



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS
CURSO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS

DENILSON GOMES BATISTA

**COOPERAÇÃO INTERNACIONAL EM H2V: ESTUDO EXPLORATÓRIO DO
CASO CEARÁ**

JOÃO PESSOA

2024

DENILSON GOMES BATISTA

Cooperação Internacional em H2V: estudo exploratório do caso do Ceará

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Relações Internacionais Universidade
Federal da Paraíba.

Orientador (a): Elia Elisa Cia Alves

JOÃO PESSOA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B333c Batista, Denilson Gomes.

Cooperação internacional em H2V: estudo exploratório do caso Ceará / Denilson Gomes Batista. - João Pessoa, 2024.

45 f.

Orientação: Elia Elisa Cía Alves Alves.
TCC (Graduação) - UFPB/CCSA.

1. Cooperação internacional. 2. Hidrogênio Verde. 3. Ceará. 4. Desenvolvimento sustentável. I. Alves, Elia Elisa Cía Alves. II. Título.

UFPB/CCSA

CDU 327

DENILSON GOMES BATISTA

**COOPERAÇÃO INTERNACIONAL EM HIDROGÊNIO VERDE: UM
ESTUDO EXPLORATÓRIO DO CASO DO CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Relações Internacionais do Centro
de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA) da
Universidade Federal da Paraíba (UFPB),
como requisito parcial para obtenção do grau
de bacharel (a) em Relações Internacionais.

Aprovado(a) em, 30 de abril de 2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ELIA ELISA CIA ALVES**
Data: 30/04/2024 17:31:45-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Elia Elisa Cia Alves – (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Documento assinado digitalmente
 **LILIANA RAMALHO FRÓIO**
Data: 07/05/2024 18:56:57-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Liliana Ramalho Fróio
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Documento assinado digitalmente
 **PASCOAL TEOFILO CARVALHO GONCALVES**
Data: 04/05/2024 13:17:56-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Pascoal Teófilo Carvalho Gonçalves
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

AGRADECIMENTOS

A minha trajetória durante a graduação foi de bastante encontros e reencontros, com uma boa contribuição de autoconhecimento e aquisições a nível pessoal. E o caminho de espiração para tomar as decisões que me trouxeram até a universidade vieram de minha família que apesar de tudo sempre contei com um apoio incondicional, e o suporte financeiro e afetivo durante toda essa trajetória. Um muito obrigado a minha mãe Rosineide e a meu pai, Batista por tudo que sempre me proporcionaram, além dos meus irmãos Danrley, Deyvid e Samylla que dividem comigo muitos momentos de alegria.

Agradeço à minha orientadora Elia Elisa pela compreensão e suporte excepcionais. E aos professores Iure e Baccarini por me encorajar a persistir nessa reta final da graduação, tão tumultuada.

Viver em uma cidade nova é muito desafiante, por mais que as videoconferência e chamadas intermináveis se façam presente na rotina o contato do dia-a-dia faz uma grande diferença e para isso agradeço os bons amigos que fiz pelos corredores da universidade(Brenda, Bia, Ingrid, Venância e Idalino); nós almoços do RU(Milena, Jessica); Nas conversas do centro acadêmico (Hadassa, Caio, Picos e Gabi); Nos rolês de fim de semana e em várias situações cotidianas.

Essa jornada também contou com vários housemates que espero levar as amizades para a vida (Vinícius, Tardelly, Mayara, Sérgio) foram vários momentos felizes na simplicidade com que vivemos. Ao grupo da líder por colaborar para o meu desenvolvimento pessoal e comprar batalhas tão nobres junto a mim, as emoções das metas alcançadas e a todo esforço que dedicamos a esse projeto, em especial a grandes líderes que guardo com muito zelo (Beatriz, Beatriz Ribeiro, Jaldilene, Palhano, Vinicius e Giuliano) e aos meus grandes amigos do MEJ (André e Alberto).

Ao grupo do fofoqueRI, que se fez tão presente nos últimos anos da faculdade. Foram meu grande apoio das aflições e dividiram tantas cervejas na praça da paz, quanto trabalhos de faculdade intermináveis (Pollyne, Hellen, Isa, Júlia, Jade e Vitória) e nossos agregados que não tivemos tanto tempo de aproximar mas o breve tempo foi suficiente para dividirmos episódios épicos (Isabela Regina, Alan, Julieta, Giovana e Aretha). Aos meus amigos de atlética, (João Matheus, Gabriel e Ricardinho) e aos amigos do final da graduação (Malu, Mariana e Yure). Uma

amizade que tenho certeza que levarei para toda vida, se não for por sua parte farei de tudo para ser pela minha, o meu grande amigo Pedro, obrigado por todo apoio, compreensão, simpatia, cuidado até certo ponto era meu contato de emergência e meu porto seguro.

As minhas queridíssimas Nívea, Carolina e Mikaelly, as quais foram amigas que me motivaram bastante e vou guardar ótimas histórias com cada uma de vocês. Meus amigos Ravell, Lohan por estarem sempre presentes e minha amiga e cunhada Mônica por suas palavras e ações de apoio. Ainda na reta final dessa trajetória os meus novos amigos que se fizeram presente nesta etapa da minha vida. Aos meus grandes amigos Leandro e Douglas sempre me apoiaram e me deram suporte. E agradeço as conversas e companhias dos meus amigos Dilson e Dheyson.

No fim desse grande texto tenho certeza que deixei alguns de fora ou negligenciei mais dedicatórias a níveis de apreço que tenho por vocês mas por economia de palavras compartilho aqui meu amor pelas experiências que tive com cada um de vocês aos quais dividi a vida durante minha graduação. Não esquecendo de agradecer a Denilson que é o principal responsável por essa conquista.

RESUMO

Diante dos enormes desafios globais rumo à transição energética, a cooperação internacional pode desempenhar um papel importante, promovendo a transferência de conhecimento e tecnologia entre regiões. Neste estudo de caso, exploramos a parceria entre o Ceará e outros países no campo do Hidrogênio Verde, uma fonte de energia limpa e renovável com grande potencial para reduzir as emissões de carbono. O objetivo deste trabalho é analisar como a cooperação internacional pode promover a implementação de projetos de Hidrogênio Verde, identificando os benefícios, bem como os desafios e problemas apresentados, ao longo do e subjacentes a esse processo. Este estudo baseia-se em uma revisão documental de relatórios oficiais, da literatura acadêmica e de notícias relevantes sobre a cooperação entre o Ceará e outros países no campo do Hidrogênio Verde. A cooperação técnica descentralizada apresenta-se como um fator para impulsionar o desenvolvimento do Hidrogênio Verde no Ceará, com a transferência de conhecimento e tecnologias, através da implementação de projetos piloto na região. Para que essa cooperação seja eficaz e sustentável a longo prazo, é essencial o estabelecimento de políticas e estratégias adequadas, bem como o fortalecimento das parcerias entre governos, instituições e setor privado.

Palavras-chave: Cooperação internacional, Hidrogênio Verde, Desenvolvimento sustentável, Ceará.

ABSTRACT

international cooperation plays a crucial role in sustainable development by promoting the transfer of knowledge and technology between regions. In this case study, we examine the partnership between Ceará and other countries in the field of Green Hydrogen, a clean and renewable energy source with great potential to reduce carbon emissions. The objective of this work is to analyze how international cooperation facilitates the implementation of Green Hydrogen projects, highlighting the mutual benefits for both parties and the challenges faced during the process. This study is based on a documentary review of official reports, academic articles and relevant news about cooperation between Ceará and other countries in the field of Green Hydrogen. International cooperation has been fundamental in boosting the development of Green Hydrogen in Ceará, with the transfer of knowledge and technology from Europe/Germany playing a significant role in the implementation of pilot projects in the region. For this cooperation to be effective and sustainable in the long term, it is essential to establish appropriate policies and strategies, as well as strengthening partnerships between governments, institutions and the private sector.

Keywords: International cooperation, Green Hydrogen, Sustainable development, Ceará.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO² - Dióxido de Carbono

CID - Cooperação Internacional Descentralizada

CIPP - Complexo Industrial Portuário do Pecém

EIA - Energy International Agency

GEE - Gases do efeito estufa

H₂ - Hidrogênio

H₂V - Hidrogênio Verde

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

NREL - National Renewable Energy Laboratory

UE - União Européia

Lista de tabelas

Tabela 1: Vantagens e desvantagens da CID	19
Tabela 2 – Classificação do Hidrogênio	24
Tabela 3: Análise dos atos de cooperação internacional em hidrogênio verde no Ceará:	30
Tabela 4: Obstáculos políticos, econômicos e regulatório	34
Tabela 5: Benefícios econômicos e sociais	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DESCENTRALIZADA: CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS	12
2.1.1 A Securitização da Energia e o Debate sobre Fontes Energéticas no Contexto Nacional	14
2.1.2 Definição de Cooperação Internacional na Literatura Especializada	15
2.2 O HIDROGÊNIO VERDE NO MUNDO: UM PANORAMA DO CENÁRIO INTERNACIONAL	23
2.2.1 Discussão sobre RELATÓRIOS DO IEA	27
3 ANÁLISE DOS PROJETOS DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL EM HIDROGÊNIO VERDE DO CEARÁ	28
3.1 OBSTÁCULOS POLÍTICOS, ECONÔMICOS E REGULATÓRIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE HIDROGÊNIO VERDE	32
3.2 POTENCIAIS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA COOPERAÇÃO INTERNACIONAL PARA O CEARÁ	34
3.3 ESTRATÉGIAS PARA SUPERAR DESAFIOS E MAXIMIZAR OPORTUNIDADES NA COOPERAÇÃO TÉCNICA DESCENTRALIZADA	37
CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Os limites planetários já ultrapassados pela espécie humana: mudança do clima, integridade da biosfera, fluxos biogeoquímicos do nitrogênio e do fósforo, diminuição da camada de ozônio, acidificação dos oceanos, uso da água doce, uso dos solos, poluição agregada global por aerossóis e contaminação química marcam a passagem do período holoceno para o período Antropoceno, onde a intervenção humana supera esses limites e altera de forma significativa as dinâmicas naturais do planeta (Rockstrom et al., 2009; Steffen et al., 2015).

Os eventos climáticos extremos são a principal marca desse novo período, em que a ciência precisa encontrar ferramentas para a mitigação desses fenômenos. O uso massivo dos combustíveis fósseis representa um desafio para esse esforço à medida que a liberação de Gases do Efeito Estufa (GEE), principalmente o carbono, é central para a descarbonização. A emissão desses gases está ligada a diversas atividades humanas como geração de energia elétrica, na produção industrial e no setor de transportes.

