Dos dez principais produtos de exportação, destacam-se as vendas de calçados (couro), frutas, ceras de origem animal, produtos hortícolas e algodão (IPECE, 2024). Levantamento realizado pelo Centro Internacional de Negócios (CIN), da FIEC, o ano de 2023 foi muito positivo ao agronegócio cearense, quando as frutas, couro e têxteis se destacaram nas exportações. O relatório pontua, especificamente, a banana, a água de coco, a moda íntima e as bolsas de couro. No caso das bananas, aumento de 37% nas exportações somando US\$ 5,7 milhões; em relação à água de coco, o Ceará é o principal exportador no Brasil, com um crescimento de 24,2% na comparação com o ano de 2022 (venda na ordem de US\$ 37 milhões) e em relação às bolsas de couro, vendas aproximadas de US\$ 3 milhões (CIN, 2024).

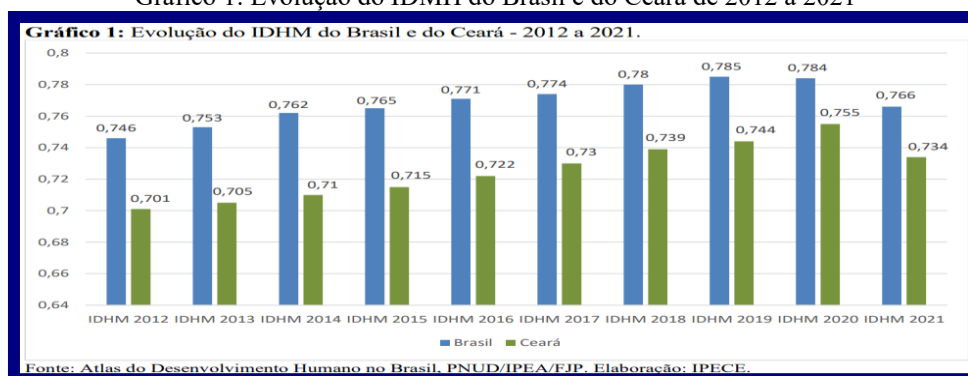
A economia cearense encerrou o ano de 2024 com um crescimento de 5,5% em comparação a 2023. O resultado é o maior alcançado nos últimos 14 anos, colocando-a na terceira posição do ranking nacional de crescimento. Os dados são do Índice de Atividade Econômica Regional, medido e divulgado pelo Banco Central do Brasil (Ceará, 2025). O desempenho ficou acima da média nacional (3,8%), das regiões Norte (4,8%), Nordeste (4,0%), Sudeste (3,2%), Sul (4,2%) e Centro-Oeste (2,9%). O resultado coloca o Ceará à frente de importantes economias como as de São Paulo (3,8%), Minas Gerais (3,0%),

Pernambuco (4,7%) e Bahia (3,1%) (Ceará, 2025). Quanto ao Produto Interno Bruto (PIB), o Estado registrou crescimento de 6,49% em 2024, melhor resultado desde 2010 e quase o dobro do Brasil (3,4%). Dos setores que compõem o PIB (Indústria, Serviços e Agropecuária), o melhor resultado ficou com a Agricultura (25,16%), bem acima do Brasil (-3,2%). O segundo melhor resultado ficou com a Indústria (10,65%) e os Serviços (4,28%), enquanto o nacional foi de 3,3% e 3,7%, respectivamente. Ou seja, todos os três setores cearenses superaram, em 2024, os resultados do PIB brasileiro (IPECE, 2025). Com as considerações apresentadas, se conclui, parcialmente, que em termos de causa e efeito, é possível constatar que a longa expertise adquirida pelo Estado do Ceará em relação à seca surtiu efeito no campo econômico, contrapondo-se às realidades decorrentes das estiagens. Ao mesmo tempo, as ações e iniciativas implementadas foram as respostas dos poderes público e privado que refletiram em um melhor desempenho econômico, destacadamente, aqueles voltados para a gestão dos recursos hídricos do Estado.

3.5.3 No campo social

No campo social, o parâmetro utilizado foi o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), criado com o objetivo de medir o desenvolvimento social de diferentes áreas geográficas. Ele foi concebido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento como uma forma de avaliar o progresso social, econômico e educacional (IPECE, 2023).

