



Avaliação do potencial da indústria brasileira para o desenvolvimento da cadeia de valor do Hidrogênio Verde com foco no estado do Ceará

Relatório 3 - Oportunidades e Desafios de Fornecimento na Cadeia Produtiva de Hidrogênio Verde para as PME Cearenses

---

**H2BRASIL**

Expansão do Hidrogênio Verde

## Publicado por

H2Brasil - Expansão do Hidrogênio Verde

Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável

**Ministério de Minas e Energia  
(MME)**

**Ministro**

Alexandre Silveira de Oliveira

**Secretário de Planejamento e  
Desenvolvimento Energético**

Efrain Pereira da Cruz

**Deutsche Gesellschaft für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ)**

**Diretor Nacional**

Michael Rosenauer

**Diretor do H2Brasil**

Markus Francke

**Coordenação geral do H2Brasil**

Andrej Frizler

## Elaboração Técnica

### **Cognitio Consultoria**

Ennio Peres da Silva

Edilaine Venâncio Camillo

Izana Nadir Ribeiro Vilela

Jorge Luís Ferreira Boeira

Matheus Henrique Baesso

### **Revisão Técnica**

Aschkan Davoodi Memar

Bernardo Carneiro Doerr

Luciano da Silva

## Projeto Hub do Hidrogênio Verde - Ceará

Roseane Oliveira de Medeiros - SEDET

Célio Fernando Bezerra Melo - Casa Civil

Adão Linhares - SEINFRA

Constantino Frate Junior - SEDET

Fernando Nunes Melo - UFC

Guilherme Muchale - FIEC

Joaquim Rolim - FIEC

Jurandir Picanço Júnior - FIEC

## Data

Brasília/DF – Maio de 2023

## Contatos

Ministério de Minas e Energia (MME)

Esplanada dos Ministérios - Bloco U - 5º andar

70065-900, Brasília - DF, Brasil

+55 61 3319-5299

Deutsche Gesellschaft für Internationale

Zusammenarbeit (GIZ) GmbH SCN Quadra 1

Bloco C Sala 1401 - 14º andar - Ed. Brasília Trade Center

70711-902, Brasília - DF, Brasil

+55 61 2101-2170

Este estudo foi elaborado no âmbito do H2Brasil, programa que integra a Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável e é implementado pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e financiado pelo Ministério Federal da Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha.

O Projeto H2Brasil tem o objetivo apoiar o aprimoramento da expansão do mercado de Hidrogênio Verde (H2V) no país como peça fundamental na redução da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera e para contribuir para a descarbonização da economia brasileira.

# Sumário

<b>Lista de Abreviaturas .....</b>	<b>i</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Quadros .....</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>vi</b>
<b>1 Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Desenvolvimento do Estudo .....</b>	<b>10</b>
2.1 Análises Prévias.....	11
2.2 Metodologia do Estudo de Caso do Estado do Ceará.....	12
2.2.1 Reuniões de Alinhamento .....	13
2.2.2 Levantamento de Dados Econômicos e Estudos Setoriais.....	13
2.2.3 Entrevistas com Empresas Âncoras do Hub do Hidrogênio Verde .....	13
2.2.4 Entrevistas com Empresas Produtoras de Hidrogênio Cinza no Brasil .....	14
2.2.5 Mapeamento das Empresas Relacionadas à Cadeia Produtiva do Hidrogênio Verde por CNAE .....	15
2.2.6 Pesquisa Estruturada com as PME cearenses .....	15
2.2.7 Visitas Técnicas em PME Cearenses.....	17
<b>3 Hidrogênio Verde e Transição Energética.....</b>	<b>18</b>
3.1 Que é Hidrogênio Verde?.....	18
3.2 Cadeia de Valor do Hidrogênio Verde .....	21
3.2.1 Produção do Hidrogênio Verde .....	24
3.3 Estágio Evolutivo do Hidrogênio Verde .....	26
3.3.1 Projetos de Hidrogênio Verde no Mundo .....	26
3.3.2 Estágio de Desenvolvimento no Brasil .....	29
3.4 Hidrogênio Verde no estado do Ceará.....	30
3.4.1 Ambiente Institucional .....	31
3.4.1.1 Projeto Hub do Hidrogênio Verde .....	33
3.4.2 Aspectos de Infraestrutura e de Localização .....	35
3.4.3 Sistema Regional de Inovação do Estado do Ceará .....	37
3.4.4 Estrutura Produtiva do Estado do Ceará.....	39
3.5 Considerações Finais.....	41

<b>4</b>	<b>Oportunidades e Desafios para as PME Cearenses .....</b>	<b>43</b>
4.1	Capacidade de Produção Industrial e de Serviços .....	48
4.1.1	Estabelecimentos e Interfaces Setoriais na Indústria .....	48
4.1.2	Estabelecimentos e Interfaces Setoriais nos Serviços .....	57
4.1.3	Pesquisa Estruturada com PME Cearenses .....	61
4.1.3.1	Do Contexto da Pesquisa .....	61
4.1.3.2	Da Execução da Pesquisa .....	64
4.1.3.3	Análise da Pesquisa com PME Industriais e de Serviços.....	65
4.2	Estratégia de Inserção das PME Cearenses na Produção de Hidrogênio Verde. 72	
4.2.1	Condicionantes e Possibilidades .....	72
4.2.2	Principais Desafios.....	76
4.2.3	Por Uma Agenda de Inserção Competitiva .....	83
4.2.3.1	Ações em curto prazo .....	85
4.2.3.2	Ações em médio prazo.....	90
4.2.3.3	Ações em longo prazo.....	93
4.3	Considerações Finais .....	97
<b>5</b>	<b>Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>100</b>
<b>6</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>105</b>
6.1	Estabelecimentos Industriais Brasil - Porte .....	105
6.2	Estabelecimentos Industriais Brasil - Região .....	106
6.3	Serviços Industriais Brasil - Porte.....	107
6.4	Serviços Industriais Brasil - Região.....	108
6.5	Distribuição das PME Cearenses por Atividade Produtiva - Hidrogênio Verde 109	
6.6	Formulário de Entrevista com Empresas Âncoras - H2V e H2C.....	110
6.7	Formulário da Pesquisa Estruturada <i>On-line</i> com as PME cearenses .....	111
6.8	Dados das Entrevistas com Empresas Âncoras.....	116
6.9	Dados das Visitas Técnicas em PME cearenses .....	118
6.10	Resultados da Pesquisa Estruturada <i>On-line</i> PME Cearenses .....	120
<b>7</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>129</b>

## Lista de Abreviaturas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABSTARTUPS - Associação Brasileira de Startups

ADECE - Agência de Desenvolvimento do estado do Ceará

AFRMM - Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante

AHK - Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

BMZ - Ministério Alemão de Cooperação Econômica e Desenvolvimento

BNB - Banco do Nordeste do Brasil

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CCUS - Carbon Capture, Utilization and Storage

CEGÁS - Companhia de gás do Ceará

CEMEC - Construções Eletromecânicas S.A.

CIPP - Complexo Industrial e Portuário do Pecém

CNAE - Classificação Nacional de Atividades Produtivas

CO<sub>2</sub> - Dióxido de carbono

COEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente

COFINS - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social

Cointec - Conselho Temático de Inovação e Tecnologia

CSP - Companhia Siderúrgica do Pecém

EJ - Exajoule

EMBRAPII - Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial

EPC - Engineering Procurement and Construction

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

FDCV - Fundo de Desenvolvimento de Desenvolvimento do Comércio Varejista

FGV - Fundação Getúlio Vargas

FIEC - Federação das Indústrias do Ceará

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

FUNCAP - Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico

$gCO_2eq/MJH_2$  - Grama de dióxido de carbono equivalente por mega joule de hidrogênio

GEE - Gases de Efeito Estufa

GESEL - Grupo de Estudos do Setor Elétrico

GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH

GPEC - Grupo de Processamento de Energia e Controle

GPSA - Grupo pesquisa em Separação por Absorção

GTE - Grupo Técnico Estratégico

GW - Gigawatt

H<sub>2</sub> - Hidrogênio

H2V - Hidrogênio Verde

H2V - Hidrogênio Verde

IATI - Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação

ICMS - Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação

IED - Investimento Estrangeiro Direto

IEA - International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)

IEL - Instituto Euvaldo Lodi

IFCE - Instituto Federal do Ceará

IMEMPI - Importações de Máquinas, Equipamentos, Matérias-Primas e Insumos

IPI - Produtos Industrializados

IRENA - International Renewable Energy Agency (Agência Internacional de Energias Renováveis)

IRPJ - Isenção do Imposto de Renda da Pessoa Jurídica

ISS - Imposto sobre Serviços

Km - Quilômetro

KOH - Hidróxido de potássio

kW - Quilowatt

LCOE - Levelized Cost of Energy (Custo Nivelado do Custo da Energia)

LPGD - Lei Geral de Proteção de Dados

MME - Ministério de Minas e Energia

MoU - *Memorandum of Understanding* (Memorandos de Entendimento)

MW - Megawatt

NH<sub>3</sub> - Amônia

Nm<sup>3</sup>/h - Normal Metro Cúbico por Hora

NREL - National Renewable Energy Laboratory

O<sub>2</sub> - Oxigênio

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

P, D &D - Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

PARTEC-UFC - Parque Tecnológico da Universidade Federal do Ceará

PASEP - Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PCDM - Programa de Incentivo à Centrais de Distribuição de Mercadorias

PEM - Proton Exchange Membrane ou Polymer Electrolyte Membrane (Membrana de troca de prótons ou Membrana Eletrolítica Polimérica)

PEMC - Plano Estadual de Mudanças Climáticas

PIB - Produto Interno Bruto

PIER - Programa de Incentivo da Cadeia Produtiva Geradora de Energias Renováveis

PIS - Programa de Integração Social

PME - Pequenas e Médias Empresas

PNH2 - Programa Nacional do Hidrogênio

PROADE - Programa de Atração de Empreendimentos Estratégicos

PROVIN - Programa de Incentivos ao Desenvolvimento Industrial

PtX - Power to X

PV - Produção Fotovoltaica

PVC - Policloreto de Vinila

RAIS - Relação Anual de Informações Sociais

SECIDADES - Secretaria das Cidades

SEDET - Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho

SEDUC - Secretaria de Educação

SEGAS - Secretaria de Fazenda

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SESI - Serviço Social da Indústria

SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

TEC UNIFOR - Parque Tecnológico da Universidade de Fortaleza

TUP - Terminal de Uso Privado

UECE - Universidade Estadual do Ceará

UFC - Universidade Federal do Ceará

UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá

UNIFOR - Universidade de Fortaleza

ZPE - Zona de Processamento de Exportações



## Lista de Figuras

<b>Figura 2.1</b> – Etapas de desenvolvimento do estudo .....	10
<b>Figura 3.1</b> - Classificação do hidrogênio em escala de cores e processo de produção .....	19
<b>Figura 3.2</b> - Cadeia de Valor do Hidrogênio Verde.....	22
<b>Figura 3.3</b> - Componentes do sistema de produção de Hidrogênio Verde .....	25
<b>Figura 3.4</b> - Potencial para produzir H2V abaixo de US\$ 1,5/kg até 2050, em EJ26	
<b>Figura 3.5</b> - Projetos e investimentos de Hidrogênio Verde no mundo .....	27
<b>Figura 4.1</b> - Sobre o cargo que ocupa na empresa .....	64
<b>Figura 4.2</b> - Sobre melhorias tecnológicas e inovações em processos e produto .....	65
<b>Figura 4.3</b> - Principais barreiras ao investimento em capacidade produtiva para o Hidrogênio Verde.....	69
<b>Figura 4.4</b> - Mecanismos de apoio do governo do Ceará para as PME cearenses .....	70
<b>Figura 4.5</b> - Expectativas das PME sobre a produção de Hidrogênio Verde no Ceará .....	71

## Lista de Quadros

<b>Quadro 2.1</b> - Classificação de porte das empresas conforme o número de empregados .....	12
<b>Quadro 3.1</b> - Definições de Hidrogênio Verde .....	20
<b>Quadro 4.1</b> - Correspondência entre componente/insumo da planta de Hidrogênio Verde e a Classificação Nacional de Atividades Produtivas em nível de classe (a 5 dígitos).....	45
<b>Quadro 4.2</b> - Correspondência entre os serviços demandados por uma planta de Hidrogênio Verde e a Classificação Nacional de Atividades Produtivas em nível de classe (a 5 dígitos): serviços industriais.....	46
<b>Quadro 4.3</b> - Fatores e dimensões da competitividade da indústria cearense para Hidrogênio Verde.....	83
<b>Quadro 4.4</b> - Estratégia integrada de inserção das PME na produção de H2V .....	95
<b>Quadro 6.1</b> - Dados de referência das entrevistas com empresas âncoras - H2V e H2C .....	116
<b>Quadro 6.2</b> - Dados de referência das visitas técnicas com PME cearenses	118

## Lista de Tabelas

**Tabela 2.1** - Detalhes das entrevistas realizadas: Hidrogênio Verde e Cinza 14

**Tabela 3.1** - Total de projetos de Hidrogênio Verde no mundo ..... 28

**Tabela 3.2** - Países com mais projetos de Hidrogênio Verde em operação no mundo ..... 28

**Tabela 3.3** - Percentual do setor no Valor da Transformação Industrial das indústrias extrativas e de transformação ..... 40

**Tabela 4.1** - Bens industriais: estabelecimentos industriais formais disponíveis por CNAE e porte por número de empregados - 2019 ..... 50

**Tabela 4.2** - Serviços industriais: estabelecimentos industriais formais disponíveis por CNAE e porte por número de empregados - 2019 ..... 60

**Tabela 4.3** - Distribuição de PME por atividade produtiva: fabricação e serviços ..... 61

**Tabela 4.4** - Número de PME por município do estado do Ceará e a distância em relação à Fortaleza ..... 63

**Tabela 4.5** - Grau de interesse para fornecimento de bens industriais para plantas de produção de Hidrogênio Verde nos próximos três anos. .... 66

**Tabela 4.6** - Grau de interesse para prestação de serviços em plantas de produção de Hidrogênio Verde nos próximos três anos..... 68

**Tabela 6.1** - Estabelecimentos industriais formais no Brasil por CNAE e porte pelo número de empregados - 2019..... 105

**Tabela 6.2** - Estabelecimentos industriais no Brasil por CNAE e por Região - 2019..... 106

**Tabela 6.3** - Serviços industriais: estabelecimentos da cadeia produtiva do H2V, Brasil, porte pelo número de empregados: 2019 ..... 107

**Tabela 6.4** - Serviços industriais: estabelecimentos da cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, Brasil, por Região: 2019..... 108

**Tabela 6.5** - Distribuição das PME cearenses por CNAE associado à produção de Hidrogênio Verde..... 109

# 1 Introdução

A agência oficial de desenvolvimento alemã, a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), é a instituição responsável pela execução de projetos em diversos temas no escopo da iniciativa de cooperação técnica entre os governos do Brasil e da Alemanha.

Em 2021, em nome do Ministério Alemão de Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ), a GIZ GmbH e o Ministério de Minas e Energia (MME) criaram o projeto H2Brasil – Expansão de Hidrogênio Verde no Brasil. Cabe ressaltar que o governo brasileiro também tem buscado fomentar a produção no Brasil por meio do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), o qual apresenta um conjunto de diretrizes a partir das dimensões de políticas públicas, tecnologia e mercado.

O objetivo do projeto H2Brasil é apoiar o aprimoramento da expansão do mercado de Hidrogênio Verde (H2V) no Brasil como peça fundamental na redução da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera e para contribuir para a descarbonização da economia brasileira. Em parceria com o MME, o projeto H2Brasil realizará diversas ações, tais como:

- Elaboração de cenários de planejamento energético;
- Identificação de necessidades no marco regulatório atual;
- Análise sobre a implementação de um sistema de certificação de H2V no país;
- Divulgação de estudos, ações e campanhas sobre a importância da produção de H2V no Brasil;
- Promoção de intercâmbios de conhecimento e experiências com influenciadores, formadores de opinião e jornalistas;
- Desenvolvimento de conteúdos educacionais;
- Implantação de laboratórios com infraestrutura para aprendizagem e ações de formação profissional em tecnologias de H2V por meio do treinamento de multiplicadores – com a perspectiva de inclusão de gênero;
- Desenvolvimento de tecnologias, ideias e projetos inovadores para a produção de H2V e seus derivados PtX (*Power to X*);

- Apoio a universidades brasileiras por meio da instalação de laboratórios e intercâmbio com instituições de pesquisa e universidades alemãs;
- Apoio ao aprimoramento da viabilidade econômica da aplicação industrial de Hidrogênio Verde (H2V) no Brasil por meio do desenvolvimento de instrumentos de financiamento para a alavancagem do mercado brasileiro de H2V e a implementação de um cluster de aplicações para projetos-piloto ao longo da cadeia de valor H2/PtX.

Além do MME, o H2Brasil conta ainda com os seguintes parceiros implementadores: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP), Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), empresas, universidades brasileiras e alemãs, empresas privadas e a Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha (AHK) (MME, 2022).

Nesse contexto, a Cognition Consultoria foi contratada pela agência da GIZ no Brasil para desenvolver um estudo, organizado em 3 relatórios parciais, cujo objetivo é avaliar o potencial da indústria brasileira, no que se refere ao desenvolvimento de uma cadeia de valor para o Hidrogênio Verde, com foco no estado do Ceará.

O principal objetivo desse estudo é *“avaliar o potencial doméstico para fornecer os vários componentes da cadeia de abastecimento do Hidrogênio Verde no Brasil”* e, especificamente, *“identificar oportunidades para atividades da cadeia produtiva que podem ser desenvolvidas no Ceará por empresas de pequeno e médio porte”*. Nesse contexto, o presente projeto tem por objetivos específicos:

- Identificar e mapear a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde com foco no estado do Ceará;
- Apresentar as oportunidades de investimento e exercício de atividades, no âmbito dessa cadeia produtiva, para pequenas e médias empresas do estado do Ceará;
- E, por fim, contribuir para avançar com o tema do Hidrogênio Verde no Brasil.

Para atender a esses objetivos, serão entregues três relatórios ao longo do projeto e o presente documento corresponde ao Relatório 3, o qual tem por objetivo identificar, por meio de entrevistas presenciais ou remotas, as empresas com interesse no

desenvolvimento da produção do Hidrogênio Verde no estado do Ceará; realizar uma avaliação das capacidades produtivas das PME cearenses e, por fim, elaborar um conjunto de recomendações para potencializar a produção de bens e serviços locais para a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde.

De forma sucinta, o Relatório 3, além desta seção de introdução, está organizado em quatro seções ou capítulos principais. A segunda seção apresenta o detalhamento da metodologia utilizada ao longo da elaboração desse estudo, especialmente em relação aos estudos realizados previamente e sobre a abordagem utilizada para o estudo do caso do estado do Ceará com foco nas possibilidades de inserção das PME industriais e de serviços cearenses na produção de Hidrogênio Verde.

Na terceira seção, retomamos o desenvolvimento de conceitos, informações relevantes sobre a cadeia de valor no mundo, no Brasil e no estado do Ceará, conforme já apresentado nos Relatórios 1 e 2 (COGNITIO, 2022a e 2022b). Sobre o estado do Ceará, em especial, apresentamos uma visão da infraestrutura do Estado, com destaque para a institucionalidade e a representatividade do projeto Hub do Hidrogênio Verde, sistema de inovação e estrutura produtiva.

Na quarta seção, desenvolveu-se um recorte sobre as oportunidades e desafios para a indústria cearense, em especial para as PME, frente aos investimentos anunciados em plantas de produção de Hidrogênio Verde no Estado. A seção desenvolve uma avaliação da capacidade de produção industrial e de serviços e, na sequência, apresenta uma proposta de estratégia para inserção das PME cearenses nessa atividade por meio de uma agenda de competitividade, com sugestão de ações coordenadas em curto, médio e longo prazo.

À título de conclusão e recomendações, a quinta seção sumariza os principais achados dessa pesquisa e aponta para possíveis estudos que possam completar essa análise tanto para elos à jusante da produção de Hidrogênio Verde quanto em termos da ampliação do escopo para uma avaliação da estrutura produtiva do Brasil como um todo. O estudo é complementado, ainda, por uma seção de Anexos e da Bibliografia utilizada.

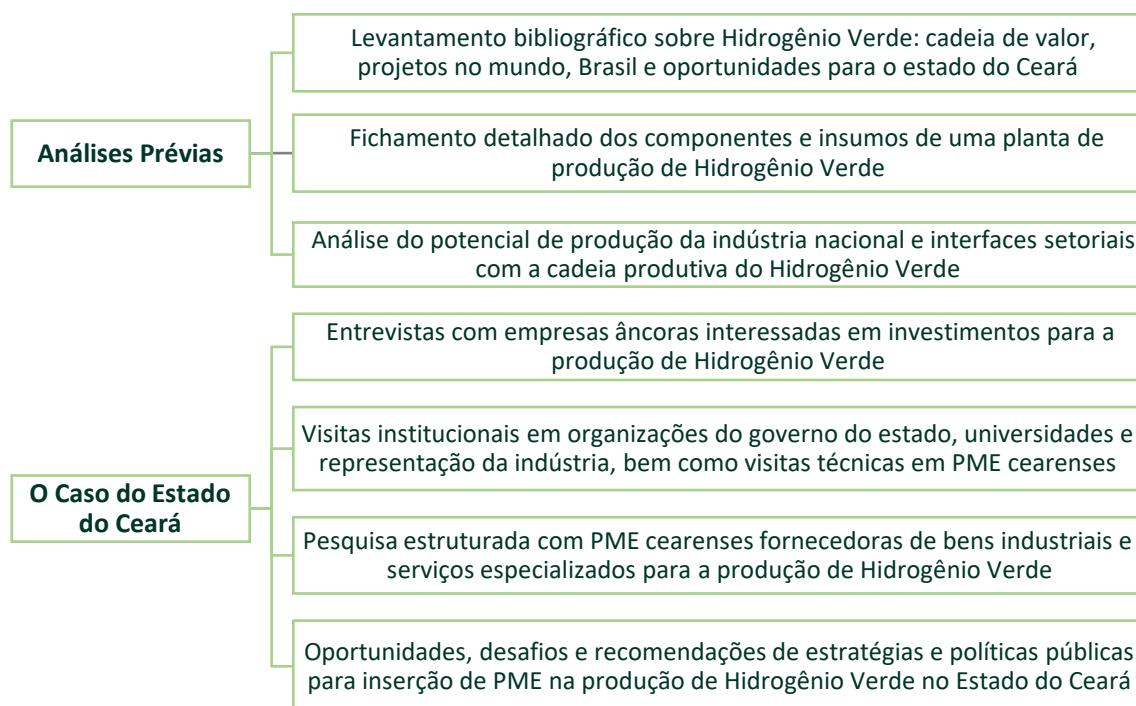
## 2 Desenvolvimento do Estudo

Este estudo foi desenvolvido com base em dois pilares: levantamento bibliográfico e pesquisa de campo. Para o atual relatório, com foco nos desafios e oportunidades para as pequenas e médias empresas cearenses, foi necessário ter como suporte todo o conteúdo e as análises previamente desenvolvidos nos dois relatórios anteriores:

- Relatório 1: "Cadeia de Valor do Hidrogênio Verde", que teve como principal objetivo apresentar um panorama sobre hidrogênio verde, considerando as perspectivas de desenvolvimento desse vetor energético no Brasil e no mundo, e a cadeia de valor a ele relacionada (COGNITIO, 2022a);
- Relatório 2: "Caracterização e Potencial de Produção dos Principais Componentes da Cadeia Produtiva de H2V", que apresentou um resumo técnico e uma análise do potencial de produção nacional para os diferentes insumos e componentes da cadeia produtiva do H2V (COGNITIO, 2022b).

A Figura 2.1 ilustra as principais etapas que permitiram o desenvolvimento deste estudo e, na sequência, há uma breve descrição sobre as duas categorias.

**Figura 2.1** – Etapas de desenvolvimento do estudo



**Fonte:** elaborado pela Cognito Consultoria

## 2.1 Análises Prévias

O levantamento bibliográfico buscou identificar os seguintes pontos: principais definições sobre o Hidrogênio Verde, o seu processo de produção, o estado da arte das principais tecnologias, o estágio atual dos projetos no mundo e no Brasil, a cadeia de valor do Hidrogênio Verde e as principais características de cada segmento.

O fichamento dos componentes e insumos se deu através da elaboração de fichas técnicas detalhadas sobre os principais componentes e insumos presentes em uma planta básica de produção de Hidrogênio Verde.

Depois de mapeados os insumos e componentes, foram realizadas as correspondências com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) para a identificação das interfaces setoriais da cadeia produtiva do H<sub>2</sub>V com outros setores da economia brasileira. Tendo como base os dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA=IBGE), Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), fluxos de importação e exportação (Ministério da Economia), as entrevistas com as empresas âncoras e as produtoras de hidrogênio cinza, foi realizada uma análise do potencial da indústria brasileira de inserção na cadeia produtiva do H<sub>2</sub>V no curto prazo.

Todas essas atividades prévias, em conjunto com os passos metodológicos realizados para o desenvolvimento do estudo de caso do estado do Ceará, conforme descrito a seguir, foram realizadas com vistas a alcançar os resultados apresentados neste relatório e, por consequência, atender aos objetivos principais do estudo.

Nesse sentido, vale lembrar que este estudo tem como foco as oportunidades de inserção das PME localizadas no estado do Ceará e qual é a definição de PME aqui utilizada.

Para esse estudo, tendo em vista o uso preferencial dos dados e informações do IBGE-RAIS para a análise das empresas, foi adotado o critério do número de empregados para categorizar as pequenas e médias empresas. No caso do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa (Sebrae), as empresas podem ser classificadas de acordo com o número de empregados, como apresentado no Quadro 2.1.

**Quadro 2.1** - Classificação de porte das empresas conforme o número de empregados

Número de empregados	Indústria	Serviços
até 9	-	Microempresa
até 19	Microempresa	-
de 10 a 49	-	Pequena
de 20 a 99	Pequena	-
de 50 a 99	-	Média
de 100 a 499	Média	-
mais de 100	-	Grande
acima de 500	Grande	-

Fonte: SEBRAE (2013)

No Brasil, uma empresa pode ser enquadrada como de micro, pequeno, médio ou grande porte, embora os critérios possam variar a depender do órgão responsável pela classificação. As classificações mais comuns das empresas consideram o faturamento ou o número de funcionários.

## 2.2 Metodologia do Estudo de Caso do Estado do Ceará

O estudo de caso que visou analisar as oportunidades e desafios para a inserção das empresas cearenses na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, baseou-se num conjunto de atividades realizadas ao longo do período de realização do projeto, a saber:

- reuniões de alinhamento;
- levantamento de dados econômicos e estudos setoriais;
- entrevistas com empresas âncoras do Hub do Hidrogênio Verde;
- entrevistas com empresas produtoras de Hidrogênio Cinza no Brasil;
- mapeamento das empresas relacionadas à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde por CNAE;
- pesquisa estruturada com as PME cearenses;
- visitas técnicas em PME cearenses.

Estas atividades serão descritas em detalhes nas próximas seções.



### *2.2.1 Reuniões de Alinhamento*

Foram realizadas reuniões periódicas com as principais instituições do Governo do estado do Ceará que compõem a estrutura de governança do Hub de Hidrogênio Verde, como as Secretárias, a Federação das Indústrias do Ceará (FIEC) e a Universidade Federal do Ceará. Além das diversas reuniões realizadas em ambiente virtual, foram realizadas reuniões presenciais e workshops com a participação da equipe da Cognitio e representantes das organizações que fazem parte do projeto Hub do Hidrogênio de estado do Ceará.

Essa forte interação e interlocução com atores diretamente envolvidos na constituição do Hub do Hidrogênio Verde viabilizou o acesso a um conjunto de dados e informações relevantes para o entendimento das iniciativas relacionadas ao Hub e as especificidades do estado do Ceará.

### *2.2.2 Levantamento de Dados Econômicos e Estudos Setoriais*

Com objetivo de observar a disponibilidade de estabelecimentos industriais relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde no estado do Ceará, foram feitos levantamentos de dados na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), por porte de empresa. Além disso, foram consultadas as bases de dados sobre a indústria cearense disponibilizadas pelo Observatório da Indústria da FIEC, além de estudos setoriais específicos que ajudassem a entender o setor produtivo local.

### *2.2.3 Entrevistas com Empresas Âncoras do Hub do Hidrogênio Verde*

Consideram-se como empresas âncoras aquelas que assinaram Memorandos de Entendimento (MoU<sup>1</sup>) com o estado do Ceará e que, provavelmente, deverão liderar a implantação dos primeiros projetos de produção de Hidrogênio Verde, e por consequência gerar encadeamentos produtivos ao longo dessa cadeia de valor.

Com vistas a entender atuação dessas empresas no Brasil e no mundo, as dimensões dos projetos planejados para o estado do Ceará e os possíveis gargalos e oportunidades,

---

<sup>1</sup> Memorandum of Understanding

foram realizadas entrevistas com representantes de sete empresas âncoras: *EDP Brasil; Engie Brasil; Fortescue Metals Group; Qair; AES Corporation; TransHydrogen Alliance e White Martins*. Todas as entrevistas foram realizadas em ambiente virtual a partir de questionários semiestruturados, com exceção da White Martins que respondeu o questionário por escrito.

## 2.2.4 *Entrevistas com Empresas Produtoras de Hidrogênio Cinza no Brasil*

Dos produtores atuais de Hidrogênio Cinza, foram entrevistados os representantes das seguintes empresas: Air Products e Air Liquide. O questionário elaborado para as empresas que produzem Hidrogênio Cinza teve como principal objetivo captar (i) as interfaces da produção de Hidrogênio Cinza com as atividades de produção do Hidrogênio Verde; e (ii) identificar o que é adquirido por essas empresas no mercado interno e o que é comprado no mercado externo.

A Tabela 2.1 apresenta detalhes das entrevistas com ambos os tipos de empresas produtoras de hidrogênio.

**Tabela 2.1** - Detalhes das entrevistas realizadas: Hidrogênio Verde e Cinza

#	Empresa	Data	Já opera no Brasil?	País de origem do capital
1	TransHydrogen Alliance	06/05/2022	Não	Holanda, Cingapura, Estados Unidos
2	Engie Brasil	20/05/2022	Sim	França
3	The AES Corporation	27/05/2022	Sim	Estados Unidos
4	Air Liquide*	08/06/2022	Sim	França
5	EDP Brasil	09/06/2022	Sim	Portugal
6	Qair	14/06/2022	Sim	França
7	Air Products*	14/06/2022	Sim	Estados Unidos
8	Fortescue Metals Group	22/06/2022	Não	Austrália
9	Praxair-White Martins**	31/08/2022	Sim	Estados Unidos

\* Produção de Hidrogênio Cinza

\*\* Entrevista por escrito

**Fonte:** Cognitio Consultoria

Dessa forma, foi possível agregar evidências sobre o potencial local de produção e os gargalos produtivos da indústria nacional nos segmentos selecionados, a partir da perspectiva de um agente que já atua há décadas na cadeia produtiva do hidrogênio.

### *2.2.5 Mapeamento das Empresas Relacionadas à Cadeia Produtiva do Hidrogênio Verde por CNAE*

Foi realizado um esforço, em parceria com o Observatório da Indústria da FIEC, de identificar empresas cearenses cuja código CNAE (Classificação Nacional de Atividades Produtivas) tem interface setorial com a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde. A equipe da Cognitio Consultoria fez o trabalho de identificar o código CNAE dos componentes e insumos demandados por uma planta de H2V a cinco dígitos, que é o nível mais desagregado (IBGE, 2022). A partir de CNAE, a equipe do Observatório da Indústria da FIEC realizou um mapeamento das empresas cearenses que atuam nos respectivos CNAE. Esta lista de empresas foi utilizada para a realização da pesquisa estruturada, a seleção das empresas para visita técnica e também auxiliou na elaboração da análise das interfaces setoriais.

### *2.2.6 Pesquisa Estruturada com as PME cearenses*

Foi elaborado, em parceria com Observatório da Indústria da FIEC, um questionário *on-line* estruturado que teve por objetivo captar informações sobre a possível capacidade das PME cearenses de produzir insumos e componentes para uma planta de Hidrogênio Verde no curto, médio e longo prazo; e as possíveis barreiras para que a inserção dessas empresas efetivamente aconteça.

O questionário foi enviado para cerca de 200 empresas cearenses identificadas em função do trabalho de mapeamento descrito anteriormente. A quantidade de respostas obtidas via e-mail não foi representativa, mesmo depois do contato via telefone realizado pela equipe, de forma que foi realizado um caminho alternativo que gerou uma adesão relevante.

Foi encaminhado – por meio da lista de e-mail existente na base de dados e por meio de busca na internet – um instrumento de pesquisa estruturado por meio do aplicativo *Survey Monkey*. Adicionalmente, para reforçar o percentual de respondentes, também

foram realizadas ligações telefônicas pela equipe da Cognito Consultoria, além de reenvio de dois lembretes da pesquisa para os e-mails cadastrados válidos.

O referido instrumento de pesquisa, na sua apresentação, continha os logos das organizações do Hub do Hidrogênio Verde do estado do Ceará e uma breve contextualização nos seguintes termos:

"A Cognito Consultoria foi contratada pela GIZ – a Agência de Cooperação Alemã no Brasil – para avaliar o potencial da indústria nacional para o fornecimento dos vários componentes da cadeia de valor do Hidrogênio Verde no país e, especificamente, identificar oportunidades na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde que poderão ser desenvolvidas no Ceará por empresas de pequeno e médio porte [PME].

A pesquisa tem o apoio do projeto Hub do Hidrogênio Verde que envolve a Universidade Federal do Ceará [UFC], por meio do Parque Tecnológico da UFC [PARTEC], a Federação das Indústrias do estado do Ceará [FIEC] e o Governo do estado do Ceará.

Todas as respostas desta pesquisa serão tratadas de forma confidencial, anônima e agregada.

O tempo médio estimado para responder é de até 25 minutos."