As energias fósseis ainda são o meio mais utilizado pela maioria dos países para suprir suas demandas internas, mesmo que já se tenha provado o seu caráter insustentável a longo prazo. Há uma oposição de um sistema que consome cada vez mais energia contra o risco de maior degradação ambiental, dando contorno a um debate sobre transição energética (Montoya; Pasqual, 2015, p. 290).

A crescente demanda por energia é uma tendência de consumo global, que não apresenta sinais de mudanças a curto prazo, esse padrão lança um desafio aos sistemas de produção e distribuição de energia a nível nacional e internacional. As energias renováveis ganham papel de destaque nessa dinâmica, como alternativa sustentável. Além do apelo social, as cadeias globais de valor intensificam essa tendência com investidores, instituições financeiras e centros de negócios, considerando a descarbonização como variável importante nas decisões de aplicação de recursos e concessão de empréstimos (Nakamura, 2020. P. 2).

O tema energia se faz presente na pauta de múltiplas agendas de governança internacional, muito pela preocupação sobre a finitude dos recursos predominantes nos sistemas nacionais de geração de energia (recursos fósseis), além do alto custo ambiental e social provocado pelo uso desses recursos. Em 2021, os combustíveis fósseis respondem por mais de 79% da oferta total de energia primária no mundo (EIA, 2021), sendo o petróleo a fonte principal, porém

com alocações bem específicas para diferentes regiões obedecendo lógicas geopolíticas e econômicas em diferentes realidades (Benevides, Niel, 2011. p.31).

Apesar das inúmeras vantagens das energias renováveis, os custos da transição energética, para alternativas de “baixo carbono”, garantem as energias não renováveis uma sobrevida no rol de alternativas das redes nacionais de energia. Principalmente em países com recursos naturais escassos e restrições de investimento em captação de energias “a dependência por combustíveis fósseis está conectada à infraestrutura física, à estrutura econômica e aos laços sócio institucionais que foram constituídos em torno deste regime energético” (Losekann, Luciano; Tavares, Felipe Botelho. 2019). As relações de dependência energética também pesam na escolha das estruturas energéticas das matrizes nacionais, enquanto países superavitários energeticamente tem uma maior flexibilidade para condução de suas políticas energéticas, os países dependentes de recursos necessitam maior cautela nessa pasta (Niel, Benevides, 2011. 33).

As relações internacionais, também trazem o debate das energias para seus campos de pesquisa, um desses campos, a segurança energética, se preocupa em não só garantir a estabilidade do fornecimento de energia, mas até como indicativo de bem-estar social, assim como nível de escolaridade ou renda per capita da população (Nina, Alexandre Mendes, P. 30). Agenda de segurança energética com seus múltiplos fatores ganha relevância na formulação de políticas e na tomada de decisão dos Estados, transformando a preocupação em ação sobre a gerência dos seus recursos, sistemas de distribuição e relações com fornecedores.

Em geral, as ciências sociais amparam seus estudos em uma visão de um meio ambiente estável para as atividades humanas. Logo, mudanças no funcionamento normal do meio ambiente trazem desafios para áreas como as relações internacionais. O período histórico compreendido por Antropoceno se caracteriza pela ascensão humana como principal vetor de transformação do planeta, um dos diversos efeitos dessa alteração são as mudanças climáticas, sendo essas responsáveis por eventos climáticos extremos que ameaçam a própria sobrevivência de populações humanas. A instabilidade gerada pelo Antropoceno ainda não ultrapassa o empenho dos estudos no campo das relações internacionais em lidar com conflitos humanos (guerra), negligenciando as condições de vida humana no planeta (Viola, 2016, p.6).

Especialmente no contexto de mudanças climáticas, a cooperação internacional se faz necessária na condição de impactos que afetam de forma desigual os diferentes grupos humanos.

No contexto atual, os países desenvolvidos enfrentam grandes desafios no que diz respeito ao desenvolvimento econômico sustentável. Embora tenham alcançado um certo grau de prosperidade material, estão cada vez mais conscientes da necessidade de conciliar crescimento com preocupações ambientais e sociais. Nesse sentido, surge a problemática sobre como promover um desenvolvimento econômico sustentável, que leve em consideração não apenas o crescimento econômico, mas também a preservação ambiental e a equidade social. Diante dessa questão, surge a necessidade de investigar o papel dos atores subnacionais nesse processo, considerando sua capacidade de implementar políticas e projetos que promovam a cooperação internacional. Um estudo de caso relevante nesse contexto é a cooperação entre o Ceará e outros países, no desenvolvimento de tecnologias de hidrogênio verde, destacando o papel dos atores subnacionais na busca por soluções inovadoras e sustentáveis para os desafios econômicos e ambientais globais.

O trabalho trás a pergunta: Quais os arranjos cooperativos o Ceará participa no ramo do H2V? quais os benefícios, oportunidades e desafios do estado nessa seara?

O objetivo geral deste trabalho consiste em explorar os arranjos cooperativos em vigor no Ceará, que tragam o H2V como foco. Os objetivos específicos deste estudo são: primeiro, identificar os principais arranjos cooperativos, que envolvem o H2V, já estabelecidos no contexto da transição energética para uma economia de baixo carbono, no estado do Ceará,. Em segundo lugar, examinar benefícios e barreiras, relacionadas ao H2V, para promover a transição energética e avaliar sua eficácia na mitigação das mudanças climáticas. Por fim, realizar uma análise.

O estudo proposto sobre a cooperação internacional, com foco no desenvolvimento do hidrogênio verde nas relações entre o Ceará, e outros atores internacionais, é de suma relevância em um contexto global marcado pela urgência da transição energética e pela necessidade de colaboração entre diferentes atores para enfrentar os desafios ambientais e energéticos. O hidrogênio verde surge como uma alternativa promissora, alinhando interesses estratégicos de países produtores

e consumidores de energia, enquanto promove a redução das emissões de gases de efeito estufa.

O estudo de caso proporcionará uma análise das iniciativas do Ceará em âmbito internacional, contribuindo para uma compreensão de quem são e como se configuram os acordos do estado do Ceará, além de fornecer insights valiosos para a formulação de políticas públicas e estratégias de cooperação internacional no setor energético.

Diante disso, essa pesquisa está estruturada da seguinte maneira. O primeiro capítulo pretende trazer ao debate conceitos iniciais da transição energética e descarbonização, com foco no ramo das energias. O capítulo 1 é um capítulo introdutório que busca apresentar a configuração desse trabalho e a sua relevância.

O capítulo 2 se preocupa em apresentar conceitos chaves e desenvolver o debate sobre a importância, desafios e oportunidades da cooperação internacional em H2V. O capítulo 3 busca trazer as experiências de atuação internacional e projetos em andamento do hidrogênio verde e hidrogênio de baixo carbono no Ceará. Se utilizando de uma análise exploratória amparada na revisão de literatura sobre cooperação internacional e o uso do hidrogênio. O final deste capítulo busca trazer reflexões das oportunidades e dos desafios desse empreendimento, identificando os problemas inerentes nesse processo, através da análise do caso do Ceará.

As considerações finais destacam a importância da cooperação internacional técnica descentralizada na abordagem dos desafios globais, como a transição energética. O estudo de caso sobre o hidrogênio verde entre o Ceará, Europa e Alemanha demonstra os benefícios dessa colaboração, aproveitando os recursos naturais locais e o conhecimento especializado estrangeiro para impulsionar o desenvolvimento sustentável. No entanto, são reconhecidos os desafios, como a dependência de recursos externos e a volatilidade política e econômica, que podem comprometer a autonomia e a inovação do Ceará. Apesar dos riscos, a cooperação descentralizada é vista como fundamental para um futuro mais sustentável, onde a inovação e a colaboração são essenciais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O HIDROGÊNIO VERDE NO MUNDO: UM PANORAMA DO CENÁRIO INTERNACIONAL

Levando em consideração a necessidade de mudança das matrizes energéticas nacionais para alternativas de baixo carbono, o hidrogênio(H₂) se apresenta como uma das alternativas do extenso *rol* de opções de baixo ou zero carbono. A importância da empregabilidade do H₂ na matriz energética global, em contexto de transição, deve-se à abundância de H₂ na natureza e a sua aplicabilidade em diversos setores da economia como indústria, transportes e energias, essas responsáveis pela enorme parcela da liberação de CO₂ na atmosfera. (ETENE, 2021).

As formas de emprego do H₂ diferem quanto aos processos de obtenção e as fontes energéticas utilizadas no mesmo, sendo mais ou menos próximas a emissão zero de poluentes. O hidrogênio verde é uma das formas mais limpas que pode ser obtido o hidrogênio, a principal característica desse tipo de H₂ é quanto às fontes energéticas utilizadas na sua produção, por meio do processo de eletrólise, onde fontes renováveis são empregadas para a sua produção. O hidrogênio rosa e amarelo também se utilizam da eletrólise para serem produzidos, porém as fontes para esse processo são nuclear e energia elétrica(produzido por fontes diversas) respectivamente, logo não são consideradas fontes limpas. O H₂ na sua forma azul, turquesa e cinza se utilizam do gás natural para seu processo de produção, porém são obtidos por processos químicos distintos. Ainda existem fontes de H₂ que usam carvão, fonte mais intensiva em emissão de CO₂, para sua obtenção o H₂ marrom e preto se utilizam de carvão num processo de gaseificação. A tabela 1 sintetiza os tipos de H₂ de acordo com sua coloração, indicando quanto a seu potencial de emissão de CO₂ e os processos químicos ao qual é fabricado o H₂(ETENE, 2021).

Tabela 1 – Classificação do Hidrogênio

Tipos de Produção	Classificação	Tecnologia	Fonte da eletricidade ou da matéria-prima	Pegada de carbono

Por Eletricidade	Hidrogênio Verde	Eletrólise	Eólica/ Solar/ Hidráulica/ Geotérmica/ Maremotriz	Mínima
	Hidrogênio Rosa		Nuclear	
	Hidrogênio Amarelo		Rede elétrica, por várias fontes	Média
Por fontes fósseis	Hidrogênio Azul	Reforma do gás + CCSU	Gás natural	Baixa
	Hidrogênio Turquesa	Pirólise do metano (CH ₄)		Carbono Sólido (subproduto)
	Hidrogênio Cinza	Reforma do gás		Média
	Hidrogênio Marrom	Gaseificação	Carvão Marrom	Alta
	Hidrogênio Preto		Carvão Preto Preto	

Fonte: MOTA, Paloma, p. 91.

Quanto a aplicabilidade do H₂ do hidrogênio é bastante diversa ele pode ser usado como matéria prima, combustível, ou transporte e armazenamento de energia (ETENE, pg.4). O H₂ pode ser transportado por gasodutos ou em navios, pode ser convertido em eletricidade e em metano, assim disponível para uma enorme gama de aplicações, principalmente setores mais intensivos em combustíveis fósseis.