Gráfico 1: Evolução do IDHM do Brasil e do Ceará de 2012 a 2021



Fonte: IPECE (2023).

No Gráfico 1, é possível verificar a evolução, somente no período de 2012 a 2021, do IDH-Municipal do Ceará e do Brasil, concluindo que foi ascendente, exceto em 2021, cuja queda provavelmente teria sido motivada pelos efeitos negativos ocasionados pela pandemia da COVID-19.

No tocante à educação, as políticas educacionais adotadas no Estado se mostraram exitosas, refletindo positivamente no nível de ensino da população infanto-juvenil. Dados recentes apontam que o Ceará se situa entre os três melhores Estados nas avaliações do Ministério da Educação para o ensino fundamental, contemplando 41 das 50 escolas públicas mais bem avaliadas do país. A rede de ensino técnico e profissionalizante se expandiu 34% nos últimos cinco anos enquanto, no nível superior, o Estado sedia universidades bem-posicionadas no ranking das melhores da América Latina (ADECE, 2019). No Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, de 2023, o Ceará consolidou os excelentes resultados no ensino fundamental, conquistando o melhor resultado do Brasil (do 1º ao 9º ano), considerando apenas a rede pública de ensino. Além disso, a rede estadual registra o terceiro melhor índice do Brasil na avaliação de Ensino Médio tradicional e Médio integrado à Educação Profissional (Ceará, 2024).

3.6 IMPLICAÇÕES DA SUPERAÇÃO DO CEARÁ NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO ESTADO

A localização do Ceará no Saliente Nordeste é estratégica, tendo em vista encurtar distâncias com o continente europeu, próxima a importantes rotas marítimas e mercados consumidores (ADECE, 2019 Apud Barbosa; Gomes, 2024), facilitando-lhe acesso aos principais fluxos comerciais internacionais. Quanto aos recursos naturais, está comprovado que a posição geográfica do Estado lhe permite explorar economicamente a energia solar, gerando um potencial fotovoltaico de 643 GW (Cavalcante, 2023 apud Barbosa; Gomes, 2024) bem como estudos apontam à instalação de parques eólicos aplicando a distribuição de probabilidade de Weibull, utilizada para a estimação de potencial eólico (Silva et al, 2020). A conjugação simultânea de energia solar fotovoltaica e eólica permite a complementaridade energética (fontes de energia diferentes que sejam alternativas para determinados momentos do dia), proporcionando segurança energética.

Estas circunstâncias fisiográficas permitem que o Ceará seja, naturalmente, um potencial *global player* na transição energética mundial mediante a produção de hidrogênio verde (GH₂), considerado o combustível do futuro e proveniente de energias renováveis. Em 2021, a FIEC, o Governo do Estado e a Universidade Federal do Ceará assinaram o acordo para a construção do hub de GH₂ no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (Bezerra, 2023). A nível mundial, o Estado tem tomado uma série de iniciativas com governos e empresas estrangeiras com a finalidade de desenvolver a economia do GH₂. Instituições alemãs como a *GIZ* (Agência de Cooperação Alemã) e o Instituto *Franhoufer*;

as multinacionais australianas *Fortescue* e *Energix Energy*; as francesas *Qair* e *Engie*; a portuguesa *EDP* e a espanhola *Neoenergia* são exemplos de acordos com elevados investimentos privados, visando ao desenvolvimento e produção de GH2 no Ceará (Barbosa; Gomes, 2024).

Acredita-se que os ganhos para a sociedade cearense, fruto da economia do hidrogênio, seriam evidenciados na geração de empregos, na neointustrialização do complexo fabril e no crescimento do comércio, fruto da nova matriz energética baseada em energias renováveis (Barbosa; Gomes, 2024). Como legado, a transição energética no Ceará teria a capacidade de gerar valor socioeconômico à população cearense, trazendo-lhe um desenvolvimento e bem-estar às atuais e futuras gerações, contrastando com as condições a qual foi submetida aos agressivos efeitos das secas e estiagens nos séculos passados.