O instrumento de pesquisa ficou disponível no período de 27/06 - 16/08. O retorno desta iniciativa, contudo, foi bastante limitado, obtendo-se apenas 10 respostas, com apenas 9 destas válidas, atingindo um percentual de retorno de cerca de 13%, considerando que apenas 77 destinatários (41%) abriram o e-mail com o link da pesquisa. Do total de 186 destinatários, quase 60% tiveram problemas de acesso ao link da pesquisa, seja por não abertura do respectivo e-mail (30%); por e-mail não existente ou desatualizado (28%) ou pedido de cancelamento da pesquisa (0,5%).

Nesse sentido, decidiu-se por buscar o apoio da comissão organizadora do FIEC *Summit* 2022 para realizar a pesquisa com os inscritos no evento, o qual foi realizado de forma híbrida, presencial e remoto. Em reunião com representantes da organização, definiu-se por incluir um *QR Code* nos intervalos dos painéis do evento. Com essa medida, obteve-se um maior número de respondentes, incluindo respostas de participantes de outros Estados.

Especificamente para essa pesquisa, o instrumento anterior foi simplificado para tempo de resposta de até 15 minutos, sendo adicionada questão para obter o consentimento para o uso das respostas pessoais/profissionais de acordo com a Lei Geral de Proteção

de Dados [LPGD]. O questionário ficou aberto entre os dias 1-6/8. No dia 3/8, primeiro dia do evento, obteve-se um pico de 50 respondentes e ao fim do ciclo da pesquisa obteve-se 64 respostas.

Considerando o conjunto de respostas de ambos os instrumentos, chegou-se a um total de 74 respostas, equivalente a um índice de 40% em relação aos 186 e-mails enviados inicialmente. Considerando, contudo, somente os respondentes que se identificaram como profissionais do estado do Ceará (apenas 20), esse índice fica em torno de 11%, tendo em vista que 44 respondentes da pesquisa FIEC *Summit* não identificaram o Estado sede da empresa.

É importante ressaltar que, de um total de 19 respostas, quase 70% dos respondentes julgaram que o grau de dificuldade para responder a pesquisa foi baixo, com outros 16% como de média dificuldade. Isso revela que o instrumento cumpriu seu objetivo para captar as impressões e a visão do público-alvo em relação à temática.

### *2.2.7 Visitas Técnicas em PME Cearenses*

Com o objetivo de aprofundar o entendimento sobre as competências e capacidades técnicas das PME cearenses, foram selecionadas, a partir de um alinhamento com a FIEC, uma lista de até dez empresas para a realização de visitas técnicas. As visitas técnicas possibilitaram observar as especificidades e capacidades das empresas cearenses e sua eventual relação com a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde. As informações e as características das empresas podem ser vistas na [Tabela 6.6](#) na seção Anexos.

## 3 Hidrogênio Verde e Transição Energética

Este capítulo visa fazer uma breve contextualização sobre o Hidrogênio Verde e o estado do Ceará. Apresenta-se, inicialmente, algumas informações sobre o Hidrogênio Verde, seu estágio de desenvolvimento no mundo, a cadeia de valor a ele relacionada e a cadeia produtiva, que é o foco deste estudo. No caso do estado do Ceará são considerados aspectos de governança, infraestrutura, sistema de inovação e estrutura produtiva. Esta caracterização é necessária para balizar a análise sobre oportunidades e desafios para a inserção do Estado na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde.

### 3.1 Que é Hidrogênio Verde?

Para definir o Hidrogênio Verde, é necessário apresentar as outras classificações desse *vetor energético*<sup>2</sup>, pois ele também pode ser gerado a partir de outras fontes, algumas mais limpas que outras. Para maximizar os ganhos ambientais, o hidrogênio deve ser produzido sem emitir gases de efeito estufa e essa característica está justamente associada aos diversos processos de produção do hidrogênio, como resume a Figura 3.1.

Atualmente, o processo de produção mais comum para obter hidrogênio é o cinza, que envolve o uso de combustível fóssil (gás natural) para aquecer a água, produzir vapor, misturar o vapor com metano e capturar o hidrogênio liberado. Ao adicionar um filtro para a captura dos gases de efeito estufa emitidos, tem-se o Hidrogênio Azul. Espera-se que o Hidrogênio Azul permaneça economicamente viável em locais com abundância de metano, principalmente ao considerar o avanço e evolução dos sistemas de captura de carbono, os chamados CCUS (*Carbon Capture, Utilization and Storage*) (BCG ANALYSIS, 2021).











O hidrogênio que atende alguns critérios de sustentabilidade tem sido denominado como Hidrogênio Verde, mas não há ainda uma definição aceita universalmente para este tipo de hidrogênio. Em um artigo publicado na *Energy Policy*, Abad *et al.* (2020) fazem uma busca em retrospectiva pelo termo Hidrogênio Verde ou hidrogênio

---

<sup>2</sup> O hidrogênio não é uma fonte de energia em seu sentido tradicional porque não é encontrado pronto na natureza, necessitando de processos específicos para a sua produção. Além disso, o hidrogênio pode ter diferentes aplicações, e seus diferentes usos envolvem diferentes tipos de tecnologia, transporte, armazenamento e infraestrutura. Para mais informações, consultar Abdin *et al.* (2020).

renovável e observam que a primeira referência para o termo é um relatório de 1995 do *National Renewable Energy Laboratory* (NREL, 1995), que usa o termo hidrogênio renovável (hidrogênio produzido de energias renováveis) como sinônimo de Hidrogênio Verde.

**Figura 3.1** - Classificação do hidrogênio em escala de cores e processo de produção

	Preto	Gaseificação do carvão mineral (antracito <sup>1</sup> ) sem CCUS <sup>2</sup>
	Marrom	Gaseificação do carvão mineral (hulha <sup>3</sup> ) sem CCUS
	Cinza	Reforma a vapor do gás natural sem CCUS
	Azul	Reforma a vapor do gás natural com CCUS
	Turquesa	Pirólise do metano <sup>4</sup> sem gerar CO <sub>2</sub>
	Verde	Eletrólise da água com energia de fontes renováveis (eólica/solar)
	Musgo	Reformas catalíticas, gaseificação de plásticos residuais ou biodigestão anaeróbica de biomassa ou biocombustíveis com ou sem CCUS
	Rosa	Fonte de energia nuclear
	Amarelo	Energia da rede elétrica, composta de diversas fontes
	Branco	Extração de hidrogênio natural ou geológico

**Fonte:** adaptado pela Cognition Consultoria a partir de EPE (2022)

Mais de uma década depois, o Estado da Califórnia (CALIFORNIA LEGISLATIVE INFORMATION, 2006) definiu Hidrogênio Verde como aquele produzido de forma limpa e sustentável, a partir de fontes renováveis como energia solar e energia eólica. No caso da União Europeia, a primeira menção ao Hidrogênio Verde apareceu na declaração para o estabelecimento de uma economia do Hidrogênio Verde na Europa (EUROPEAN PARLIAMENT, 2007).

A literatura específica sobre o assunto, e documentos de agências internacionais relevantes, demonstra que há várias categorias em torno da definição de Hidrogênio Verde, conforme ilustrado no Quadro 3.1.

Como pode ser visto, há uma série de abordagens e critérios que vêm sendo aplicados para se chegar a uma definição comum de Hidrogênio Verde, mas ainda não há uma harmonização, especialmente em relação às fontes de energia utilizadas no processo e às trajetórias tecnológicas.

**Quadro 3.1** - Definições de Hidrogênio Verde

Definições	Fonte(s)
Qualquer fonte de energia renovável com uma menção explícita à poluição atmosférica, segurança energética e problemas climáticos globais	NREL (1995)
Quaisquer fontes renováveis e nucleares	Naterer <i>et al.</i> (2008)
Qualquer fonte renovável	California Legislative Information (2006); Poullikkas (2007); Clark (2007); Kramer <i>et al.</i> (2007); Clark II (2008); Ota <i>et al.</i> (2010); Kameyama <i>et al.</i> (2011); Tada <i>et al.</i> (2012); Weidong e Zhuoyong (2012); IRENA (2021); IRENA (2022a).
Qualquer fonte de energia renovável com uma menção explícita à baixa emissão e fatores de intensidade de emissões de gases de efeito estufa (GEE)	Bleischwitz <i>et al.</i> (2008); Galich e Marz (2012); Gazey <i>et al.</i> (2012); Barth <i>et al.</i> (2016); Viesi <i>et al.</i> (2017); Aarnes <i>et al.</i> (2018).
Quaisquer fontes (renováveis ou não) com baixa intensidade de emissão não especificada	Dincer (2012)
Quaisquer fontes renováveis ou qualquer outra energia líquida de carbono zero através da captura e armazenamento de carbono e/ou compensações de emissões.	Government of Australia <i>et al.</i> (2017)
Quaisquer fontes de energia de baixo carbono com baixo impacto ambiental	Çelik e Yildiz (2017)

**Fonte:** adaptado pela Cognitio Consultoria a partir de Abad *et al.* (2020)

Em busca desse consenso, a definição de Hidrogênio Verde baseada na intensidade de emissão de GEE está ganhando terreno no contexto internacional. A União Europeia está desenvolvendo um amplo *framework* voltado para a padronização da definição de Hidrogênio Verde no contexto do projeto CertifHy (CERTIFHY, 2022). Neste projeto, propõe-se que o limite de emissões seja de 36.4 gCO<sub>2</sub>eq/MJH<sub>2</sub> no ponto da produção para que o hidrogênio produzido de fontes renováveis seja definido como verde (LIU *et al.*, 2021).

Nesse contexto, para este trabalho, o Hidrogênio Verde é aquele obtido por meio da energia elétrica oriunda de fontes renováveis de energia, especialmente das fontes eólicas e/ou solar fotovoltaica, utilizando-se o processo de eletrólise da água. Deve-se ter em mente que se trata de uma trajetória tecnológica em seus estágios iniciais e que



as especificidades dos países em termos de matriz energética, vantagens comparativas e capacidades locais, devem moldar as rotas para o desenvolvimento do hidrogênio renovável ou de baixo carbono em cada país, incluindo o Hidrogênio Verde.

## 3.2 Cadeia de Valor do Hidrogênio Verde

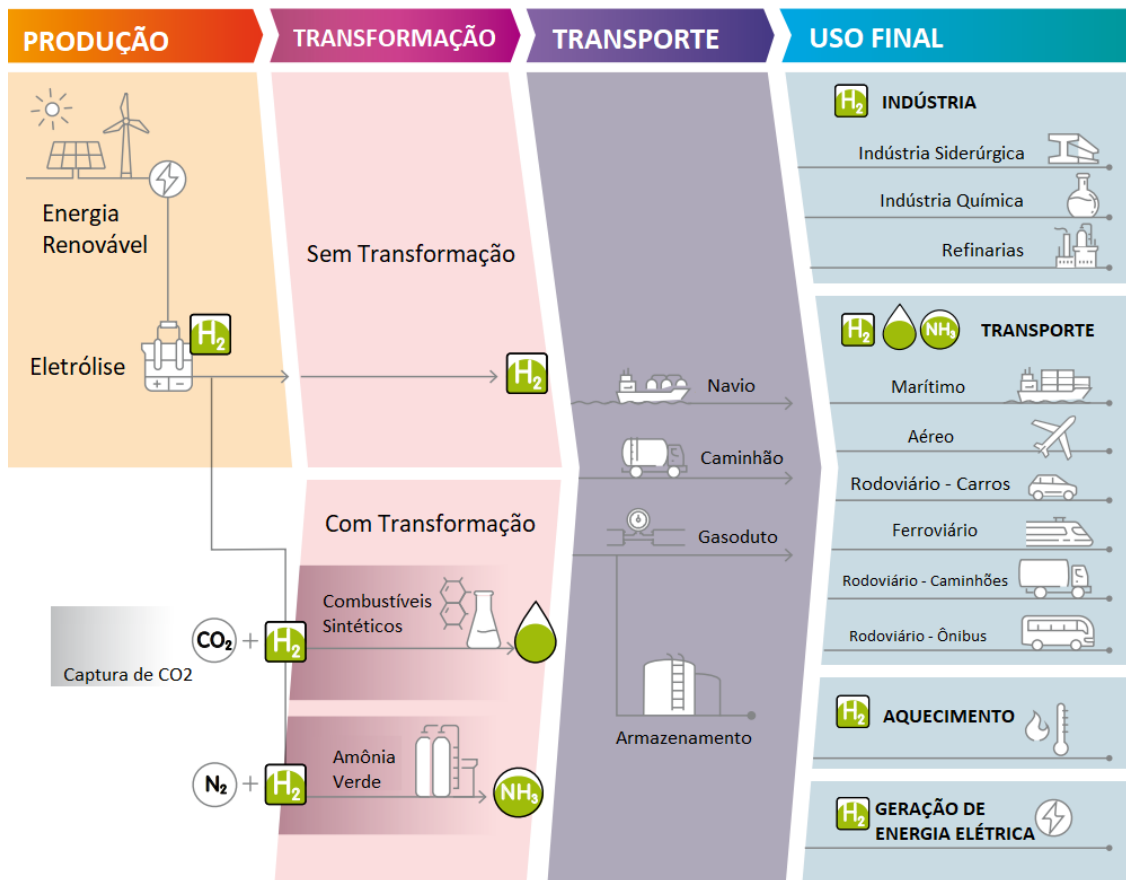
Tomando o conceito apresentado inicialmente por Michael Porter em 1985, uma cadeia de valor (*value chain*) é o conjunto de atividades que uma firma desempenha para entregar um produto ou serviço no mercado. Em linhas gerais, estas atividades podem ser divididas em cinco principais etapas:

- logística de entrada: compreende atividades como recebimento de matéria-prima, armazenagem e gerenciamento de inventário;
- operações: todas as atividades envolvidas no processo de conversão das matérias-primas em um produto ou serviço final;
- logística de saída: abarca as atividades de entrega do produto ou serviço ao consumidor final ou usuário do serviço;
- marketing e vendas: inclui todas as estratégias e atividades voltadas para estimular a compra dos serviços ou produtos pelos consumidores, incluindo a seleção do canal de distribuição, precificação, propaganda etc.;
- serviços pós-venda: compreende todas as atividades que visam aprimorar as experiências do consumidor, como reparos ou serviços de manutenção.

Uma cadeia de valor também pode incluir atividades secundárias ou atividades de suporte que podem aumentar a eficiência das atividades primárias, tais como pesquisa e desenvolvimento, gerenciamento de recursos humanos, desenvolvimento de produto, entre outros. As atividades de suporte criam e adicionam valor a cada etapa, levando ao aprimoramento dos produtos ou serviços finais.

A cadeia de valor do Hidrogênio Verde, de acordo com IRENA (2021), é composta por vários elementos interligados com um setor energético mais amplo (o qual não é foco deste estudo). Em suma, a cadeia de valor do Hidrogênio Verde é estruturada como mostra a Figura 3.2 abaixo, em 3 segmentos principais: produção, transporte e uso final.

**Figura 3.2 - Cadeia de Valor do Hidrogênio Verde**



**Fonte:** adaptado pela Cognition Consultoria a partir de IRENA (2021)

Como o nome já indica, a etapa inicial diz respeito à **Produção** de Hidrogênio Verde, que ocorre através da eletrólise da água. A energia elétrica utilizada na eletrólise deve ser proveniente de fontes renováveis de energia. O equipamento responsável pela eletrólise é um eletrolisador, dispositivo que usa a eletricidade para separar as moléculas de água em oxigênio e hidrogênio.

A transformação não é considerada um segmento em si, mas é fundamental para o uso final do hidrogênio. Logo, destaca-se essa etapa como uma parte da cadeia. O hidrogênio pode ser utilizado puro ( $H_2$ ) ou pode ser transformado em combustíveis sintéticos (combinado com carbono de origem sustentável) ou em Amônia Verde (combinado com nitrogênio -  $NH_3$ ).

A outra etapa é a de **Transporte**, que é essencial para quando as instalações do eletrolisador (a usina, de modo geral) não estão alocadas próximas dos locais de consumo do hidrogênio. O hidrogênio pode ser transportado de várias formas: por

caminhões, navios e através de gasodutos. Todavia, um transporte eficiente deve ser feito com o hidrogênio comprimido, liquefeito ou sintetizado em outros vetores energéticos tais como a amônia, metano, metanol, moléculas orgânicas líquidas ou hidrocarbonetos líquidos. Esses vetores possuem uma maior densidade energética e podem ser transportados aproveitando a infraestrutura logística já existente.

Outra parte importante desse segmento da cadeia é a de armazenamento, que pode ocorrer em tanques (de aço, por exemplo) ou em formações geológicas subterrâneas. O armazenamento agrega valor à cadeia, pois com o hidrogênio armazenado é possível que ocorra suprimento para o sistema de energia, além de manter um fornecimento estável para instalações e equipamentos que operam de forma contínua (como a indústria siderúrgica, por exemplo).

A última etapa dessa cadeia se refere ao **Uso Final** do hidrogênio. Os usos de maior destaque são: na indústria, no transporte, no aquecimento e na geração de energia elétrica. Na indústria, o Hidrogênio Verde poder ser aplicado na indústria siderúrgica (ferro e aço, metais não ferrosos, como o alumínio), na indústria química (produtos químicos e petroquímicos), em refinarias (na produção de amônia) e na produção de minerais não metálicos (por exemplo, na indústria de cimento). Em alguns casos, o Hidrogênio Verde representa a única alternativa de baixo carbono. Além disso, o Hidrogênio Verde pode substituir matérias-primas compostas de hidrogênio com base em combustível fóssil em diversos processos industriais, incluindo refino de petroquímicos, produção de amônia para fertilizante, produção de metanol para uma ampla variedade de produtos químicos, e até mesmo a produção de aço de emissão zero via redução direta do ferro.

No transporte, o Hidrogênio Verde pode ser usado puro, sob a forma de combustível sintético ou amônia, em todos os modais de transporte. O seu uso direto pode ser feito em veículos que utilizam células a combustível. Uma vez combinado com nitrogênio ou carbono de origem sustentável (amônia, metanol e outros combustíveis sintéticos) podem ser utilizados no transporte marítimo e na aviação.

Em relação ao aquecimento, o Hidrogênio Verde pode substituir o uso de combustível fóssil em aquecimentos que demandam altas temperaturas em processos industriais,

por exemplo, como na produção de aço e cimento. Nas edificações, o Hidrogênio Verde também pode ser utilizado diretamente na produção de calor.

Por fim, o Hidrogênio Verde pode ser utilizado na geração de energia elétrica em tecnologias como turbinas a gás movidas a hidrogênio e células a combustível estacionárias, de grande escala, complementando outras fontes renováveis de eletricidade e substituindo a demanda atendida por combustíveis fósseis. O Hidrogênio Verde também pode ser armazenado para ser utilizado em sistemas de energia com geração renovável variável, fornecendo confiabilidade e flexibilidade ao sistema como uma forma adicional de despacho da eletricidade.

### *3.2.1 Produção do Hidrogênio Verde*

Conceitualmente, cadeia produtiva pode ser entendida como o conjunto de atividades econômicas que vai desde a extração da matéria-prima até a elaboração final de um produto, progressivamente articuladas. Em outras palavras, uma cadeia produtiva é uma sucessão integrada de elos de atividades que tem o papel de transformar uma determinada matéria-prima, ou matérias-primas, e insumos em um determinado produto final.

O desenho de uma cadeia produtiva, por um lado, pode ter como ponto de partida uma matéria-prima básica, que depois de transformações sucessivas, chega-se ao produto final; e, por outro, pode partir de um produto final, considerando o encadeamento das diversas operações técnicas, comerciais e logísticas à jusante e à montante para que esse produto seja obtido.

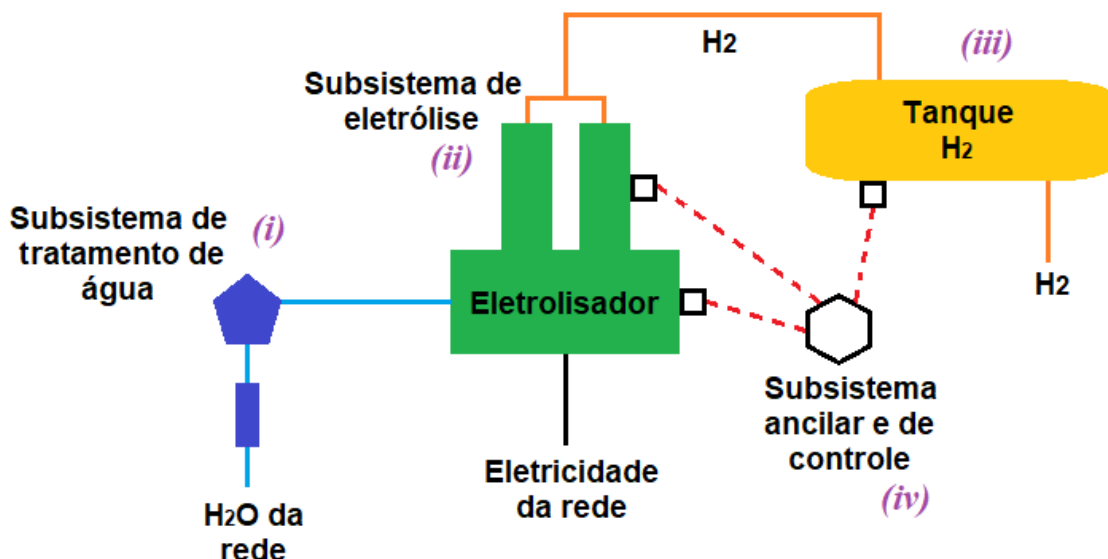
Em termos gerais, o processamento das matérias-primas passa pelo uso de máquinas e equipamentos, pela incorporação de produtos intermediários até se alcançar o produto final que é distribuído por uma rede de comercialização. Tem-se assim um agregado de setores que fabricam produtos complementares. Entre as principais aplicações para o conceito de cadeia produtiva estão:

- uso como metodologia de divisão setorial do sistema produtivo, pois permite observar as relações diretas entre as empresas e o conjunto de articulações que formam a cadeia, possibilitando destacar as sinergias comerciais e tecnológicas entre as principais atividades;

- formulação e análise de políticas públicas e privadas, pois permite a identificação dos elos fortes e fracos e a posterior intervenção por meio dos incentivos adequados para o desenvolvimento da competitividade das empresas envolvidas na produção de bens e serviços para uma determinada cadeia de suprimentos.

Este estudo tem como recorte analítico a cadeia produtiva relacionada à produção de Hidrogênio Verde. Os sistemas de produção de Hidrogênio Verde, por meio da eletrólise da água, podem ser subdivididos em quatro subsistemas básicos de acordo com a função dos seus principais componentes, como mostra a Figura 3.3:

**Figura 3.3** - Componentes do sistema de produção de Hidrogênio Verde



Fonte: elaborado pela Cognito Consultoria

Sendo assim, esse estudo foca nos equipamentos, insumos e serviços necessários à construção do sistema de produção do Hidrogênio Verde esquematizado na Figura 3.3. Essas unidades de análise estão diretamente relacionadas com o objetivo final deste estudo, que visa identificar oportunidades no contexto das atividades da cadeia produtiva que podem ser desenvolvidas no Ceará por empresas de pequeno e médio porte.

Essa delimitação do escopo visou a realização de um detalhamento em profundidade dos insumos, componentes e serviços necessários para a implantação e funcionamento da planta de Hidrogênio Verde, a observação das possíveis interfaces entre a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde e os setores e empresas que já operam no país e

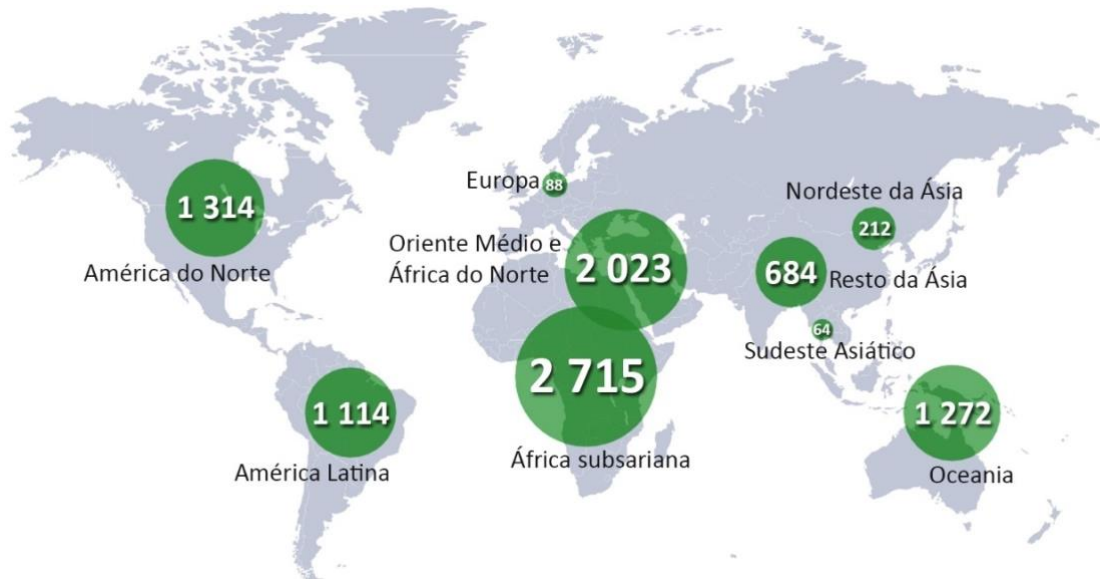
produzem ou demandam bens e serviços similares, além de identificar as oportunidades de inserção da indústria cearense nessa indústria nascente.

### 3.3 Estágio Evolutivo do Hidrogênio Verde

#### 3.3.1 Projetos de Hidrogênio Verde no Mundo

Atualmente, o potencial de produção de Hidrogênio Verde, no mundo, varia entre as regiões. Países e regiões com alto potencial renovável e baixo custo nivelado de eletricidade (LCOE - *Levelized Cost of Energy*), por exemplo, podem usar seus recursos para se tornarem grandes produtores de Hidrogênio Verde. África, Américas, Oriente Médio e Oceania são as regiões com maior potencial tecnológico, conforme pode ser visualizado na Figura 3.4.

**Figura 3.4** - Potencial para produzir H2V abaixo de US\$ 1,5/kg até 2050, em EJ

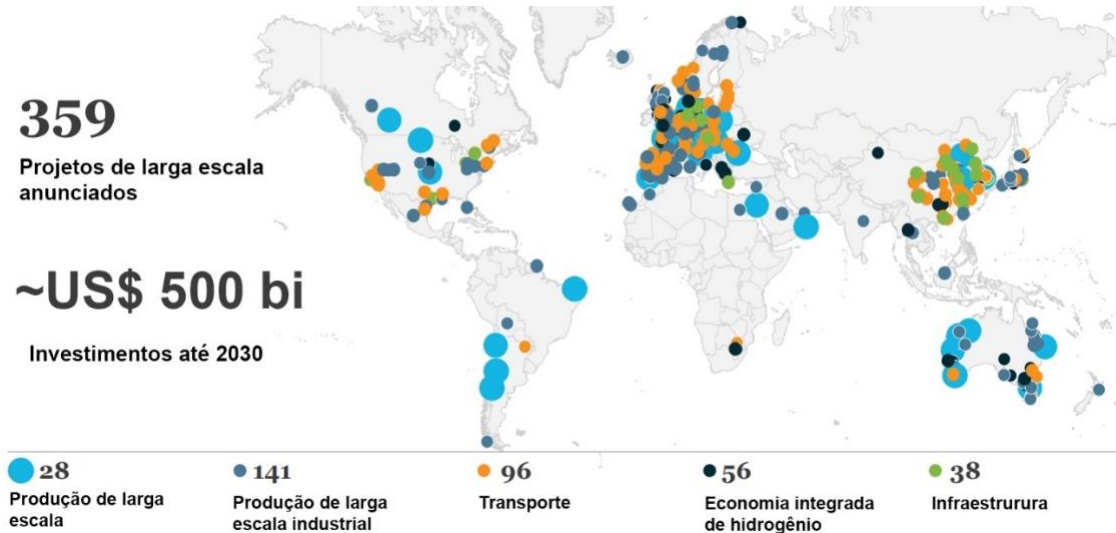


**Nota:** As premissas para despesas de capital (CAPEX) 2050 são as seguintes: PV: US\$ 225-455/kW; eólica *onshore*: US\$ 700-1 070/kW; eólica *offshore*: US\$ 1 275-1 745/kW. Custo médio ponderado de capital: por valores de 2020 sem riscos tecnológicos em todas as regiões. O potencial técnico foi calculado com base na disponibilidade de terra considerando várias zonas de exclusão (áreas protegidas, florestas, pântanos permanentes, terras de cultivo, áreas urbanas, declividade de 5% (PV) e 20% (eólica terrestre), densidade populacional). A disponibilidade de água não foi considerada na análise. EJ = exajoule; kW = quilowatt. Isenção de responsabilidade: Este mapa é fornecido apenas para fins ilustrativos. Limites e nomes mostrados neste mapa não implicam qualquer endosso ou aceitação pela IRENA.

**Fonte:** adaptado pela Cognitio Consultoria a partir de IRENA (2022)

Nos últimos anos, segundo o relatório *Hydrogen Insights*, publicado pelo *Hydrogen Council*, 3 mais países se comprometeram com metas de descarbonização e novos projetos de hidrogênio limpo, em larga escala, foram anunciados, conforme Figura 3.5.

**Figura 3.5** - Projetos e investimentos de Hidrogênio Verde no mundo



**Fonte:** adaptado pela Cognitio Consultoria a partir de *Hydrogen Council* (2021)

Enquanto a Europa e a Ásia continuam a liderar em número de projetos, regiões que se destacam em renováveis e armazenamento de carbono estão se direcionando para a produção de hidrogênio limpo. Outro destaque emergente é a China, que seguindo suas metas de redução de emissões para 2060, anunciou mais de 50 projetos de hidrogênio recentemente (HYDROGEN COUNCIL, 2021).

Do montante de 359 projetos:

- 7,8% são de produção em larga escala de projetos de H<sub>2</sub> renovável com capacidade instalada acima de 1 GW;
- 39,3% são de produção em larga escala industrial: refinarias, amônia, energia, metanol, siderurgia e insumo industrial;
- 26,8% envolvem o setor de transporte: trens, navios, caminhões, carros e outras aplicações de H<sub>2</sub> nesse setor;
- 15,6% estão relacionados à economia integrada do H<sub>2</sub> por meio do acoplamento de setores, projetos de diferentes tipos e usos finais;
- 10,6% são projetos de infraestrutura: distribuição, transporte, conversão e armazenamento de H<sub>2</sub>.

Especificamente para a produção do Hidrogênio Verde, o site *The Hydrogen Map* cataloga e atualiza, de forma regular, grande parte dos projetos de baixo carbono no mundo, com os seus respectivos status de operação (PILLSBURYLAW, 2022). Nele é possível filtrar projetos de hidrogênio azul ou verde, e após a aplicação do filtro para a seleção apenas de projetos de Hidrogênio Verde, tem-se os seguintes resultados por Região, conforme a Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** - Total de projetos de Hidrogênio Verde no mundo

Região	Em operação?		Total	%	% cumulativo
	Sim	Não			
Europa	40	97	137	57%	57%
Ásia	17	19	36	15%	71%
Oceania	2	23	25	10%	82%
América do Norte	8	16	24	10%	92%
América Latina	2	8	10	4%	96%
CEI*		4	4	2%	98%
África		3	3	1%	99%
Oriente Médio		3	3	1%	100%
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>173</b>	<b>242</b>	<b>100%</b>	

\* A CEI, Comunidade dos Estados Independentes, foi formada após a dissolução da União Soviética, em 1991

**Fonte:** elaborado pela Cognitio Consultoria a partir de *Hydrogen Council* (2021)

Os países com mais projetos de Hidrogênio Verde em operação podem ser vistos na Tabela 3.2

**Tabela 3.2** - Países com mais projetos de Hidrogênio Verde em operação no mundo

País	Total de Projetos	%	% cumulativo
Alemanha	19	28%	28%
Japão	7	10%	38%
Reino Unido	7	10%	48%
Canadá	5	7%	55%
China	4	6%	61%
Estados Unidos	3	4%	65%
França	3	4%	70%
Holanda	3	4%	74%
Austrália	2	3%	77%
Demais países	16	23%	100%
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>100%</b>	

**Fonte:** elaborado pela Cognitio Consultoria a partir de *Hydrogen Council* (2021)



Os demais países mencionados na tabela, todos com apenas um projeto em operação, são Áustria, Brasil, Brunei, Colômbia, Dinamarca, Grécia, Hungria, Índia, Itália, Malásia, Noruega, Singapura, Espanha, Suécia, Tailândia e Turquia.

Há algumas considerações relevantes sobre a expansão global desses projetos. De forma geral, o compromisso com a descarbonização vem se fortalecendo em todo mundo. Os Estados Unidos entraram novamente no Acordo de Paris e pretendem, a longo prazo, zerar suas emissões, reduzindo-as em 50% até 2030. A União Europeia colocou metas mais rigorosas no que se diz respeito à emissão de CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono), e o governo do Reino Unido se comprometeu com metas ambiciosas: reduzir os níveis de emissão de 1990 em 78%, até 2035 (HYDROGEN COUNCIL, 2021). Esses movimentos deram destaque ao hidrogênio como peça importante na problemática do clima.

Outro ponto de destaque a ser considerada na competitividade dos projetos de Hidrogênio Verde é a redução dos custos das fontes solar fotovoltaica e eólica, que continuarão a cair com o tempo. Esse aspecto reduz a diferença de preço entre o hidrogênio produzido por meio da eletrólise e o hidrogênio produzido de fontes fósseis. Além disso, o armazenamento de hidrogênio pode contribuir para a mitigação da intermitência e variabilidade dessas fontes. Há também um avanço tecnológico significativo nos equipamentos utilizados na produção de hidrogênio e nas células a combustível, tanto na eficiência, como durabilidade e confiabilidade. Por fim, cita-se a transição global para soluções de mobilidade elétrica, cuja utilização do hidrogênio e das células a combustível são fundamentais (ESMAP, 2020).