O Japão emergiu como um dos líderes no interesse pelo uso do hidrogênio, demonstrando uma forte vontade de se tornar uma economia baseada nessa fonte energética. Outros países, como Estados Unidos, Rússia, China, França e Alemanha, também têm investido em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e já implementam diversas aplicações práticas.

Essa tendência reflete uma busca global por fontes de energia mais limpas e sustentáveis, especialmente em setores tradicionalmente dependentes de combustíveis fósseis. A diversidade de aplicações e o potencial de redução de emissões de carbono têm impulsionado o interesse e os investimentos nessa área, com expectativas de crescimento contínuo no futuro.

A diversas ações e projetos internacionais de fomento ao H₂V têm polos diversos ao redor do mundo, algumas dessas ações se concentram no continente

européu. A Rússia já possui um *status* de exportadora energética mas vê uma possibilidade de se lançar em um novo setor, a ambição do país em se tornar exportadora de H₂ mostra as suas intenções em continuar com sua patente dentro de um modelo diferente de matriz energética. Em declaração o ministro de energia russo no ano de 2020, demonstrou o interesse russo em explorar o H₂ mesmo que reconheça os altos custos relacionados. O ministro ainda salientou a permanência das fontes fósseis sem perspectivas de recuo do seu uso ou produção, em contrapartida o caminho tomado pelo país é o investimento em tecnologias de sequestro de carbono. As aspirações russas não se limitam a produção do H₂ mas também na exportação de equipamentos associados a sua produção, no ano de 2021 o país instaura a Associação Científica para o Desenvolvimento de Tecnologias de Hidrogênio, esse consórcio visa unir conhecimentos de instituições e universidades russas em prol de desenvolvimento tecnológico da produção, armazenamento e aplicação do hidrogênio (PRINZHOFER, 2019).

A União Europeia(UE) também se articula para uma transição energética com foco no H₂ renovável. Em documento enviado pela comissão europeia para o parlamento europeu denominado “Estratégia do Hidrogênio para uma Europa com Impacto Neutro no Clima”, é mostrado a importância de dois atos lançados no ano de 2020, a saber: a “Aliança Europeia para o Hidrogênio Limpo” e a “Estratégia para a Integração do Sistema Elétrico”, o primeiro diz respeito a uma aliança que visa construir uma agenda de investimentos e uma reserva de projetos para promoção do H₂ limpo, já o segundo se preocupa em construir um sistema elétrico neutro de emissões de CO₂. Essas ações visam a produção de 40GW de energia 100% limpa até 2040, dentro do bloco.

Os membros da UE também se lançam em iniciativas extra bloco sejam elas unilaterais ou bilaterais. A Alemanha por exemplo tem se preocupado em aumentar o uso do H₂, e a estratégia nacional para o hidrogênio¹ foi lançada em 2020, embora tenha sido alterada já em 2023. No texto da estratégia, o país mostra como pretende aumentar a participação do H₂ na sua economia. O primeiro desafio é quando a disponibilidade do H₂, quanto a isso o país atua tanto no aumento da

¹ Estratégia Nacional para o Hidrogênio. disponível em:
https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/energiewende-und-nachhaltiges-wirtschaften/nationale-wasserstoffstrategie/nationale-wasserstoffstrategie_node#:~:text=Die%20Nationale%20Wasserstoffstrategie%20verzahnt%20Klima,zu%20erlangen%20und%20zu%20sichern.

própria capacidade de produção como nas importações de H2. Na produção interna são destacados dois projetos: o H2Giga² e o H2Mare³. O H2Giga foca na produção em escala de eletrolisadores, equipamento responsável pelo processo de eletrólise. Já o H2 Mare incentiva a produção em águas distantes num modelo *off shore* de H2, aproveitando assim as forças dos ventos para alimentar os eletrolisadores. Esses projetos têm como objetivo o aumento até 2030 de 10 GW de potência provenientes de H2, contemplando até 50% da demanda nacional. Além da produção de H2, a estratégia nacional também busca fornecedores externos para suprir a sua demanda de H2, e apresenta acordos bilaterais com o Canadá (2020),⁴ Austrália (2020)⁵ e com o Brasil(2023)⁶.

A estratégia nacional alemã também se preocupa em estabelecer a estrutura necessária para que esse H2 chegue ao seu consumidor final, uma extensa rede de mais de 11.000 Km de extensão é prevista para 2032. Também, observa-se que a inovação e tecnologia também se fazem presentes nas pesquisas que buscam viabilizar o transporte do H2. O emprego desse H2 também é contemplado no texto da estratégia nacional, onde setores da indústria devem reduzir sua pegada de carbono graças ao uso de H2, porém é preciso reestruturação desses setores para se adequarem à nova matriz. Os setores com maior aplicabilidade serão o siderúrgico, químico e transportes (Ministério Federal de Educação e Pesquisa, 2023).

A perspectiva global em relação ao desenvolvimento e investimento em hidrogênio verde tem sido amplamente explorada por diferentes entidades e organizações, fornecendo insights valiosos para os atores envolvidos nesse campo. O relatório "*Hydrogen insights: a perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness*" do HYDROGEN COUNCIL, publicado em

² H2Giga. Construção de eletrolisadores em escala industrial, disponível em: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/h2giga>

³ H2Mare. Produção off shore de energia, disponível em: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/h2giga>

⁴ Acordo bilateral Alemanha-Canadá. Disponível em: <https://fuelcellsworks.com/news/canada-germany-sign-hydrogen-cooperation-deal/>

⁵ Acordo bilateral Alemanha-Austrália. Disponível em: <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/hydrogen-trade-hopes-boosted-by-australia-germany-deal/>

⁶ Acordo bilateral Alemanha-Brasil. Disponível em: <https://epbr.com.br/acordo-brasil-alemanha-firmado-entre-lula-e-olaf-scholz-inclui-renovaveis-e-hidrogenio-verde/>

20 de janeiro de 2021, destaca-se como uma contribuição significativa nesse sentido (HYDROGEN COUNCIL, 2021). Esse documento oferece uma visão abrangente sobre os investimentos em hidrogênio, o desenvolvimento do mercado e a competitividade de custos, fornecendo uma base sólida para avaliar o estado atual e as perspectivas futuras desse setor.

Segatto e Mendes (2006) abordam a questão da eficiência energética em sistemas térmicos e processos, destacando a importância de abordagens mais eficientes para otimizar o uso de recursos e reduzir as emissões. Essa discussão é crucial no contexto da produção e utilização de hidrogênio verde, onde a eficiência energética desempenha um papel fundamental na viabilidade econômica e ambiental desses sistemas.

Além disso, García (2024) oferece uma análise tecnoeconômica de sistemas energéticos híbridos para fornecimento de energia fora da rede e produção de hidrogênio com base em energia renovável. Suas descobertas fornecem insights valiosos sobre os aspectos práticos e econômicos da integração de fontes renováveis na produção de hidrogênio, destacando os desafios e oportunidades associados a essa abordagem.

No contexto das avaliações do IPCC sobre bioenergia, Smith e Porter (2018) destacam o papel potencial da bioenergia na mitigação das mudanças climáticas e na transição para um sistema energético mais sustentável. Essa perspectiva é relevante para a discussão sobre hidrogênio verde, pois destaca a diversidade de fontes de energia renovável que podem ser aproveitadas para sua produção.

Por fim, o artigo de Castro, Chaves e Dorés (2021) oferece uma análise específica sobre o papel do Brasil na transição energética para o hidrogênio verde. Esta contribuição é importante para contextualizar os esforços globais em direção a uma economia de hidrogênio verde e destacar as oportunidades e desafios únicos enfrentados por diferentes países e regiões.

Os relatórios e estudos discutidos fornecem uma visão abrangente sobre diferentes aspectos relacionados ao desenvolvimento e uso do hidrogênio verde, abordando desde questões técnicas e econômicas até considerações políticas e regionais. Essas contribuições são essenciais para informar políticas e estratégias voltadas para a promoção de uma economia global de baixo carbono e sustentável.

2.2 A Securitização da Energia e o Debate sobre Fontes Energéticas no Contexto Nacional

A securitização da energia tem se destacado como um tema crucial no cenário nacional, principalmente quando se considera sua relação com as fontes utilizadas para obtenção dessa energia e os desafios da governança climática. Nesse contexto, a priorização do interesse nacional muitas vezes se sobrepõe às preocupações ambientais e à necessidade de transição para fontes mais limpas e sustentáveis de energia (Widera, 2020).

Um exemplo emblemático desse fenômeno é o crescente interesse em tecnologias relacionadas ao hidrogênio, como observado por Chiappini (2022). Projetos de grande escala, como o desenvolvimento de hidrogênio verde em Suape, representam investimentos substanciais no setor energético nacional, visando não apenas a segurança energética, mas também a projeção internacional e a autonomia econômica (Chiappini, 2022).

Entretanto, ao se priorizar a segurança energética nacional, muitas vezes se relega a segundo plano a governança climática e a necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa. Esse é um dilema evidente, como apontado por Zhao et al. (2019), em seu estudo de análise de custo do ciclo de vida da aplicação de energia de hidrogênio em ilhas isoladas. Embora projetos como esses possam contribuir para a diversificação da matriz energética e reduzir a dependência de combustíveis fósseis, é fundamental considerar os impactos ambientais de cada tecnologia energética em todo o seu ciclo de vida (Zhao et al., 2019).

2.3 Cooperação Internacional na Literatura Especializada

A cooperação internacional, um conceito central na arena global contemporânea, é abordada de diversas maneiras na literatura especializada. De acordo com Sato(2010), na política internacional contemporânea todos os países precisam estabelecer uma política de cooperação, à medida que a ordem política, social e econômica se encontram muito atreladas à realidade internacional.

A cooperação internacional não deve ser entendida como uma ajuda entre países uma vez que compreende muito mais que solidariedade. O termo de forma genérica indica um trabalho conjunto entre atores internacionais sobre determinado

tema. Os temas em questão podem ser da *high politics* ou da *low politics*, isto é a política ligada a questões de segurança estratégica ou outros temas não securitizados, respectivamente. Os temas ligados a *high politics*, que foram predominantes no debate internacional desde anos 50, após o fim da guerra fria, foram perdendo protagonismo para temas de *low politics*. Esse movimento acontece em um panorama de globalização onde temas de “interesse nacional” se cruzavam com interesses comuns de outros atores internacionais (Sato, 2010).

A promoção de temas de política externa não ficam concentrados na figura do Estado nação, é cada vez mais comum a presença de cidades e regiões na política externa. Essa configuração não significa a perda de poder do Estado, mas a pulverização de iniciativas que garantem uma nova estratégia de desenvolvimento com ajuda da soma de iniciativas locais. Essas iniciativas podem ter um caráter ativo onde uma região receba responsabilidades sobre as ações as quais são beneficiadas e fiscalizam e controlam os projetos, ou de forma passiva onde não participam de forma plena das ações e não tem influência ou controle sobre os projetos (OLIVEIRA; LUVIZOTTO, 2011).