Estas circunstâncias, aliando o judicioso aproveitamento dos recursos naturais, a visão estratégica dos atores políticos e econômicos locais, o fortalecimento de parcerias energéticas com países estrangeiros e as inesquecíveis lições aprendidas no passado (combate à seca) permitem o Ceará deixar para trás as agruras do subdesenvolvimento, da fome e da desnutrição, impelindo-o ao progresso econômico e ao desenvolvimento social; e impulsionando-o, em melhores condições, em ser um provedor de energia renovável ao mundo globalizado. Esta convicção advém do fato do Estado ter sido capaz de responder, no passado, aos desafios impostos pelas condições climáticas adversas (secas e estiagens) quando, à época, o povo, os dirigentes e os líderes cearenses encontraram a forma e os meios para fazer frente às dificuldades impostas pelas circunstâncias no território cearense. De Estado conhecido nacionalmente pelas secas e estiagens, se destaca por ser a terceira economia do Nordeste, permitindo-lhe melhores condições em participar proativamente na transição energética. Desta forma, se comprova, em tese, a teoria de Toynbee no Ceará, tendo estas superações contribuído, com as atuais possibilidades políticas, econômicas e sociais, para dar condições para o processo de transição energética no Estado em prol do cearense e da comunidade internacional.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde o século XVI, inúmeros foram os anos de secas no Ceará, impactando diretamente os indicadores sociais e influenciando negativamente o desenvolvimento econômico do Estado. Neste ambiente de grandes desafios, ao longo de sua História, soube o Ceará tomar as iniciativas adequadas e oportunas a fim de conviver e adaptar-se com os

desafios decorrentes dos efeitos das estiagens. Assim, a pesquisa cumpriu integralmente todos os objetivos propostos na medida em que, à luz da Teoria Geopolítica do Desafio e Resposta, de Arnold Joseph Toynbee, os estudos realizados apontaram que o Estado do Ceará tem respondido de forma muito satisfatória, nas vertentes política, econômica e social, aos desafios apresentados, historicamente, pelas condições adversas e desfavoráveis do fenômeno das secas, superando-as e tornando-se mais resiliente.

Durante a investigação, os estudos evidenciaram que, como resultado das lições aprendidas, dos planejamentos e de uma visão estratégica de longo prazo, o Estado demonstrou a capacidade de ter encontrado meio para vencer os desafios do meio físico (condições fisiográficas de clima adversas) e desenvolveu estratégias consistentes para superar os fatores desagregadores da coletividade social (secas e estiagens). Com relação ao primeiro eixo da fundamentação teórica, se constatou as características climáticas do Estado Ceará, observando que as condições de clima, temperatura e aridez do solo são realidades que dificultam o pleno desenvolvimento socioeconômico do Estado. No segundo eixo, se comprovou os inúmeros períodos de estiagens, impactando a população cearense desde o século XVI. Nestes períodos, inúmeros foram as consequências socioeconômicas, impedindo ou retardando o crescimento da agricultura e pecuária. O estudo revelou que doenças, mortes e convulsão social advieram das irregularidades das chuvas, impondo ao povo cearense um grande desafio às gerações de outrora.

No terceiro eixo, foi apresentado os principais conceitos de geopolítica, mediante definições provenientes de inúmeras fontes bibliográficas, caracterizando o quanto as condições fisiográficas impõem conjunturas políticas e socioeconômicas às regiões, refletindo em aspectos positivos ou negativos ao seu desenvolvimento. No quarto eixo, se abordou a Teoria do Desafio e Resposta, de Toynbee, analisando a importância dos agentes públicos assumirem uma postura proativa frente aos desafios impostos pelas condições ambientais. As pesquisas apresentaram que somente com medidas concretas e duradouras seriam condizentes para superar as dificuldades e obstáculos impostos pelas condicionantes fisiográficas.