### *3.3.2 Estágio de Desenvolvimento no Brasil*

No Brasil, a produção de Hidrogênio Verde começou a ganhar visibilidade, principalmente, através de projetos piloto. O estudo “Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro - Panorama atual e potenciais para o Hidrogênio Verde” (Capítulo 3, item 3.4. Projetos nacionais em Hidrogênio Verde), apresentou um panorama dos principais projetos de Hidrogênio Verde no Brasil, e em diferentes estágios de desenvolvimento (GIZ, 2021). São eles: Ônibus à Célula Combustível de Hidrogênio, Hidrogênio da Furnas Centrais Elétricas S/A, Armazenamento de Energia da Companhia Energética de São Paulo, Unidade Piloto de Hidrogênio na UHE Itaipu Binacional, Bio-

Hidrogênio ERGOSTECH Renewable Energy Solutions, Projeto H2 e Geração de Hidrogênio Verde em Angra dos Reis, bem como o projeto Hub do Hidrogênio Verde do estado do Ceará, o qual será descrito mais detalhadamente nas próximas seções.

### 3.4 Hidrogênio Verde no Estado do Ceará

Conforme mencionado, os projetos de Hidrogênio Verde no Porto de Pecém (Pecém H2V) colocam o Ceará em posição de liderança no que se diz respeito aos futuros investimentos para a produção de Hidrogênio Verde no país.

O Governo do Ceará, em conjunto com a EDP do Brasil, anunciou a instalação do projeto piloto para a implantação de uma usina de Hidrogênio Verde no porto de Pecém, cuja operação deve se iniciar em dezembro de 2022. A capacidade produtiva esperada é de 250Nm<sup>3</sup>/h de gás hidrogênio, totalizando, aproximadamente, de R\$ 42 milhões em investimento (CEARÁGOV, 2021).

A usina será instalada no CIPP, contemplando uma usina solar fotovoltaica com capacidade instalada de 3 MW e um módulo eletrolisador de última geração, de 1,25MW, para a produção do combustível, com garantia de origem renovável. Além de ser um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, os produtos vão além da produção do hidrogênio, tais como o desenvolvimento de um *roadmap* com análises de escalabilidade, análise da cadeia produtiva do hidrogênio, modelos de negócio, parcerias estratégicas com indústrias e outras empresas, análise de geração e armazenamento do combustível, adaptação em mobilidade e outros usos finais do hidrogênio (EDP BRASIL, 2022).

O executores responsáveis pelo projeto são a EDP (proponente e coordenadora geral do projeto), o GESEL (Grupo de Estudos do Setor Elétrico)(coordenador proposto para elaboração de alternativas para todos os elos da cadeia valor do hidrogênio, desde a produção ao uso final), Hytron - Energia e Gases Especiais (fornecedor responsável pelo projeto, construção e comissionamento do eletrolisador de 1,25MW) e o Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação - IATI (coexecutora do projeto que pesquisará a viabilidade técnica de tecnologias de armazenamento de H<sub>2</sub>, de queima híbrida e outros estudos) (GESEL, 2022).

Também vale a pena destacar os projetos desenvolvidos no âmbito do projeto H2Brasil, criado em 2021 pela GIZ em parceria com o Ministério de Minas e Energia (MME). Em outubro do ano passado, por exemplo, a GIZ anunciou o investimento de 34 milhões de euros para projetos no âmbito dessa iniciativa, com aporte para dois anos visando a construção de laboratórios e uma planta piloto de eletrólise. Um desses projetos pilotos será desenvolvido na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), onde será instalado uma planta de eletrólise com potência instalada de cerca de 1 MW, o que produz 200 Nm<sub>3</sub>/hora de hidrogênio. Há também a criação do primeiro Centro de Excelência em Hidrogênio Verde no Brasil, que será localizado em Natal, no Rio Grande do Norte, com o objetivo de oferecer educação e treinamento na área do Hidrogênio Verde no país. Outros Hubs educacionais também estão em fase de desenvolvimento e serão instalados no Ceará, Paraná, Bahia, São Paulo e Santa Catarina (EPBR, 2022).

Assim, a partir dessa seção, será realizada uma contextualização do estado do Ceará, com foco no Hidrogênio Verde, considerando aspectos de governança, infraestrutura, sistema de inovação e estrutura produtiva. Esta caracterização é necessária para balizar a análise sobre oportunidades e desafios para a inserção do Estado na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, com especial ênfase nas PME cearenses.

### *3.4.1 Ambiente Institucional*

O estado do Ceará abriga uma Zona de Processamento de Exportações (ZPE), localizada a 6 quilômetros do Porto do Pecém. A ZPE disponibiliza um conjunto de incentivos tributários, cambiais e administrativos para as empresas instaladas por um prazo de até vinte anos com possibilidades de prorrogação, por igual período.

Às empresas instaladas na ZPE são concedidas liberdade cambial, isto é, as empresas podem manter no exterior, permanentemente, 100% das divisas obtidas nas duas exportações. Com a aprovação da nova lei de modernização do funcionamento das ZPE (Lei n.º 14.184/2021, 15/07/2021), as empresas com sede nas ZPE não serão mais obrigadas a exportar 80% de sua receita bruta total de venda de bens e serviços.

Além disso, as empresas gozam de um conjunto de benefícios tributários. Em nível federal, as empresas são isentas dos seguintes impostos incidentes na aquisição de

bens, insumos e serviços oriundos do mercado nacional: a suspensão do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e Programa de Integração Social (PIS)/ Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP). Em se tratando dos impostos incidentes sobre a aquisição de bens, insumos e serviços oriundos do mercado externo, as empresas também podem ficar isentas dos seguintes tributos: Impostos sob Importação (II), Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante (AFRMM), IPI, COFINS Importação e PIS/PASEP Importação. Esses impostos já foram concedidos para outros projetos de energia renovável implementados no Brasil, como os projetos de solar e energia eólica.

No âmbito estadual, as empresas instaladas na ZPE podem se beneficiar da isenção do ICMS (Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação) (Decreto Estadual 33.251/2019) incidentes nos bens e mercadorias para a utilização em processo de industrialização de produtos a serem exportados; na prestação de serviços de transporte intermunicipal e interestadual; e no diferencial de alíquotas nas aquisições interestaduais de bens destinados ao ativo imobilizado. Além disso, as empresas podem usufruir do diferimento do ICMS (Decreto Estadual n.º 33.251/2019) relacionado à entrada interestadual de energia, inclusive o imposto devido pela conexão e pelo uso dos sistemas dos sistemas de transmissão em estabelecimentos situados na ZPE, a ser utilizado no processo produtivo do H2V (PICANÇO, 2022). Além dos benefícios fiscais e financeiros concedidos às empresas instaladas na ZPE, o estado do Ceará dispõe de outros benefícios fiscais e programas.

Em âmbito regional, as empresas podem receber até 75% de isenção do Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ) no contexto da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Em âmbito estadual, há o incentivo de até 75% de isenção de ICMS próprio gerado na produção industrial por dez anos, que podem ser prorrogáveis (PICANÇO, 2022). O Estado também tem os seguintes programas voltados para o desenvolvimento industrial:

- PROVIN - Programa de Incentivos ao Desenvolvimento Industrial;
- PCDM - Programa de Incentivo à Centrais de Distribuição de Mercadorias;

- PIER - Programa de Incentivo da Cadeia Produtiva Geradora de Energias Renováveis;
- PROADE - Programa de Atração de Empreendimentos Estratégicos;
- FDCV - Fundo de Desenvolvimento de Desenvolvimento do Comércio Varejista;
- IMEMPI - Importações de Máquinas, Equipamentos, Matérias-Primas e Insumos.

Em nível *municipal*, há a possibilidade de redução do Imposto sobre Serviços (ISS) e do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU).

### *3.4.1.1 Projeto Hub do Hidrogênio Verde*

É relevante destacar que o Complexo Industrial e Portuário do Pecém será a sede do Hub do Hidrogênio Verde, lançado em 19 fevereiro de 2021 pelo Governo do Ceará, Complexo do Pecém, Federação das Indústrias do Ceará e Universidade Federal do Ceará (UFC).

Com o objetivo de estabelecer a governança nas ações do Estado para a implementação do Hub de Hidrogênio Verde foi instituído pelo Decreto n.º 34/003 de 24/03/2021 um Grupo Técnico Estratégico (GTE) composto pelas seguintes entidades (SEDET, 2022):

- Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho (SEDET), responsável pela atração e promoção de investimentos;
- Federação das Indústrias do Ceará (FIEC), que deve dispor suas instituições e núcleos, como Observatório da Indústria, Sindicatos, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), Serviço Social da Indústria (SESI) entre outros, para engajar o setor produtivo;
- Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP S/A), que dispõe de infraestrutura e logística para a produção e transporte de Hidrogênio Verde;
- Universidade Federal do Ceará (UFC), que deve disponibilizar infraestrutura de pesquisa e expertise, além de operar um centro de energias renováveis no Complexo do Pecém;

- Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), que deve atuar nas questões de regulamentação ambiental e é responsável pela elaboração do Plano Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) e o Plano Estadual de Adaptação (SEMA, 2018);
- Secretaria de Infraestrutura, que deve atender as demandas de infraestrutura apresentadas pelos projetos de produção de Hidrogênio Verde.

O GTE vem realizando, em colaboração com diversas instituições e experts, estudos – incluindo este projeto – para orientar a formulação de políticas públicas e o desenvolvimento dos projetos de produção de Hidrogênio Verde no estado do Ceará. Todavia, vale ressaltar que há outros atores envolvidos no desenvolvimento do Hub do Hidrogênio Verde, além daqueles que compõem o grupo de trabalho, quais sejam (SEDET, 2022a):

- Secretaria de Educação (SEDUC), que atua na educação profissional, tendo em vista a necessidade de mão-de-obra qualificada e capacitação para a transição energética;
- Secretaria das Cidades (SECIDADES), responsável pelo saneamento básico, o que envolve a questão da água;
- Secretaria de Fazenda (SEGAS), que gerencia os incentivos fiscais;
- Companhia de gás do Ceará (CEGÁS), que opera a rede que deve transportar o Hidrogênio Verde;
- Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico (FUNCAP), que é agência de fomento à pesquisa do estado do Ceará;
- Agência de Desenvolvimento do estado do Ceará (ADECE) colabora na operacionalização de mecanismos e ferramentas de apoio à indústria e serviços no estado do Ceará.

Nas reuniões de alinhamento realizadas entre a Cognito Consultoria e as principais organizações que constituem o Hub do Hidrogênio do estado do Ceará, foi destacado que a construção da governança para o desenvolvimento da iniciativa partiu de uma visão sistêmica, tendo como inspiração a hélice tripla, isto é, a interação entre governo,

instituições de pesquisa e indústria. Além disso, o Hub do Hidrogênio Verde tem como base a ideia da transversalidade, isto é, a implantação do Hub de produção e exportação do Hidrogênio Verde no estado do Ceará deve ser combinado com o desenvolvimento de outros segmentos, como transformação digital, por exemplo.

Desde a publicação do Decreto que criou o grupo estratégico também foram instituídos os seguintes decretos e resolução:

- O Decreto nº. 34221 de 03/09/2021 que desobriga a retenção do ICMS, devido por substituição tributária incidente sobre a entrada de energia elétrica no Ceará, para a produção de Hidrogênio Verde;
- O Decreto nº. 34.733 de 12/05/2022 que institui o Plano Estadual de Transição Energética, entre outras providências;
- A Resolução COEMA (Conselho Estadual de Meio Ambiente) nº. 3 de 10/02/2022 que dispõe sobre os procedimentos, critérios e parâmetros aplicáveis no licenciamento ambiental para empreendimentos de produção e Hidrogênio Verde no estado do Ceará.

### *3.4.2 Aspectos de Infraestrutura e de Localização*

O estado do Ceará tem um conjunto de vantagens comparativas que favorecem a produção de Hidrogênio Verde, quais sejam: localização geográfica, que cria rotas marítimas favoráveis para a Europa; e o potencial de produção de energias renováveis complementares, como a eólica e a solar. O estado do Ceará é um dos produtores de energia eólica do país e recentemente tem se destacado na instalação de geração distribuída de solar fotovoltaica.

Em termos de infraestrutura, o estado do Ceará conta com o Complexo Industrial e Portuário do Pecém, composto por instalações portuárias, zona de livre comércio e uma zona industrial de aproximadamente 13 mil hectares. Em se tratando das instalações portuárias, o Porto do Pecém é um Terminal de Uso Privado – TUP, isto é, a exploração das atividades portuárias ocorre sob regime da iniciativa privada. No entanto, o controle acionário do Porto é compartilhado entre o Governo do estado do Ceará (70%) e o Porto

de Roterdã (30%), que está localizado na Holanda. O porto europeu ocupa posições na Diretoria Executiva, Conselho Fiscal e de Administração (COMPLEXO DO PECÉM, 2022).

A parceria com o Porto de Roterdã foi concretizada em 2018. Tendo a vista a localização do Complexo do Pecém, a parceria teve, inicialmente, por objetivo tornar o porto cearense um Hub importante no fluxo de comércio entre o Brasil e a Europa. Em se tratando do Hidrogênio Verde, a parceria prevê que o Complexo do Pecém atue como ponto de saída para o H2V produzido no Brasil para o mercado europeu, enquanto o Porto de Roterdã deve atuar como a porta de entrada do gás para Europa (URIBE, 2022).

O Porto de Roterdã está implementando um sistema, que deve entrar em operação em 2023, que combina a produção e o consumo de Hidrogênio Verde com infraestrutura. Os dutos para o transporte do Hidrogênio Verde devem ir até a Bélgica e Alemanha, para, então, distribuí-lo para os demais países da Europa. No caso do Complexo do Pecém, o plano para os próximos anos é a disponibilização de dois berços de amônia a ser exportada para a Europa. Também se prevê o consumo do Hidrogênio Verde pelas empresas já instaladas no complexo e por aquelas que vierem a se instalar na zona industrial do complexo (URIBE, 2022).

Além da infraestrutura e serviços de logística portuária, o Complexo do Pecém abriga outras atividades econômicas e industriais, que podem consumir o Hidrogênio Verde a ser produzido localmente (COMPLEXO DO PECÉM, 2022):

- Produção de energia, com duas termelétricas a carvão e duas termelétricas a gás;
- Produção equipamentos para energia eólica, com duas fábricas pás, com projetos de instalação de parques eólicos *offshore*;
- Produção de produtos metalúrgicos, com uma planta siderúrgica de placas de aço à uma planta de recuperação de materiais metálicos e uma planta de gases industriais; uma planta siderúrgica de laminados planos e longos de aço; e duas fábricas de tubos de aço sem costura;
- Produção de minerais não-metálicos, com duas fábricas de cimento e uma fábrica de pré-moldados de concreto;
- Produção de alimentos para animais (duas fábricas).



Em se tratando de produção de Hidrogênio Verde, por ora tem-se como planos efetivos de investimento já divulgados, a planta piloto a ser implantada pela EDP, conforme já mencionado. A usina de Hidrogênio Verde (Pecém H2V) é um projeto de Pesquisa & Desenvolvimento da Usina Termoelétrica Pecém, da própria EDP, instalada em São Gonçalo do Amarante (CE). O investimento de R\$ 41,9 milhões contempla uma usina solar com capacidade de 3MW e um módulo eletrolisador que terá capacidade de produzir 250 Nm<sup>3</sup>/h do gás. Esta unidade piloto vai permitir que um conjunto de questões da nova tecnologia sejam analisadas durante a operação da planta (EDP, 2021).

### *3.4.3 Sistema Regional de Inovação do Estado do Ceará*

A ideia de sistemas de inovação pressupõe que a inovação resulta de processos interativos de conhecimento e aprendizagem, do qual participam diversos atores: os que provêm e os que demandam conhecimentos e expertises; os que promovem a intermediação entre os diferentes atores; os que capacitam e formam recursos humanos; financiam o processo de inovação; introduzem a inovação no mercado etc.

Os sistemas de inovação podem ser nacionais, setoriais ou regionais. O sistema regional de inovação é entendido como um arranjo geograficamente definido, constituído por redes locais de troca de conhecimento, expertise e instituições que interagem com regularidade para estimular o processo inovativo de uma dada Região (LARANJA, UYARRA e FLANAGLAN, 2008).

O estado do Ceará possui um conjunto relevante de instituições que compõe o sistema regional de inovação. A Associação Brasileira de Startups (ABSTARTUPS) realizou um mapeamento de atores dos sistemas regionais de inovação do país, incluindo o de Fortaleza - CE, que está disponível *on-line* (ABSTARTUPS, 2022). O Mapa do Ecosistema de Inovação Cearense, uma plataforma colaborativa desenvolvida pela Universidade Federal do Ceará (UFC) também reúne informações sobre os componentes do sistema regional de inovação (UFC, 2021).

A partir das informações disponíveis em ambas as plataformas, é possível observar que o estado do Ceará conta com um conjunto relevante de universidades públicas, como a Universidade de Fortaleza (UNIFOR), a Universidade Estadual do Ceará (UECE), o Instituto Federal do Ceará (IFCE), de universidades privadas. Além de centros de

pesquisa, as universidades também abrigam parques tecnológicos, como o PARTEC da UFC e o TEC UNIFOR (Parque Tecnológico da Universidade de Fortaleza) e incubadoras tecnológicas. Há ainda escolas técnicas e uma presença relevante do Serviço Nacional de Aprendizagem (SENAI). No tocante ao financiamento das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), o Estado conta com a FUNCAP e os programas regionais de financiamento à inovação promovidos pelas agências federais, como FINEP e EMBRAPII (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial). O Estado ainda dispõe programas e incentivos para fomentar o empreendedorismo.

Contudo, vale observar que a presença efetiva de um sistema regional de inovação depende a interlocução e interação entre os atores locais. O estado do Ceará vem realizando um esforço significativo nesse sentido desde o início de 2015, quando foi criado o Conselho Temático de Inovação e Tecnologia (COINTEC), na FIEC. O Conselho tem como principal objetivo articular às demandas do setor produtivo local com as ações de pesquisa, desenvolvimento e capacitação realizadas pelos demais atores do sistema de inovação e de elaboração e aplicação das políticas locais de desenvolvimento. De acordo com o fundador do conselho, a adesão dos atores ao conselho demanda um esforço inicial de engajamento.

Atualmente o COINTEC é composto por cerca de 40 entidades/organizações, que se reúnem mensalmente para discutir pautas prioritárias: representantes do setor produtivo (os cinco maiores sindicatos de empresas do Estado fazem parte do conselho), as universidades, agências de fomento locais e o governo, além de SESI, SENAI, IEL (Instituto Euvaldo Lodi). O Conselho também conta com representantes das agendas federais de fomento (FIEC e EMBRAPII).

Dessa forma, constatou-se que há de fato uma rede de atores relacionados ao processo de inovação que se comunicam e interagem no estado do Ceará, a partir de uma estrutura de governança que fomenta e coordena esta interação. Ou seja, o setor produtivo tem um canal de acesso às universidades e seus recursos humanos e de infraestrutura. Ademais, com o Programa Cientista Chefe da FUNCAP, criou-se um meio de os pesquisadores se inserirem nos órgãos de governo para contribuir com possíveis

soluções de ciência e tecnologia também no âmbito das instâncias governamentais (FUNCAP, 2022).

Em se tratando do Hidrogênio Verde, a UFC é parte do grupo estratégico do Hub do Hidrogênio Verde e deve disponibilizar seus laboratórios de ensino e pesquisa, além do quadro funcional de docentes e pesquisadores que tenham expertises relacionadas ao H2V. No contexto deste projeto, foi realizada uma visita à UFC, na qual os professores envolvidos com temas relacionados ao Hidrogênio Verde apresentaram suas pesquisas e os laboratórios nos quais eles trabalham. Entre os grupos e laboratórios de pesquisa que vem trabalhando com temas relacionados ao Hidrogênio Verde estão o Grupo de Processamento de Energia e Controle (GPEC), o Laboratório de Hidrogênio e Máquinas Térmicas, o Grupo pesquisa em Separação por Absorção (GPSA), entre outros.

#### *3.4.4 Estrutura Produtiva do Estado do Ceará*

Em 2019, o PIB do estado do Ceará foi de R\$ 143,1 bilhões, o décimo segundo maior PIB do Brasil, enquanto o PIB industrial do Estado foi de R\$ 24,4 bilhões. A participação da indústria na composição do PIB do Estado ficou em 17,1 % e a participação da indústria cearense no PIB industrial nacional em apenas 1,8 %, tendo este percentual permanecido constante entre 2009 e 2019 (CNI, 2022).

Pela Tabela 3.3, é possível observar a participação dos setores no valor da transformação industrial das indústrias extrativas e de transformação no Ceará, além de um comparativo com a composição setorial da Região Nordeste e do país como um todo. No caso do estado do Ceará, os setores da construção (24,8%), serviços industriais de utilidade pública (22,6%), produção de alimentos (9,9%), produção de couros e calçados (9,2%) e metalurgia (5,3%) representam 71,8% da atividade industrial do Estado.

Esse balizamento é fundamental para analisar as possibilidades de inserção do estado do Ceará nas atividades relacionadas ao fornecimento de insumos, componentes e serviços para os projetos de produção de Hidrogênio Verde, na medida em que a composição setorial da indústria cearense pode condicionar o maior ou menor aproveitamento das oportunidades de inserção do Estado nessa cadeia produtiva emergente.

**Tabela 3.3** - Percentual do setor no Valor da Transformação Industrial das indústrias extrativas e de transformação

Setores	Ceará	Nordeste	Brasil
Construção	24,8%	24,2%	18,3%
Serviços Industriais de Utilidade Pública	22,6%	22,8%	13,9%
Alimentos	9,9%	8,5%	10,3%
Couros e calçados	9,2%	2,7%	1,0%
Metalurgia	5,3%	2,8%	3,3%
Vestuário	4,85%	1,4%	1,9%
Bebidas	3,0%	3,3%	1,9%
Químicos	2,6%	5,1%	4,8%
Máquinas e materiais elétricos	2,5%	1,2%	1,5%
Derivados de petróleo e biocombustíveis	2,5%	9,0%	7,9%
Têxteis	2,3%	1,1%	1,0%
Minerais não-metálicos	2,1%	1,9%	1,9%
Extração de minerais não-metálicos	1,7%	0,9%	0,5%
Produtos de metal	1,2%	1,1%	2,1%
Celulose e papel	1,0%	0,8%	0,8%
Manutenção e reparação	0,7%	0,8%	0,8%
Farmacêuticos	0,7%	0,4%	1,6%
Móveis	0,7%	0,5%	0,8%
Borracha e material plástico	0,6%	1,8%	2,2%
Veículos automotores	0,4%	3,2%	4,2%
Impressão e reprodução	0,4%	0,3%	0,4%
Informática, eletrônicos e ópticos	0,3%	0,2%	1,3%
Produtos diversos	0,2%	0,2%	0,8%
Madeira	0,1%	0,1%	0,7%
Outros equipamentos de transporte	0,1%	0,1%	0,5%
Extração de minerais metálicos	0,0%	1,1%	4,2%
Atividades de apoio à extração de minerais	0,0%	0,2%	0,7%
Fumo	0,0%	0,0%	0,3%
Extração de petróleo e gás Natural	-	1,9%	6,6%

**Fonte:** Adaptado pela Cognito Consultoria a partir de CNI (2022)

Ao se comparar a composição setorial da indústria cearense com a composição setorial da indústria brasileira, por exemplo, constata-se que os setores de construção civil, serviços de utilidade pública, metalurgia a couro e calçados têm um peso maior na economia do estado do Ceará do que na economia brasileira como um todo. Além disso, deve-se levar em consideração que a participação da indústria cearense no PIB industrial nacional é bastante reduzida.

Em relação ao porte das empresas, a maior parte do tecido industrial é composto por micro (70,9%) e pequenas empresas (22,9%) que detinham, respectivamente 10,2% e 21,3%, do emprego industrial. As médias empresas, que compõem 5% da estrutura produtiva local, eram responsáveis por 22,1% do emprego industrial e as grandes empresa, que respondem por apenas 1,2% da estrutura produtiva local, detém 46,4% do emprego industrial (CNI, 2022).

### 3.5 Considerações Finais

Este capítulo teve duas funções principais: (i) trazer informações de contexto sobre o Hidrogênio Verde e sua estrutura regulatória e produtiva; e (ii) trazer informações de ciência e tecnologia do estado do Ceará, para situar os principais objetos de estudo.

Sendo assim, foram apresentadas as possíveis rotas de produção do hidrogênio e as possíveis definições para Hidrogênio Verde disponíveis na literatura, considerando que ainda não há consenso sobre o que é Hidrogênio Verde. Os países da OCDE trabalham para estruturar um sistema de certificação com parâmetros que possibilitem a caracterização dos diferentes tipos de hidrogênio de baixo carbono. Nesse sentido, os tipos de fontes renováveis utilizados no processo de produção de hidrogênio e sua classificação como verde ou de baixo carbono ainda está aberto. Por ora, os projetos de Hidrogênio Verde em operação no mundo têm como fontes de energia renovável a eólica e a solar.

Também foram apresentados o conceito de cadeia de valor e as principais etapas da cadeia de valor do Hidrogênio Verde: produção, transformação, transporte e uso final. Desataca-se que as etapas da cadeia de valor possibilitam:

- i. vislumbrar a complexidade do processo para que o hidrogênio seja produzido e chegue definitivamente ao seu uso final;
- ii. entender por que o Hidrogênio Verde não é uma fonte de energia, mas um vetor energético com diferentes possibilidades de transformação, transporte e usos finais;

- iii. antever que a produção e transporte do Hidrogênio Verde no Brasil, em escala industrial, é um desafio de grande monta, considerando as demandas por equipamentos, serviços, infraestrutura e tecnologia;
- iv. situar a unidade de análise deste estudo, isto é, o processo de produção de hidrogênio verde e os insumos, equipamentos e serviços a ele relacionados. Não faz parte do escopo deste trabalho as etapas de transformação, transporte e uso final.

Outro aspecto abordado foi a distribuição dos projetos de Hidrogênio Verde pelo mundo (anunciados, em construção ou em operação) e no Brasil. A distribuição dos projetos indica os países que estão liderando tanto os investimentos em plantas de produção de Hidrogênio Verde quanto a corrida tecnológica e os investimentos em capacidade de produção de eletrolisadores (e outros equipamentos). A distribuição dos projetos também indica a posição atual do Brasil, que aparece como um local com alta disponibilidade de fontes renováveis de energia, mas ainda somente com algumas poucas iniciativas em escala piloto.

Por fim, foi colocada uma contextualização do projeto Hub do Hidrogênio Verde, considerando as instituições envolvidas no projeto, a evolução do marco regulatório, incluindo os incentivos já formalizados pelo estado, assim como os aspectos de infraestrutura e localização para delimitar as vantagens comparativas do estado do Ceará. Foi também colocada uma breve caracterização do sistema de inovação e da estrutura produtiva do Ceará, buscando demonstrar que, apesar das iniciativas do estado, a capacidade produtiva e de inovação têm limitações que podem condicionar as oportunidades de inserção das PME na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde em curto e médio prazo.

## 4 Oportunidades e Desafios para as PME Cearenses

O primeiro passo realizado para analisar as oportunidades de participação da indústria cearense – e da indústria brasileira como um todo – na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, foi a identificação dos insumos, componentes e serviços de uma planta de Hidrogênio Verde. Para o desenvolvimento da análise, optou-se por focar nos bens e serviços industriais que já têm similares disponíveis no mercado nacional; e que já são demandados por outros setores da indústria nacional que podem ou não ter interface com indústria do Hidrogênio Verde.

De acordo com a IRENA (2020), os *stacks* correspondem de 45 % (eletrolisador do tipo PEM) a 50 % (eletrolisador alcalino) dos custos de um sistema de produção de hidrogênio de 1 MW. Os outros 55 % ou 50 % dos custos são distribuídos entre os componentes e insumos que compõe os demais sistemas que fazem o balanço da planta: o suprimento de energia (50 % do total), a circulação da água desmineralizada (22 % do total restante), o processamento do hidrogênio (20 % do total restante) e o resfriamento (8 % do total restante).

O Brasil não produz *stacks* – o desenvolvimento de capacidade produtiva nacional para este componente demandaria uma estratégia nacional de desenvolvimento tecnológico e industrial bastante articulada a ser desenvolvida no médio e longo prazo. Contudo, o país possui empresas e capacidade produtiva instalada para boa parte dos insumos e equipamentos que compõem os demais sistemas que fazem o balanço da planta, além de capacidade em serviços de instalação, operação e manutenção (COGNITIO, 2022b).

Sendo assim, o recorte metodológico tem que, em primeiro lugar, demonstrar quais são as oportunidades de inserção do Brasil e do estado do Ceará na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde com as capacidades e competências existentes hoje no país. Em segundo lugar, porque foram observadas algumas tendências a partir do contexto atual da indústria de eletrolisadores no mundo que podem condicionar as oportunidades de atuação do Brasil na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde (COGNITIO, 2022b):

- i. a produção de eletrolisadores está concentrada principalmente em alguns países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), que são os mesmos que estão liderando a corrida tecnológica, em termos de registro de patentes e gastos com P&D. Isto indica que já há uma liderança tecnológica no desenvolvimento da cadeia produtiva do Hidrogênio Verde e que estes países devem dominar os segmentos da cadeia de maior intensidade tecnológica e de maior valor agregado, como é o caso dos *stacks*;
- ii. o conhecimento tecnológico e as expertises da tecnologia de produção de Hidrogênio Verde já estão relativamente desenvolvidas, especialmente em eletrolisadores, o que pode criar barreiras à entrada difíceis de superar no curto prazo. Ademais, essas barreiras devem ficar cada vez maiores nos próximos anos tendo em vista os esforços tecnológicos crescentes por parte dos países da OCDE – e também da China, que tem como estratégia inicial a produção de equipamentos menos complexos, a mesma utilizada no início da trajetória de desenvolvimento da indústria de equipamentos para geração eólica no país;
- iii. as empresas que produzem eletrolisadores atualmente já estão desenvolvendo suas próprias redes de fornecedores e devem manter-se assim até que a indústria esteja suficientemente madura e os produtos padronizados com qualidade certificada para serem comprados em grande escala. Dada às incertezas tecnológicas e os riscos elevados dos investimentos associados a um setor ainda em desenvolvimento, as integradoras de sistema precisam ter garantias no fornecimento de insumos e equipamentos, o que também gera barreiras à entrada.

**O segundo passo** para a realização da análise foi o estabelecimento de uma correspondência entre os insumos e componentes relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, e o código CNAE dos componentes e insumos demandados por uma planta de Hidrogênio Verde de acordo com a classe (cinco dígitos), que é o nível mais desagregado, conforme Quadro 4.1.

Vale a ressalva que cada CNAE – mesmo na sua forma mais desagregada em nível de classe – agrega um conjunto amplo de produtos e não somente o componente ou insumo demandado pela planta de Hidrogênio Verde. A atividade de fabricação de containers, por exemplo, é parte do CNAE 29.30-1 - Fabricação de cabines, carrocerias e reboques para veículos automotores. Todavia, essa amplitude acaba desvelando as



interfaces setoriais e as possibilidades de outros setores atuarem e fornecerem insumos e componentes para as plantas de Hidrogênio Verde.

**Quadro 4.1** - Correspondência entre componente/insumo da planta de Hidrogênio Verde e a Classificação Nacional de Atividades Produtivas em nível de classe (a 5 dígitos)

Componente / Insumo	CNAE (a 5 dígitos)	Descrição
Hidróxido de potássio (KOH)	20.11-8	Fabricação de cloro e álcalis
Nitrogênio	20.14-2	Fabricação de gases industriais
Catalisador de oxo	20.94-1	Fabricação de catalisadores
Filtros partículas, mangueiras	22.21-8	Fabricação de laminados planos e tubulares de material plástico
Tubulação hidráulica	22.23-4	Fabricação de tubos e acessórios de material plástico para uso na construção
Tubulação para gás	24.23-7	Produção de laminados longos de aço
Conexões para tubos	24.39-3	Produção de outros tubos de ferro e aço
Vasos de pressão para H <sub>2</sub> e O <sub>2</sub>	25.21-7	Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central
Placas eletrônicas	26.10-8	Fabricação de componentes eletrônicos
Indicadores pressão, indicadores de temperatura, medidores de corrente e tensão, medidor de alcalinidade, medidor de condutividade da água, detectores de hidrogênio, alarmes	26.51-5	Fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle
Retificador de corrente, transformadores	27.10-4	Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos
Conexões elétricas, chaves diversas, disjuntores	27.32-5	Fabricação de material elétrico para instalações em circuito de consumo
Cabos elétricos	27.33-3	Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados
Bombas hidráulicas	28.12-7	Fabricação de equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas
Válvulas para gases, válvulas hidráulicas	28.13-5	Fabricação de válvulas, registros e dispositivos semelhantes
Container	29.30-1	Fabricação de cabines, carrocerias e reboques para veículos automotores

**Fonte:** Elaborado pela Cognitio Consultoria

Tendo em vista as características da estrutura produtiva do estado do Ceará e do peso do setor de serviços na composição da economia cearense (ver seção [Estrutura produtiva do estado do Ceará](#)), também foram mapeados, além dos insumos e componentes, os serviços necessários para instalação e manutenção de uma planta de Hidrogênio Verde. O Quadro 4.2 lista os principais serviços que podem ser demandados, assim como os CNAE correspondentes a cada um deles.