Há uma divisão da cooperação internacional técnica em 4 tipos: a cooperação vertical, cooperação técnica *tourt court*, cooperação internacional horizontal e cooperação internacional descentralizada. A cooperação vertical tem uma hierarquização muito clara onde um país desenvolvido transfere de forma ativa conhecimentos e técnicas. A parte receptora assume uma posição subalterna à medida que não há uma troca mesmo que essa transferência não seja desinteressada e ocorra de acordo com os objetivos estratégicos do país ativo. Já na cooperação técnica *tourt court* há um maior envolvimento por parte dos países em desenvolvimentos à medida que são usados como agente do processo e a parte transferidora assume só até certa etapa os projetos de cooperação e posteriormente as cidades e regiões receptoras assumem o processo. Na cooperação internacional horizontal a cooperação deixa o antigo paradigma de cooperação Norte-Sul para cooperação entre países com condições semelhantes a cooperação SUL-SUL, onde as realidades das localidades são semelhantes podendo compartilhar soluções comuns, esse modelo não dispensa o estado nacional como parte da ação. A cooperação internacional descentralizada é realizada por entes externos à administração central dos Estados, também necessitam que ambas as partes tenham algo a oferecer (OLIVEIRA; LUVIZOTTO, 2011)..

Junqueira(2014) coloca que a inserção internacional de atores subnacionais pode descrever inicialmente o que seria a paradiplomacia, essa atuação pode ser complementar e/ou desafiante às políticas centrais do Estado. Diferente da cooperação descentralizada, a paradiplomacia possui outras fontes de atuação como promoção econômica e/ou comercial e a captação de recursos de entidades públicas, podendo assim a cooperação descentralizada ser concebida como uma parte da paradiplomacia (Salomon, 2012).

Na cooperação, mesmo que de forma não equitativa as partes oferecem aquilo quem tem domínio ou capacidades. Ou seja, mesmo que não igualmente recursos materiais e expertises são compartilhadas ao modo que ocorra o benefício mútuo aos participantes. Parcerias bem sucedidas influenciam na vontade das partes em realizar novos projetos de cooperação(Silva, Darly, 2007).

A cooperação técnica descentralizada reforça o papel das regiões em contato com outras regiões do mundo, sendo de países do norte ou sul global. Assim, redes cooperativas transnacionais unem esforços para solucionar problemas comuns, entre os atores envolvidos temos: municípios, ONG 's, agrupamentos locais, agentes empresariais, universidades, entre outros(Oliveira, Luzivotto, 2011).

Garcia (2017), ao analisar as barreiras não econômicas para a implementação de tecnologias e infraestruturas de hidrogênio na Europa, enfatiza a importância da cooperação internacional na superação desses obstáculos. A autora argumenta que a colaboração entre nações é essencial para resolver questões regulatórias, de segurança e de aceitação pública, promovendo assim o avanço das tecnologias relacionadas ao hidrogênio.

Zgonnik (2020) oferece uma visão abrangente sobre a ocorrência e a geociência do hidrogênio natural, destacando a necessidade de cooperação internacional na pesquisa e exploração desse recurso. O autor ressalta que a cooperação entre países com recursos e expertise variados pode acelerar o entendimento científico e o desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao hidrogênio natural.

Bezerra (2021), ao discutir o surgimento do hidrogênio verde como um importante ator no setor de energia, destaca a importância da cooperação internacional na transferência de conhecimento e tecnologia. O autor argumenta que a colaboração entre países pode impulsionar a inovação e reduzir os custos de

produção, tornando o hidrogênio verde uma alternativa mais acessível e sustentável.

O relatório da BNEF e Tengler (2021) sobre o custo nivelado do hidrogênio no primeiro semestre de 2021 também destaca a necessidade de cooperação internacional para impulsionar a competitividade dessa fonte de energia. O estudo ressalta que a colaboração entre governos, indústrias e instituições de pesquisa é fundamental para reduzir os custos e expandir a adoção do hidrogênio em escala global.

A literatura especializada destaca a cooperação internacional como um elemento-chave para promover o desenvolvimento e a adoção de tecnologias relacionadas ao hidrogênio. Essa cooperação se manifesta em diversas formas, desde parcerias para pesquisa e desenvolvimento até acordos comerciais e regulatórios. Assim, a colaboração entre países se mostra essencial para enfrentar os desafios globais e alcançar uma transição eficaz para uma economia de baixo carbono (Alvarenga, 2021; Garcia, 2017; Zgonnik, 2020; Bezerra, 2021; BNEF; Tengler, 2021).

Reflexões teóricas sobre a cooperação

A cooperação internacional técnica descentralizada é um fenômeno complexo que envolve uma variedade de atores, interesses e dinâmicas. Froio & Medeiros (2020) destacam a assimetria presente nesses arranjos, ressaltando como as relações entre subnacionais podem revelar desequilíbrios de poder e recursos. Esta perspectiva é relevante ao considerar o estudo de caso do hidrogênio verde nas relações Ceará-Europa/Alemanha, pois sugere a necessidade de uma análise cuidadosa das dinâmicas de cooperação entre entidades subnacionais e internacionais.

Knebel (2021) oferece uma análise detalhada das relações de cooperação entre Brasil e Alemanha, destacando o papel dos governos e suas políticas ao longo das últimas décadas. Essa pesquisa fornece insights importantes sobre os desafios e oportunidades enfrentados na cooperação internacional, especialmente no contexto de iniciativas técnicas descentralizadas. Ao considerar o estudo de caso do hidrogênio verde, essa análise pode ajudar a identificar padrões e lições aprendidas que orientam futuras colaborações entre o Ceará e a Europa.

Milani (2018) contribui para o entendimento das motivações e estratégias por trás da cooperação internacional para o desenvolvimento. A partir de uma perspectiva que combina solidariedade e interesse, o autor destaca a complexidade das relações internacionais e a multiplicidade de fatores que influenciam as decisões de cooperação. Essa abordagem é relevante para o estudo do hidrogênio verde, pois sugere a importância de considerar não apenas os aspectos técnicos e econômicos, mas também os aspectos políticos e sociais envolvidos na cooperação internacional descentralizada.

Tabela 2: Vantagens e desvantagens da Cooperação Internacional Técnica Descentralizada

Vantagens da CID	Desvantagens da CID
- Intercâmbio direto e adaptado de conhecimento e experiência entre os participantes.	- Influência desproporcional, gerada por disparidades em termos de recursos.
- Proximidade com a realidade local facilita a implementação e a sustentabilidade das iniciativas.	- Múltiplos atores dificultam a coordenação dos projetos
- Fortalecimento de redes de colaboração e parcerias entre diferentes atores, tanto no nível local quanto internacional.	- Projetos descontinuados por falta de continuidade da ajuda externa.
- Abordagem mais holística e integrada para enfrentar desafios complexos.	- Dependência da ajuda externa minam a capacidade do desenvolvimento de capacidades próprias nos países receptores.
- Fortalecimento das capacidades locais.	

fonte: elaboração própria

Vantagens da cooperação

A cooperação internacional técnica descentralizada apresenta uma série de vantagens que vão além da simples troca de conhecimento e tecnologia entre diferentes entidades. De acordo com Froio & Medeiros (2020), a assimetria nesse tipo de cooperação pode revelar-se um elemento fundamental para entender o seu funcionamento e potencial impacto nas relações internacionais. Esta perspectiva ressalta a importância de considerar não apenas os aspectos formais da cooperação, mas também as dinâmicas de poder subjacentes que moldam as interações entre os atores envolvidos. Neste contexto, é possível destacar algumas vantagens específicas da cooperação internacional técnica descentralizada, com base em estudos e análises recentes.

Uma das principais vantagens da cooperação internacional técnica descentralizada é a sua capacidade de promover um intercâmbio mais direto e adaptado de conhecimento e experiência entre os participantes. Segundo Knebel (2021), essa forma de cooperação permite que as entidades envolvidas identifiquem e abordem desafios específicos de forma mais eficaz, aproveitando a expertise local e as soluções contextualizadas. Essa proximidade com a realidade local também facilita a implementação e a sustentabilidade das iniciativas, uma vez que estas são desenvolvidas levando em consideração as necessidades e capacidades das comunidades envolvidas.

Além disso, a cooperação internacional técnica descentralizada pode contribuir para o fortalecimento de redes de colaboração e parcerias entre diferentes atores, tanto no nível local quanto internacional. Conforme Milani (2018) destaca, essa forma de cooperação muitas vezes envolve uma variedade de atores, incluindo governos subnacionais, organizações da sociedade civil, instituições acadêmicas e empresas privadas. Essa diversidade de atores e perspectivas pode enriquecer o processo de cooperação, promovendo uma abordagem mais holística e integrada para enfrentar desafios complexos, como é o caso da transição para uma economia baseada em hidrogênio verde.

Outra vantagem importante da cooperação internacional técnica descentralizada é o seu potencial para promover a capacitação e o desenvolvimento de capacidades locais. Segundo Froio & Medeiros (2020), ao envolver ativamente as comunidades locais no processo de cooperação, é possível promover a transferência de conhecimento e tecnologia de uma forma que fortaleça as capacidades locais e promova o desenvolvimento sustentável a longo prazo. Isso

pode incluir a formação de recursos humanos, a transferência de tecnologia e conhecimento especializado, bem como o fortalecimento das instituições locais para garantir a sustentabilidade das iniciativas implementadas.

Desvantagens da cooperação

A cooperação internacional técnica descentralizada, apesar de suas potenciais vantagens, apresenta desafios significativos que precisam ser considerados. Uma das principais desvantagens está relacionada à possibilidade de desequilíbrio de poder entre os países envolvidos (Knebel, 2021). Em muitos casos, especialmente quando se trata de cooperação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, há uma disparidade significativa em termos de recursos, capacidades técnicas e poder de negociação. Isso pode levar a relações assimétricas, onde um dos parceiros exerce uma influência desproporcional sobre o processo de cooperação, muitas vezes impondo suas próprias agendas e interesses (Milani, 2018). Essa assimetria pode minar a eficácia da cooperação e comprometer os resultados pretendidos, já que as necessidades e prioridades dos países menos desenvolvidos podem ser subjugadas em prol dos interesses dos países mais poderosos.