No quinto eixo, foi possível constatar o quanto o Estado, por intermédio de políticas, programas e projetos, nas esferas políticas, econômicas e sociais, vem fortalecendo a gestão dos recursos hídricos. Graças aos diversos indicadores econômicos apresentados, foi possível avaliar os positivos resultados alcançados. Por fim, no último eixo, se comprovou as superações do Ceará impostos pelas condições de secas e estiagens do semiárido (óbices e desafios), permitindo-lhe participar, em melhores condições, do desenvolvimento

socioeconômico em proveito do processo de transição energética no Estado. Considerando os resultados alcançados, sugere-se que os futuros estudos analisem a inter-relação entre investimentos na infraestrutura hídrica no Ceará e o Índice de Desenvolvimento Humano da população cearense, assim como a correlação entre os impactos entre a oferta de água (em quantidade e qualidade) com o nível de nutrição da população infanto-juvenil do Estado. Por fim, ao manter os planejamentos e ações em vigor, sobre a gestão dos sistemas de recursos hídricos do Ceará, garantir-se-ia a oferta de água a fim de tornar o Estado ainda mais promissor na região Nordeste, superando as dificuldades impostas à população cearense pelas secas e estiagens de outrora.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. C.; GOMES, R. L. R. The projection of the State of Ceará on the international stage through FIEC in the production and exportation of green hydrogen and its impact on socioeconomic development in Ceará. *IOSR Journal of Business and Management*, v. 26, n. 11, p. 56–63, 2024a. DOI: <https://doi.org/10.9790/487X-2611045663>.

BEZERRA, F. D. Green hydrogen: an opportunity for the Northeast. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2023. (Relatório setorial ETENE, v. 8, n. 320).

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Instituto Nacional do Semiárido. O semiárido brasileiro. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiario-brasileiro>. Acesso em: 5 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Escola Superior de Guerra. Manual básico: volume II – assuntos específicos. Rio de Janeiro: ESG, 2009.

BONFIM, U. C. Geopolítica. Rio de Janeiro: Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2005.

CABRAL, M. Exportações do Ceará aumentam 49,3%, reforçando posição do estado no comércio internacional. Portal IN, 26 jun. 2025. Disponível em: <https://www.portalin.com.br/negocios/exportacoes-do-ceara-sobem-493-e-ampliam-destaque-no-comercio-exterior/>. Acesso em: 10 maio 2025.

CASTRO, C. N.; CERZINI, M. T. Transposição do rio São Francisco: território, impactos potenciais e políticas públicas complementares. In: _____. *Transposição do rio São Francisco*. Brasília: IPEA, 2023.

CASTRO, T. de. Geopolítica: princípios, meios e fins. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1999.

CAVALCANTE, J. R. M. Hidrogênio verde e energias renováveis: a oportunidade do Ceará. In: ENCONTRO DA REDE NORDESTE DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS E INOVAÇÃO, 2., 2023, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: FIEC/Exército Brasileiro, 2023.

CEARÁ. A economia do Ceará encerra 2024 com maior crescimento dos últimos 14 anos. 2025. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2025/02/25/economia-do-ceara-encerra-2024-com-maior-crescimento-dos-ultimos-14-anos/>. Acesso em: 10 maio 2025.

CEARÁ. IDEB 2023: Ceará tem a melhor rede pública do Brasil no ensino fundamental e a terceira melhor nota no ensino médio. 2024. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2024/08/14/ideb-2023-ceara-tem-a-melhor-redepublica-do-brasil-no-ensino-fundamental-e-a-terceira-melhor-nota-no-ensino-medio/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Plano estadual de convivência com a seca: ações emergenciais e estruturantes. Fortaleza: IPECE, 2015. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Plano_Convivencia_com_a_Seca_02_03_2015.pdf. Acesso em: 1 mar. 2025.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. PIB do Ceará em 2024 é o melhor desde 2010: 6,49%. 2025. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/2025/03/26/pib-do-ceara-em-2024-e-o-melhor-desde-2010-649/>. Acesso em: 9 maio 2025.

CEARÁ. Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho. Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará. Atlas eólico e solar do Ceará. Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://atlas.adece.ce.gov.br/>. Acesso em: 31 jan. 2025.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano de ações estratégicas de recursos hídricos do Ceará. Fortaleza, 2018. Disponível em: https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2018/07/PLANO-DE-ACOES-ESTRATEGICAS-DE-RECURSOSHIDRICOS-CE_2018.pdf. Acesso em: 2 maio 2025.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano de gestão proativa de seca: hidrossistema Patu. Fortaleza, 2023. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2023/01/Plano-de-Gest%C3%A3o-Proativa-de-SecaHidrossistema-Patu.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

CORTEZ, A. I. R. P.; CORTEZ, A. S. R. P.; IRFFI, G. Atividades econômicas e trabalho escravo no sul do Ceará. Fortaleza: IPECE, 2013.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DO CEARÁ. Quem somos. Fortaleza, 2025. Disponível em: <https://faec.org.br/faec/quem-somos/>. Acesso em: 8 maio 2025.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ. De bananas à água de coco: conheça os produtos cearenses que chegaram ao mundo em 2023. 2024. Disponível em: <https://www.cince.org.br/mailclipping/detalhe/158381>. Acesso em: 2 mar. 2025.