**Quadro 4.2** - Correspondência entre os serviços demandados por uma planta de Hidrogênio Verde e a Classificação Nacional de Atividades Produtivas em nível de classe (a 5 dígitos): serviços industriais

Serviços	CNAE (a 5 dígitos)	Descrição
Reparos e pinturas de tanques	33.13-9	Manutenção e reparação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras, exceto para veículos
Reparos em medidores, cabos e conectores elétricos	33.14-7	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos elétricos
Reparos em válvulas e outros equipamentos mecânicos da planta	33.21-0	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos da indústria mecânica
Instalação de tanques de combustíveis em superfícies abertas; Instalação de equipamentos de medidas e controle; Instalação de tubulação para gases, incluindo válvulas e medidores	33.21-0	Instalação de máquinas e equipamentos industriais
Construção de sistema de escoamento de água pluviais, água e esgoto	42.22-7	Construção de redes de abastecimento de água, coleta de esgoto e construções correlatas
Serviços de instalação/manutenção da parte elétrica; Instalação de sistema de aterramento elétrico; Instalação de conexões elétricas e hidráulicas	43.21-5	Instalações elétricas
Instalação de sistemas de refrigeração	43.22-3	Instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração
Bases para sustentação de equipamentos pesados	43.91-6	Obras de fundações
Serviços de arquitetura e engenharia	71.11-1	Serviços de arquitetura
	71.12-0	Serviços de engenharia
	71.19-7	Atividades técnicas relacionadas à arquitetura e engenharia

**Fonte:** Elaborado pela Cognito Consultoria

Os serviços industriais são aqueles que têm maior relevância nas compras das empresas para a realização da sua produção, representando em torno de 80% das compras de serviços pela indústria no período de 2007-2014 (ABDI, 2022). Os serviços podem ser categorizados em quatro grupos principais: os serviços de valor, os serviços de custo, os serviços tradicionais e os serviços prestados às famílias, sendo os dois primeiros de uso predominante pelo setor industrial e os dois últimos prestados principalmente às famílias.

Segundo a classificação da Fundação Getúlio Vargas (FGV), os serviços de valor incluem os serviços de eletricidade, gás e outras utilidades, intermediação financeira, arquitetura e engenharia, serviços jurídicos, pesquisa e desenvolvimento, manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos, entre outros. Já os serviços de custo incluem serviços de transporte, armazenamento, serviços administrativos, serviços de vigilância, entre outros (ABDI, 2022).

Os serviços de valor têm como característica principal o fato de serem desenhados para atender às demandas específicas das empresas. Esses serviços dependem da incorporação de conhecimento para a sua realização, de modo que os recursos humanos apresentam maior produtividade do que aqueles utilizados para a produção de serviços de custo. Os serviços de valor podem estar presentes tanto nas atividades meio (de apoio à produção), como nas atividades fim da empresa (ABDI, 2022).

Pelo Quadro 4.2, pode-se observar que predominam os serviços de valor. Optou-se por ressaltar este tipo de serviço porque eles são especializados, requerem competências específicas – a depender da atividade industrial; e no geral apresentam um maior valor adicionado do que os serviços de custo. Considerando o total dos serviços adquiridos pelas empresas, os serviços de custo representaram aproximadamente 61% do total de R\$ 700,1 bilhões gastos em 2014 (ABDI, 2022).

A análise das capacidades para a produção de bens e serviços industriais relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde tem, como ponto de partida, os CNAE correspondentes descritos nas tabelas anteriores.

A análise das capacidades para produção de bens e prestação de serviços industriais, apresentada a seguir, é feita a partir de duas perspectivas complementares:

- i. uma que tem como base os dados da RAIS e visa fornecer evidências de caráter mais geral sobre a dinâmica industrial nos CNAE selecionados, considerando os dados da RAIS e as entrevistas realizadas com executivos das áreas do Hidrogênio Verde e Cinza;
- ii. outra que tem o papel de trazer evidências mais específicas sobre as empresas cearenses, que foram coletadas por meio de questionários *on-line* (ver seção [Desenvolvimento do Estudo](#)).

## 4.1 Capacidade de Produção Industrial e de Serviços

### 4.1.1 *Estabelecimentos e Interfaces Setoriais na Indústria*

Uma forma de qualificar o potencial da indústria cearense de atuar na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde é analisando as interfaces setoriais dos segmentos relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, uma vez as competências da indústria local, assim como os seus gargalos e as suas fragilidades, foram historicamente construídos. Ao analisar essas interfaces, é possível observar se há empresas atuando nos setores relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde no estado do Ceará, atendendo a demanda de outras atividades econômicas.

Nesse sentido, cabe atentar para a extensão territorial do Brasil e também para o padrão de distribuição das atividades econômicas e produtivas pelo país. Na Tabela 6.1 da seção [Anexos](#), pode-se observar que os segmentos relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde seguem o mesmo padrão de distribuição da capacidade industrial do país: a Região Sudeste concentra pelo menos 50% dos estabelecimentos industriais em quase todos os CNAE selecionados, seguida pela Região Sul com aproximadamente 20%.

A Região Nordeste, onde se localiza o estado do Ceará, objeto final deste estudo, tem menos de 10% estabelecimentos na maioria dos CNAE correspondentes, conforme pode ser observado na Tabela 6.1 da seção [Anexos](#). A exceção fica por conta da atividade de fabricação de cloro e álcalis (CNAE 20.11-8), que tem 33% dos estabelecimentos

industriais localizados na Região Nordeste. A fabricação de gases industriais (CNAE 20.14-2), a fabricação de tubos e acessórios de material plástico para uso na construção (CNAE 22.23-4) e a metalurgia do alumínio e suas ligas (CNAE 24.41-5) também se destacam com 18, 19 e 15% dos estabelecimentos, respectivamente.

Boa parte dos setores relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde tem relação com os segmentos industriais que compõe o complexo metalmeccânico; são eles: metalurgia, fabricação de produtos de metal, fabricação de máquinas e equipamentos, fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias e fabricação de outros equipamentos de transporte. Em 2018, as regiões Norte e Nordeste participaram com apenas 12% no valor da transformação industrial do complexo do país, enquanto as Regiões Sul e Sudeste concentraram aproximadamente 86% desse valor – apesar do crescimento relevante apresentado por essas regiões nesse complexo entre os anos de 2014-2018.

No caso do estado do Ceará, o complexo metal mecânico foi responsável, em 2018, por 19 % do valor da indústria de transformação local, gerado por 9 % das empresas e possuindo 15% das unidades produtivas do Estado (IPECE, 2022). Ou seja, há competências no setor metalmeccânico no Estado que podem aplicados e aprimorados para criar oportunidades de inserção na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde.

A Tabela **4.1** apresenta a quantidade de estabelecimentos industriais formais para os CNAE correspondentes à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde disponíveis no estado do Ceará em 2019. Ao se analisar os dados de forma agregada em comparação com o Brasil, constata-se que a baixa disponibilidade de estabelecimentos industriais com interfaces setoriais com a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde reflete as características da estrutura produtiva da indústria cearenses. Nesse caso, cabe lembrar que a participação a indústria cearense no PIB (Produto Interno Bruto) em 2019, ano-base dos dados apresentados foi de menos de 2%. E, de acordo com CNI (2022), havia 13.623 empresas industriais em 2020 no estado do Ceará, o que representa 2,9% do total de empresas que atuam no setor industrial no Brasil (ver seção [Estrutura Produtiva do estado do Ceará](#)).

**Tabela 4.1 - Bens industriais: estabelecimentos industriais formais disponíveis por CNAE e porte por número de empregados - 2019**

CNAE (5 dígitos)	Descrição	Micro		Pequena		Média		Grande		Total		CE /BR
		Até 19	em %	De 20 a 99	em %	De 100 a 499	em %	Acima de 500	em %	CE	BR	em %
20.11-8	Fabricação de cloro e álcalis	2	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	27	7,4
20.14-2	Fabricação de gases industriais	4	66,7	2	33,3	0	0,0	0	0,0	6	214	2,8
20.94-1	Fabricação de catalisadores	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	8	0,0
22.21-8	Fabricação de laminados planos e tubulares de material plástico	5	83,3	1	16,7	0	0,0	0	0,0	6	497	1,2
22.23-4	Fabricação de tubos e acessórios de material plástico para uso na construção	7	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	7	265	2,6
24.23-7	Produção de laminados longos de aço	0	0,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	99	1,0
24.39-3	Produção de outros tubos de ferro e aço	2	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	91	2,2
24.41-5	Metalurgia do alumínio e suas ligas	26	86,7	4	13,3	0	0,0	0	0,0	30	406	7,4
25.21-7	Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central	7	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	7	460	1,5
26.10-8	Fabricação de componentes eletrônicos	3	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	794	0,4
26.51-5	Fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	895	0,1
27.10-4	Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos	9	75,0	0	0,0	2	16,7	1	8,3	13	591	2,0
27.32-5	Fabricação de material elétrico para instalações em circuito de consumo	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	258	0,4
27.33-3	Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados	2	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	373	0,5
28.12-7	Fabricação de equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas	6	66,7	3	33,3	0	0,0	0	0,0	9	441	2,0
28.13-5	Fabricação de válvulas, registros e dispositivos semelhantes	2	66,7	0	0,0	1	33,3	0	0,0	3	395	0,8
29.30-1	Fabricação de cabines, carrocerias e reboques para veículos automotores	26	86,7	4	13,3	0	0,0	0	0,0	30	1.507	2,0

Fonte: adaptado pela Cognitio Consultoria a partir de RAIS (2019)

Com exceção das atividades de fabricação de cloro álcalis (CNAE 20.11-8) e metalurgia do alumínio e suas ligas (24.41-5), a participação do estado do Ceará no total de estabelecimentos disponíveis do Brasil em 2019 ficou próximo ou abaixo de 2%. O porte das empresas<sup>3</sup> relacionadas à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde também reflete a composição da estrutura produtiva do estado do Ceará, no qual predominam as microempresas (ver Seção [Estrutura Produtiva do Estado do Ceará](#)).

O setor de metalurgia tem um peso relevante na economia cearense, participando com 5,3% do valor da transformação industrial das indústrias de transformação e extrativa do Estado (Tabela 4.1). É importante destacar que o setor de metalurgia evoluiu de forma significativa no Estado a partir de 2016, depois do início das operações da Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP)<sup>4</sup>. A CSP é a primeira usina integrada do Nordeste e está instalada dentro da ZPE do Complexo Pecém. A produção usina está voltada para produtos laminados do aço para a indústria naval, de óleo e gás, automotiva e de construção civil (IPECE, 2022).

A atividade de produção de laminados longos (CNAE 24.23-7) engloba a produção de tubos sem costura, que é o tipo de tubo demandado pelas plantas de produção de Hidrogênio Verde, dado que o gás pode escapar pelas emendas. A produção de tubos sem costura é uma atividade intensiva em capital e bastante especializada. Os tubos de aço sem costura têm um processo de fabricação mais sofisticado do que os tubos com costura porque é feito a partir de um material sem emendas, de modo que possa ser utilizado para canalizar fluidos que estejam sob pressão, como os gases industriais, por exemplo.

Atualmente há uma única empresa produzindo tubos sem costura no Brasil a partir da sua unidade industrial localizada no Estado de Minas Gerais, a Vallourec Soluções Tubulares do Brasil, de origem francesa, que iniciou suas operações no Brasil em 2011.

---

<sup>3</sup> O levantamento da RAIS é feito em nível de estabelecimento formal, ou seja, cada unidade da empresa que tem um endereço distinto é considerada como um estabelecimento. Já o tamanho do estabelecimento é determinado pelo número de empregos nele existente em 31 de dezembro do ano-base (RAIS). Sendo assim, vale a ressalva que uma grande empresa que têm vários estabelecimentos pode ser contabilizada como pequena ou média empresa em virtude do tamanho de cada estabelecimento.

<sup>4</sup> CSP, recentemente adquirida pela Arcelor Mittal, foi constituída inicialmente como uma joint venture formada pela Vale (50% de participação), a Donguk (30%), a mineradora sul-coreana Dongkuk (30%) e a Posco (20%), que é uma grande compradora mundial de placas de aço-bruto.

Nesse caso, as possibilidades para atuação das PME cearenses são praticamente inexistentes em função da estrutura concentrada da indústria de tubos sem costura, mas CSP poderia avaliar a oportunidade de atuar neste segmento.

Já no caso das conexões para tubos para aço inox (CNAE 24.39-3 Produção de outros tubos de ferro), que também são demandados pelas plantas de produção de Hidrogênio Verde, pode haver oportunidades de atuação para as PME cearense no curto prazo e médio prazo. A atividade de produção de tubos e conexões tem uma estrutura produtiva mais segmentada e diversificada do que os de laminados longos que não necessariamente requerem elevados investimentos em capital.

A atividade de fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras (CNAE 25.21-7), compreende o segmento de caldeiraria pesada, no qual se incluem os vasos de pressão, os quais são equipamentos demandados pelas plantas de produção de Hidrogênio Verde. Essa atividade, apesar de depender dos insumos da indústria siderúrgica, também tem uma estrutura segmentada e diversificada, já que as empresas atuam sob encomenda e têm especialização distinta em diferentes linhas de produtos. De acordo com os dados da RAIS, o estado do Ceará tinha somente sete microempresas atuando no CNAE 25.21-7 em 2019.

Contudo, a atividade de produção de vasos de pressão tem encadeamentos com a metalurgia, que é um setor com presença significativa na estrutura produtiva do Estado. E, como é um segmento que atua sob encomenda e cuja competitividade não depende de economias de escala, é possível que haja oportunidades de atuação para as PME cearenses que se qualificarem no médio prazo.

Outro setor que tem encadeamentos produtivos e de capacidades com o setor metalúrgico, mais especificamente com a produção de estruturas metálicas, é a atividade de fabricação de containers (CNAE 20.30-1). No caso dos containers de aço, a matéria-prima são as chapas de aço, que são laminados planos produzidos pela indústria siderúrgica. O processo de fabricação e montagem dos containers é amplamente conhecido e dominado há décadas. Todavia é um setor muito intensivo em escala e que requer investimentos de grande monta. Atualmente 85% dos containers são fabricados na China (CHANGE, 2022).



O Brasil tem algumas poucas fabricantes locais de contêineres, mas a maioria dos produtos utilizados pela indústria local é importada. Existe a possibilidade de se fabricar containers em escalas menores se houver matéria-prima disponível localmente a preços competitivos. Dada a presença da CSP no Complexo do Pecém e a disponibilidade de infraestrutura logística para exportação, há vantagens comparativas locais que podem possibilitar a fabricação de contêineres no Estado.

Na correspondência entre os equipamentos e insumos da cadeia produtiva do Hidrogênio Verde e os seus respectivos CNAE, há três segmentos da indústria química (CNAE 20.11-8, 20.14-2, 20.94-1) de base inorgânica. Os produtos inorgânicos têm como base as substâncias de origem mineral que não apresentam cadeia de carbono em sua estrutura de origem. Este é caso do hidróxido de potássio (KOH), um subproduto do cloro e álcalis (CNAE 20.11-8), que é utilizado em eletrolisadores alcalinos, do nitrogênio, que é um gás industrial (CNAE 20.14-2) e do catalisador de oxo (CNAE 20.94-1), que é um catalisador em suporte.

O cloro e álcalis e os gases industriais são commodities, geralmente fabricados em grandes quantidades em plantas que requerem elevada intensidade de capital e que utilizam processos contínuos. Já os catalisadores são intermediários industriais produzidos pela indústria de química fina a partir de certas especificações e podem ser produzidos em escalas produtivas menores (PEREIRA, SILVA, 2019). O Ceará tem duas microempresas produzindo cloro e álcalis, que fornecem o produto para a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) conforme identificado por meio do mapeamento de empresas cearenses por CNAE (ver seção Metodologia do Estudo). Todavia, não há fabricantes de hidróxido de potássio, que é um subproduto do cloro e álcalis, mas que tem um processo de fabricação específico.

Recentemente, o estado do Ceará tem realizado um esforço para desenvolver um polo ou cluster de empresas do setor químico município de Guaiúba, na Região Metropolitana de Fortaleza. Trata-se de um empreendimento conduzido pelo Sindicato das Indústrias Químicas do Ceará (Sindiquímica), em resposta às barreiras à expansão das unidades produtivas colocadas pelo crescimento urbano de Fortaleza (FIEC, 2021). Caso os eletrolisadores a serem utilizados pelas empresas âncoras sejam do tipo alcalino e

haja de fato demanda por hidróxido de potássio (KOH), o Estado pode traçar uma estratégia para incluir um fabricante deste insumo no polo industrial que está sendo desenvolvido, no médio prazo, uma vez que o processo produtivo não requer elevados investimentos em capital.

Em se tratando do nitrogênio, há duas grandes empresas de gases industriais (CNAE 20.14-2) que têm plantas produtivas no Ceará, a White Martins e a Messer, que podem fornecer nitrogênio demandado pelas plantas de produção de Hidrogênio Verde. Ao mesmo tempo que a presença dessas empresas representa uma vantagem econômica para o Estado, isso também implica que as oportunidades para pequenas e médias empresas cearenses podem ser reduzidas, já que se trata de uma *commoditie* a ser produzida em larga escala e cuja competição deverá ocorrer por meio de preço.

Outra atividade industrial que conta com médias e grandes empresas instaladas no Estado, além do setor de gases industriais, é a fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos (CNAE 27.10-4). O estado do Ceará tem uma grande empresa produzindo aerogeradores localmente, a Vestas. Além disso, há uma filial da francesa Schneider Electric e a CEMEC, uma empresa cearense, que fornecem transformadores, entre outros equipamentos para o setor elétrico. Os transformadores de alta tensão e alta corrente são os componentes demandados na planta de Hidrogênio Verde.

Assim como os motores e geradores, os transformadores também são baseados em tecnologias maduras. Todavia, os sistemas elétricos são geralmente desenhados conforme a necessidade do cliente, sendo vendidos como soluções fechadas pelos integradores de sistema; e os grandes fabricantes de transformadores participam dessas soluções como fornecedores. As entrevistas com as empresas âncoras acrescentaram evidências neste sentido: os projetos de produção de Hidrogênio Verde que estão sendo desenvolvidos na Europa já têm os principais componentes embarcados nos subsistemas. As oportunidades às PME cearenses nesse caso, no curto e médio prazo, podem ficar limitadas pela dinâmica da indústria de equipamentos elétricos que já tem uma relação consolidada com sua rede de fornecedores. No entanto, ao longo do tempo, quando a tecnologia se consolidar pode haver oportunidades de inserção na cadeia para novas empresas.

Outro setor que tem encadeamentos com a indústria química é o setor de tubos, conexões e acessórios de PVC (Policloreto de Vinila) (CNAE 22.21-8 e 22.23-4). O setor de tubos e conexões é um setor maduro e de baixa intensidade tecnológica, no qual a competitividade está relacionada a uma combinação de preço e do cumprimento das especificações técnicas advindas da normatização derivada da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), principalmente quando se trata de clientes industriais e de grandes compradores dos setores de construção civil e de saneamento básico. Esse também é o caso do setor de materiais elétricos (CNAE 27.32-5 e 27.33-3). Dada à pluralidade de dispositivos e materiais e à possibilidade de operar com diferentes níveis de qualidade, certificação e padronização. Por não ser intensivo em capital, é um setor com poucas barreiras à entrada e há vários segmentos nos quais é economicamente viável trabalhar com pequenas linhas produtivas.

Tanto no setor de tubos e conexões de PVC quanto no setor de materiais elétricos, há oportunidades para as PME cearenses de fornecimento para as plantas de produção e Hidrogênio Verde no curto e médio prazo – desde que as empresas locais sejam capazes de atender as exigências de normatização e qualidade impostas pelos desenvolvedores dos projetos. No caso do Brasil em geral, muitas empresas do setor ainda operam com padrões tecnicamente inferiores aos estabelecidos.

Há alguns setores, como de placas eletrônica, que é parte do CNAE 26.10-8 Fabricação de componentes eletrônicos, em que os gargalos na oferta e a baixa disponibilidade de estabelecimentos produzindo esses bens é decorrente de gargalos na indústria nacional; não sendo uma condição específica da estrutura produtiva cearense.

Esse também é caso bombas (CNAE 28.12-7) e das válvulas industriais (CNAE 28.13-5) que são instrumentos centrais para todas as indústrias que precisam controlar processos de fluxos contínuos, que é o caso da produção de Hidrogênio Verde. A indústria brasileira não tem capacidade produtiva local suficiente para suprir toda a demanda por válvulas e bombas específicas ao processo de produção de hidrogênio, como ressaltado nas entrevistas com as empresas que produzem Hidrogênio Cinza no país. Atualmente, as válvulas de segurança, válvulas de processo, as válvulas que precisam de usinagem

de precisão e outros tipos de válvulas que utilizam controladores lógicos programáveis são todas importadas pela Air Liquid.

O estado do Ceará tem algumas empresas de pequeno porte que fabricam bombas hidráulicas, principalmente para uso doméstico, e uma empresa de médio porte, que fabrica soluções para medições de água para uso doméstico e industrial. Embora haja alguma presença de capacidade produtiva local para bombas hidráulicas, as possibilidades de fornecimento de bombas e válvulas industriais pela indústria cearense para as plantas de hidrogênio, em curto prazo e em médio prazo, podem ser bastante restritas por dois principais fatores: o fato que esses produtos podem vir embarcados em sistemas, como já vem ocorrendo na indústria do petróleo, e pelas transformações recentes da indústria.

Tradicionalmente, o aprendizado e a capacitação tecnológica dos setores de válvulas e bombas industriais são puxados pelas necessidades dos clientes. A consolidação da indústria 4.0 vem criando a necessidade de válvulas automatizadas e bombas inteligentes com mais tecnologia embarcada, alterando a dinâmica de funcionamento do setor. Essas mudanças vêm criando demandas tecnológicas e, por consequência, elevando as barreiras à entrada de novos fabricantes, principalmente nos segmentos com maior nível de exigência técnica (CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO, 2017).

No caso da fabricação de catalisadores (20.94-1), a inexistência de fornecedores para atender a demanda nacional também não é um fato restrito ao estado do Ceará. É um setor intensivo em conhecimento e o mercado brasileiro atual não possui um tamanho considerável para atrair fabricantes de catalisadores, mas já apresentou no passado capacidades produtivas e tecnológicas locais mais significativas do que aquelas que existem atualmente no país. Nesse caso, as oportunidades para as PME cearenses produzirem catalisador de oxo são bastante limitadas porque é necessário que se desenvolva, primeiro, competências e capacidades para a produção deste catalisador específico.

### *4.1.2 Estabelecimentos e Interfaces Setoriais nos Serviços*

Os serviços industriais relacionados à instalação, manutenção e operação de uma planta de Hidrogênio Verde já são demandados por outros setores da indústria de transformação brasileira há décadas. As capacidades locais de prestação desse tipo de serviço vêm sendo desenvolvidas de forma complementar as indústrias de base, como a siderúrgica e de petróleo e gás, aos setores de infraestrutura, como o setor elétrico e de saneamento básico, e aos setores que fornecem e demandam equipamentos para uso industrial.

Esse é um setor cuja competitividade depende da disponibilidade, especialização e produtividade da mão de obra. O setor de manutenção, instalação e conserto de máquinas e equipamentos, por exemplo, é o que possui o maior percentual de profissionais com ensino médio completo (quase 71 %). A inovação e o aprendizado estão intrinsecamente relacionados às demandas do comprador ou usuário do serviço e, em alguns segmentos específicos, os investimentos em máquinas e equipamentos podem ser bastante relevantes. Além disso, é um setor com encadeamentos locais relevantes, já que requer ainda a presença da mão de obra especializada prestando o serviço. O avanço da indústria 4.0 e da automação crescente das atividades de instalação, manutenção e instalação, o fator localização pode se alterar ao longo do tempo.

Os segmentos de serviços industriais relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde no Ceará são compostos de forma bastante predominante por microempresas assim como os segmentos de bens industriais (ver Tabela 4.2 a seguir). Nesse caso, trata-se de uma característica do setor de serviços industriais do país como um todo, que, de forma geral, é bastante heterogêneo e segmentado, que tem uma participação predominante das microempresas, mas também a presença de médias e grandes empresas em alguns segmentos específicos.

Por meio da Tabela 6.1 da seção [Anexos](#), é possível constatar que as microempresas compõem mais de 80% dos estabelecimentos disponíveis nos CNAE relacionados aos serviços industriais relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde no Brasil. Porém, há segmentos nos quais se constata uma presença significativa de médias e

grandes empresas, como é o caso setor de serviços de engenharia (CNAE 71.12-0), o de instalações elétricas (CNAE 43.21-5) e o de instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração (CNAE 43.22-3) e o de Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos da indústria mecânica (CNAE 33.14-7).

Em algumas situações, as atividades de instalação e manutenção são um dos vários segmentos de atuação de uma grande ou média empresa, que também oferece serviços acoplados ou não ao produto ofertado. Este é o caso, por exemplo, do segmento de bombas e válvulas industriais, cujos serviços de operação e manutenção são vistos como vantagens competitivas do setor.

Pela Tabela **4.2**, a seguir, pode-se observar que boa parte dos serviços industriais demandados na instalação e operação das plantas de produção de Hidrogênio Verde pertencem aos segmentos de manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos (CNAE 33.12-2, 33.13-9, 33.14-7, 33.21-0), que é uma atividade classificada como parte da indústria de transformação. Esse é um serviço realizado por unidades especializadas, normalmente sob contrato, que é extremamente estratégico para as indústrias porque contribui para uma maior eficiência dos bens de capital. Em 2019, esse setor contribuiu com 2,2% do PIB industrial do país (CNI, 2022).

Assim como no caso dos bens industriais, a participação do Ceará no total de estabelecimentos de serviços industriais disponíveis no Brasil fica próximo de 2% para todos os segmentos, com exceção dos segmentos de manutenção e reparação de equipamentos elétricos (CNAE 33.13-9) e construção de redes de abastecimento de água, coleta de esgoto e construções correlatas (CNAE 42.22-7).

A presença mais significativa de estabelecimentos nos segmentos de manutenção e reparação de equipamentos elétricos no estado do Ceará está diretamente relacionada com o desenvolvimento do setor de energia eólica e, mais recentemente, também do setor de energia solar. Desde que o Estado passou a ser um Hub de geração de energia eólica, a demanda por atividades de operação e manutenção de equipamentos elétricos cresceu no Estado, criando oportunidades e atraindo empresas já consolidadas. A WEG inaugurou recentemente um centro de operação e manutenção de aerogeradores na

cidade de Aracati, no Ceará. A Nordex Energy, fabricante de turbinas eólicas, também tem uma unidade de manutenção e máquinas e equipamentos no Ceará.

Além disso, há um conjunto significativo de PME cearenses atuando no segmento de instalações elétricas (CNAE 43.21-5), como revelado pelo mapeamento por CNAE realizado em parceria com a FIEC (ver seção [Metodologia do Estudo](#)). A atuação dessas empresas pode ser bastante transversal, mas também tem encadeamentos tanto com o setor de energias renováveis, quando com o setor de construção do estado do Ceará.

Cabe lembrar que o setor de construção tem uma participação bastante relevante no valor da transformação industrial da economia cearense (ver seção [Estrutura Produtiva do Estado do Ceará](#)), o que reflete também na disponibilidade de empresas que prestam serviços relacionados ao setor de construção – incluindo as obras de fundações (CNAE 46.91-6) também necessárias para a instalação da planta de Hidrogênio Verde. O setor de construção tem encadeamentos significativos com o segmento de serviços engenharia, especialmente a engenharia civil e o desenvolvimento de estruturas metálicas. Os encadeamentos com o setor metalúrgico e a presença da Siderúrgica do Pecém também reflete na presença.

Porém, também por meio do mapeamento das PME cearenses foi possível observar que há um conjunto bastante relevante de empresas atuando em áreas diversas da engenharia, para além dos serviços relacionados à construção. Foram identificadas, por exemplo, empresas atuando em projetos de energia solar, eficiência energética e soluções ambientais. Com parte das atividades dos projetos, foram realizadas visitas técnicas em algumas dessas empresas (conforme [Quadro 6.2](#) sobre visitas técnicas na seção Anexos), quando foi possível constatar que essas empresas têm competências para prestar serviços para fornecedores com níveis elevados de exigência técnica.

Nesse sentido, é evidente que o Estado pode se beneficiar da contratação local da maior parte dos serviços demandados pelas empresas responsáveis pela instalação das plantas de Hidrogênio Verde; e que as oportunidades mais imediatas de inserção do Estado na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde são por meio da prestação de serviços profissionais e consultoria.

**Tabela 4.2 - Serviços industriais: estabelecimentos industriais formais disponíveis por CNAE e porte por número de empregados - 2019**

CNAE (5 dígitos)	Descrição	Micro		Pequena		Média		Grande		Total		CE / BR
		Até 19	em %	De 20 a 99	em %	De 100 a 499	em %	Acima de 500	em %	CE	BR	em %
33.11-2	Manutenção e reparação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras, exceto para veículos	10	71,4	3	21,4	1	7,1	0	0	14	720	1,9
33.13-9	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos elétricos	67	88,2	8	10,5	1	1,3	0	0	76	2.418	3,1
33.14-7	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos da indústria mecânica	208	87	30	12,6	1	0,4	0	0	239	11.583	2,1
33.21-0	Instalação de máquinas e equipamentos industriais	31	86,1	4	11,1	1	2,8	0	0	36	3.124	1,2
42.22-7	Construção de redes de abastecimento de água, coleta de esgoto e construções correlatas	73	83	13	14,8	2	2,3	0	0	88	1.869	4,7
43.21-5	Instalações elétricas	282	91,9	18	5,9	6	2	1	0,3	307	14.943	2,1
43.22-3	Instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração	180	92,8	13	6,7	1	0,5	0	0	194	9.237	2,1
43.91-6	Obras de fundações	39	95,1	2	4,9	0	0	0	0	41	1.999	2,1
71.11-1	Serviços de arquitetura	65	98,5	1	1,5	0	0	0	0	66	2.834	2,3
71.12-0	Serviços de engenharia	307	88,5	33	9,5	7	2	0	0	347	15.573	2,2
71.19-7	Atividades técnicas relacionadas à arquitetura e engenharia	81	95,3	4	4,7	0	0	0	0	85	4.478	1,9

Fonte: adaptado pela Cognito Consultoria a partir de RAIS (2019)



### 4.1.3 Pesquisa Estruturada com PME Cearenses

Previamente à análise dos resultados da pesquisa com PME de base industrial e de prestação de serviços do estado do Ceará, serão apresentados alguns dados gerais para o conjunto das PME cearenses que atuam em CNAE com potencial inserção na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde.

#### 4.1.3.1 Do Contexto da Pesquisa

Como mencionado previamente a base de dados inicialmente fornecida pela FIEC, com base nos CNAE indicados a priori pela Cognitio, tinha 227 pequenas e médias empresas<sup>5</sup>. Ajustes efetuados posteriormente, com a retirada<sup>6</sup> de CNAE não associadas com plantas de produção de Hidrogênio Verde, o universo de PME foi reduzido para 189 empresas. Na Tabela 4.3 apresenta-se a distribuição geral do porte das PME cearenses por atividade.

**Tabela 4.3** - Distribuição de PME por atividade produtiva: fabricação e serviços

Atividade	Pequena	Média	Total	%
Fabricação	14	17	31	16%
Serviços	83	75	158	84%
<b>Total Geral</b>	<b>97</b>	<b>92</b>	<b>189</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** elaborado pela Cognitio Consultoria

Observa-se que, do conjunto de empresas em termos de porte, há uma divisão de quase 50/50 entre PME, mas a grande maioria, mais de 84%, é constituída por empresas que atuam na prestação de serviços. A lista completa das classes utilizadas e a distribuição por porte das empresas pode ser vista na [Tabela 6.5](#), na seção Anexos.

A partir da [Tabela 6.5](#), seção Anexos, observa-se que 70% do total das 189 empresas está associado com atividades de prestação de serviços, existindo mais de dez empresas em apenas cinco CNAE associados, tais como:

<sup>5</sup> Algumas grandes empresas também foram incluídas na amostra, sem prejuízo da análise.

<sup>6</sup> Fabricação de produtos químicos não especificados anteriormente - 20991; Fabricação de artefatos de material plástico não especificados anteriormente - 22293; Fabricação de máquinas e equipamentos para uso industrial específico não especificados anteriormente - 28691; e, Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos - 32507

- i. serviços de engenharia;
- ii. instalações elétricas;
- iii. manutenção e reparação de máquinas e equipamentos da indústria mecânica;
- iv. serviços de arquitetura; e,
- v. instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração.

Do ponto de vista da localização, a Tabela 4.4, a seguir, apresenta a distribuição por município das PME do estado do Ceará com potencial de fornecimento de bens e serviços para plantas de Hidrogênio Verde, bem como a distância destes municípios em relação à Fortaleza. O papel de Fortaleza, como capital do Estado e metrópole nacional, reflete sua importância estratégica em termos políticos, sociais e econômicos para o estado do Ceará, exercendo forte influência também do ponto de vista produtivo, como também é possível observar nessa tabela.

Do total das 189 PME de bens e serviços com potencial para fornecimento em plantas de produção de Hidrogênio Verde, quase 90% desse total está localizado num raio de até 60 km da cidade de Fortaleza, a qual concentra 69% das empresas. Os outros 18% do total de PME estão distribuídos em outras nove (9) cidades, a saber: Caucaia, Maracanaú, Eusébio, Aquiraz, Pacatuba, Itaitinga, Horizonte, Pacajus e São Gonçalo do Amarante.

Do ponto de vista da fabricação de bens, de um total de 31 PME, quase 81% das empresas estão localizadas num raio de até 60 km da cidade de Fortaleza, a qual concentra quase 39% desse total. Os outros 42% dessas PME de fabricação de bens estão distribuídos em outras seis (6) cidades: Caucaia, Maracanaú, Eusébio, Pacatuba, Itaitinga e São Gonçalo do Amarante.

Sob a perspectiva da prestação de serviços, de um total de 158 PME, mais de 88% das empresas estão localizadas num raio de até 60 km da cidade de Fortaleza, a qual concentra mais de 75% desse total. Os outros 13% dessas PME de serviços estão distribuídos em outras sete (7) cidades: Caucaia, Maracanaú, Eusébio, Aquiraz, Horizonte, Pacajus e São Gonçalo do Amarante.