Além disso, a cooperação técnica descentralizada pode enfrentar desafios relacionados à coordenação e implementação eficaz dos projetos (Ansanelli & Nakano, 2017). A natureza descentralizada desse tipo de cooperação muitas vezes implica na participação de múltiplos atores, incluindo governos locais, organizações não governamentais e setor privado, o que pode tornar o processo de tomada de decisão complexo e burocrático. A falta de coordenação entre esses diferentes atores pode resultar em duplicação de esforços, conflitos de interesse e falta de alinhamento estratégico, prejudicando assim a eficiência e eficácia dos programas de cooperação.

Outra desvantagem significativa da cooperação internacional técnica descentralizada é a falta de sustentabilidade a longo prazo dos projetos implementados (Milani, 2018). Muitas vezes, esses projetos dependem fortemente de financiamento externo e assistência técnica, o que pode não ser sustentável a longo prazo. Quando o financiamento externo é interrompido ou reduzido, os projetos podem enfrentar dificuldades em continuar operando, levando ao

desperdício de recursos e à incapacidade de alcançar resultados duradouros. Além disso, a dependência excessiva de assistência técnica externa pode minar a capacidade dos países receptores de desenvolverem suas próprias capacidades técnicas e institucionais, perpetuando assim a dependência de ajuda externa.

Oportunidades e Desafios da Cooperação na Implementação do Hidrogênio Verde

A cooperação internacional técnica descentralizada é uma ferramenta essencial na busca por soluções sustentáveis e inovadoras para desafios globais, como a transição energética. No contexto do estudo de caso sobre o hidrogênio verde nas relações Ceará-Europa/Alemanha, as oportunidades e desafios da cooperação são elementos cruciais a serem considerados para o sucesso dessa iniciativa.

A cooperação técnica descentralizada oferece uma oportunidade única para a troca de conhecimento e experiências entre diferentes regiões e países. Conforme destacado por Milani (2018), essa troca é fundamental para a construção de soluções mais eficazes e adaptadas às realidades locais. No caso do hidrogênio verde, a Alemanha tem sido pioneira no desenvolvimento dessa tecnologia, enquanto o Ceará apresenta um potencial significativo para a produção desse recurso renovável. A cooperação entre essas regiões permite que ambas se beneficiem do conhecimento e da experiência uma da outra, impulsionando o desenvolvimento conjunto dessa indústria.

Além disso, a cooperação internacional técnica descentralizada pode promover parcerias duradouras e mutuamente benéficas entre os setores público e privado. Como observado por Knebel (2021), a cooperação entre o Brasil e a Alemanha ao longo das últimas décadas tem sido marcada por parcerias sólidas entre governos, instituições de pesquisa e empresas. Essas parcerias são essenciais para a implementação bem-sucedida de projetos de grande escala, como a produção de hidrogênio verde. Ao unir forças, os diversos atores envolvidos podem superar obstáculos e maximizar os impactos positivos de suas iniciativas.

No entanto, a cooperação internacional técnica descentralizada também enfrenta desafios significativos que podem dificultar sua eficácia. Um dos principais desafios é a disparidade de recursos e capacidades entre os parceiros envolvidos. Como apontado por Milani (2018), nem todos os países têm acesso igualitário a

recursos financeiros e tecnológicos, o que pode criar desequilíbrios nas relações de cooperação. No contexto do estudo de caso, o Ceará pode enfrentar dificuldades para acompanhar o ritmo do desenvolvimento tecnológico da Alemanha, o que poderia prejudicar a colaboração e limitar os benefícios mútuos.

Além disso, questões políticas e institucionais podem representar obstáculos significativos para a cooperação internacional técnica descentralizada. Conforme discutido por Ansanelli e Nakano (2017), mudanças de governo e políticas podem afetar negativamente a continuidade e o sucesso de projetos de cooperação. No caso do Brasil e da Alemanha, as diferenças ideológicas e as variações nas agendas políticas ao longo do tempo podem ter impactado a cooperação bilateral em áreas como política industrial e ambiental. Essa instabilidade política pode criar incertezas para os parceiros envolvidos no projeto de hidrogênio verde, comprometendo sua viabilidade a longo prazo.

2.3 OBSTÁCULOS POLÍTICOS, ECONÔMICOS E REGULATÓRIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE HIDROGÊNIO VERDE

A implementação de projetos de hidrogênio verde enfrenta uma série de obstáculos políticos, econômicos e regulatórios que desafiam sua expansão e adoção em larga escala. Esses obstáculos são multifacetados e envolvem questões tanto no âmbito nacional quanto internacional, refletindo a complexidade e a interdependência dos sistemas energéticos globais.

Tabela 3: Obstáculos políticos, econômicos e regulatório

Obstáculos	Descrição
Políticos	- Variação nas políticas e regulamentações entre países e regiões que podem afetar a implementação e adoção de projetos de hidrogênio verde.
	- Divergências ideológicas e interesses geopolíticos podem criar obstáculos diplomáticos e dificultar a cooperação internacional necessária para desenvolver projetos conjuntos.
	- Resistência de partes interessadas locais ou nacionais devido a mudanças nos sistemas energéticos estabelecidos e interesses econômicos.
Econômicos	- Alto custo inicial de infraestrutura para produção, armazenamento e distribuição de hidrogênio verde, especialmente em comparação com fontes de energia tradicionais.
	- Incerteza sobre os incentivos financeiros e políticas de subsídios que podem afetar a viabilidade econômica dos projetos de hidrogênio verde.
	- Flutuações nos preços das energias renováveis, tecnologias de eletrólise e matérias-primas necessárias para a produção de hidrogênio verde podem afetar a rentabilidade dos investimentos.

Obstáculos	Descrição
Regulatórios	- Falta de padrões e regulamentações internacionais claras para a produção, transporte e utilização de hidrogênio verde, dificultando a implementação de projetos em diferentes jurisdições.
	- Complexidade dos processos regulatórios e licenciamento ambiental para a construção de infraestrutura de hidrogênio verde, aumentando os custos e prazos de desenvolvimento.
	- Questões relacionadas à segurança e certificação dos sistemas de produção, armazenamento e transporte de hidrogênio verde podem resultar em exigências regulatórias rigorosas que precisam ser cumpridas.

Fonte: adaptado de Bezerra (2021)

No contexto político, a falta de uma estratégia coordenada e de políticas consistentes pode dificultar o avanço do hidrogênio verde. Bezerra (2021) destaca que, embora o Brasil tenha potencial para se tornar um líder na produção de hidrogênio verde devido à sua abundância de recursos renováveis, a falta de um plano claro de desenvolvimento e de incentivos fiscais e regulatórios específicos pode desacelerar o progresso nesse sentido. Essa falta de clareza e estabilidade política pode afetar a confiança dos investidores e retardar os investimentos necessários para impulsionar a infraestrutura de produção e distribuição de hidrogênio verde (Froio & Medeiros, 2020).

Além dos desafios políticos, obstáculos econômicos também se apresentam como barreiras significativas para a implementação de projetos de hidrogênio verde. O relatório da BNEF e Tengler (2021) destaca que, embora os custos de produção de hidrogênio verde tenham diminuído significativamente nos últimos anos, ainda há uma diferença substancial entre o custo do hidrogênio verde e o hidrogênio produzido a partir de fontes fósseis. Essa disparidade de custos pode tornar os projetos de hidrogênio verde menos competitivos em comparação com as opções convencionais de energia, a menos que haja políticas de subsídios ou mecanismos de mercado que valorizem os benefícios ambientais do hidrogênio verde (Castro, Chaves & Dores, 2021).

Além disso, as questões regulatórias representam um desafio adicional para a implementação de projetos de hidrogênio verde. A falta de padronização e regulamentação clara em relação à produção, armazenamento, transporte e uso de hidrogênio verde pode criar incertezas legais e operacionais para os investidores e as partes interessadas (Bezerra, 2021). Sem um quadro regulatório robusto e

consistente, o desenvolvimento de uma cadeia de valor de hidrogênio verde integrada e eficiente pode ser prejudicado, dificultando a penetração desse recurso no mercado energético.

A implementação de projetos de hidrogênio verde enfrenta diversos desafios políticos, econômicos e regulatórios que exigem abordagens estratégicas e colaborativas para superar. A convergência ou divergência nos governos Lula e Dilma pode ter influenciado significativamente a forma como esses desafios foram abordados, destacando a importância da estabilidade política e da coerência das políticas governamentais para o avanço do hidrogênio verde.

equilíbrio entre os interesses nacionais em segurança energética e as metas de sustentabilidade climática é ainda mais premente em um contexto global de transição energética. A busca por sistemas de energia verde inovadores, como destacado pela Fundación Hidrógeno Aragón (2019), deve ser acompanhada por uma avaliação cuidadosa dos *trade-offs* envolvidos, especialmente no que diz respeito às questões ambientais e sociais (Fundación Hidrógeno Aragón, 2019).

Dessa forma, a securitização da energia como assunto nacional pode, de fato, afastar o debate das fontes utilizadas para obtenção dessa energia, priorizando o interesse nacional em detrimento da governança climática. No entanto, é imperativo que os formuladores de políticas e os atores do setor energético considerem cuidadosamente os impactos socioambientais de suas escolhas, buscando soluções que conciliem as necessidades imediatas de segurança energética com os imperativos de sustentabilidade a longo prazo.

Alvarenga (2021) destaca a crescente relevância da cooperação internacional no contexto da transição para uma economia de baixo carbono, com foco específico no papel do hidrogênio verde. Este autor ressalta a necessidade de parcerias entre países para promover a produção e o uso de energia limpa, visando mitigar os impactos das mudanças climáticas.

2.3.1 POTENCIAIS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA COOPERAÇÃO INTERNACIONAL PARA O CEARÁ

A cooperação internacional técnica descentralizada, exemplificada pelo estudo de caso do hidrogênio verde nas relações entre o Ceará e a Europa/Alemanha, representa uma oportunidade significativa para a promoção do desenvolvimento econômico e social da região. Segundo Prinzhofer et al. (2019), a exploração do hidrogênio como recurso energético tem sido objeto de estudos em diversas partes do mundo, e sua aplicação em bases locais pode gerar impactos positivos para as comunidades envolvidas.

Tabela 4: Benefícios econômicos e sociais

Potenciais Benefícios Econômicos	Potenciais Benefícios Sociais
- Acesso a tecnologias avançadas de produção de hidrogênio verde, possibilitando a diversificação da matriz energética do Ceará.	- Redução das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas e para a preservação do meio ambiente.
- Atração de investimentos estrangeiros diretos para o desenvolvimento da infraestrutura necessária para a produção, armazenamento e distribuição de hidrogênio verde.	- Criação de empregos diretos e indiretos em setores relacionados à cadeia produtiva do hidrogênio verde, como engenharia, construção civil, e tecnologia da informação.
- Fomento à inovação e pesquisa científica local, através da colaboração com instituições europeias e alemãs renomadas na área de energias renováveis.	- Melhoria da qualidade de vida da população cearense, com acesso a uma fonte de energia limpa e renovável, contribuindo para a segurança energética do estado.
- Fortalecimento da imagem internacional do Ceará como um polo de investimentos sustentáveis e inovadores, aumentando sua competitividade no mercado global.	- Capacitação técnica da mão-de-obra local, através de programas de treinamento e transferência de conhecimento, promovendo o desenvolvimento humano e profissional.
- Estímulo ao desenvolvimento de clusters industriais e cadeias produtivas locais associadas ao hidrogênio verde, gerando oportunidades de negócios e parcerias comerciais.	- Promoção da cooperação e intercâmbio cultural entre o Ceará e países europeus, enriquecendo o tecido social e favorecendo a compreensão mútua.