SOUZA FILHO, F. A. Gestão de secas e planejamento proativo. In: SEMINÁRIO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 1., 2024, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2024.

CABRAL FILHO, J. E. Revistas científicas brasileiras: publicar ou perecer? Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbsmi/a/vLYSqy47h868JCsRp9sFqvS/>. Acesso em: 22 mar. 2025.

GIRÃO, R. História econômica do Ceará. 2. ed. Fortaleza: Casa de José de Alencar, 2000.

LUNA, R. M. Desenvolvimento do índice de pobreza hídrica (WPI) para o semiárido brasileiro. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

MAFRA, R. M. O. Introdução ao estudo da geopolítica. Rio de Janeiro: Escola Superior de Guerra, 2002.

MATTOS, C. M. Brasil: geopolítica e destino. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1975.

MATTOS, C. M. Geopolítica e projeção de poder. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1977.

MATTOS, C. M. Geopolítica e modernidade. In: _____. Geopolítica brasileira. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2002.

MOREIRA, J. B. B. A nova geopolítica mundial e suas implicações para o Brasil. *Revista da Escola Superior de Guerra*, v. 23, n. 48, p. 21–39, 2007.

PORTAL SOLAR. Como captar energia solar: tudo o que você precisa saber. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-captar-energia-solar>. Acesso em: 11 abr. 2025.

RODRIGUES, R. Projeto Malha D'Água: premissas, conceitos e benefícios. In: SEMINÁRIO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 1., 2024, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará, 2024.

SCHMANDT, J.; WARD, C. H. Sustainable development: the challenge of transition. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. Disponível em: https://assets.cambridge.org/97805216/53053/excerpt/9780521653053_excerpt.pdf. Acesso em: 19 mar. 2025.

SILVA, A. R. Agricultura familiar e Agroamigo: avançando com sustentabilidade. In: SEMINÁRIO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 1., 2024, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2024.

SILVA, D. J. da. Desafios sociais da gestão integrada de bacias hidrográficas: introdução ao conceito de governança da água. In: ACFAS CONGRESS, 74., 2006, Montréal. Anais [...]. Montréal: McGill University, 2006.

SILVA, F. J. R. da et al. Shape and scale factors of the Weibull probability distribution: a case study of wind resource data in the Northeast region of Brazil. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 12, n. 1, p. 229–239, 2020.

SOARES, R. B. CIIAGRO e os desafios estratégicos do setor agrícola. In: SEMINÁRIO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 1., 2024, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2024.

TRAVASSOS, M. *Projeção continental do Brasil*. 3. ed. Rio de Janeiro: Companhia Editora Nacional, 1938. Disponível em: <https://bdor.sibi.ufrj.br/bitstream/doc/132/1/50%20PDF%20-%20OCR%20-%20RED.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Centro de Excelência em Políticas de Água e Secas. Fortaleza, 2025. Disponível em: https://cepas.ufc.br/pt_br/quem-somos/. Acesso em: 10 maio 2025.

WORLD BANK GROUP. Latin America and the “hydro-illogical” cycle of droughts. 2013. Disponível em: <https://www.worldbank.org/pt/news/feature/2013/12/12/entrevista-climatologo-donald-wilhite-brasil-latinoamerica-sequias>. Acesso em: 5 maio 2025.

XIMENES, L. F. Efeitos da ocorrência de secas sobre indicadores agrícolas no estado do Ceará. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2013. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/920/1/2013_IRE_01.pdf. Acesso em: 22 mar. 2025.

REALIZAÇÃO:



ACESSE NOSSO CATÁLOGO!



WWW.SEVENPUBLI.COM

CONECTANDO O **PESQUISADOR** E A **CIÊNCIA** EM UM SÓ CLIQUE.