**Tabela 4.4** - Número de PME por município do estado do Ceará e a distância em relação à Fortaleza

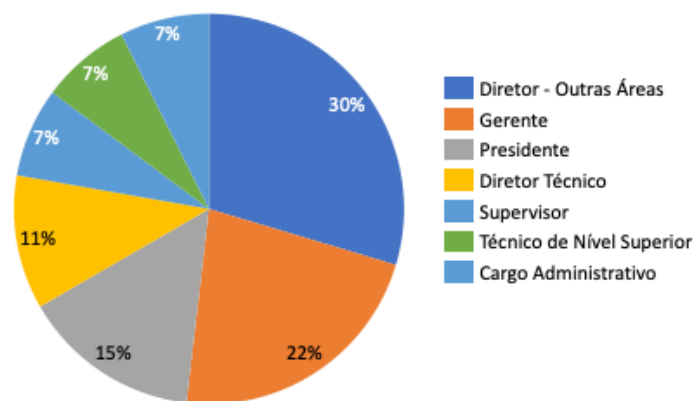
<b>Categoria</b>	<b>Município</b>	<b>Quantidade PME</b>	<b>%</b>	<b>% acumulado</b>	<b>Distância Fortaleza (km)</b>
<b>Fabricação</b>	Fortaleza	12	38,7%	38,7%	0
	Caucaia	2	6,5%	45,2%	17
	Maracanaú	4	12,9%	58,1%	24
	Eusébio	3	9,7%	67,7%	25
	Pacatuba	1	3,2%	71,0%	33
	Itaitinga	1	3,2%	74,2%	34
	São Gonçalo Do Amarante	2	6,5%	80,6%	60
	Aracati	1	3,2%	83,9%	151
	Solonópole	1	3,2%	87,1%	276
	Jaguaribe	1	3,2%	90,3%	299
	Juazeiro Do Norte	2	6,5%	96,8%	492
	Crato	1	3,2%	100%	504
<b>Fabricação Total</b>		<b>31</b>	<b>100%</b>		
<b>Serviços</b>	Fortaleza	119	75,3%	75,3%	0
	Caucaia	3	1,9%	77,2%	17
	Maracanaú	5	3,2%	80,4%	24
	Eusébio	7	4,4%	84,8%	25
	Aquiraz	1	0,6%	85,4%	32
	Horizonte	1	0,6%	86,1%	52
	Pacajus	2	1,3%	87,3%	56
	São Gonçalo Do Amarante	2	1,3%	88,6%	60
	Pentecoste	1	0,6%	89,2%	91
	Itapipoca	1	0,6%	89,9%	135
	Morada Nova	1	0,6%	90,5%	168
	Russas	2	1,3%	91,8%	170
	Quixeré	1	0,6%	92,4%	200
	Limoeiro Do Norte	1	0,6%	93,0%	201
	Itarema	1	0,6%	93,7%	208
	Boa Viagem	1	0,6%	94,3%	221
	Sobral	4	2,5%	96,8%	232
	Jaguaribe	1	0,6%	97,5%	299
	Tianguá	1	0,6%	98,1%	318
	São Benedito	1	0,6%	98,7%	325
	Juazeiro Do Norte	1	0,6%	99,4%	492
	Crato	1	0,6%	100,0%	504
<b>Serviços Total</b>		<b>158</b>	<b>100%</b>		
<b>Total Geral</b>		<b>189</b>			

Fonte: elaborado pela Cognition Consultoria

### 4.1.3.2 Da Execução da Pesquisa

Dentre um total de 27 respostas válidas, a Figura 4.1 apresenta o perfil dos respondentes dessa pesquisa estruturada e, no anexo intitulado [Resultados da Pesquisa Estruturada On-line](#) na seção Anexos, apresenta-se detalhes das respostas válidas para cada uma das questões agregadas com ambos os instrumentos utilizados,

**Figura 4.1** - Sobre o cargo que ocupa na empresa



**Fonte:** Elaborado a partir da pesquisa realizada pela Cognito Consultoria

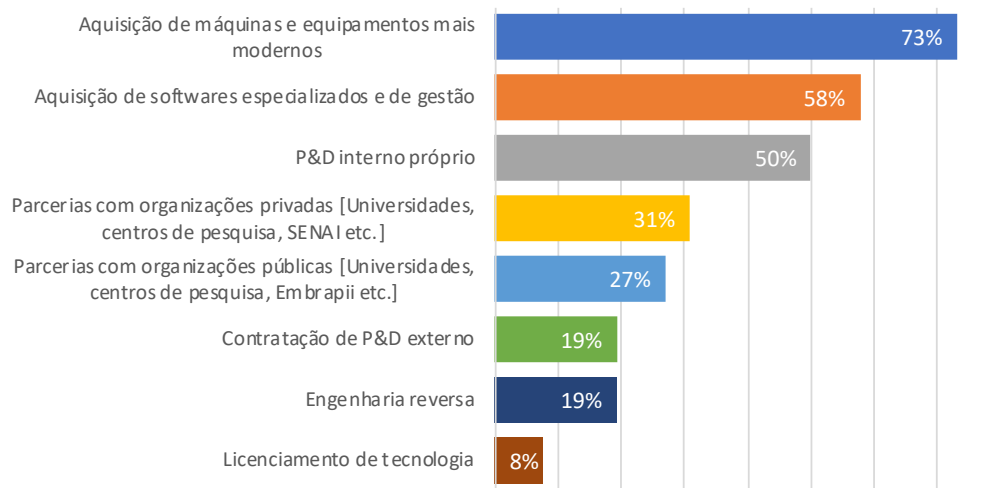
Dentre outros pontos gerais levantados na pesquisa, buscou-se identificar os principais sistemas de gestão em uso pelas PME do Estado. Com cerca de 27 respostas válidas, cerca de um terço dos respondentes afirmaram possuir a certificação ISO 9000, outros 15% (em média) as ISO 45001 e ISO14000. Destaca-se também que mais de 20% não possuem nenhum destes certificados de gestão.

Esse é um ponto de atenção, na medida em que o fornecimento de bens e serviços para projetos complexos e, ainda, para uma tecnologia emergente, deverá ser precedido de um rigoroso processo de qualificação prévia pelas empresas âncoras ou pelas empresas responsáveis pelo *procurement*, no caso de contratos do tipo EPC - *Engineering Procurement and Construction*, que envolve a engenharia, a gestão de compras, a construção e a montagem dos equipamentos

Sobre processos de implantação de melhorias tecnológicas e inovações em processos e produtos, o resultado é bastante similar ao observado no Brasil, especialmente por meio da aquisição de máquinas e equipamentos e de softwares especializados e de gestão, respectivamente, mais de 70% e quase 60% das 26 respostas válidas. A Figura 4.2 apresenta o percentual das demais respostas, com destaque para 50% dos respondentes

que dizem promover P&D interno e cerca de um terço que buscam parcerias com organizações de pesquisa privada e pública, como universidades, SENAI e EMBRAPII.

**Figura 4.2** - Sobre melhorias tecnológicas e inovações em processos e produto



**Fonte:** Elaborado a partir da pesquisa realizada pela Cognito Consultoria

Em termos do financiamento para promover melhorias tecnológicas, de um total de 27 respostas válidas, cerca de 50% dos respondentes fazem uso de recursos próprios e outros 50% fazem uso de uma combinação de recursos próprios e de terceiros.

Cerca de metade dos respondentes, de um total de 29 respostas válidas, informaram que atuam em empresas com até 54 empregados e a outra metade em empresas com mais de 50 empregados. Um terço dos respondentes atua em empresas com mais de 500 empregados, ou seja, não integram o conjunto das PME sob o ponto de vista desse indicador.

Também chama atenção que, de um total de 27 respostas válidas, mais de 52% informaram que o perfil da mão de obra é majoritariamente de nível superior, o que revela a característica predominante do Estado pela presença de mais empresas de serviços profissionais e de consultoria. Outros 33% são constituídas, na sua maioria, por técnicos com formação de ensino médio profissionalizante, o que se aproxima mais do perfil da indústria de transformação.

#### ***4.1.3.3 Análise da Pesquisa com PME Industriais e de Serviços***

A partir da questão 14 do questionário, dentre 29 respostas válidas, identificou-se que a principal atividade econômica era a prestação de serviços para 62% dos respondentes,

com outros 38% para a fabricação de bens. A partir dessa pergunta, as próximas foram endereçadas para aspectos específicos por atividade.

Os respondentes de ambas as atividades produtivas foram consultados sobre o grau de interesse em promover adaptações/expansões para o fornecimento de bens intermediários ou prestação de serviços para plantas de produção de Hidrogênio Verde nos próximos três anos, dado que a maturidade da tecnologia e do mercado limitam o avanço em prazos mais curtos, até mesmo considerando os resultados das entrevistas com executivos das empresas âncoras do Hub.

Apenas nove respostas válidas foram registradas nessa questão, o que sinaliza que há ainda um grande desconhecimento da tecnologia, do mercado e das oportunidades potenciais de fornecimento de bens industriais para essa nova cadeia produtiva. A Tabela 4.5 apresenta as áreas de atividades que foram mencionadas pelos respondentes para o fornecimento de bens industriais.

**Tabela 4.5** - Grau de interesse para fornecimento de bens industriais para plantas de produção de Hidrogênio Verde nos próximos três anos.

Grau de Interesse	Atividade Produtiva	Respostas
<b>Alto</b>	Aparelhos de medida, teste e controle	2
	Equipamentos de segurança pessoal	1
	Equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas	1
	Equipamentos transmissores de comunicação	1
	Fios, cabos e condutores elétricos isolados	1
	Manutenção e reparo de equipamentos industriais (elétricos ou mecânicos)*	1
	Outros materiais plásticos para uso industrial ou construção	1
	Produtos químicos (cloro, álcalis, catalisadores, outros)	2
	Serviços de arquitetura e engenharia*	1
	Válvulas, registros e dispositivos semelhantes	1
<b>Total Alto</b>		<b>12</b>
<b>Médio</b>	Geradores, transformadores e motores elétricos	1
	Outros materiais plásticos para uso industrial ou construção	1
	Serviços de arquitetura e engenharia*	1
	Serviços de instalação e manutenção*	1
	Tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central	1
<b>Total Médio</b>		<b>6</b>
<b>Baixo</b>	Geradores, transformadores e motores elétricos	1
<b>Total Geral</b>		<b>18</b>

Nota: \* indica que certos fabricantes oferecem soluções com bens e serviços associados

Fonte: Elaborado a partir da pesquisa realizada pela Cognitio Consultoria

Os fabricantes de bens industriais também foram questionados sobre o grau de investimento estimado para o fornecimento de bens industriais para a produção de Hidrogênio Verde em até três anos. Mais de dois terços dos respondentes, de um total de 10 respostas válidas, afirmaram desconhecer o investimento necessário, mas cerca de 30% avaliam que pode ser alto ou médio. Apenas 1 respondente entende que o grau de investimento deverá ser baixo.

De igual modo, aqueles que se identificaram como prestadores de serviços foram perguntados sobre a estimativa do grau de investimento para atuar na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde. De um total de 18 respostas válidas, quase 60% dos respondentes entendem que o grau de investimento é médio, com somente 17% alegando desconhecer totalmente o grau de investimento necessário. Diferentemente dos que se identificaram como fornecedores de bens, apenas 22% desse conjunto apontou um grau de investimento alto ou muito alto. Outros 5% entendem que o investimento é baixo.

O que se depreende das respostas é que há mais conhecimento sobre o assunto por parte dos prestadores de serviços, até mesmo em função do longo aprendizado e da criação de um mercado de serviços especializados criado no bojo do forte ciclo de crescimento de parques eólicos e solar fotovoltaico na Região Nordeste, com destaque para empresa cearense que é pioneira e líder no desenvolvimento de projetos eólicos no Brasil, seja do ponto de vista dos projetos implantados, mas também em termos de um conjunto de projetos no *pipeline*.

Em relação ao interesse no investimento por parte das PME na prestação de serviços em plantas de produção de Hidrogênio Verde nos próximos três anos, foram registradas onze respostas válidas, com atividades mencionadas (Tabela 4.6)

A partir da questão 19 do instrumento de pesquisa, buscou-se identificar possíveis barreiras para o investimento, o papel do Governo do Ceará no apoio à estrutura produtiva do Estado e expectativas sobre vir a tornar-se um fornecedor dessa nova indústria.

**Tabela 4.6** - Grau de interesse para prestação de serviços em plantas de produção de Hidrogênio Verde nos próximos três anos.

Grau de Interesse	Atividade Produtiva	Respostas
Alto	Aparelhos de medida, teste e controle*	1
	Equipamentos de segurança pessoal*	2
	Equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas*	1
	Gases industriais*	1
	Geradores, transformadores e motores elétricos*	2
	Instalação de máquinas e equipamentos industriais ou sistemas elétricos	2
	Manutenção e reparo de equipamentos industriais (elétricos ou mecânicos)	2
	Outros - não especificado	6
	Outros materiais plásticos para uso industrial ou construção*	1
	Serviços de arquitetura e engenharia	2
	Serviços de construção civil	3
	Serviços de instalação e manutenção	5
	Serviços de pesquisa e desenvolvimento	1
Tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central*	1	
<b>Total Alto</b>		<b>30</b>
Médio	Serviços de instalação e manutenção	1
	Componentes eletrônicos*	1
Baixo	Fios, cabos e condutores elétricos isolados*	1
	Material elétrico para instalações em circuito de consumo*	1
	Outros produtos do metal para uso industrial ou construção*	1
<b>Total Baixo</b>		<b>4</b>
<b>Total Geral</b>		<b>35</b>

Nota: \* indica que certos prestadores de serviços oferecem soluções com serviços e bens associados

**Fonte:** Elaborado a partir da pesquisa realizada pela Cognitio Consultoria

A Figura 4.3 apresenta as principais barreiras ao investimento produtivo para atender as eventuais demandas para a produção de Hidrogênio Verde no estado do Ceará, sendo sugerido a seleção de até oito itens mais significativos.

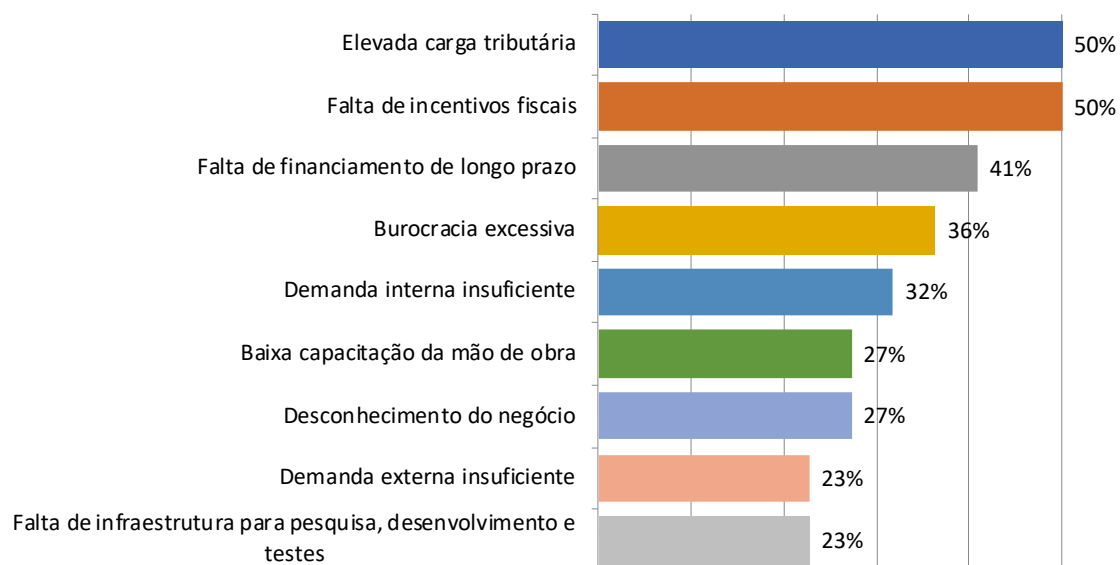
De um total de 22 respostas válidas, as questões tributárias e a ausência de incentivos fiscais receberam 50% dos apontamentos, além do financiamento de longo prazo, com cerca de 41% das respostas. A burocracia excessiva recebeu quase 40% das respostas. Dois pontos associados com o mercado de Hidrogênio Verde – demanda interna e externa insuficiente – receberam, respectivamente 32% e 23%.

Há mais preocupação com a demanda interna do que com a externa, o que se justifica, pois, por um lado, há uma grande exposição dos esforços na Europa e nos Estados Unidos sobre a criação desse mercado como uma das principais opções para a



descarbonização dos setores intensivos em energia, como aço, cimento, química, vidro etc.; e, por outro, a ausência de um programa nacional de Hidrogênio Verde com metas definidas com estes setores no Brasil, por exemplo.

**Figura 4.3** - Principais barreiras ao investimento em capacidade produtiva para o Hidrogênio Verde

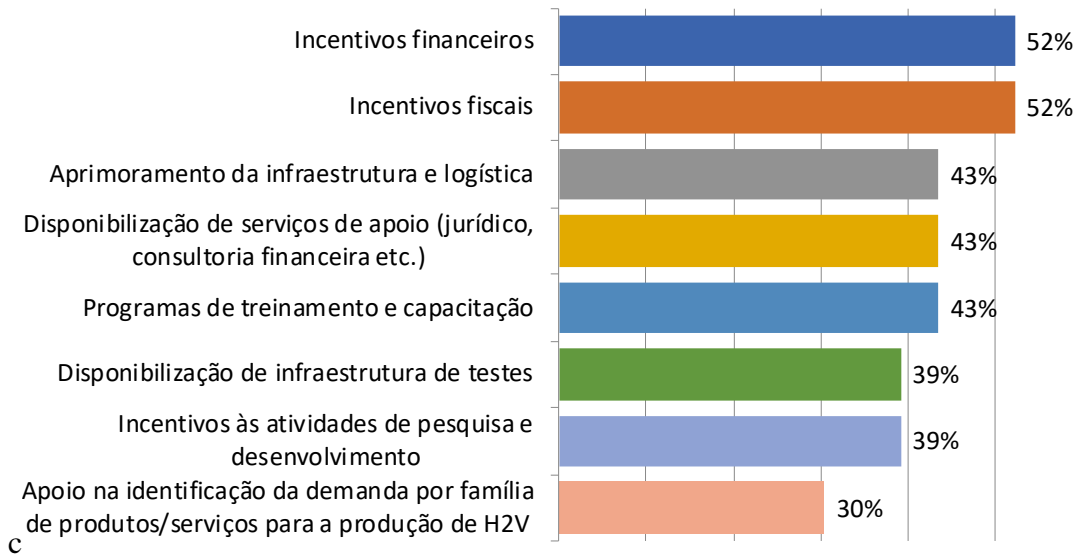


**Fonte:** Elaborado a partir da pesquisa realizada pela Cognitio Consultoria

Os recursos humanos para essa nova indústria e o desconhecimento do negócio obtiveram quase 30% dos apontamentos, bem como cerca de 25% de menções a falta de infraestrutura para pesquisa, desenvolvimento e testes. Numa avaliação preliminar, os pontos destacados estão intrinsecamente ligados com aspectos chaves da competitividade, como tributos, custos de investimento, conhecimento do mercado e da tecnologia.

Solicitados a apontar até quatro opções, os respondentes foram questionados sobre o que o Governo do Ceará, na qualidade de organização com mandato legítimo para promover o desenvolvimento econômico do Estado, deveria fazer para apoiar a inserção das PME na cadeia de valor (e produtiva) do Hidrogênio Verde. As respostas estão bastante alinhadas com as principais barreiras apontadas na questão anterior, conforme ilustrado na Figura 4.4.

**Figura 4.4 - Mecanismos de apoio do governo do Ceará para as PME cearenses**



**Fonte:** Elaborado a partir da pesquisa realizada pela Cognito Consultoria

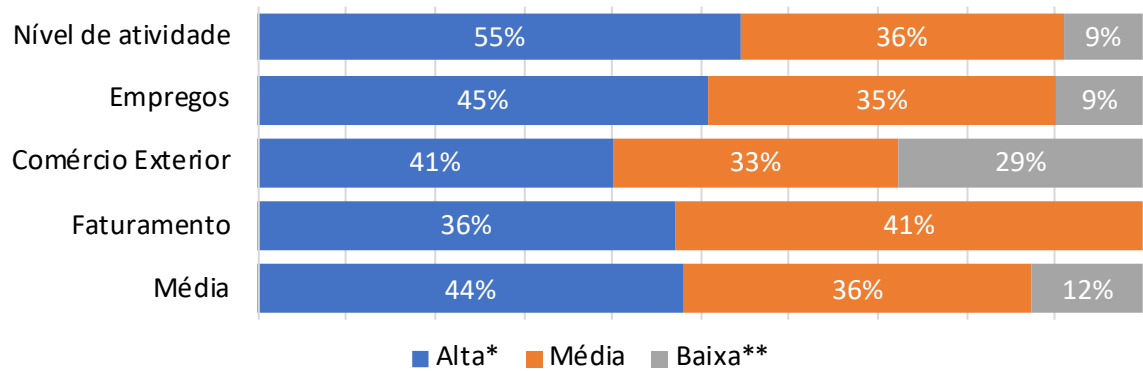
De um total de 23 respostas válidas, incentivos fiscais e financeiros receberam mais de 50% das indicações, o que dialoga com as principais barreiras apontadas: fiscal, tributária e financiamento. Com 43% das respostas, questões associadas com infraestrutura e logística; oferta de serviços de apoio de alto valor (legal, financeiro etc.); e, programas de treinamento e capacitação também dialogam fortemente com a necessidade de superar barreiras associadas com desconhecimento do mercado, baixa capacitação da mão de obra e fragilidades na infraestrutura e logística do Estado.

Sobre esse último aspecto, observa-se que o item "dificuldades na logística de transporte (estradas, infraestrutura portuária, etc.)" recebeu 3 apontamentos dentre as principais barreiras ao investimento para fornecimento à produção de Hidrogênio Verde. Sobre desconhecimento do negócio, cabe ressaltar que 30% dos respondentes entendem que é necessário o apoio do governo na identificação da demanda por famílias de itens para a produção de Hidrogênio Verde. Com cerca de 40%, a preocupação com aspectos da tecnologia restou bastante evidente com indicações sobre a necessidade da oferta de uma estrutura de testes e incentivo às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Quanto às expectativas sobre as possibilidades de se tornar um fornecedor de bens ou serviços para a produção de Hidrogênio Verde, a Figura 4.5 ilustra como os respondentes enxergam essa nova indústria a partir das dimensões do nível de atividade

econômica, empregos, comércio exterior e faturamento, conforme a Questão 21 do instrumento.

**Figura 4.5** - Expectativas das PME sobre a produção de Hidrogênio Verde no Ceará



**Fonte:** Elaborado a partir da pesquisa realizada pela Cognito Consultoria

Com 23 respostas válidas e, considerando a soma de "alto" e "muito alto" como expectativa alta e a soma de "baixo" e "muito baixo" como expectativa baixa, os empresários cearenses esperam um forte impacto do Hidrogênio Verde na economia do Estado, com mais de 90% de Média e Alta expectativa e, ainda, quase 60% de Alta expectativa.

Para a geração de empregos também se verifica mais de 90% de Média e Alta expectativa, o que sinaliza ao mesmo tempo a necessidade de preparar essa nova mão de obra para essa indústria, vista tanto como uma das principais barreiras para inserção da indústria e, ao mesmo tempo, como um dos principais mecanismos demandados ao Governo do estado do Ceará.

Para atividades de comércio exterior, cerca de 60% sinalizaram em termos de Média e Alta expectativa, o que é um valor significativo, embora cerca de um terço enxerguem essa dimensão com baixa expectativa, provavelmente em função da própria estrutura produtiva existente hoje no Estado. Em termos das vendas, o otimismo é grande, onde quase metade dos respondentes espera que o impacto no faturamento seja alto e a totalidade visualiza em termos de Média e Alta expectativa.

Na média de todas as dimensões, a expectativa Média e Alta em relação a essa nova indústria foi revelada por quase 90% dos respondentes, o que demonstra que parte do

setor produtivo cearense deposita uma grande confiança na geração de novos negócios, de emprego e renda a partir do Hidrogênio Verde.

Assim, foi da combinação da perspectiva das percepções, da visão e das expectativas das empresas cearenses sobre essa nova indústria no Estado, obtidas por meio dessa pesquisa estruturada, e da dinâmica industrial observada para o Brasil, Região Nordeste e Ceará a partir da base de dados da RAIS para os CNAE associados com a produção de Hidrogênio Verde, que foi realizada essa análise das capacidades para produção de bens e prestação de serviços industriais pelas empresas cearenses.

À luz dessa análise combinada é que a próxima seção será desenvolvida, considerando o conjunto de políticas públicas que deverá ser posto em marcha ao longo dos próximos anos, de forma coordenada entre os setores públicos e privado do Estado para atender todas as expectativas em relação a essa nova indústria, melhor aproveitamento das oportunidades de desenvolvimento de conteúdo local e, ao mesmo tempo, estar ciente dos limites e dos desafios tanto da própria estrutura produtiva das PME do Estado quanto do elevado grau de exigência técnica e de competitividade de custo requerida para quaisquer indústrias nascentes.

## **4.2 Estratégia de Inserção das PME Cearenses na Produção de Hidrogênio Verde**

### ***4.2.1 Condicionantes e Possibilidades***

É evidente que as necessidades de investimento, operação e manutenção dos ativos industriais para produção de Hidrogênio Verde poderão criar inúmeras oportunidades para o fornecimento local de diversos bens e serviços industriais que, eventualmente, poderão ser fornecidos pelas PME cearenses. Também há consenso que iniciativas para o desenvolvimento de conteúdo local a partir de grandes investimentos, seja na indústria extrativa ou de transformação, podem gerar benefícios à economia local para além da sua contribuição direta decorrente dos seus vínculos técnicos e econômicos com outros setores, a exemplo das sinergias setoriais do conjunto de insumos e

componentes identificados para plantas industriais de Hidrogênio Verde, cujo detalhamento foi apresentado no Relatório 2<sup>7</sup> deste projeto.

Os benefícios na criação de empregos, na transferência de tecnologia e de conhecimento, o desenvolvimento do setor privado e a geração de renda local são outros aspectos positivos que podem ser considerados quando são adotadas as melhores práticas de desenvolvimento de políticas de conteúdo local. Exemplos da indústria extrativa, por exemplo, mostram avaliações positivas tanto de países e regiões beneficiadas com iniciativas dessa natureza (ADB-AU, 2009) quanto na perspectiva de doadores de recursos (SVOLDAL, 2013).

Da trajetória recente de desenvolvimento de outras fontes renováveis de energia, de outras fontes renováveis de energia, como a energia eólica e a energia solar, é possível depreender um conjunto de lições sobre as políticas para o desenvolvimento de cadeias produtivas locais. A primeira delas é que os países que deram a início ao desenvolvimento da tecnologia logo após a crise do petróleo, com programas consistentes de pesquisa, são os mesmos que posteriormente passaram, décadas depois, a liderar as cadeias produtivas globais.

Além dos programas públicos de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (P, D &D), voltados – tanto para realização de P&D, quanto para a criação de infraestrutura de pesquisa, teste e demonstração –, os países líderes também se utilizaram de incentivos financeiros e de caráter regulatório para estimular a oferta e a demanda pela tecnologia, e medidas tradicionais de política industrial para a proteção da indústria nascente e o desenvolvimento do mercado externo. Ou seja, um mix coordenado de políticas e incentivos financeiros e regulatórios que pudesse estimular todas as esferas relacionadas ao nascimento e desenvolvimento de uma nova indústria (CAMILLO, 2013).

Essa mesma estratégia vem sendo repetida atualmente pelos países que estão liderando a corrida tecnológica em Hidrogênio Verde. Alemanha, Japão, França e Estados Unidos que concentram boa parte das famílias de patentes relacionadas à eletrólise da água e também são os países com os gastos mais relevantes em P&D no setor (IRENA, 2022).

---

<sup>7</sup> COGNITIO (2022a)

Tanto Estados Unidos quanto Alemanha deixam explícito em suas estratégias a necessidade de desenvolver as cadeias produtivas locais, deixando implícito a estratégia de tirar proveito das vantagens de *first mover*.

Uma vez que as lideranças tecnológicas estejam estabelecidas, as cadeias produtivas relativamente estruturadas, os países que quiserem adensar suas cadeias locais têm algumas opções. Essas opções são condicionadas pelos objetivos do país, que pode ser direcionado por fatores econômicos como a geração de empregos locais ou o maior equilíbrio da balança econômica; ou pela busca de maior autonomia tecnológica no médio e longo prazo por consequência, um posicionamento mais estratégico nas cadeias globais de valor.

No primeiro caso, o país pode optar por estabelecer uma estratégia de atração de investimentos estrangeiros (IDE); ou combinar a atração de IDE com exigências progressivas de atendimento de conteúdo local como já foi realizado no Brasil com a energia eólica. Incentivos fiscais e financeiros, além da presença de um arcabouço regulatório consistente que proporcione segurança jurídica e financeira e a garantia de uma demanda local sinalizada com metas progressivas de expansão do mercado no curto, médio e longo prazo, devem fazer parte do pacote de políticas (LEWIS & WISER, 2007).

No segundo caso, as políticas tecnológicas têm como objetivo, numa primeira etapa, a importação e adaptação da tecnologia estrangeira, e posteriormente, o aprimoramento desta tecnologia para competir no mercado internacional e alcançar de fato a autonomia tecnológica. Nesse caso, cabe a ressalva que quanto mais madura a tecnologia, maiores são as barreiras à entrada. Instrumentos explícitos de proteção à indústria local, como barreiras tarifárias, reservas de mercado para a indústria doméstica, são aplicadas em conjunto com incentivos fiscais e financeiros para a criação de mercado para os equipamentos produzidos pela nova indústria. Essa foi a estratégia da China no caso do desenvolvimento da indústria de equipamentos para geração de energia eólica (CAMILLO, 2013).

Há um outro aspecto que deve ser destacado da análise da trajetória de desenvolvimento das outras fontes renováveis como o fato das políticas coevoluem com

a tecnologia, isto é, dependendo do estágio de desenvolvimento da tecnologia e da cadeia produtiva, alguns tipos de política ganham ou perdem relevância ao longo do tempo. As políticas e incentivos para a criação de mercado, por exemplo, se tornam necessárias e relevantes uma vez que a tecnologia já se demonstrou viável e precisa de nichos específicos para se difundir. Mecanismos para a proteção da indústria nascente deixam de ser necessários uma vez que a tecnologia se torna competitiva o suficiente para concorrer com as incumbentes (CAMILLO, 2013).

Ou seja, uma estratégia de adensamento da cadeia produtiva local implica em escolhas que são condicionadas pelos objetivos e contextos econômicos e de desenvolvimento do país. Adensamentos mais substanciais da cadeia produtiva local demandam programas e um mix extenso e coordenado de políticas e incentivos, que devem coevoluir com o desenvolvimento da indústria e da tecnologia ao longo do tempo. Além disso, também implica em conhecer em profundidade a estrutura produtiva local, em saber suas competências e fragilidades; o adensamento da cadeia produtiva local não depende somente de ações de política, mas também da capacidade dos atores locais responderem a essas ações. Nesse caso, a limitação da estrutura produtiva local não é um fator que pode ser alterado em curto e médio prazo.

As políticas de conteúdo local tratam do esforço de promover um *upgrade* em termos do desenvolvimento produtivo e tecnológico e do processo envolvido no desenho daquelas políticas. Logo, deve partir da avaliação criteriosa das capacidades industriais, tecnológicas e empresariais, do ambiente de negócios e do ambiente institucional e econômico do país, a partir da perspectiva de que o grau de competitividade das empresas não deve ser visto de forma isolada, mas sim do ambiente em que atua. Ou seja, a inserção bem-sucedida do conjunto das PME cearenses, por exemplo, somente poderá ocorrer a partir de um determinado padrão de competitividade.

De acordo com Coutinho *et al.* (2004), a competitividade deve ser entendida em termos dos fatores internos à empresa e outros fatores externos decorrentes da estrutura do mercado e pelas condições sistêmicas ou ambiente econômico em que a firma opera. Os fatores internos à firma são seus ativos, sua capacidade de acompanhar a evolução da demanda do mercado e de se transformar para atender os requisitos ditados pelo

mercado, em termos da escala requerida para sua operação eficiente e requisitos de capacitação tecnológica e inovação para a oferta de produtos com a qualidade requerida, prazos adequados e com preços compatíveis com os praticados no mercado.

Já os fatores estruturais referem-se às características da curva de demanda, à configuração do parque ofertante e a aspectos institucionais, entre os quais se destacam as normas e regulamentos determinados pelo governo. No plano sistêmico, estão indicadores macroeconômicos (taxa de câmbio, taxa de juros, política tributária etc.) e os aspectos de infraestrutura, tais como disponibilidade e custo de energia, transportes, telecomunicações e serviços tecnológicos (COUTINHO *et al.*, 1994).

Com isto, fica evidente a importância de um ambiente institucional e uma estrutura legal que possa promover ativamente os objetivos setoriais da indústria local (WORLD BANK, 2000), bem como um ambiente macro e microeconômico equilibrado para organizar um conjunto de fatores que viabilizem o aumento da produtividade e da competitividade da indústria local cearense.

Ou seja, é preciso ter em mente que a ampliação do conteúdo local em uma nova indústria, como é o caso do Hidrogênio Verde, não se trata de uma ação de curto prazo, na medida em que lida com aspectos críticos associados com competências profissionais, empresariais e os ambientes institucional e econômico. Todos esses aspectos deverão receber redobrada atenção e monitoramento contínuo ao longo de uma possível trajetória de inserção progressiva em uma cadeia produtiva ainda em construção e, ainda, com muitos riscos e incertezas tecnológicas, como é o caso do Hidrogênio Verde.

#### *4.2.2 Principais Desafios*

O Hidrogênio Verde requer condições específicas para sua produção e distribuição. A primeira delas é a disponibilidade de fontes renováveis de energia elétrica. O estado do Ceará tem um potencial bastante significativo para produção de energia eólica e solar de forma complementar, o que reduz a variabilidade na geração de eletricidade.

A segunda condição é a localização geográfica que possibilite a distribuição da produção, seja para o mercado doméstico ou internacional. A forma como o Hidrogênio Verde será



distribuída ainda é incerta, uma vez que ainda não há infraestrutura de distribuição do gás nem mercado interno. A possibilidade mais destacada nas conversas com os representantes do Governo do Ceará e do Porto do Pecém é a transformação do Hidrogênio em amônia. Porém, o armazenamento e transporte da amônia também apresenta seus desafios.

Todavia, é fato que o estado do Ceará conta com a infraestrutura e capacidade logística do Complexo do Pecém. Além disso, tem-se a parceria com o Porto de Roterdã e a vantagem de que a rota de exportação do Hidrogênio Verde será a mais curta entre América do Sul e a Europa e, conseqüentemente de menor custo, o que coloca o Estado à frente de outras regiões na atração de investimentos.