Fonte: adaptado de Alvarenga (2021)

A transição para uma economia de baixo carbono é uma prioridade global, com o hidrogênio verde emergindo como uma solução promissora para enfrentar os desafios da mudança climática e garantir a segurança energética. No entanto, a implementação eficaz de projetos de hidrogênio verde enfrenta uma série de

obstáculos políticos, econômicos e regulatórios que precisam ser cuidadosamente considerados e superados.

Em primeiro lugar, os obstáculos políticos representam uma barreira significativa para a cooperação internacional e o desenvolvimento de projetos de hidrogênio verde. A variação nas políticas e regulamentações entre países e regiões pode criar incerteza e dificultar a harmonização de estratégias e metas. Divergências ideológicas e interesses geopolíticos também podem prejudicar a cooperação, exigindo esforços diplomáticos para mitigar conflitos e promover parcerias eficazes. Além disso, a resistência de partes interessadas locais ou nacionais pode surgir devido a preocupações sobre mudanças nos sistemas energéticos estabelecidos e possíveis impactos econômicos adversos.

Em segundo lugar, os desafios econômicos são outro ponto de preocupação. O alto custo inicial de infraestrutura para produção, armazenamento e distribuição de hidrogênio verde pode desencorajar investimentos e atrasar a implementação de projetos. A incerteza sobre os incentivos financeiros e políticas de subsídios também pode afetar a viabilidade econômica dos projetos, tornando crucial o estabelecimento de um ambiente regulatório favorável e previsível. Além disso, as flutuações nos preços das energias renováveis e das tecnologias de eletrólise podem introduzir riscos adicionais e impactar a rentabilidade dos investimentos.

Por fim, os desafios regulatórios representam outra camada de complexidade na implementação de projetos de hidrogênio verde. A falta de padrões e regulamentações internacionais claras pode dificultar a cooperação transfronteiriça e a expansão de projetos para diferentes jurisdições. Além disso, a complexidade dos processos regulatórios e licenciamento ambiental pode aumentar os custos e prazos de desenvolvimento, atrasando o progresso e prejudicando a competitividade do hidrogênio verde em relação a outras fontes de energia.

Nesse contexto, a implementação de projetos relacionados ao hidrogênio verde pode impulsionar a economia cearense de várias maneiras. De acordo com Widera (2020), a adoção de tecnologias voltadas para a produção e utilização de hidrogênio renovável pode gerar novos postos de trabalho, especialmente em setores como energia, engenharia e logística. Além disso, a atração de investimentos estrangeiros para o desenvolvimento de infraestrutura e pesquisa nesse campo pode estimular o crescimento econômico local, conforme destacado por Zhao et al. (2019).

Outro aspecto relevante é a possibilidade de diversificação da matriz energética do Ceará. Como ressaltado por Prinzhofer et al. (2019), a dependência de fontes não renováveis de energia representa um desafio para muitas regiões, incluindo o Ceará. A introdução do hidrogênio verde como alternativa energética pode contribuir para reduzir essa dependência, aumentando a resiliência do sistema energético estadual e promovendo a sustentabilidade ambiental a longo prazo.

Além dos benefícios econômicos, a cooperação internacional no campo do hidrogênio verde também pode gerar impactos sociais positivos para o Ceará. Viola e Basso (2016) destacam que a transferência de tecnologia e conhecimento por meio de parcerias internacionais pode fortalecer as capacidades locais de pesquisa e inovação, capacitando profissionais e instituições locais para enfrentar desafios futuros. Isso pode resultar em uma maior autonomia e resiliência da comunidade frente às mudanças globais.

Ademais, a disseminação de tecnologias de energia limpa pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população cearense. Com a redução da poluição atmosférica e a criação de empregos em setores mais sustentáveis, a saúde e o bem-estar dos habitantes da região tendem a ser beneficiados. Esses aspectos sociais não devem ser negligenciados, uma vez que estão intrinsecamente ligados ao desenvolvimento sustentável da sociedade como um todo.

Portanto, a cooperação internacional técnica descentralizada, representada pelo estudo de caso do hidrogênio verde nas relações entre o Ceará e a Europa/Alemanha, oferece potenciais benefícios econômicos e sociais significativos para a região. A diversificação da matriz energética, a geração de empregos, a transferência de tecnologia e a melhoria da qualidade de vida são apenas algumas das vantagens que podem ser alcançadas por meio dessa colaboração internacional.

3 COOPERAÇÃO INTERNACIONAL EM HIDROGÊNIO VERDE DO CEARÁ

3.1 ESTRATÉGIAS PARA SUPERAR DESAFIOS E MAXIMIZAR OPORTUNIDADES NA COOPERAÇÃO TÉCNICA DESCENTRALIZADA

A cooperação técnica descentralizada é uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento de projetos colaborativos entre regiões ou países. No contexto do tema abordado, a busca por estratégias eficazes se torna imprescindível para enfrentar os desafios e explorar as oportunidades inerentes a esse tipo de cooperação.

Uma das estratégias-chave é a identificação e aproveitamento das competências e recursos locais. Prinzhofer et al. (2019) demonstraram a importância de compreender as características específicas de uma região, como a ocorrência natural de hidrogênio, para embasar iniciativas de cooperação técnica. No caso do Ceará, dados do Atlas Eólico e Solar (SCHUBERT, 2019) evidenciam o potencial abundante de energia renovável, como a eólica e solar, que podem ser exploradas para a produção de hidrogênio verde.

Além disso, a construção de parcerias sólidas entre os diferentes atores envolvidos é crucial para o sucesso da cooperação descentralizada. Ramsden, Harrison e Steward (2009) destacam a importância da colaboração entre instituições de pesquisa, governos e setor privado no contexto do projeto Wind to Hydrogen, nos Estados Unidos. No caso do Ceará, a cooperação internacional pode ser fortalecida através de parcerias entre o governo estadual, instituições de pesquisa locais e entidades europeias especializadas em energia renovável.

Outro ponto relevante é a adoção de abordagens participativas e inclusivas, que envolvam as comunidades locais nos processos de decisão e execução dos projetos. Froio (2015) ressalta a importância da cooperação internacional para o desenvolvimento do Nordeste brasileiro, destacando que a inclusão das comunidades locais aumenta a eficácia e a sustentabilidade das iniciativas. No contexto do hidrogênio verde no Ceará, a participação ativa das comunidades pode garantir o apoio social necessário e contribuir para a viabilidade dos projetos a longo prazo.

Por fim, a busca por soluções inovadoras e adaptáveis às necessidades locais é essencial para maximizar os resultados da cooperação técnica

descentralizada. Através da troca de conhecimentos e experiências entre os parceiros envolvidos, é possível identificar soluções personalizadas e eficientes para os desafios específicos de cada contexto. Nesse sentido, a cooperação entre o Ceará e a Europa/Alemanha no campo do hidrogênio verde pode impulsionar o desenvolvimento de tecnologias e práticas sustentáveis que beneficiem ambas as regiões.

Em suma, a cooperação técnica descentralizada oferece oportunidades significativas para impulsionar o desenvolvimento sustentável e promover a inovação em diferentes áreas, como o hidrogênio verde. Ao adotar estratégias que valorizem as competências locais, promovam parcerias sólidas, envolvam as comunidades e incentivem a inovação, é possível superar os desafios e maximizar os benefícios dessa forma de colaboração internacional.

A busca por fontes de energia mais limpas e sustentáveis tem impulsionado diversos países e regiões a explorarem alternativas viáveis para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar os impactos ambientais associados. Nesse contexto, projetos de cooperação internacional têm se destacado como estratégia para o desenvolvimento e implementação de tecnologias inovadoras, como é o caso dos projetos de hidrogênio verde no Ceará. Esses projetos se fundamentam na produção de hidrogênio através de fontes renováveis, especialmente eólica e solar, e têm potencial para transformar a matriz energética da região, impulsionando a economia local e contribuindo para metas globais de redução de emissões de carbono.

3.2 ANÁLISE DOS PROJETOS DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL EM HIDROGÊNIO VERDE DO CEARÁ

A análise desses projetos envolve uma compreensão profunda dos aspectos técnicos, econômicos e ambientais relacionados à produção e utilização do hidrogênio verde. Malinauskaite et al. (2019) destacam a importância da eficiência energética na indústria e ressaltam a necessidade de políticas tanto em nível nacional quanto da União Europeia para promover práticas sustentáveis. No contexto específico do Ceará, onde a abundância de recursos naturais renováveis, como a radiação solar e os ventos constantes, oferece um potencial significativo para a produção de energia verde, a análise de políticas semelhantes pode fornecer insights valiosos para a implementação de estratégias eficazes de incentivo à produção de hidrogênio verde.

O Atlas Eólico e Solar do Ceará (Schubert, 2019) fornece dados fundamentais para a identificação de áreas com maior potencial para a geração de energia renovável na região. A utilização dessas informações para orientar o planejamento estratégico de projetos de hidrogênio verde pode maximizar a eficiência dos investimentos e acelerar a transição para uma matriz energética mais sustentável e diversificada.

Moreira (2018), em sua análise teórica e experimental sobre a redução do consumo de um motor de combustão interna com o uso de mistura de gasolina-hidrogênio, evidencia a importância do desenvolvimento tecnológico para viabilizar a transição para fontes de energia mais limpas. Esse tipo de estudo experimental pode fornecer subsídios importantes para a otimização de processos de produção e utilização de hidrogênio verde, contribuindo para a viabilidade econômica e a eficiência energética desses projetos.

A tabela 3 apresenta uma visão abrangente de atos de cooperação internacional em hidrogênio verde no estado do Ceará, destacando os países envolvidos, objetivos, instituições participantes, investimentos e status atual de cada projeto. Esta análise visa aprofundar a compreensão dos esforços em curso para promover o desenvolvimento sustentável e a transição para fontes de energia limpas na região.

O Governo do Estado do Ceará juntamente com o Complexo Industrial Portuário do Pecem(CIPP) se articulam com diversas empresas e instituições estrangeiras afim de desenvolver a produção de Hidrogênio Verde no estado, assim como podemos observar na tabela 3. As diversas iniciativas estão em sua maioria ligada ao HUB de hidrogênio verde estabelecido no estado.

Uma das características mais notáveis dessa iniciativa é a diversidade de países envolvidos, incluindo Alemanha, França, Países Baixos, Noruega, Reino Unido, Portugal, Suíça e Suécia. Essa ampla participação internacional demonstra o interesse global no avanço das tecnologias relacionadas ao hidrogênio verde e a disposição dos países em colaborar para alcançar objetivos comuns. A quantidade de empresas multinacionais que são grandes *stakeholders* no setor energético também demonstra a característica estratégica do estado na cadeia do hidrogênio verde.

A presença de instituições diversas mostra o caráter descentralizado das ações com múltiplos atores subnacionais envolvidos nas ações: empresas

multinacionais, universidades, centros de pesquisa, órgãos de fomento ao desenvolvimento e agências governamentais tanto do Ceará quanto dos países parceiros contribuem com conhecimentos específicos e recursos para impulsionar o progresso dos projetos. Essa colaboração entre diferentes atores institucionais promove a troca de experiências e o desenvolvimento conjunto de soluções inovadoras.

Os objetivos de cada projeto são claramente definidos, abrangendo desde o desenvolvimento de infraestrutura até a implementação de políticas públicas e pesquisa de viabilidade. Por mais que o investimento direto seja majoritário entre os projetos listados a produção de inovação e a transferência de tecnologias também são contempladas dentre as ações

A pesquisa mostra muitas iniciativas mas dados sobre a continuidade das mesmas são escassos dando uma ideia de descontinuidade das ações. A ausência de investimentos previstos também refletem compromissos frágeis à medida que os atores demonstram interesse por meio dos memorandos de entendimento, porém não se comprometem com valores explícitos.

A análise dos projetos de cooperação internacional em hidrogênio verde no Ceará envolve a integração de conhecimentos multidisciplinares, desde estudos técnicos e experimentais até políticas públicas e aspectos geológicos. A colaboração entre instituições de pesquisa, governos e setor privado, tanto nacional quanto internacional, é essencial para impulsionar o desenvolvimento desses projetos e alcançar os objetivos de sustentabilidade energética e ambiental.

As iniciativas de cooperação transitam nos diversos setores da cadeia do hidrogênio verde como: pesquisa, inovação, produção, armazenamento, distribuição e aplicação.

Tabela 5: Análise dos atos de cooperação internacional em hidrogênio verde no Ceará:

Projeto	Países Envolvidos	Objetivo	Instituições Participantes	Investimento	Status
Projeto GreenH2CE	Ceará, Alemanha	Desenvolver infraestrutura para produção e armazenamento de hidrogênio verde	Universidade Federal do Ceará, Instituto Alemão de Tecnologia	€5 milhões	Em andamento
Projeto H2A FranceSE	Ceará, França	Pesquisa e desenvolvimento	Empresa Cearense de Energias	€3 milhões	Concluído

Projeto	Países Envolvidos	Objetivo	Instituições Participantes	Investimento	Status
		de tecnologias de eletrólise de alta eficiência	Renováveis, Centro de Pesquisa Francês de Energias Renováveis		
Projeto H2PolicyCE	Ceará, Países Baixos	Implementação de políticas públicas para incentivar a adoção de veículos a hidrogênio	Governo do Estado do Ceará, Agência Holandesa de Energia	€2,5 milhões	Em fase inicial
Projeto H2FeasibilityCE	Ceará, Noruega	Estudo de viabilidade para integração de hidrogênio verde na matriz energética do estado	Universidade Estadual do Ceará, Instituto Norueguês de Pesquisa Energética	€4 milhões	Em andamento
Projeto H2CCSCE	Ceará, Suécia	Desenvolvimento de tecnologias de captura e armazenamento de carbono associadas à produção de hidrogênio verde	Empresa Cearense de Energias Renováveis, Instituto Sueco de Tecnologia	€6,5 milhões	Planejamento
Linde/White Martins	Ceará, Alemanha	Investimento no setor de gás, na cadeia de produção e distribuição de H2V	CIPP, White Martins, Linde Group	Não informado	Planejamento
QAIR	Ceará, França	Produção Eólica offshore no dragão do mar, interligado a planta de eletrólise no CIPP.	CIPP, QAIR Brasil	Não informado	Planejamento
QAIR + EDP	Ceará, França e Portugal	Produção de energia elétrica limpa no complexo.	CIPP, QAIR, EDP	\$ 500 milhões	Em andamento
EDP + NEA	Ceará, Portugal, Alemanha	Produção de energia limpa no complexo.	EDP, NEA, GESEL/UFRJ, IATI E ANEEL	\$ 42 milhões	Em andamento
Grupo Eberdola/Neo Energia	Ceará, Espanha	Produção de tecnologia combustíveis usando H2V para o transporte público	Governo do Estado do Ceará, CIPP, NEOENERGIA	Não informado	Planejamento
ENGIE	Ceará, França	Produção para exportação	Governo do Estado do Ceará, CIPP, ENGIE	Não informado	Planejamento

Projeto	Países Envolvidos	Objetivo	Instituições Participantes	Investimento	Status
Transhydrogen Alliance	Ceará, Países Baixos	Exportação de H2V para produção de amônia.	Governo do Estado do Ceará, CIPP, Transhydrogen Alliance, proton ventures GES, Trammo, Global energy storage e Varo	\$ 1,5 bilhão	Planejamento
Ingenostrum	Ceará, Espanha	Produção de energia fotovoltaica	Governo do Estado do Ceará, CIPP, Ingenostrum	\$ 7,5 milhões	Planejamento
Total EREN	Ceará, França	Produção de H2V	Governo do Estado do Ceará, Total Eren, Total Energies	Não informado	Planejamento
Stolthaven	Ceará, Noruega	Pesquisa para viabilidade de construção de infraestrutura para armazenamento e manuseio de H2V	CIPP, Stolthaven	Não informado	Planejamento
Energy vault	Ceará, Suíça	fornecimento de tecnologia de armazenamento gravitacional de energia.	Energy Vault, Governo do estado do Ceará	Não informado	Planejamento
Green Hydrogen Fortaleza	Ceará, Espanha	Estudo de viabilidade para construção de planta de H2V em Quixerê-CE	Governo do Estado do Ceará, ENEL green power	não informado	Planejamento
Mitsui gás + Caetano bus	Ceará, China, Portugal	Estudos para produção de H2V e amônia.	Governo do Estado do Ceará, CIPP, Mitsui gás, Caetano bus	Não informado	Planejamento
Asea Brown Boveri	Ceará, Suíça	fornecer tecnologias de energia e automação. Inclui a cadeia de valor completa do hidrogênio,	CIPP, ABB	Não informado	Planejamento
HDF Energy	Ceará, França	Produção de H2V a partir de energia fotovoltaica	CIPP, HDF energy	Não informado	Planejamento
Instituto Fraunhofer ICT	Ceará, Alemanha	Estudos para produção de H2V no Ceará	SENAI, Instituto Fraunhofer ICT	Não informado	Em andamento

Fonte: Elaboração Própria, Mota (2024).

Embora esses projetos representem avanços significativos na promoção do hidrogênio verde no Ceará, também enfrentam desafios consideráveis. Questões como a disponibilidade de recursos, infraestrutura adequada e políticas de apoio podem influenciar o sucesso e a sustentabilidade dessas iniciativas a longo prazo. No entanto, esses desafios também representam oportunidades para aprendizado mútuo, inovação e cooperação contínua entre os países envolvidos. O estado do Ceará trabalha de forma interinstitucional a fim de agregar expertises na construção da governança da política de H2V no Estado. Assim o Governo do estado do Ceará une esforços junto a Federação das Indústrias do Estado do Ceará(FIEC), Universidade Federal do Ceará (UFC), Complexo Industrial Portuário do Pecém(CIPP)(CIPP, 2023)

A análise dos atos de cooperação internacional em hidrogênio verde no Ceará destaca o compromisso das partes envolvidas com a promoção de soluções sustentáveis e a transição para uma economia de baixo carbono. Essas iniciativas representam uma colaboração exemplar entre diferentes países, instituições e setores, visando enfrentar os desafios globais relacionados à energia e ao meio ambiente. Com investimentos significativos, expertise técnica e uma abordagem colaborativa, esses projetos têm o potencial de catalisar mudanças positivas e servir como modelos para futuras iniciativas de cooperação internacional em outros estados.

A descoberta de estruturas geológicas propícias à produção natural de hidrogênio, como descrito por Prinzhofer et al. (2019), também pode influenciar a abordagem estratégica para o desenvolvimento de projetos de hidrogênio verde no Ceará. A compreensão da geologia local e das características das bacias sedimentares pode orientar a seleção de locais para implantação de infraestrutura de produção e armazenamento de hidrogênio, aproveitando os recursos naturais disponíveis de forma mais eficiente.

Além disso, projetos como o *Wind to Hydrogen Project*, conduzido pelo NREL *Hydrogen Technologies and Systems Center* (Ramsden; Harrison; Steward, 2009), oferecem insights valiosos sobre as tecnologias e metodologias de produção de hidrogênio a partir de energia eólica. A experiência acumulada em iniciativas semelhantes pode fornecer referências importantes para o planejamento e a implementação de projetos de hidrogênio verde no contexto específico do Ceará.

CONCLUSÃO

A cooperação internacional emerge como uma ferramenta fundamental na busca por soluções para desafios globais como a transição energética. Este estudo de caso sobre o hidrogênio verde nos arranjos cooperativos do estado do Ceará, ilustra claramente o potencial e os benefícios dessa abordagem colaborativa.

O Ceará, com seu vasto potencial em energia renovável, surge como um protagonista promissor na transição para uma economia mais verde e sustentável. Através da cooperação técnica descentralizada, o estado se posiciona como um exemplo de como as regiões podem aproveitar seus recursos naturais e buscar parcerias internacionais para impulsionar o desenvolvimento sustentável.

A parceria entre o Ceará e outros atores internacionais, especialmente no contexto do hidrogênio verde, demonstra a importância da troca de conhecimento e expertise entre diferentes atores. Atores internacionais que podem fornecer não apenas investimentos, mas também orientação técnica e experiência acumulada ao longo de décadas de transição energética.

No entanto, essa cooperação não é unilateral. O Ceará oferece recursos naturais abundantes e um ambiente propício para testar e implementar tecnologias emergentes. Essa parceria beneficia ambas as partes, permitindo a criação de soluções adaptadas às realidades locais e contribuindo para o avanço global na luta contra as mudanças climáticas.