A terceira condição é a perspectiva de combinar a produção de Hidrogênio Verde com o consumo in loco para descarbonizar os processos de indústrias que consomem muita energia, como a indústria siderúrgica, ou o Hidrogênio Cinza, em seus processos produtivos, como a indústria de alimentos, por exemplo. A produção do aço verde a partir do Hidrogênio Verde é uma possível rota tecnológica que tem aparecido em destaque no debate internacional. O Complexo do Pecém, além de abrigar a CSP e outras atividades industriais, tem infraestrutura, disponibilidade de terra e incentivos proporcionados pela ZPE que podem atrair empresas que podem utilizar Hidrogênio Verde em seus processos produtivos, mas para isto precisa de estratégia e engajamento dos atores privados para adaptação e descarbonização dos seus processos produtivos.

Ou seja, o estado do Ceará tem as vantagens comparativas para produzir Hidrogênio Verde e uma base de infraestrutura e logística que pode ser o ponto de partida para a consolidação de uma rota de distribuição do gás. Ademais, o estado do Ceará fez avanços com a implementação do Hub do Hidrogênio Verde e todas as iniciativas e incentivos a ele relacionados, mas ainda é um passo inicial considerando os desafios para que a trajetória tecnológica do Hidrogênio Verde avance e se consolide.

Há um conjunto de desafios a serem superados para que o Estado de Ceará se torne de fato um hub de produção de Hidrogênio Verde e as oportunidades advindas desta atividade de fato se concretizem.

O primeiro desafio é a consolidação de um arcabouço regulatório que garanta a segurança jurídica, incentivos financeiros e não-financeiros, que sinalize as perspectivas de criação e expansão do mercado local, e determine, com clareza, os processos envolvidos – como o licenciamento ambiental por exemplo –, é fator essencial para que a instalação das plantas de produção de Hidrogênio Verde ocorra efetivamente.

Nesse sentido, vale observar que a atuação do Estado nesse aspecto é limitada por sua instância de atuação, de modo que deve haver um engajamento do Governo Federal na composição de um marco regulatório consistente para o Hidrogênio Verde no Brasil. Para os governos locais, cabe a oferta de infraestrutura e logística de qualidade para contribuir para a competitividade das PME e, em colaboração com o setor privado, promover o trabalho coordenado entre essas empresas, agentes financeiros e empresas âncoras dos setores produtivos com perspectiva de novos investimentos.

O estado do Ceará vem atraindo o interesse de empresas que visam iniciar a produção do Hidrogênio Verde no Complexo do Pecém, tendo inclusive assinado uma série de MoU. Para o desenvolvimento desse projeto foram entrevistadas sete empresas que têm as perspectivas mais promissoras de começar a produção de Hidrogênio Verde no Ceará no médio prazo; e que podem ser âncoras no sentido de liderar as iniciativas de liderar o desenvolvimento da produção e das atividades relacionadas ao Hidrogênio Verde.

Nas entrevistas realizadas com essas empresas, foi ressaltada a importância de um plano e uma estratégia mais direcionada por parte do Governo Federal, com incentivos e programas específicos para o Hidrogênio Verde. Foi também pontuado que os investimentos das empresas multinacionais devem ser direcionados para os países que têm os arcabouços regulatórios e incentivos mais consistentes. Além disso, foi mencionado um conjunto de outros desafios de caráter mais geral a serem superados para o desenvolvimento e consolidação de uma economia do Hidrogênio Verde no país são eles:

- inexistência de um ambiente regulatório adequado para o Hidrogênio Verde, que disponha de um conjunto de regras apropriadas a uma indústria nascente;

- falta de incentivos financeiros e linhas de financiamento adequados às características de uma indústria nascente, que não demande garantias de retorno financeiro;
- custo da energia elétrica advinda de fontes renováveis e a disponibilidade de infraestrutura de transmissão e conexão de energia, inclusive no Porto do Pecém;
- falta de um mercado local pré-definido por regulação e incentivos e com sinalização de expansão no médio e longo prazo;
- falta de processos e etapas claras para realização do licenciamento ambiental;
- baixa capacidade de produção de eletrolisadores no mundo em curto prazo, uma vez que a demanda no mundo está crescendo rapidamente e o tempo de espera está ficando cada vez maior;
- disponibilidade de infraestrutura e logística para transformação do hidrogênio em amônia ou para distribuir o hidrogênio na forma de gás ou na forma líquida.

Os desafios apontados pelas empresas âncoras são compatíveis com as barreiras apontadas pelas PME cearenses nas respostas ao questionário *on-line*, o que já aponta os alvos principais das ações de política. Todavia, os desafios para a concretização dos projetos de produção de Hidrogênio Verde não estão restritos ao escopo de ação do Estado; eles são muito mais abrangentes e dependem de ações coordenadas com o governo federal, do desenvolvimento da indústria da eletrólise no mundo e da redução das incertezas tecnológicas.

A maioria das empresas âncoras está na fase de desenvolvimento de estudos de viabilidade técnica e financeira, com exceção da EDP que já está mais avançada no processo de instalação de um projeto piloto. Todas as empresas entrevistadas afirmaram que o plano para os projetos no estado do Ceará é começar com projetos de pequena escala, em torno de 100 a 150 MW, e posteriormente escalonar as plantas progressivamente até atingir a casa dos GW. A maioria delas mencionou que, vencidas às barreiras técnicas, financeiras e regulatórias, a previsão é que se comece ter efetivamente alguma produção comercial de Hidrogênio Verde no Estado em 2025. Porém, vale mencionar que a maioria dessas empresas estão produzindo Hidrogênio Verde no mundo em escala piloto ou de pesquisa.

Em se tratando de cadeia produtiva e fornecimento de insumos e equipamentos para as plantas de Hidrogênio Verde, que é o foco deste projeto, constatou-se, a partir das entrevistas, que as empresas que estão com os projetos e estudos de viabilidade mais avançados já selecionaram seus fornecedores; e as que ainda estão em processo de avaliar países alternativos para os seus projetos, ainda não selecionaram seus fornecedores.

Todavia, um ponto em comum destacado por todas as empresas âncoras é que o *procurement* por equipamentos vai ocorrer no mercado mundial, tendo como alvo os fornecedores mais qualificados. Além disso, as empresas devem acessar, ao menos nos primeiros projetos, os fornecedores já consolidados no mercado internacional ou que já fazem parte da rede da empresa e que já passaram por um processo de pré-qualificação. Essa busca por fornecedores já conhecidos visa reduzir os riscos e as incertezas tecnológicas dos projetos. No caso especificamente dos eletrolisadores, foram mencionados principalmente os fabricantes alemães, como a ThyssenKrupp. A brasileira Hytron também foi mencionada com um dos possíveis fornecedores.

Ou seja, ficou evidente que as primeiras plantas de Hidrogênio Verde do estado do Ceará devem ser instaladas quase que integralmente com equipamentos importados, com exceção do eletrolisador produzido pela Hytron – lembrando que a empresa também importa os *stacks*. Sendo assim, no curto prazo as oportunidades de inserção do estado do Ceará na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde devem ficar restrita principalmente à prestação de serviços industriais e de consultoria, especialmente àqueles voltados para instalação da planta, como obras de fundações, infraestrutura elétrica e hidráulica, instalações elétricas, dentre outros.

Segundo as entrevistas, os projetos de engenharia da planta também devem ser realizados pelos fornecedores e integradores internacionais de sistemas e equipamentos, de forma que as oportunidades para este tipo de serviço especializado devem ser também limitadas no curto prazo não só no estado do Ceará, mas também no Brasil.

À medida em que os projetos forem escalonando e a demanda por equipamentos e insumos for aumentando, as empresas podem começar a buscar, numa segunda etapa,

fornecedores locais de insumos e componentes padronizados, isto é, aqueles produtos que não são customizados para a planta de produção de hidrogênio, mas cujos fornecedores locais disponíveis seguem normas de padronização e certificação reconhecidas internacionalmente e competitivas em custo. Não descartando o fato de que alguns componentes podem vir embarcados no eletrolisador importado, em tese, todos os insumos e componentes listados na Tabela 4.1. (p. 45) e os serviços industriais descritos na Tabela 4.2. (p. 55) podem ser contratados de fornecedores locais.

Se o crescimento da produção de Hidrogênio Verde ocorrer de forma acelerada, como está sendo desenhado pelos cenários produzidos pelas agências internacionais de energia, como IEA (*International Energy Agency*) e IRENA (*International Renewable Energy Agency*), por exemplo, a participação dos fornecedores locais na cadeia produtiva deve ser imprescindível porque o mercado internacional não deve conseguir suprir integralmente a demanda, como foi destacado pelas empresas âncoras.

Porém, dada a experiência observada em outras indústrias de energias renováveis, como a eólica, por exemplo, este processo de adensamento da cadeia produtiva local não é automático, e deve ser impulsionado por estratégias e políticas de desenvolvimento de conteúdo local estabelecidas pelo governo federal. Os governos estaduais podem coordenar ações locais de capacitação, concessão de incentivos fiscais, disponibilização de infraestrutura, políticas para atração de investimento direto estrangeiro, entre outras ações que estão na alçada das unidades federativas.

Além disso, as empresas locais precisam estar suficientemente qualificadas e apresentar custo e qualidades técnicas compatíveis com aqueles praticados por seus concorrentes no mercado internacional. No caso do estado do Ceará, há ainda alguns condicionantes que podem tornar o processo de inserção na cadeia produtiva um pouco mais desafiador. O principal deles é a limitação colocada pela composição da estrutura produtiva do Estado.

Mesmo quando se faz a análise extrapolada por CNAE e por interfaces setoriais, e não necessariamente por insumo ou equipamento específico à planta de Hidrogênio Verde, é evidente a quantidade reduzida de PME atuando nos segmentos analisados, especialmente na produção de bens industriais. A partir da análise das interfaces

setoriais, ficou evidente que apenas alguns setores de bens industriais têm capacidades para atuar na cadeia do Hidrogênio Verde no curto prazo; as oportunidades mais imediatas estão no setor de serviços. O mapeamento das empresas por CNAE realizado em parceria com a FIEC resultou em uma quantidade muito mais significativa de empresas de serviços do que de fabricantes de insumos e componentes. Também se observou o desconhecimento dessas empresas em relação ao negócio do Hidrogênio Verde e as oportunidades que podem advir dele.

Ou seja, há oportunidades de engajamento das PME do estado do Ceará em atividades de produção de componentes e insumos para cadeia do Hidrogênio Verde, especialmente em função das interfaces e encadeamentos com setores nos quais já existem competências no Estado, conforme detalhado anteriormente. Porém, o engajamento efetivo das empresas locais como fornecedoras dos projetos de produção de Hidrogênio Verde não deve ser um processo automático. A primeira razão para isto é a quantidade de empresas produzindo os equipamentos e insumos específicos que podem ser utilizados pelas plantas de produção de Hidrogênio Verde, no curto prazo, é bastante limitada. No caso da prestação de serviços industriais, há uma quantidade mais significativa de empresas, inclusive aquelas que já prestam serviços para os projetos de desenvolvimento e implantação de projetos de geração de energia eólica e solar.

Logo, para que haja efetivamente possibilidades de inserção das PME cearenses na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, há um conjunto de ações que devem ser promovidas pelo poder público no curto (2 anos ou até 2025) e médio (5 anos, até 2030) – seja em âmbito local ou de forma coordenada com o Governo Federal. Dado o que vêm ocorrendo no mundo e no estado do Ceará, considera-se que em cinco anos a tecnologia e as cadeias produtivas globais já devem ter atingido um estágio de maturidade tal que as ações de promoção devem ser repensadas com base no novo contexto.

Vale, nesse caso, observar, mediante todas as condições de contorno e os desafios mencionados anteriormente, que nem a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, nem a estrutura produtiva do estado do Ceará, estão ainda num estágio de desenvolvimento que poderiam responder a uma política tradicional de conteúdo local, isto é, a atração

de investimentos combinada às exigências de atendimento de percentuais de conteúdo local condicionadas à concessão de incentivos fiscais ou financeiros. Sendo assim, as ações propostas partem do contexto verificado a partir das análises das oportunidades para PME apresentadas nas seções anteriores e pelas principais barreiras apontadas pelas empresas cearenses por meio da pesquisa estruturada.

### *4.2.3 Por Uma Agenda de Inserção Competitiva*

De modo a permitir a visualização temporal do conjunto de ações desejáveis para a criação e/ou fortalecimento da competitividade da indústria cearense, particularmente as PME industriais e de serviços, serão apresentados os fatores competitivos que deverão ser trabalhados, com mais ou menos ênfase, a partir da evolução das tecnologias e do mercado de Hidrogênio Verde vis-à-vis a atual estrutura produtiva e aquela que seria desejada para o estado do Ceará.

Assim, antes da proposição das ações em curto, médio e longo prazo, vamos definir os fatores que poderão guiar a trajetória do Estado para a inserção competitiva das PME cearenses na cadeia produtiva de produção de Hidrogênio Verde, sem prejuízo de outras estratégias e ações para inserção da economia do Estado nos demais elos da cadeia de valor desse novo vetor energético. No Quadro 4.3 apresentamos uma estrutura simples dos fatores e dimensões da competitividade.

O fator competitivo "Conhecimento e Talentos" lança as condições objetivas e sustentáveis não só para que o Ceará aproveite da melhor forma os investimentos anunciados, mas que também viabilize sua evolução e capacidade de adaptar-se à eventuais alterações no ambiente competitivo, seja em função de novas tecnologias e/ou novos modelos de negócios. Dentre os aspectos a serem observados, estão itens como difusão do conhecimento sobre a cadeia de valor e modelos de negócios do Hidrogênio Verde; a formação técnica e superior voltada para a atividade; o uso de parcerias público-privadas em P&D; a identificação das necessidades de financiamento de recursos para inovação; a concepção e a criação de centros de energias renováveis e de tecnologias do Hidrogênio Verde; e, ainda, os esforços de colaboração público-privada para o equilíbrio entre a demanda e oferta local de talentos devidamente capacitados.

**Quadro 4.3** - Fatores e dimensões da competitividade da indústria cearense para Hidrogênio Verde

Fator Competitivo	Dimensão
Conhecimento e Talentos	Educação Formal e Executiva
	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I)
	Capacitação e Treinamento
Infraestrutura	Políticas Públicas
	Serviços Industriais de Utilidade Pública
Cadeia de Fornecedores	Tecnologia e Produção Industrial
	Serviços Especializados

**Fonte:** elaborado pela Cognito Consultoria

O fator competitivo "Infraestrutura" visa favorecer a competitividade do Estado ou de um *cluster* de empresas cearenses por meio de elementos físicos e institucionais. Os elementos físicos abrangem a disponibilização de infraestrutura de água e saneamento, energia elétrica, transporte, logística, comunicações e proteção ambiental em padrões globalmente competitivos. Os elementos institucionais dizem respeito a todo um arcabouço de instrumentos à disposição do Estado, em maior ou menor grau, em termos da governança público-privada, da atração de investimentos, do financiamento, dos aspectos fiscais e tributários, do fomento à P&D, ao ecossistema de *startups*, aos *clusters* produtivos e tecnológicos etc.

O fator competitivo "Cadeia de Fornecedores", foco deste trabalho, por sua vez, é o elemento central da competitividade que está sob o controle das empresas fornecedoras de bens e serviços industriais para a produção de Hidrogênio Verde. Apesar do foco na produção, a combinação desse esforço com os demais fatores (Conhecimento e Talentos; Infraestrutura) também contribuirá para fortalecer a massa crítica em relação aos demais elos da cadeia de valor, como o suprimento de energias renováveis, a transformação, o transporte e os usos finais do Hidrogênio Verde.

Assim, tendo em vista o desafio de inserção das PME industriais e de serviços do estado do Ceará na cadeia produtiva de produção de Hidrogênio Verde, serão apontadas ações em curto, médio e longo prazo para uma agenda de competitividade integrada e coordenada ao longo do tempo.



### *4.2.3.1 Ações em curto prazo*

As ações em curto prazo, em até 2 anos, têm como objetivos principais identificar e preparar as PME que já têm capacidade imediata para fornecer algum insumo, componente ou serviço para os projetos de Hidrogênio Verde e o planejamento das ações de médio e longo prazo.

- **Difusão de conhecimento técnico sobre o Hidrogênio Verde e as oportunidades de negócio relacionadas.**

A partir dos resultados da pesquisa estruturada *on-line* e de toda a interação com as empresas cearenses, representantes dos sindicatos, a FIEC, entre outros atores que conhecem o ambiente de negócios do Estado, ficou evidente o seguinte: as PME cearenses não estão familiarizadas com o processo de produção do Hidrogênio Verde, com as demandas por insumos, componentes e serviços da planta de Hidrogênio Verde e com as oportunidades de negócios relacionada à efetiva concretização desses projetos no Estado. Sendo assim, uma ação imediata a ser realizada pelo estado do Ceará são as ações que visem a conscientização e disseminação de informações sobre o Hidrogênio Verde para as PME.

Essas ações podem ter início pelos sindicatos mais relacionados a produção de insumos, componentes e serviços, como da metalmecânica, o de energia, o de química, por exemplo. Como ficou evidente nas interações com o Estado, essas instituições conhecem a fundo seus setores e associados e podem, em conjunto com o Hub do Hidrogênio, criar ações que atinjam efetivamente as PME. Nesse caso, sugere-se a criação de um *canal de comunicação direto entre as PME cearenses e o Hub do Hidrogênio Verde*, por meio do qual as empresas possam buscar informações e tirar dúvidas pela internet ou telefone.

- **Realização de diagnóstico sobre as demandas específicas de bens e serviços dos projetos de Hidrogênio Verde a serem implementados pelas empresas âncoras.**

O Hub do Hidrogênio Verde deve realizar iniciativa, junto às empresas âncoras, de quantificar o nível de insumos, componentes e serviços que podem ser efetivamente fornecidos pelas empresas locais quando da implantação dos primeiros projetos de

produção de Hidrogênio Verde (primeira etapa). O diagnóstico deve também identificar os volumes de insumos, componentes e serviços adicionais que poderão ser fornecidos pelas PME numa segunda etapa, quando os projetos escalonarem e as incertezas tecnológicas se reduzirem.

Esse diagnóstico é um ponto de partida essencial para direcionar e realizar um planejamento de ações de capacitação das PME cearenses para o curto e médio prazo. Ficou evidente, ao longo das visitas e reuniões realizadas com representantes do governo e da indústria do estado do Ceará, que o Hub do Hidrogênio Verde já desenvolveu um relacionamento com as empresas âncoras, que deve ser utilizado para coletar informações estratégicas para o desenvolvimento de ações pelo Hub e pelo Estado.

- **Diagnóstico das competências e capacidades produtivas nos setores com interfaces com a cadeia do Hidrogênio Verde.**

A partir da análise das interfaces setoriais, entende-se o diagnóstico das capacidades produtiva e tecnológica das PME cearenses que podem atender as demandas das plantas de Hidrogênio Verde, deve considerar características de produção (sob encomenda, seriado, fluxo contínuo), economias de escala e possibilidades de adaptação dos processos produtivos nos curto e médio prazos. Esse esforço deve identificar as empresas cearenses que produzem os bens e serviços listados nas Tabelas 4.1 e 4.2 a partir das seguintes categorias:

- i. com plena capacidade produtiva para atender determinada demanda em até dois anos;
- ii. com capacidade produtiva, mas com a necessidade de ampliação de escala e/ou o desenvolvimento de alguma especialidade técnica;
- iii. sem capacidade produtiva.

Esse é um trabalho que pode ser liderado pelo Observatório da Indústria da FIEC e deve contar com a colaboração dos principais sindicatos, pois ficou evidente ao longo do desenvolvimento do projeto, que essas organizações têm um conhecimento bastante significativo das empresas cearenses.

- **Diagnóstico das competências tecnológicas locais disponíveis que podem ser aplicadas na adaptação e/ou fortalecimentos das empresas já existentes.**

O estado do Ceará já possui um conjunto de atores que compõem um sistema regional de inovação, incluindo universidades, incubadoras, parques tecnológicos etc., além de recursos humanos para realização de atividades de ciência e tecnologia. Comparada ao sistema nacional de inovação, a escala é reduzida e pode demandar a cooperação com outros Estados brasileiros no que tange às demandas tecnológicas da produção de Hidrogênio Verde. Todavia, é premente a realização de um diagnóstico em profundidade das competências tecnológicas locais disponíveis que possam ser aplicadas ao Hidrogênio Verde e, em especial, que possam ser aplicadas às PME industriais e de serviços, bem como em startups e demais empresas de base tecnológica.

Para além das plantas de produção, há desafios para a distribuição do Hidrogênio Verde, entre outros à montante e à jusante da cadeia de valor, que não fazem do escopo deste trabalho, mas que também devem ser considerados no diagnóstico. Num workshop realizado pela UFC, no qual os pesquisadores apresentaram seus projetos de pesquisa, ficou evidente que há recursos humanos capacitados no Estado para atuar em diferentes desafios tecnológicos. Nesse caso, o estado do Ceará deve fazer um trabalho de entender como essas competências podem contribuir no processo de criar oportunidades de negócio para as PME.

- **Estabelecimento de programa para a qualificação das PME com capacidade produtiva imediata para fornecer insumos, equipamentos ou serviços para os projetos de Hidrogênio Verde.**

Sabe-se que as oportunidades abertas pelo investimento em grandes projetos vão requerer a identificação de fornecedores qualificados e, nesse sentido, os requerimentos básicos dessa qualificação vão passar pelo entendimento e a aplicação dos elevados padrões técnicos tanto nos produtos quanto nos processos produtivos pelas empresas interessadas em ampliar portfólio para um novo setor demandante. Nessa trajetória que passa pela pré-qualificação até a realização de pedidos firmes, há todo um esforço para a capacitação dos recursos humanos em gestão e em técnicas produtivas e, ainda, a preparação das PME para acessar financiamento para

modernização e expansão das suas capacidades produtivas, com conseqüente aumento da escala e redução de seus custos unitários.

As empresas poderão ter que apresentar provas de capacidade de gestão [sistemas de gestão ISO 9000, além de outros certificados: meio ambiente; saúde e segurança ocupacional etc.]. Em situações excepcionais, a empresa ainda poderá ser objeto de auditorias de inspeção in loco ou remota previamente ou durante a execução do contrato por parte das empresas âncoras e/ou *first tiers* com o objetivo de verificar a conformidade dos equipamentos ou materiais fabricados nas instalações do fornecedor e/ou subfornecedores envolvidos mencionados nos contratos.

Esse tipo de análise é pertinente na medida em que os grandes contratantes possuem sistemáticas próprias para o cadastro e a avaliação prévia das capacidades dos fornecedores. Em geral, as empresas âncoras mantêm cadastro por família de itens de bens e serviços para os quais as empresas interessadas devem buscar habilitação para o fornecimento de materiais, serviços, equipamentos e bens de interesse daquelas empresas âncoras e, em geral, a empresa cadastrada precisa obter avaliação positiva quanto ao fornecimento de bens e serviços do seu portfólio para negociar ou ser chamada para negociar futuros pedidos de compras.

- **Disponibilização de programas específicos para capacitação de recursos humanos demandados pelo negócio de produção de Hidrogênio Verde.**

O Estado deve se aproveitar da sua rede de escolas técnicas, universidades, além da estrutura do SENAI, SEBRAE etc. para criar programas específicos para a capacitação de recursos humanos relacionados ao Hidrogênio Verde. Seria oportuno avaliar a criação de curso de graduação na UFC sobre Economia e Tecnologia do Hidrogênio ou um curso de especialização em Engenharia do Hidrogênio. A concepção dos programas deve partir de um entendimento da demanda tanto das empresas âncoras quanto das PME que tem capacidade para fornecer insumos, componentes ou serviços no curto ou médio prazo. Os projetos de Hidrogênio Verde que forem implantados no Estado vão demandar mão de obra especializada, assim como as PME que adaptarem ou expandirem seus negócios para atender as demandas desses projetos. Os insumos, serviços e componentes demandados pelas produções de Hidrogênio Verde têm muitas interfaces setoriais e o

Estado pode-se utilizar da experiência e competência de outros setores de fontes renováveis de energia para desenhar um programa de capacitação de mão de obra para prestação de serviços industriais para as plantas de Hidrogênio Verde, por exemplo.

- **Disponibilização de incentivos fiscais e outros incentivos financeiros para capacitação e adaptações dos processos produtivos.**

A pesquisa estruturada *on-line* com as empresas cearenses destacou que a falta de incentivos fiscais e financeiros pode ser uma das principais barreiras para que essas empresas aproveitem as oportunidades de negócio relacionadas ao Hidrogênio Verde que possam surgir no Estado. Mesmo as empresas que tenham porventura já tenham capacidade para fornecer insumos e componentes e serviços no curto prazo para as plantas de Hidrogênio Verde vão precisar realizar adaptações nos seus processos produtivos e se capacitar para atender as exigências técnicas, de gestão, qualidade e custo colocadas pelo setor. Isto não vai ocorrer sem a disponibilização de incentivos fiscais e financeiros, tipo linha de crédito preferenciais etc.

- **Criação de planos para ampliar e melhorar a infraestrutura do Estado: de transporte, logística, transmissão e distribuição de energia etc.**

Ficou evidente pelas entrevistas com as empresas âncoras que toda a infraestrutura (transporte, logística, transmissão e distribuição de energia etc.) que pode impactar diretamente na viabilidade de produção e distribuição de Hidrogênio Verde poderá se constituir em barreira significativa à concretização dos projetos de Hidrogênio Verde no Estado. Esse aspecto foge do escopo deste trabalho, que visa propor ações para ampliação de conteúdo produtivo local, mas não deve deixar de ser ressaltado porque é um fator que também pode delimitar as oportunidades da PME cearenses.

Nesse sentido, sugere-se que o estado do Ceará crie um plano de ação para solucionar lacunas na infraestrutura do Estado. O alinhamento com as demandas das empresas âncoras deve ser o ponto de partida para a realização do plano. O plano deve contar com metas progressivas para a realização de etapas ao longo do tempo, considerando o prazo de dez anos.

### 4.2.3.2 *Ações em médio prazo*

As ações em médio prazo, de 3 a 5 anos, têm como principais objetivos criar condições para as PME que atuam em segmentos bens e serviços industriais relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde adaptarem e expandirem seus negócios; e se capacitarem para se tornarem fornecedores e provedores de serviços dentro de uma perspectiva de escalada do tamanho e da quantidade de projetos implementados no estado do Ceará – e em outros locais do Brasil.

- **Incremento da infraestrutura de P&D e testes acessíveis às empresas.**

O acesso à infraestrutura de P&D e testes é uma barreira apontada pelas empresas cearenses no questionário estruturado *on-line*. Esta é uma barreira que não pode ser solucionada em curto prazo, mas pode ser foco de uma ação de médio prazo realizada pelo estado do Ceará. As empresas que têm condições de adentrarem a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde nos próximos cinco anos, ainda que não dependam de nenhuma inovação radical, vão necessitar de apoio e infraestrutura de P&D e testes para adaptarem seus processos e produtos às demandas específicas à produção e distribuição de Hidrogênio Verde.

A Universidade Federal do Ceará, que já faz parte do Hub do Hidrogênio Verde, pode ser o ponto focal, mas há outras instituições de ensino e pesquisa do Estado que também podem ser beneficiadas com novos investimentos em infraestrutura. Sabe-se que a primeira missão da universidade não é prover serviços às empresas, mas a literatura também demonstra que os contratos com as empresas beneficiam as universidades ao proporcionar trocas de conhecimento, entre outros benefícios.

- **Disponibilização de linhas de crédito de longo prazo, incentivos fiscais e outros incentivos para financiar a adaptação e/ou expansão significativa dos processos produtivos.**

Esta ação, que deve ser estruturada no curto prazo, como mencionada anteriormente, deve ser programada para ter um maior alcance no médio prazo, com maior volume e variedade de incentivos fiscais e financeiros disponíveis às PME. As empresas vão investir em novos equipamentos, novos processos produtivos, sistemas de

normatização e certificação se houver capital para isto e garantia de mercado para os novos produtos ou produtos adicionais. Nesse sentido, é fundamental a articulação do governo do estado do Ceará com instituições federais, como a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), e regionais, como o próprio BNB (Banco do Nordeste do Brasil).

O estado do Ceará deve recorrer a todos meios disponíveis, inclusive organismos internacionais e multilaterais, para dispor de linhas de crédito e incentivos às PME. Experiências internacionais de desenvolvimento de outras cadeias produtivas de fontes renováveis, como o caso da energia eólica e solar na China, demonstram que a concessão de crédito ou incentivos fiscais pode ser atrelada a metas de progressivas de capacitação e competitividade. Essa é uma estratégia que pode ser utilizada pelo estado do Ceará.

- ***Ampliação do programa para a qualificação das PME com possibilidade de expandir e/ou adaptar a capacidade produtiva no médio e longo prazo.***

O programa iniciado no curto prazo deve ser expandido no médio prazo com o objetivo de atender as empresas que não tem capacidade produtiva e de prestação de serviços imediata, mas que, todavia, ou atuam em setores adjacentes ou têm maiores barreiras para expansão ou adaptação dos seus processos produtivos que não podem ser solucionadas no curto prazo. Sendo assim, será necessário que o programa incorpore novas ações, recursos e estrutura no médio prazo para atender empresas com maiores desafios, inclusive os de caráter tecnológico.

Viu-se pela análise das interfaces setoriais que a disponibilidade de PME atuando em setores de bens industriais relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde não é significativa na maioria dos CNAE, o que reflete a estrutura produtiva do Estado. Sendo assim, se o Estado tem de fato como objetivo uma inserção mais proativa e produtiva na cadeia do Hidrogênio verde, têm que apoiar não somente as empresas que já têm capacidade, mas aquelas que se propuserem a se expandir e se adaptar.

- **Criação de um plano para fomentar a formação de clusters de empresas fornecedoras de insumos, componentes e serviços para o Hidrogênio Verde.**

*Cluster* industrial ou aglomerações produtivas são um conjunto de empresas de um mesmo setor, localizadas e limitadas em determinada região geográfica, e por causa dessa aproximação são geradas externalidades produtivas e tecnológicas. Em economias avançadas, os clusters têm como principais características: a proximidade geográfica; a especialização territorial; a predominância de pequenas e médias empresas (PME); a cooperação entre as firmas; a competição determinada pela inovação; a troca de informações baseada na confiança socialmente construída, organizações de apoio que ofertam serviços de apoio aos negócios e a inovação e parceria consistente com o setor público local. Em economias em desenvolvimento, predominam aglomerados informais sem coordenação efetiva e redes e estruturas formais de cooperação e apoio (CROCCO *et al*, 2006).

Planejar e implantar um cluster em seu sentido mais produtivo e inovador é um desafio para além da capacidade produtiva e de inovação do Estado, mas é possível planejar a concentração espacial das empresas relacionadas à cadeia produtiva do hidrogênio para o longo prazo; criar uma estrutura de coordenação; usar a governança já constituída do sistema regional de inovação para criar redes de relacionamento e cooperação; planejar estruturas de apoio etc.

Ficou evidente nas reuniões de alinhamento com o estado do Ceará que os atores do poder público e do poder privado se relacionam, dialogam e são capazes de buscar soluções conjuntas e criar estruturas de governança, como já vêm ocorrendo com o Hub do Hidrogênio Verde. Esse contexto deve ser explorado para planejar essas chamadas economias de aglomeração.

- **Implementação de um quadro regulatório que sinalize a criação de um mercado local para Hidrogênio Verde.**

Historicamente os mercados energia ao redor do mundo, seja fóssil ou renovável, sempre foram altamente regulados; e continuam tendo forte atuação do poder público, seja na gestão, governança, regulação, fiscalização ou mesmo na concessão de



incentivos, mesmo após os processos de liberalização e privatização do setor elétrico, das empresas de petróleo e gás etc.

Os mercados para as fontes renováveis de energia, que é a experiência mais recente, foram criados – a partir da combinação de preços subsidiados, reserva compulsória de mercado, com metas progressivas de inserção na rede e obrigatoriedade de conexão à rede, primeiro em pequenos nichos e, depois em grande escala, depois que a tecnologia já tinha atingido uma certa maturidade.

Apesar das suas particularidades e de suas várias possibilidades de aplicação, o Hidrogênio Verde é um vetor energético e precisa de um arcabouço regulatório que coloque regras claras relativas à sua produção, distribuição e consumo; e sinalize, com metas de média e longo prazo, incentivos financeiros e não financeiros a garantia de um mercado local com um tamanho suficiente para puxar o desenvolvimento da indústria e seus respectivos encadeamentos. Essa questão também foi bastante enfatizada nas entrevistas com as empresas âncoras.

#### *4.2.3.3 Ações em longo prazo*

As ações em longo prazo, de 6 a 10 anos, devem ter objetivos mais ambiciosos, como criar oportunidades para as PME a partir de demandas tecnológicas e de engenharia, a consolidação de um mercado local para o Hidrogênio Verde e o desenvolvimento de clusters de fornecedores de bens e serviços industriais. Nesse caso, é ainda mais necessária a articulação com o governo federal e com outros Estados para criar uma estratégia conjunta na qual os recursos e esforços de todas as instâncias de governo possam se complementar.

- **Instalação de um centro de testes de tecnologias relacionadas às energias renováveis e ao Hidrogênio Verde acessível às PME e às grandes empresas**

Em situações nos quais as PME se aproveitam das oportunidades criadas pelas empresas âncoras, isto, empresas que lideram a cadeia de produção de equipamentos ou integram sistemas, as oportunidades de fornecimento mais significativas em termos de valor agregado ocorrem quando as empresas locais conseguem atender uma demanda ou

gargalo tecnológico da cadeia. Mas para isto as empresas necessitam ter acesso à infraestrutura de P&D e infraestrutura de testes para seus produtos.

Um contexto ideal para fomentar a interação das PME com as empresas âncoras seria a instalação de um centro de pesquisas e testes que pudesse ser acessado tanto pelas grandes empresas quanto pelas PME. O programa *Catapult* do Reino Unido adotou esta estratégia para criar oportunidades de negócios para as empresas locais em áreas estratégicas para o país, como a eólica *offshore*.