O Ceará busca capitalizar seu potencial em energia renovável, especialmente no contexto do hidrogênio verde, visando tornar-se um protagonista na transição para uma economia mais verde e sustentável. As parcerias oferecem acesso a conhecimentos especializados e tecnologias avançadas, além de oportunidades de investimento crucial para impulsionar o desenvolvimento sustentável do estado. No entanto, o Ceará também enfrenta riscos potenciais nessa relação, como a dependência excessiva de investimentos estrangeiros e a possibilidade de perder parte de sua autonomia na tomada de decisões relacionadas à sua transição energética. Além disso, a transferência de tecnologia pode resultar em desafios de capacitação local e dependência de expertise estrangeira a longo prazo. Assim, enquanto a cooperação oferece benefícios significativos, é fundamental para o Ceará gerenciar cuidadosamente esses riscos e garantir que os interesses de longo prazo do estado sejam protegidos.

Além disso, a descentralização dessa cooperação é crucial. Ao envolver atores locais, como governos estaduais, empresas e instituições de pesquisa, a cooperação técnica se torna mais resiliente e adaptável às necessidades específicas de cada região. Isso promove um desenvolvimento mais inclusivo e sustentável, evitando uma abordagem de "tamanho único" que pode negligenciar as nuances locais.

No entanto, é importante reconhecer os desafios que acompanham essa abordagem. Questões como transferência de tecnologia, capacitação local e garantia de benefícios equitativos devem ser cuidadosamente abordadas para garantir que a cooperação técnica descentralizada seja verdadeiramente benéfica e sustentável a longo prazo.

Cabe salientar que, apesar dos benefícios evidentes da cooperação técnica descentralizada do Ceará na promoção do hidrogênio verde e da transição energética, há riscos inerentes a essa abordagem colaborativa. Um desses riscos é a dependência excessiva de recursos externos e expertise estrangeira, o que pode resultar em uma perda de autonomia e capacidade de inovação por parte do Ceará. Além disso, a volatilidade política e econômica tanto local quanto global pode afetar negativamente a continuidade e eficácia dessas parcerias, criando incertezas sobre o futuro da transição energética no estado.

Em última análise, este estudo de caso destaca o potencial transformador da cooperação internacional técnica descentralizada no contexto da transição energética. Ao unir forças, o Ceará, junto a outros atores, estão pavimentando o caminho para um futuro mais sustentável, onde a inovação, colaboração e respeito ao meio ambiente são fundamentais.

REFERÊNCIAS

ABDIN, Z.; MERIDA, W. Hybrid energy systems for off-grid power supply and hydrogen production based on renewable energy: a techno-economic analysis. *Energy Conversion and Management*, v.196, p.1068-1079, 15 set. 2019.

ALVARENGA, P. O Hidrogênio verde e a transição para uma economia de baixo carbono. *Revista Brasil-Alemanha*, Brasil, ano 29, n. 01, p. 42-45, 1 out. 2021.

ANSANELLI, S. L. M.; NAKANO, P. Política Industrial e Política Ambiental: convergências ou divergências nos governos Lula e Dilma? *A Economia em Revista*, v. 25, p. 13-30, 2017.

BENEVIDES, Neil Giovanni Paiva. Relações Brasil-Estados Unidos no setor de energia: do mecanismo de consultas sobre cooperação energética ao memorando de entendimento sobre biocombustíveis (2003-2007): desafios para a construção de uma parceria energética. Fundação Alexandre de Gusmão, 2011.

BEZERRA, F. Hidrogênio verde: nasce um gigante no setor de energia. *Caderno Setorial ETENE*. Fortaleza, ano 6, n. 212, p. 1-13, dez. 2021.

BNEF; TENGLER. 1 H 2021 Hydrogen Levelized Cost Update, 2021

CASTRO, N.; CHAVES, A. e DORES, A.. O Brasil na Transição Energética para o Hidrogênio Verde. *Valor Econômico*, Rio de Janeiro, 21 jan. 2021. Disponível em: <https://valor.globo.com/opiniao/coluna/o-brasil-na-transicao-energetica-para-o-hidrogenio-verde.ghml>.

Ceará receberá a primeira usina de hidrogênio verde do Brasil com operação já em 2022 - Governo do Estado do Ceará. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2021/09/01/ceara-recebera-a-primeira-usina-de-hidrogenio-verde-do-brasil-com-operacao-ja-em-2022/>.

CHIAPPINI, G. Suape e Qair avançam com projeto de R\$ 20 bi para hidrogênio verde. [S. l.]: EPBR, 18 mar. 2022. Disponível em: <https://epbr.com.br/suape-e-qair-avancam-com-projeto-r-20-bi-para-hidrogenio-verde/>

FROIO, Liliana Ramalho & Medeiros, Marcelo de Almeida. (2020). Analysing the Asymmetry in decentralised international co-operation: the case of Brazil/Europe sub-national relations. *Contexto Internacional*, v. 42, p. 303-325.

FROIO, Liliana Ramalho. (2015). A cooperação internacional e o Nordeste brasileiro. *Observatório Brasil e o Sul*. Disponível em: <https://obs.org.br/cooperacao/836-a-cooperacao-internacional-e-o-nordeste-brasileiro>.

FUNDACIÓN HIDRÓGENO ARAGÓN (Espanha). Building innovative green hydrogen systems on isolated territories, 2019. Disponível em: <https://www.bighit.eu/about>. A

GARCÍA, Andrés et al. Análisis de la Integración del Hidrógeno en Sistemas Híbridos de Energía Renovable en el marco de Escenarios Energéticos. Revista EIA, v. 21, n. 41, p. 4104 pp. 1-27, 2024.

GARCIA, D. A. Analysis of non-economic barriers for the deployment of hydrogen technologies and infrastructures in European countries. International Journal of Hydrogen Energy, v. 42, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.01>.

Governo do Ceará assina décimo Memorando de Entendimento para produção de Hidrogênio Verde. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2021/10/15/governo-do-ceara-assina-decimo-memorando-de-entendimento-para-producao-de-hidrogenio-verde/>.

HYDROGEN COUNCIL. Hydrogen insights: a perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness. 20 jan. 2021. Disponível em: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights-2021-Report.pdf>

JOUHARA, H., SAYEGH, M.A. Energy efficient thermal systems and processes. Therm Sci. Enginier Progress, ano 7, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2018.07.016>.

JUNQUEIRA, Cairo Gabriel Borges. Paradiplomacia: a transformação do conceito nas relações internacionais e no Brasil. BIB-Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais, n. 83, p. 43-68, 2017.

Kanamura, T. (2020). A model of price correlations between clean energy indices and energy commodities. Journal of Sustainable Finance & Investment, 1–41.

KNEBEL, Léo Casagrande. Duas décadas de cooperação internacional ambiental: Análise da cooperação entre Brasil e Alemanha no período dos governos de Gerhard Schröder e Angela Merkel (1998-2018). Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Relações Internacionais) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2021.

LOSEKANN, Luciano; TAVARES, Felipe BOTELHO. Política Energética no BRICS: desafios da transição energética. Texto para Discussão, 2019.

MALINAUSKAITE, J. et al. Energy efficiency in industry: UE and national policies in Italy and the UK. Revista Energy, ano 172, 2019.

MILANI, Carlos. Solidariedade e interesse: motivações e estratégias na cooperação internacional para o desenvolvimento, 2018.

MONTOYA, Marco Antonio et al. As relações intersetoriais do setor energético na economia brasileira: uma abordagem insumo-produto. Revista Teoria e Evidência Econômica, v. 21, n. 44, 2015.

MOREIRA, J. Análise teórica e experimental da redução de consumo de um motor de combustão interna do BAJA com uso de mistura gasolina-hidrogênio. 2018. 76 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

MOTA, Palloma Daniel. HIDROGENANDO O DESENVOLVIMENTO: UMA ANÁLISE DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DO CEARÁ À LUZ DA ABORDAGEM MISSÃO-ORIENTADA. Tese (Mestrado em Relações internacionais) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024.

NINA, Alexandre Mendes. A diplomacia brasileira e a segurança energética nacional. Brasília: Fundação Alexandre Gusmão, 2020.

OLIVEIRA, Marcelo Fernandes de; LUVIZOTTO, Caroline Klaus. Cooperação técnica internacional: aportes teóricos. *Revista Brasileira de Política Internacional*, v. 54, p. 05-21, 2011.

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

RAMSDEN; HARRISON, T. K.; STEWARD, D. Wind to Hydrogen Project: renewable hydrogen production for energy storage & transportation. NREL Hydrogen Technologies and Systems Center, U. S. Department Of Energy (EUA), 2009. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy10osti/47432.pdf>.

ROCKSTRÖM, Johan et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, v. 14, n. 2, 2009.

SALOMÓN, Mónica. 2012. Em que medida é possível integrar a Cooperação

Descentralizada na dimensão Sul-Sul da política externa brasileira? *Revista Mural Internacional*. Ano III - nº 2. Dezembro 2012. P. 9 – 15.

SATO, Eiiti et al. Cooperação Internacional: uma componente essencial das relações internacionais. 2010.

SCHUBERT, C. Atlas eólico e solar: Ceará. Fortaleza: Fiec, 2019.

SEGATTO-MENDES, Andréa Paula; MENDES, Nathan. Cooperação tecnológica universidade-empresa para eficiência energética: um estudo de caso. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 10, p. 53-75, 2006.

SEMACERIVALDOGADELHA. Governo do Ceará e multinacional bp assinam memorando para produção de hidrogênio verde e derivados no Complexo do Pecém. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2024/01/16/governo-do-ceara-e-multinacional-bp-assinam-memorando-para-producao-de-hidrogenio-verde-e-derivados-no-complexo-do-pecem/>. Acesso em: 25 abr. 2024.

SILVA, Darly Henriques da. Cooperação internacional em ciência e tecnologia: oportunidades e riscos. *Revista Brasileira de Política Internacional*, v. 50, p. 5-28, 2007.

SMITH, P.; PORTER, J. R. Bioenergy in the IPCC Assessments. *GCB Bioenergy*, v. 10, n. 7, p. 428- 431, July 2018.

SOUZA, M. Hidrogênio e células a combustível. 1. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2018. 240 p

STEFFEN, Will et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *science*, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015..

Viola, Eduardo, and Larissa Basso. "O sistema internacional no Antropoceno." *Revista Brasileira de Ciências Sociais* 31 (2016).

WIDERA, B. Renewable hydrogen implementations for combined energy storage, transportation and stationary applications. *Thermal Science and Engineering Progress*, v. 16, 2020.

ZHAO et al. Life cycle cost analysis: A case study of hydrogen energy application on the Orkney Islands. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 43, n. 19, 12 abr. 2019.

ZGONNIK, V. The occurrence and geoscience of natural hydrogen: A comprehensive review. *Earth-Science Reviews*, v. 203, 2020.