Guardadas as devidas proporções, e não desconsiderando as limitações da estrutura produtiva e de recursos do estado do Ceará, esta é uma ação que tornaria o Estado realmente um Hub de Hidrogênio Verde, pois adicionaria possibilidades de inserções produtivas na cadeia de valor de expansão da atuação das PME para além do Estado e do país.

- **Criação de programa para estimular o consumo do Hidrogênio Verde pelas empresas do Ceará e da Região Nordeste**

Os investimentos em adaptações e/ou expansões das atividades de produção de bens e serviços industriais, assim como a concretização dos projetos de produção de Hidrogênio Verde no Ceará, só vão ocorrer mediante sinalização, por meio ações do governo estadual e do governo federal, de que vai haver mercado no Brasil para Hidrogênio Verde. Esta foi uma questão colocada por todas as empresas âncoras. Além disso, quando se observa a trajetória da eólica e do solar, e do próprio Hidrogênio Verde na Europa, a constituição de um mercado local, por meio de incentivos, regulação, estímulo ao consumo interno, é elemento comum da política de todos os *first-movers* e *second movers*.










Ainda que o estado do Ceará tenha perspectivas bastantes favoráveis à exportação do Hidrogênio Verde à Europa, vale observar que o Hidrogênio Verde no futuro deve se tornar uma *commodity* no mercado mundial. Não é um produto que deve ser produzido e consumido no local como as fontes renováveis de energia elétrica. Sendo assim, é premente que se crie um mercado local para o Hidrogênio Verde, pois uma vertente puramente exportadora poderá sofrer impactos significativos com a competição de custo com outros países em médio e longo prazo.

Para tanto, será necessário criar um plano programa, em articulação com outros Estados da Região Nordeste, e o governo federal, para estimular as empresas a usarem o Hidrogênio Verde nos seus processos produtivos. O estado do Ceará pode criar um plano de atração de empresas nacionais e de investimento direto estrangeiro para o Porto do Pecém, considerando segmentos industriais que podem utilizar o Hidrogênio Verde em seus processos produtivos.

O Quadro 4.4, a seguir, apresenta esquema da distribuição dessas ações em curto, médio e longo prazo de forma integrada e com a respectiva ênfase na implantação da estratégia de inserção das PME cearenses na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde.

**Quadro 4.4** - Estratégia integrada de inserção das PME na produção de H2V

Ações Recomendadas	Curto Prazo Até 2024	Médio Prazo 2025-2027	Longo Prazo 2028 - 2032
Difusão de conhecimento e oportunidades de negócios do H2V			
Quantificar demandas dos projetos de H2V das empresas âncoras	●	◐	○
Diagnóstico das competências tecnológicas locais disponíveis às PME cearenses			
Capacitação de recursos humanos para a produção de Hidrogênio Verde			
Diagnóstico das capacidades produtivas nos setores com interfaces setoriais com a cadeia do Hidrogênio Verde	●	◐	○
Programa de qualificação das PME com capacidade produtiva imediata para projetos de Hidrogênio Verde			
Incentivos fiscais e financeiros para upgrade de processos produtivos nas PME	●	◐	○
Melhorias na infraestrutura do Estado (água, energia elétrica, transporte etc.)			
Fortalecimento da infraestrutura de P&D e de testes acessíveis às PME	◑	●	◐
Ampliar programa de qualificação das PME em médio e longo prazo	◑	●	◐
Criação de um plano para fomentar a formação de <i>clusters</i> de empresas para o Hidrogênio Verde	◑	●	◐

Ações Recomendadas	Curto Prazo Até 2024	Médio Prazo 2025-2027	Longo Prazo 2028 - 2032
Criação de linhas de crédito de longo prazo, incentivos fiscais e financeiros para expansão da capacidade produtiva			
Desenvolvimento de quadro regulatório para a criação de mercado local para Hidrogênio Verde			
Centros de tecnologia de energias renováveis e de Hidrogênio Verde			
Programa de estímulo ao consumo do Hidrogênio Verde no Ceará e no Nordeste			

 mais ênfase       menos ênfase

**Fonte:** elaborado pela Cognito Consultoria

### 4.3 Considerações Finais

Este capítulo teve como principais objetivos apontar as oportunidades de inserção das PME cearenses na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, a partir de dois tipos de análise: a observação das interfaces setoriais, buscando apontar as possibilidades de atuação das PME cearenses em bens e serviços industriais; as percepções das empresas cearenses, captadas a partir de um questionário estruturado, acerca das suas capacidades e possíveis barreiras para atuação no novo setor.

A combinação de ambas as análises leva à consolidação de algumas conclusões acerca das possibilidades de atuação do estado do Ceará nos principais grupos de produtos e serviços dos CNAE relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde; quais sejam:

- Produtos que têm base metalúrgica, como conexões para tubos, vasos de pressão e containers, em razão das competências locais no setor;
- Tubos e conexões de PVC, que tem um processo de produção simples e não requer economias de escala, mas o atendimento de requisitos técnicos e a prática de preços competitivos pode ser uma barreira;
- Materiais elétricos, tais como conexões elétricas, chaves diversas, disjuntores e cabos elétricos, que já são produzidos no estado, mas o atendimento de requisitos técnicos e a prática de preços competitivos também pode ser uma barreira;
- Parte dos insumos químicos, como nitrogênio e hidróxido de potássio, uma vez que já empresas químicas no estado;
- Equipamentos elétricos, como retificador de corrente e transformador, porque já há empresas produzindo esses equipamentos no estado. Porém, o fato de esses equipamentos virem embarcados podem constituir uma barreira, especialmente no curto prazo;
- Serviços de instalação e manutenção de máquinas e equipamentos, uma vez que já há competências desenvolvidas no estado, mas há falta de conhecimento sobre o H2V;

- Serviços e obras de arquitetura e engenharia civil, tendo em vista que o setor de construção é um dos que tem maior peso na estrutura produtiva do estado.

Por outro lado, as análises combinadas também permitem apontar os setores e produtos cujas possibilidades de atuação do estado do Ceará são bastante reduzidas; são eles:

- Os tubos sem costura, que é o tipo demandado pela indústria da eletrólise e que requer elevados investimentos e economias de escala;
- O catalisador de oxo, já que este produto demanda competências da química fina e é um gargalo nacional;
- As válvulas para gases e as válvulas hidráulicas, já que não há capacidade produtiva no estado e boa parte desses equipamentos é importado pela indústria nacional;
- Instrumentos de medida, teste e controle e placas eletrônicas, já que também não há capacidade produtiva no estado e os dispositivos eletrônicos e digitais consistem num gargalo da indústria nacional;
- Serviços de engenharia industrial, uma vez que os projetos devem vir “engenheirados” do exterior e que o país vem perdendo capacidade de realizar esses serviços nas últimas duas décadas.

Além disso, o capítulo também apontou os possíveis desafios para o desenvolvimento local da cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, considerando o estágio de desenvolvimento da indústria no mundo, as condições específicas colocadas pela indústria da eletrólise, as limitações da estrutura produtiva cearense e a importância de o país desenvolver um marco regulatório consistente e instaurar uma estratégia para o desenvolvimento dos projetos de produção do Hidrogênio Verde.

Por fim, o capítulo faz uma proposição de ações de curto, médio e longo prazo que podem ser instauradas pelo estado do Ceará para catalisar de fato as possibilidades de inserção do Estado na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde. Ainda que esta inserção possa não ser tão ampla considerando a estrutura produtiva reduzida do estado, há

estrutura de governança colocada, há uma comunicação entre os principais atores e instituições que compõe o sistema de inovação, há perspectiva de atração de volumes consideráveis de investimento, que devem ser levadas em conta e potencializadas com as ações do governo do estado.

## 5 Conclusões e Recomendações

O Hidrogênio Verde tem sido considerado um vetor fundamental para o processo de transição energética. O aumento de projetos em operação e já anunciados, e o lançamento de estratégias para hidrogênio em diversos países e regiões são evidências que confirmam o interesse no desenvolvimento da economia do hidrogênio em todo o mundo.

A produção no Brasil, por sua vez, tem sido incentivada em âmbito federal por meio do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), que apresenta um conjunto de diretrizes a partir das dimensões políticas públicas, tecnologia e mercado. Em âmbito subnacional (estadual e municipal), há várias iniciativas sendo também desenvolvidas no Brasil.

Esse contexto está alinhado ao principal objetivo deste estudo, que é o de avaliar o potencial do Brasil para fornecer os vários componentes e insumos para a cadeia de Hidrogênio Verde e, especificamente, identificar as oportunidades de inserção das PME cearenses nessa cadeia. Este estudo foi realizado em três principais etapas:

- i. um levantamento bibliográfico sobre o Hidrogênio Verde, a sua produção, os principais componentes envolvidos nessa produção, o status dos projetos no mundo e a descrição da cadeia de valor do Hidrogênio Verde. Nesse primeiro relatório foram detalhadas as tecnologias de produção de Hidrogênio Verde disponíveis atualmente, o estágio de desenvolvimento das tecnologias, o detalhamento da cadeia de valor e da cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, além da distribuição dos projetos e investimentos em Hidrogênio Verde pelo mundo, incluindo o Brasil (COGNITIO, 2022a).
- ii. a elaboração de fichas técnicas dos insumos e componentes de uma planta de Hidrogênio Verde e a análise do potencial nacional de produção dos principais componentes relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, a partir das interfaces setoriais. Para análise do potencial nacional foram utilizados dados da PIA-Produto do IBGE, dados da RAIS e dados de comércio exterior do Ministério da Economia, tabulados com base nos CNAE relacionados à cadeia produtiva do Hidrogênio Verde. Os dados foram complementados por um levantamento de



estudos setoriais. A partir dessa análise identificou-se as possíveis oportunidades e gargalos para a indústria nacional. Não considerando os stacks, que compõem 50% dos custos do eletrolisador, concluiu-se que o Brasil tem atualmente capacidade para produzir todos os equipamentos e insumos que compõe o balanço da planta, mas alguns dos componentes e insumos já têm um peso significativo nas importações, constituindo gargalos da indústria nacional (COGNITIO, 2022b);

- iii. análise das possibilidades de inserção das PME cearenses na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde e a proposição de ações para desenvolver oportunidades para a geração de conteúdo local (o presente relatório).

As atividades de pesquisa envolvidas nessas três etapas foram realizadas de modo concomitante, de forma que os resultados produzidos por cada uma delas estão consolidados neste último relatório.

No estudo de caso do estado do Ceará, constatou-se, neste relatório, que há oportunidades de engajamento das PME do estado do Ceará em atividades de produção de componentes e insumos para cadeia do Hidrogênio Verde, especialmente em função das interfaces e encadeamentos com setores nos quais já existem competências no Estado, conforme detalhado no Capítulo 4.

Porém, o engajamento efetivo das empresas locais como fornecedoras dos projetos de produção de Hidrogênio Verde não deve ser um processo automático. A principal razão, em curto prazo, é a quantidade bastante limitada de empresas produzindo os equipamentos e insumos e específicos que podem ser utilizados pelas plantas de produção de Hidrogênio Verde. Diante desse contexto, foram sugeridas ações de curto, médio e longo prazo para aumentar as possibilidades de inserção das PME locais na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde.

Independentemente do leque de ações sugerido para o fortalecimento da competitividade das PME cearenses, o ponto mais relevante diz respeito à prática do conceito da hélice tríplice, o qual está fundamentado na necessidade de intensa cooperação entre setor privado, governo e universidades, reservando papel de

destaque para os esforços de pesquisa e educação/aprendizagem da inovação, a colaboração dos governos em todos os níveis e o desempenho de um papel ativo do conjunto de organizações na promoção da inovação.

Nesse sentido, uma estratégia de ampliação do conteúdo local cearense para o mercado de Hidrogênio Verde poderá estar ancorada em dois grandes componentes:

1. fortalecimento institucional do Grupo Técnico Estratégico (GTE) e do Hub do Hidrogênio Verde para lidar com assuntos de Conteúdo Local; e,
2. elaboração de um programa estratégico de suporte ao aumento do Conteúdo Local para as PME cearenses que considere as ações sugeridas em curto, médio e longo prazo.

A primeira componente está fora do escopo desse estudo, mas há evidências que essa institucionalidade vem funcionando bem, expresso por mais de 20 MoU já assinados e pelo *feedback* que recebemos dos executivos das empresas âncoras que foram entrevistados. Entende-se, contudo, que a inclusão das ações sugeridas no conjunto das atribuições daquele GTE poderá resultar em uma sinalização clara de que as políticas públicas no Estado para a economia do Hidrogênio Verde também vão incorporar os interesses do adensamento produtivo e tecnológico local tão esperado pelas organizações representativas da indústria e do sistema de inovação do Estado.

Em relação à segunda componente, dadas as condições e o tamanho da estrutura produtiva e do mercado do estado do Ceará, além das limitações colocadas pelas instâncias legais de atuação das Unidades Federativas, observa-se que o estado do Ceará não está em posição de condicionar a atração de investimento estrangeiro direto (IED) às exigências de conteúdo local, mesmo quando as cadeias globais do Hidrogênio Verde já estiverem mais adensadas. Todavia, destacou-se que ainda assim o estado pode tomar um conjunto de iniciativas locais que podem aumentar as possibilidades de inserção do estado na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde.

Nesse sentido foram sugeridas um conjunto de ações de curto, médio e longo prazo que constituem uma estratégia integrada que pode ser implementada por meio de passos progressivos: com ações mais urgentes, mas também mais simples e factíveis para o

curto prazo, que não envolvem um grande montante de recursos e ações mais complexas que demandam planejamento, mais recursos financeiros e de infraestrutura no médio e longo prazo.

No curto prazo é essencial que o estado dissemine informações e eduque os atores do sistema local de inovação sobre o Hidrogênio Verde; entenda e qualifique as demandas específicas das empresas âncoras que pretendem instalar plantas de produção de hidrogênio no estado; capacite e qualifique recursos humanos e PME que já tenham capacidade produtiva; identifique as principais lacunas e comece a incrementar a infraestrutura de P&D e testes que deve dar suporte às PME; e mobilize os recursos para financiar essas iniciativas. O curto prazo deve ter um foco na preparação, qualificação, desenho e definição de marco regulatório.

No médio e longo prazo, algumas dessas ações devem ser ampliadas, como a inclusão das PME que apresentam interfaces setoriais, mas não tem capacidade produtiva no curto prazo, o fortalecimento da infraestrutura de P&D e testes, a melhoria da infraestrutura física local, a disponibilização de linhas de financiamento para ampliação de capacidade produtiva. E, outras, como campanhas de conscientização e diagnósticos, devem ser substituídas por planos e ações mais ambiciosas, como o fomento ao desenvolvimento de cluster produtivo local focado em Hidrogênio Verde, a criação de mercado local para o Hidrogênio Verde, integrando os demais estados da região Nordeste, entre outros planos mais ambiciosos, com um centro local de P&D que promova a interação entre grandes e PME.

Nesse caso, é importante que os tomadores de decisão do estado do Ceará estejam cientes que caberá ao Governo Federal estabelecer uma estratégia nacional para que os projetos de produção de Hidrogênio Verde a serem implantados no país possam trazer benefícios econômicos e sociais mais consistentes a partir de uma participação mais significativa no valor da transformação industrial. Cabe lembrar que, mesmo que os *stacks* não sejam produzidos domesticamente, há ainda aproximadamente 50% do valor dos equipamentos e insumos que compõem a planta do Hidrogênio Verde que podem ser produzidos localmente.

Sendo assim, coloca-se como sugestão de próximos passos uma extrapolação deste estudo, realizado com foco nas PME cearenses, para a indústria nacional, isto é, propõe-se que se faça uma análise das capacidades produtivas e tecnológicas disponíveis na indústria brasileira que possibilitem a inserção dessa indústria na cadeia produtiva do Hidrogênio Verde. Dada as dimensões territoriais do país, a disponibilidade de fontes renováveis de energia, o tamanho do mercado local, a presença relevante de indústrias de base que devem demandar em breve novas opções energéticas para a descarbonização, é premente que o país entenda em profundidade as possibilidades de posicionamento estratégico e produtivo nesta indústria emergente.

No mesmo sentido, cabe avaliar a ampliação do escopo deste estudo também para os elos de transformação, transporte e usos finais do Hidrogênio Verde. No caso dos elos da cadeia de valor, destaca-se a produção de Amônia Verde ou metanol, para a qual serão necessários um outro conjunto de insumos, componentes e equipamentos. No elo de transporte, ainda mais a jusante, existem diversos modais, como caminhões, navios, gasodutos e, até mesmo, sistemas intermediários de bombeamento e armazenamento que também deverão demandar centenas de milhares de bens industriais e serviços. No caso dos usos finais abrangem a descarbonização da indústria, do transporte, do aquecimento e da geração de energia elétrica. O caso do transporte, especialmente com as chamadas células de combustível, aponta para a criação de um novo mercado que vai desde a eletrificação veicular até o desenvolvimento de diversas aplicações em motores elétricos como apontado em apresentação de representante da empresa Ballard por ocasião do FIEC Summit 2022.

Como amplamente mencionado ao longo do trabalho, as tecnologias e o mercado de Hidrogênio Verde ainda estão em sua fase inicial em todo o mundo, o que cria uma janela de oportunidade que poderá ser aproveitada por países e regiões que disponham de massa crítica e capacidade de colocar em prática um conjunto de ações coordenadas e distribuídas ao longo do tempo, que lhes permitam acompanhar a trajetória de crescimento como protagonistas de um mercado e de uma tecnologia que está na raiz da transição energética e do processo de descarbonização da economia global.

## 6 Anexos

### 6.1 Estabelecimentos Industriais Brasil - Porte

**Tabela 6.1** - Estabelecimentos industriais formais no Brasil por CNAE e porte pelo número de empregados - 2019

CNAE (a 5 dígitos)		Micro		Pequena		Média		Grande		Total
		Até 19	%	20 a 99	%	100 a 499	%	> 500	%	
20.11-8	Fabricação de cloro e álcalis	17	0,63	7	0,26	3	0,11	0	0,00	27
20.14-2	Fabricação de gases industriais	148	0,69	59	0,28	7	0,03	0	0,00	214
20.94-1	Fabricação de catalisadores	5	0,63	1	0,13	2	0,25	0	0,00	8
22.21-8	Fabricação de laminados planos e tubulares de material plástico	324	0,65	137	0,28	34	0,07	2	0,00	497
22.23-4	Fabricação de tubos e acessórios de material plástico para uso na construção	193	0,73	47	0,18	19	0,07	6	0,02	265
24.23-7	Produção de laminados longos de aço	54	0,55	18	0,18	9	0,09	18	0,18	99
24.39-3	Produção de outros tubos de ferro e aço	74	0,81	13	0,14	3	0,03	1	0,01	91
25.21-7	Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central	368	0,80	84	0,18	8	0,02	0	0,00	460
26.10-8	Fabricação de componentes eletrônicos	570	0,72	172	0,22	46	0,06	6	0,01	794
26.51-5	Fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle	715	0,80	140	0,16	40	0,04	0	0,00	895
27.10-4	Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos	445	0,75	96	0,16	39	0,07	11	0,02	591
27.32-5	Fabricação de material elétrico para instalações em circuito de consumo	196	0,76	41	0,16	20	0,08	1	0,00	258
27.33-3	Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados	227	0,61	96	0,26	44	0,12	6	0,02	373
28.12-7	Fabricação de equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas	337	0,76	76	0,17	28	0,06	0	0,00	441
28.13-5	Fabricação de válvulas, registros e dispositivos semelhantes	262	0,66	105	0,27	23	0,06	5	0,01	395
29.30-1	Fabricação de cabines, carrocerias e reboques para veículos automotores	1258	0,83	195	0,13	41	0,03	13	0,01	1507

Fonte: Elaborado pela Cognito Consultoria a partir de análise da RAIS (2019)

## 6.2 Estabelecimentos Industriais Brasil - Região

**Tabela 6.2** - Estabelecimentos industriais no Brasil por CNAE e por Região - 2019

CNAE a 5 dígitos	Norte	%	Nordeste	%	Sudeste	%	Sul	%	Centro-Oeste	%	Total
20.11-8 Fabricação de cloro e álcalis	0	0,00	9	0,33	11	0,41	7	0,26	0	0,00	27
20.14-2 Fabricação de gases industriais	14	0,07	39	0,18	108	0,50	37	0,17	16	0,07	214
20.94-1 Fabricação de catalisadores	0	0,00	0	0,00	6	0,75	2	0,25	0	0,00	8
22.21-8 Fabricação de laminados planos e tubulares de material plástico	14	0,03	43	0,09	269	0,54	155	0,31	16	0,03	497
22.23-4 Fabricação de tubos e acessórios de material plástico para uso na construção	6	0,02	51	0,19	111	0,42	75	0,28	22	0,08	265
24.23-7 Produção de laminados longos de aço	3	0,03	8	0,08	64	0,65	20	0,20	4	0,04	99
24.39-3 Produção de outros tubos de ferro e aço	3	0,03	12	0,13	57	0,63	15	0,16	4	0,04	91
25.21-7 Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central	13	0,03	38	0,08	236	0,51	130	0,28	43	0,09	460
26.10-8 Fabricação de componentes eletrônicos	35	0,04	21	0,03	488	0,61	235	0,30	15	0,02	794
26.51-5 Fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle	10	0,01	22	0,02	563	0,63	283	0,32	17	0,02	895
27.10-4 Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos	15	0,03	54	0,09	320	0,54	164	0,28	38	0,06	591
27.32-5 Fabricação de material elétrico para instalações em circuito de consumo	3	0,01	9	0,03	169	0,66	66	0,26	11	0,04	258
27.33-3 Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados	8	0,02	16	0,04	254	0,68	88	0,24	7	0,02	373
28.12-7 Fabricação de equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas	6	0,01	30	0,07	240	0,54	139	0,32	26	0,06	441
28.13-5 Fabricação de válvulas, registros e dispositivos semelhantes	1	0,00	14	0,04	251	0,64	114	0,29	15	0,04	395
29.30-1 Fabricação de cabines, carrocerias e reboques para veículos automotores	73	0,05	184	0,12	502	0,33	612	0,41	136	0,09	1507

**Fonte:** Elaborado pela Cognitio Consultoria a partir de análise da RAIS (2019)

## 6.3 Serviços Industriais Brasil - Porte

**Tabela 6.3** - Serviços industriais: estabelecimentos da cadeia produtiva do H2V, Brasil, porte pelo número de empregados: 2019

CNAE	Descrição	até 19	%	20 a 99	%	100 a 459	%	500 a 999	%	> 1000	%	Total
33.11-2	Manutenção e reparação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras, exceto para veículos	621	86,25	89	12,36	9	1,25	1	0,14	0	0,00	720
33.13-9	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos elétricos	2.271	93,92	130	5,38	17	0,70	0	0,00	0	0,00	2.418
33.14-7	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos da indústria mecânica	10.814	93,36	684	5,91	74	0,64	6	0,05	5	0,04	11.583
33.21-0	Instalação de máquinas e equipamentos industriais	2.856	91,42	245	7,84	21	0,67	1	0,03	1	0,03	3.124
42.22-7	Construção de redes de abastecimento de água, coleta de esgoto e construções correlatas	1.563	83,63	239	12,79	63	3,37	4	0,21	0	0,00	1.869
43.21-5	Instalações elétricas	13.868	92,81	888	5,94	138	0,92	30	0,20	19	0,13	14.943
43.22-3	Instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração	8.674	93,90	494	5,35	60	0,65	6	0,06	3	0,03	9.237
43.91-6	Obras de fundações	1.802	90,15	180	9,00	16	0,80	1	0,05	0	0,00	1.999
71.11-1	Serviços de arquitetura	2.787	98,34	42	1,48	4	0,14	1	0,04	0	0,00	2.834
71.12-0	Serviços de engenharia	13.973	89,73	1.285	8,25	268	1,72	33	0,21	14	0,09	15.573
71.19-7	Atividades técnicas relacionadas à arquitetura e engenharia	4.244	94,77	201	4,49	29	0,65	3	0,07	1	0,02	4.478

Fonte: Elaborado pela Cognitio Consultoria a partir de análise da RAIS (2019)

## 6.4 Serviços Industriais Brasil - Região

**Tabela 6.4** - Serviços industriais: estabelecimentos da cadeia produtiva do Hidrogênio Verde, Brasil, por Região: 2019

CNAE	Descrição	Norte	%	Nordeste	%	Sudeste	%	Sul	%	Centro-Oeste	%	Total
33.11-2	Manutenção e reparação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras, exceto para veículos	23	3,19	132	18,33	385	53,47	117	16,25	63	8,75	720
33.13-9	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos elétricos	116	4,80	395	16,34	1248	51,61	444	18,36	215	8,89	2418
33.14-7	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos da indústria mecânica	447	3,86	1427	12,32	5720	49,38	2821	24,35	1168	10,08	11583
33.21-0	Instalação de máquinas e equipamentos industriais	74	2,37	281	8,99	1487	47,60	978	31,31	304	9,73	3124
42.22-7	Construção de redes de abastecimento de água, coleta de esgoto e construções correlatas	65	3,48	275	14,71	902	48,26	448	23,97	179	9,58	1869
43.21-5	Instalações elétricas	529	3,54	1737	11,62	7203	48,20	4211	28,18	1263	8,45	14943
43.22-3	Instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração	448	4,85	1233	13,35	4731	51,22	2065	22,36	760	8,23	9237
43.91-6	Obras de fundações	39	1,95	182	9,10	1314	65,73	337	16,86	127	6,35	1999
71.11-1	Serviços de arquitetura	90	3,18	395	13,94	1350	47,64	751	26,50	248	8,75	2834
71.12-0	Serviços de engenharia	763	4,90	2229	14,31	7818	50,20	3310	21,25	1453	9,33	15573
71.19-7	Atividades técnicas relacionadas à arquitetura e engenharia	201	4,49	545	12,17	2321	51,83	1038	23,18	373	8,33	4478

**Fonte:** Elaborado pela Cognitio Consultoria a partir de análise da RAIS (2019)



## 6.5 Distribuição das PME Cearenses por Atividade Produtiva - Hidrogênio Verde

**Tabela 6.5** - Distribuição das PME cearenses por CNAE associado à produção de Hidrogênio Verde

CNAE	Descrição	Pequena	Média	Total Geral	% Total	% Acumulado
71120	Serviços de engenharia	28	32	60	32%	32%
43215	Instalações elétricas	19	12	31	16%	48%
33147	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos da indústria mecânica	8	6	14	7%	56%
71111	Serviços de arquitetura	5	9	14	7%	63%
43223	Instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração	8	5	13	7%	70%
33210	Instalação de máquinas e equipamentos industriais	4	2	6	3%	73%
43916	Obras de fundações	3	3	6	3%	76%
71197	Atividades técnicas relacionadas à arquitetura e engenharia	4	2	6	3%	79%
15394	Fabricação de calçados de materiais não especificados anteriormente	3	2	5	3%	82%
22218	Fabricação de laminados planos e tubulares de material plástico	2	2	4	2%	84%
22234	Fabricação de tubos e acessórios de material plástico para uso na construção	2	2	4	2%	86%
24415	Metalurgia do alumínio e suas ligas	2	2	4	2%	88%
25993	Fabricação de produtos de metal não especificados anteriormente	2	2	4	2%	90%
33139	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos elétricos	3	1	4	2%	93%
20142	Fabricação de gases industriais	0	3	3	2%	94%
27104	Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos	0	2	2	1%	95%
28127	Fabricação de equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas	1	1	2	1%	96%
33112	Manutenção e reparação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras, exceto para veículos	1	1	2	1%	97%
72100	Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais	0	2	2	1%	98%
20118	Fabricação de cloro e álcalis	0	1	1	1%	99%
24237	Produção de laminados longos de aço	1	0	1	1%	99%
27333	Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados	1	0	1	1%	100%
<b>Total Geral</b>		<b>92</b>	<b>97</b>	<b>189</b>	<b>100%</b>	

Fonte: elaborado pela Cognito Consultoria

## 6.6 Formulário de Entrevista com Empresas Âncoras - H2V e H2C

1 – Qual o país de origem da empresa?

2 – Em qual segmento da cadeia de valor do H2V vocês atuam?

*Produtor de hidrogênio, consumidor de hidrogênio, fornecedor de equipamentos na área de hidrogênio, prestador de serviços, desenvolvedor de projetos, EPCistas, etcetera/*

2.1 - Quantas plantas em operação e em desenvolvimento vocês possuem?

2.2 - Qual tecnologia sua empresa utiliza para produzir H2V, para distribuir?

2.3 - Qual a quantidade produzida e a escala desses projetos?

3 – Quem são os principais fornecedores de equipamentos e de suprimentos para a produção de Hidrogênio Verde na sua empresa (no mundo)?

4 – Vocês já atuam no Brasil? Em qual segmento?

5 – Vocês possuem empresas brasileiras como fornecedores de insumos e equipamentos? Se sim, quais são elas?

6 – Tratando-se, especificamente, do caso do Ceará e do H2V, quais fornecedores vocês vão considerar? São diferentes dos fornecedores usuais que a empresa contrata?

7 – Para a implantação do projeto de H2V no Ceará, quais são as principais demandas da sua empresa, seja em termos de tecnologias, fornecedores, infraestrutura e outros aspectos?

8 – Ainda sobre o projeto no Ceará, qual a capacidade inicial instalada prevista da planta? E a capacidade de produção de hidrogênio verde?

8.1 – E no longo prazo? Há a possibilidade de expansão? Para quanto? Depende de quais fatores essa expansão?

9 - Quais são as principais barreiras no desenvolvimento de uma economia do hidrogênio no país?

10 – Quais são as possíveis barreiras, sejam elas técnicas, regulatórias ou de outra natureza, para a implementação da planta de Hidrogênio Verde no Estado do Ceará.

11 – Quais iniciativas o governo do Ceará pode implementar para facilitar a implantação de plantas de produção de H2V no estado do Ceará?

## 6.7 Formulário da Pesquisa Estruturada *On-line* com as PME cearenses

COGNITIO  
CONSULTORIA



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

FIEC  
Federação das Indústrias do Estado do Ceará



### FIEC Summit 2022 - Hidrogênio Verde e Oportunidades para a Indústria Brasileira Apresentação

A Cognito Consultoria foi contratada pela GIZ - a Agência de Cooperação Alemã no Brasil - para avaliar o potencial da indústria nacional para o fornecimento de bens e serviços para a produção do Hidrogênio Verde no país - com especial ênfase nas pequenas e médias empresas [PMEs].

A organização do FIEC Summit decidiu convidar todas as empresas inscritas no evento para participar desta pesquisa, a qual busca contribuir para um melhor entendimento deste novo mercado industrial.

Importante ressaltar que todas as respostas serão tratadas de forma confidencial, anônima e agregada, de acordo com as regras de proteção de dados previstas pela Lei Geral de Proteção de Dados [LPGD].

O tempo médio estimado para responder é de 10-15 minutos.

### Sobre o sigilo e o consentimento do uso dos dados pessoais

Desde setembro de 2018 - por meio da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais [LPGD], Lei nº 13.709/2018 - o Brasil passou a integrar o rol de países com legislações específicas para uso, proteção e compartilhamento de dados de seus cidadãos.

Um dos principais pontos da LGPD refere-se à necessidade de consentimento do titular para coleta e tratamento de seus dados pessoais.

\* 1. Você está de acordo e tem interesse em continuar a responder esta pesquisa no contexto da nova LPGD?

Sim

Não

### O que é Hidrogênio Verde?

Acesse um vídeo explicativo curto [2,5 min] sobre Hidrogênio Verde e o projeto H2Brasil que está disponível no canal do Youtube da GIZ Brasil.

Fique à vontade para assistir antes ou depois de responder à pesquisa! Se for assistir depois, anote o nome do canal e do vídeo!

## Identificação e outras informações de gestão

\* 3. Pedimos informar seu e-mail de uso profissional

Endereço de email

4. Informar nome da empresa

5. Estado sede da empresa ou de localização dos principais ativos produtivos

6. Atividade econômica principal [CNAE 2.0]

7. Cargo que ocupa na empresa:

- |   |   |
|---|---|
| <input type="radio"/> Diretor - Outras Áreas              | <input type="radio"/> Presidente                |
| <input type="radio"/> Diretor Técnico                     | <input type="radio"/> Supervisor                |
| <input type="radio"/> Gerente                             | <input type="radio"/> Técnico de Nível Superior |
| <input type="radio"/> Membro do Conselho de Administração | <input type="radio"/> Cargo Administrativo      |

8. A empresa investe em certificações de gestão e de produtos? [pode selecionar mais de uma opção, se for o caso]

- ISO 9000 - Sistema de Gestão da Qualidade
- ISO 14000 - Sistema de Gestão Ambiental
- ISO 17025 - Certificação de Laboratórios de Calibração e de Ensaio
- ISO 45001 - Sistema de Gestão em Segurança e Saúde no trabalho
- ISO 50001 - Sistema de Gestão de Energia
- Nenhuma das opções acima

9. Como a sua empresa implementa melhorias tecnológicas e inovações em processos e produtos? [pode escolher mais de uma opção, se for o caso]

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> P&D interno próprio         | <input type="checkbox"/> Parcerias com organizações privadas [Universidades, centros de pesquisa, SENAI etc.]    |
| <input type="checkbox"/> Contratação de P&D externo  | <input type="checkbox"/> Parcerias com organizações públicas [Universidades, centros de pesquisa, Embrapil etc.] |
| <input type="checkbox"/> Licenciamento de tecnologia | <input type="checkbox"/> Aquisição de máquinas e equipamentos mais modernos                                      |
| <input type="checkbox"/> Engenharia reversa          | <input type="checkbox"/> Aquisição de softwares especializados e de gestão                                       |

10. Como a sua empresa financia suas melhorias tecnológicas?

- Recursos próprios
- Combinação de recursos próprios e de terceiros [bancos, agências de fomento, participação acionária etc.]
- Recursos de terceiros [bancos, agências de fomento, participação acionária etc.]

11. Informe o número total de empregados da empresa em 2022 (considerar todas plantas e unidades da empresa)

- até 9 empregados
- de 10 a 49 empregados
- de 50 a 249 empregados
- acima de 250 empregados

12. Qual o perfil de formação escolar da mão de obra na sua empresa?

- Ensino fundamental
- Ensino médio
- Ensino médio profissionalizante [técnicos]
- Ensino superior

\* 13. Quais os principais tipos de bens e/ou serviços produzidos pela sua empresa? Você pode selecionar mais de um produto/serviço.

- Aparelhos de medida, teste e controle
- Componentes eletrônicos
- Equipamentos de segurança pessoal
- Equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas
- Equipamentos transmissores de comunicação
- Fios, cabos e condutores elétricos isolados
- Gases industriais
- Geradores, transformadores e motores elétricos
- Instalação de máquinas e equipamentos industriais ou sistemas elétricos
- Laminados longos de aço
- Laminados planos e tubulares de material plástico
- Manutenção e reparo de equipamentos industriais (elétricos ou mecânicos)
- Material elétrico para instalações em circuito de consumo
- Outros materiais plásticos para uso industrial ou construção
- Outros produtos do metal para uso industrial ou construção
- Produtos químicos (cloro, álcalis, catalisadores, outros)
- Tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central
- Tubos de ferro e aço
- Tubos e acessórios de material plástico para uso na construção
- Válvulas, registros e dispositivos semelhantes
- Serviços de arquitetura e engenharia
- Serviços de construção civil
- Serviços de instalação e manutenção
- Serviços de pesquisa e desenvolvimento

Outro (especifique)

\* 14. Qual é a atuação majoritária da sua empresa?

- Fabricação de bens
- Prestação de serviços

### Sobre a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde - Fabricação

15. Considerando as competências produtivas e tecnológicas existentes ou a desenvolver pela sua empresa, informe o grau de interesse em promover adaptações/expansões na sua empresa para oferecer **bens intermediários** para construção, operação e manutenção de plantas de produção de Hidrogênio Verde **nos próximos três (3) anos**.

	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Aparelhos de medida, teste e controle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Componentes eletrônicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Equipamentos de segurança pessoal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Equipamentos transmissores de comunicação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Em relação aos **bens intermediários** que você pensa em fabricar **em até três (3) anos** para uso em plantas de produção de Hidrogênio Verde, indique o grau de investimento em relação ao faturamento atual que você estima que a sua empresa precisará fazer.

- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito alto
- Não tenho ideia do grau de investimento necessário

### Sobre a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde - Prestação de Serviços

17. Considerando as competências produtivas e tecnológicas existentes ou a desenvolver pela sua empresa, informe o grau de interesse em promover adaptações/expansões na sua empresa para oferecer **serviços especializados** para construção, operação e manutenção de plantas de produção de Hidrogênio Verde **nos próximos três (3) anos**.

	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Aparelhos de medida, teste e controle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Válvulas, registros e dispositivos semelhantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Serviços de arquitetura e engenharia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Serviços de construção civil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Serviços de instalação e manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Sobre a cadeia produtiva do Hidrogênio Verde - Expectativas

19. Quais são as principais barreiras que podem dificultar sua empresa em adaptar/expandir seu processo produtivo para fornecer bens ou serviços demandados para a produção de Hidrogênio Verde? Selecione até oito (8) barreiras mais significativas.

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Burocracia excessiva   | <input type="checkbox"/> Elevada carga tributária  | <input type="checkbox"/> Inadimplência dos clientes              |
| <input type="checkbox"/> Baixa capacitação da mão de obra   | <input type="checkbox"/> Falta de capital de giro  | <input type="checkbox"/> Insegurança jurídica                    |
| <input type="checkbox"/> Competição com importados  | <input type="checkbox"/> Falta de financiamento de longo prazo                           | <input type="checkbox"/> Limitação da estrutura física da planta |
| <input type="checkbox"/> Competição desleal (informalidade, contrabando, dumping, etc.)                     | <input type="checkbox"/> Falta de incentivos fiscais                                     | <input type="checkbox"/> Taxa de câmbio                          |
| <input type="checkbox"/> Demanda externa insuficiente   | <input type="checkbox"/> Falta de infraestrutura para pesquisa, desenvolvimento e testes | <input type="checkbox"/> Taxas de juros elevadas                 |
| <input type="checkbox"/> Demanda interna insuficiente   | <input type="checkbox"/> Falta ou alto custo da matéria prima                            | <input type="checkbox"/> Nenhum                                  |
| <input type="checkbox"/> Desconhecimento do negócio   | <input type="checkbox"/> Falta ou alto custo de energia                                  |  |
| <input type="checkbox"/> Dificuldades na logística de transporte (estradas, infraestrutura portuária, etc.) | <input type="checkbox"/> Falta ou alto custo de trabalhador qualificado                  |  |

20. O que o Governo do Estado do Ceará poderia fazer para apoiar a inserção da PMEs na cadeia de valor do Hidrogênio Verde? Selecione até quatro (4) alternativas.

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> aprimoramento da infraestrutura e logística                                   | <input type="checkbox"/> Incentivos financeiros   |
| <input type="checkbox"/> disponibilização de infraestrutura de testes                                  | <input type="checkbox"/> incentivos fiscais   |
| <input type="checkbox"/> disponibilização de serviços de apoio (jurídico, consultoria financeira etc.) | <input type="checkbox"/> programas de treinamento e capacitação   |
| <input type="checkbox"/> incentivos às atividades de pesquisa e desenvolvimento                        | <input type="checkbox"/> apoio na identificação da demanda por família de produtos/serviços para a produção de Hidrogênio Verde |

21. Quais suas expectativas em relação a uma eventual inserção da sua empresa como fornecedor para a cadeia de produção de Hidrogênio Verde?

	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Nível de atividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faturamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Empregos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comércio Exterior	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. Que grau de dificuldade você teve para responder esta pesquisa?

- |                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="radio"/> Muito baixo | <input type="radio"/> Alto       |
| <input type="radio"/> Baixo       | <input type="radio"/> Muito alto |
| <input type="radio"/> Médio       |                                  |

## 6.8 Dados das Entrevistas com Empresas Âncoras

**Quadro 6.1** - Dados de referência das entrevistas com empresas âncoras - H2V e H2C

Data	Empresa	Representante	Cargo	Destaques para a cadeia de fornecedores
06/05/2022	TransHydrogen Alliance	Mark McHugh	Sócio-gerente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geração de empregos perenes na planta.</li> <li>Serviços de construção poderão ser realizado por empresas cearenses.</li> </ul>
20/05/2022	Engie Brasil	Ana Carolina Meyer	Desenvolvedora de negócios de Hidrogênio Verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deve trabalhar sob a forma de contrato de EPC.</li> <li>Tem estratégia de desenvolvimento de fornecedores locais.</li> <li>Empresa avaliadas em termo de “<i>track record</i>”, eficiência operacional e diretrizes de segurança.</li> <li>Prática em uso para materiais e serviços na área de geração renovável com players locais.</li> <li>Governo do Ceará pode apoiar o ambiente competitivo de forma geral.</li> </ul>
27/05/2022	The AES Corporation	Ítalo Freitas	Vice-Presidente de novas soluções e negócios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ceará bem-posicionado em termos gerais, expresso pela localização e institucionalidade (ZPE; desconto do ICMS para energia interestadual; desconto no fio etc.)</li> <li>Possui fornecedores no Brasil para itens como válvulas, compressores, trocadores de calor etc.</li> <li>Atenção sobre a precedência do projeto de engenharia no controle do procurement.</li> <li>Desafios em curto e médio prazo, respectivamente, capacidade de produção limitada de eletrolisadores e logística; consolidação de demanda (usos do hidrogênio na indústria e no transporte) e infraestrutura de <i>cracking</i> da amônia.</li> </ul>
06/06/2022	Air Liquide*	Caio Mogyca	Diretor de Desenvolvimento de Negócios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Brasil possui uma cadeia de fornecimento para equipamentos, mas não abrange toda a cadeia.</li> <li>Alguns equipamentos não são produzidos internamente devido a falta de escala competitiva.</li> <li>Empresa adota procedimentos de pré-qualificação para praticamente todos os itens de uma planta de produção do Hidrogênio Cinza (muitos deles também utilizados em plantas de Hidrogênio Verde, especialmente em equipamentos de controle de fluxo do gás e armazenamento, além de equipamentos elétricos e ancilares)</li> </ul>
09/06/2022	EDP Brasil	Cayo Moraes	Gestor Executivo de Operação e P&D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projeto piloto pioneiro de produção de Hidrogênio Verde por meio do P&amp;D ANEEL no Pecém.</li> <li>Oportunidades na cadeia de valor (geração solar fotovoltaica) e por empresas integradoras na construção de plantas de Hidrogênio Verde.</li> </ul>
14/06/2022	Qair	Gustavo Rodrigues da Silva	Diretor de Operações – COO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tendência de projetos <i>Turn key</i> e uma cadeia global de fornecedores bastante incipiente.</li> <li>Países e regiões terão importante papel na estruturação dessa indústria nascente por meio da construção de planejamento de longo prazo para demandas de infraestrutura e da cadeia de fornecedores.</li> </ul>



**Quadro 6.1** - Dados de referência das entrevistas com empresas âncoras - H2V e H2C (continuação)

Data	Empresa	Representante	Cargo	Destaques para a cadeia de fornecedores
14/06/2022	Air Products*	Marcus Silva	Gerente Geral Argentina & Brasil	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Por não demandar altas temperaturas na planta, muitos equipamentos poderão ser nacionais.</li><li>▪ Haverá demanda em curto prazo para empresas de serviços, montagens e de manutenção.</li></ul>
22/06/2022	Fortescue Metals Group	Luis Viga	Gerente Nacional do Brasil	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ambição de ter uma planta de eletrólise de 2 GW em até 3 anos, Queensland, Austrália.</li><li>▪ Deverá ter contrato de EPC e com empresa de montagem de equipamentos no Ceará, além da necessidade de empresas para a construção de ativos de energia renovável.</li><li>▪ Prática de trabalho com projetos de desenvolvimento de comunidades e com empresas locais.</li></ul>

**Fonte:** Elaborado pela Cognito Consultoria

## 6.9 Dados das Visitas Técnicas em PME cearenses

**Quadro 6.2** - Dados de referência das visitas técnicas com PME cearenses

Data/Local	Empresa	CNAE principal	Resumo da empresa	Entrevistado (s)	Consultor (es)
27/06/2022 Fortaleza/CE	4Green Vrnte Soluções Energéticas LTDA	43.21-5 - Instalação e manutenção elétrica	Empresa que atua no ramo de energia solar, na qual opera somente na execução de obras para usinas solares.	José Nilo Dourado Filho (Sócio-Administrador), Ricardo Costa Cavalcante (Sócio-Administrador), André (Engenheiro de Energia)	Jorge Boeira (CEO Cognito Consultoria), Matheus H. Baesso (Analista)
28/06/2022 Pacatuba/CE	Alliance Indústria e Comércio Alliance Química Indústria e Comércio LTDA	20.11-8 - Fabricação de cloro e álcalis	Indústria focada na produção de cloro-soda, instalada dentro da estação de tratamento de água da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE (ETA-Gavião).	Marcelo de Oliveira Perdigão (Sócio-Administrador), Eduardo Perdigão (Sócio-Administrador)	Jorge Boeira (CEO Cognito Consultoria), Matheus H. Baesso (Analista)
28/06/2022 Fortaleza/CE	HL Soluções Ambientais LTDA	71.12-0 - Serviços de engenharia	Empresa de Assessoria e Consultoria Ambiental, voltada para a regularização ambiental de empreendimentos, bem como na elaboração de Planos, Relatórios e Estudos Ambientais.	Laiz Hérica Siqueira de Araújo (Sócio-Administrador)	Jorge Boeira (CEO Cognito Consultoria), Matheus H. Baesso (Analista), Rayssa (Representante da FIEC)
29/06/2022 Itaitinga/CE	Ecomax Indústria E Comércio de Produtos Plásticos LTDA	22.21-8 - Fabricação de laminados planos e tubulares de material plástico	Indústria de madeira plástica ecológica, feita com plástico 100% reciclado, casca de arroz e pó de madeira, sendo 50% mais econômica do que as madeiras nobres.	Ricardo Frota de Paula Filho (Sócio-Administrador), Sabrina Moreira de Paula (Sócio-Administrador)	Jorge Boeira (CEO Cognito Consultoria), Matheus H. Baesso (Analista)
29/06/2022 Fortaleza/CE	3E Eficiência Energética LTDA	71.12-0 - Serviços de engenharia	Empresa voltada para soluções no planejamento, gestão, execução e inovação em projetos de Eficiência Energética e Sustentabilidade.	Mauricio Milhomem Gonçalves (Sócio-Administrador), Júlio Armando Martinez (Consultor sênior)	Jorge Boeira (CEO Cognito Consultoria), Matheus H. Baesso (Analista)

**Quadro 6.2** - Dados de referência das visitas técnicas com PME cearenses (continuação)

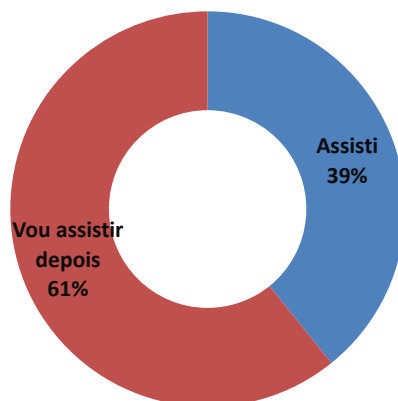
Data/Local	Empresa	CNAE principal	Resumo da empresa	Entrevistado (s)	Consultor (es)
30/06/2022 Fortaleza/CE	GEO Soluções Ambientais LTDA	71.19-7 - Atividades de estudos geológicos	Empresa de serviços técnicos e de consultoria ambiental, na qual realiza serviços e projetos em Meio Ambiente e Arqueologia, com fins de licenciamento em conformidade com a legislação vigente para projetos e empreendimentos dos diversos setores da economia.	Tadeu Dote SÁ (Sócio-Administrador)	Jorge Boeira (CEO Cognito Consultoria), Rayssa (Representante da FIEC)
06/07/2022 Pacatuba, CE Online	Sabará Químicos e Ingredientes S/A	20.99-1 - Fabricação de outros produtos químicos não especificados anteriormente	Empresa especializada no desenvolvimento de tecnologias, soluções e matérias-primas de alta performance, voltadas aos mercados de tratamento de água no saneamento e indústria, nutrição e saúde animal e às indústrias de alimentos e bebidas.	Giovanna Cappellano (Coordenadora ESG), João Batista de Paula Santos, Maria Das Graças Queiroz De Freitas	Edilaine Camillo (Consultora associada), Matheus H. Baesso (Analista)
02/08/2022 Pajuçara/CE	M & M Serviços e Comércio de Equipamentos de Medição e Controle LTDA	33.14-7 - Manutenção e reparação de outras máquinas e equipamentos para usos industriais não especificados anteriormente	Realização de serviços de automação, calibração e manutenção nas áreas de pressão, temperatura, analítica, massa, tempo, umidade relativa do ar e sódio, dimensional e ensaios em válvulas.	Marcio Dobel Benigno (Sócio), Marcos Dobel Benigno (Sócio-Administrador), Mariana Freitas Dobel Benigno (Sócio)	Jorge Boeira (CEO Cognito Consultoria), Edilaine Camillo (Consultora associada)
02/08/2022 Fortaleza/CE	Rcm Estruturas Metálicas S/S	71.12-0 - Serviços de engenharia	Empresa especializada em projetos de estruturas metálicas por meio de plataforma BIM.	Raimundo Calixto de Melo Neto (Sócio-Administrador)	Jorge Boeira (CEO Cognito Consultoria), Edilaine Camillo (Consultora associada), Rayssa (Representante da FIEC)

## 6.10 Resultados da Pesquisa Estruturada *On-line* PME Cearenses

### Questão 1. Sobre consentimento do uso dos dados pessoais/profissionais - LPGD

Nota: 74 respondentes com 74 respostas válidas

### Questão 2. Sobre vídeos didáticos sobre Hidrogênio Verde



Nota: 74 respondentes; 51 respostas válidas

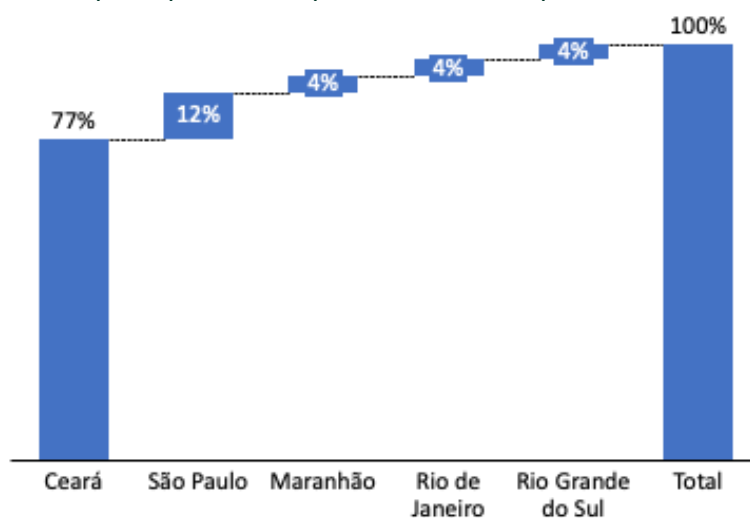
### Questão 3. Identificação - e-mail profissional

Nota: 72 respondentes com 27 respostas válidas

### Questão 4. Nome da empresa

Nota: 73 respondentes com 27 respostas válidas

### Questão 5. Sede dos principais ativos produtivos da empresa



Nota: 70 respondentes; 26 respostas válidas

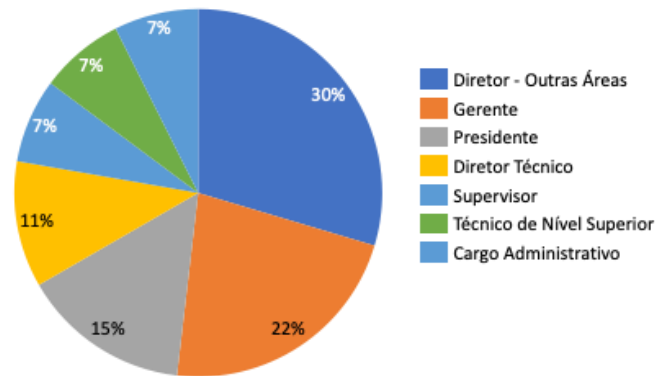
**Questão 6. Atividade econômica principal [CNAE 2.0]**

Número de respondentes	CNAE informados
5	71.12-0 - Serviços de engenharia
2	33.14-7 - Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos da indústria mecânica 35.1 - Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica
1	20.11-8 - Fabricação de cloro e álcalis 20.99-1 - Fabricação de produtos químicos não especificados anteriormente* 22.2 - Fabricação de produtos de material plástico 22.29-3 - Fabricação de artefatos de material plástico não especificados anteriormente* 25.2 - Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras 26.51-5 - Fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle 28.1 - Fabricação de motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão 28.12-7 - Fabricação de equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas 28.69-1 - Fabricação de máquinas e equipamentos para uso industrial específico não especificados anteriormente* 71.1 - Serviços de arquitetura e engenharia e atividades técnicas relacionadas 71.2 - Testes e análises técnicas 72.1 - Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais Outros - Educação - Mestrado em Administração e Controladoria* Outros - Aluguel de geradores* Outros - Energia renováveis* Outros - Consultoria* Outros - Serviços logísticos e despacho aduaneiro* Outros - Serviços de gestão energética e utilidades*

\* não diretamente associados a plantas de produção de Hidrogênio Verde

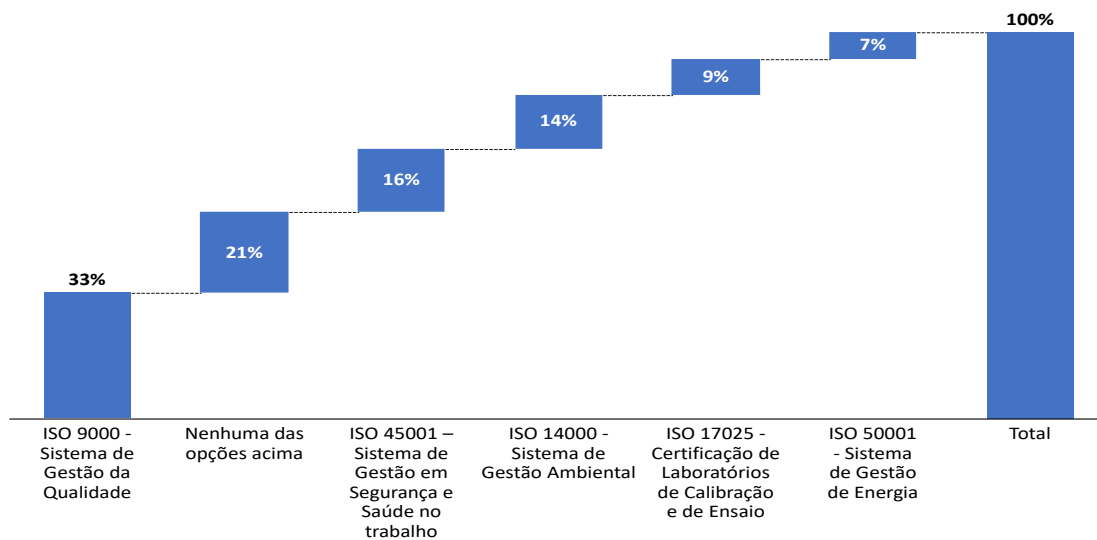
Nota: 72 respondentes com 27 respostas válidas

### Questão 7. Cargo que ocupa na empresa



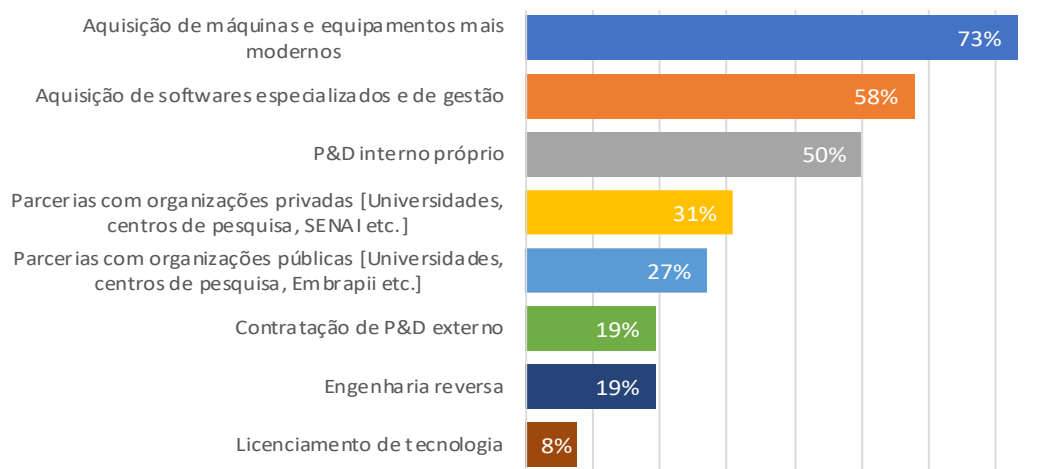
Nota: 74 respondentes; 27 respostas válidas

### Questão 8. Sistemas de Gestão nas empresas [mais de uma opção]



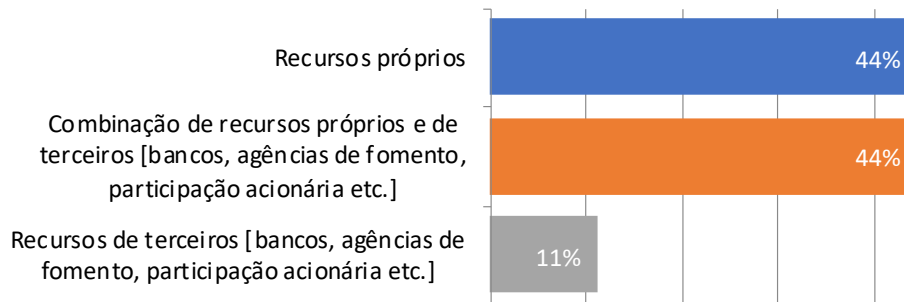
Nota: 74 respondentes; 27 respostas válidas; algumas empresas com mais de uma certificação

### Questão 9. Implantação de melhorias tecnológicas e inovações em processos e produtos [mais de uma opção]



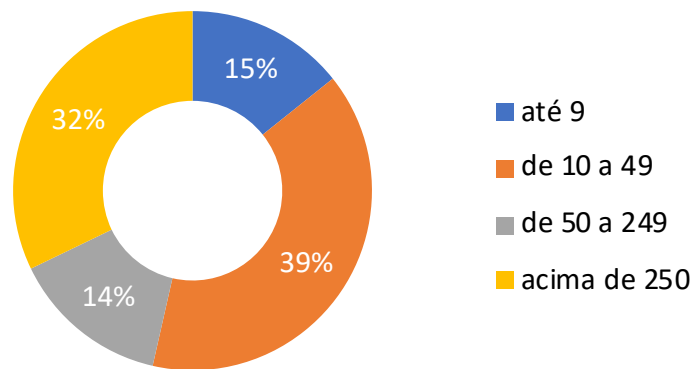
Nota: 74 respondentes; 26 respostas válidas

**Questão 10. Financiamento de melhorias tecnológicas [mais de uma opção]**



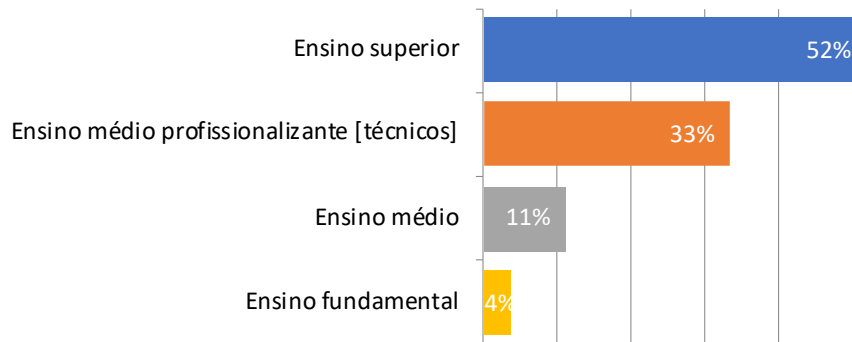
Nota: 74 respondentes; 27 respostas válidas

**Questão 11. Número de empregados**



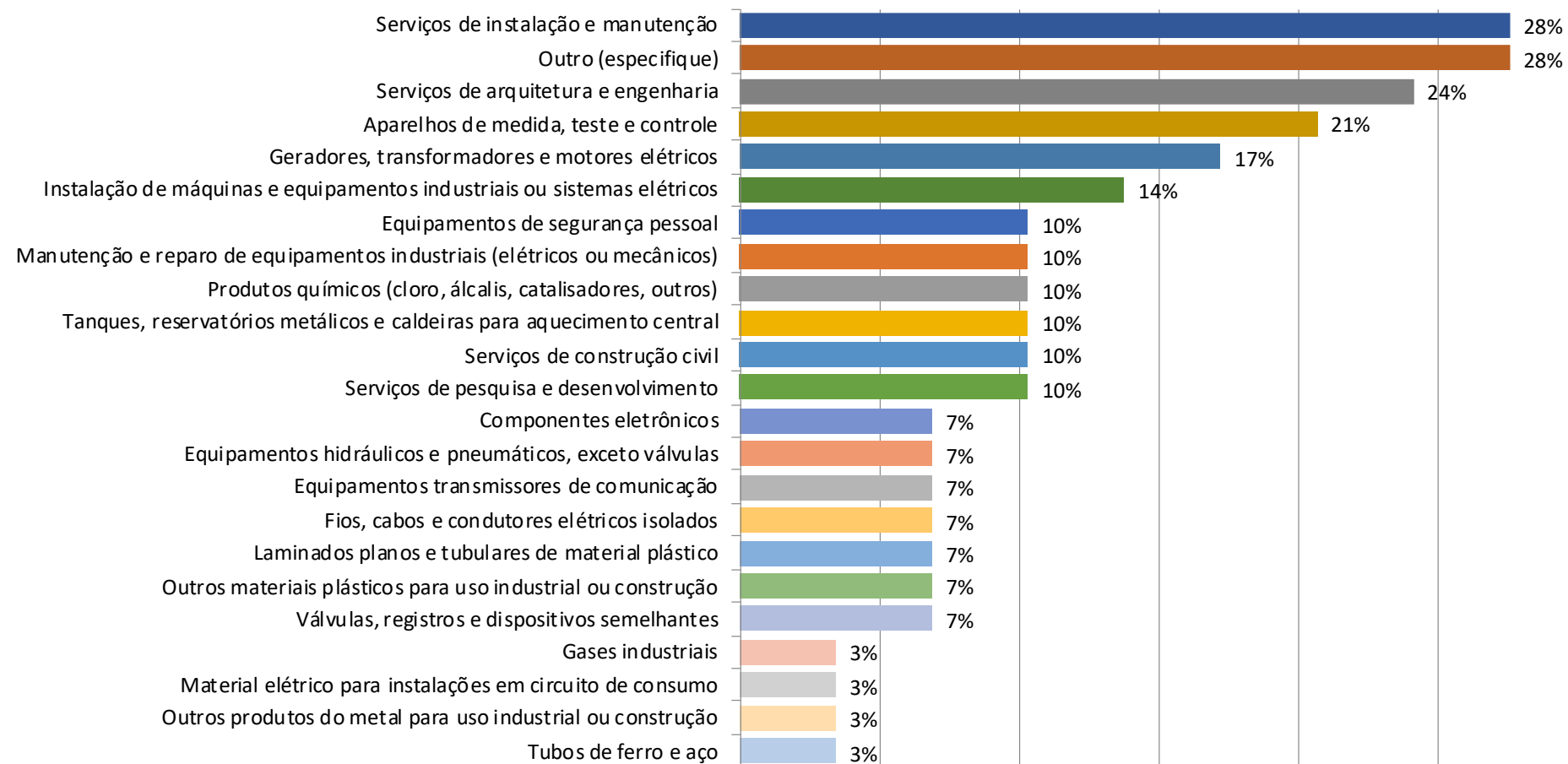
Nota: 74 respondentes; 28 respostas válidas

**Questão 12. Perfil escolar da mão de obra**



Nota: 74 respondentes; 27 respostas válidas

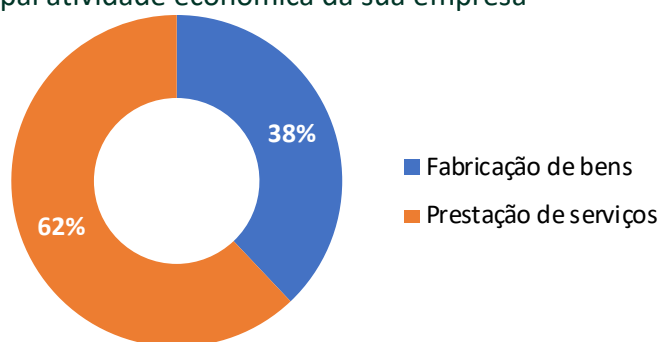
**Questão 13.** Principais bens e/ou serviços produzidos pela sua empresa [mais de uma opção]



Nota: 74 respondentes; 29 respostas válidas



**Questão 14.** Principal atividade econômica da sua empresa



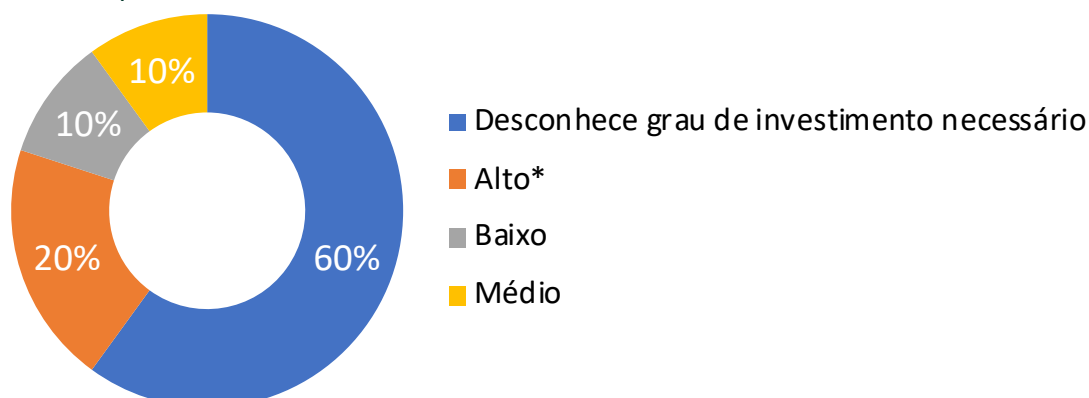
Nota: 74 respondentes; 29 respostas válidas

**Questão 15.** Grau de interesse em promover adaptações/expansões para oferecer bens intermediários para plantas de produção de H2V nos próximos três (3) anos.

Bem industrial	Grau de interesse			Respostas
	Baixo	Médio	Alto*	
Equipamentos transmissores de comunicação	0%	0%	100%	1
Fios, cabos e condutores elétricos isolados	0%	0%	100%	1
Produtos químicos (cloro, álcalis, catalisadores, outros)	0%	0%	100%	2
Aparelhos de medida, teste e controle	0%	0%	100%	2
Equipamentos de segurança pessoal	0%	0%	100%	1
Equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas	0%	0%	100%	1
Manutenção e reparo de equipamentos industriais (elétricos ou mecânicos)	0%	0%	100%	1
Válvulas, registros e dispositivos semelhantes	0%	0%	100%	1
Geradores, transformadores e motores elétricos	50%	0%	50%	2
Outros materiais plásticos para uso industrial ou construção	0%	50%	50%	2
Serviços de arquitetura e engenharia	0%	50%	50%	2
Tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central	0%	100%	0%	1
Serviços de instalação e manutenção	0%	100%	0%	1

Nota: 74 respondentes; 9 respostas válidas; \* soma de respostas "alto" e "muito alto"

**Questão 16.** Grau de investimento/faturamento estimado para fornecer bens industriais para H2V em até 3 anos.



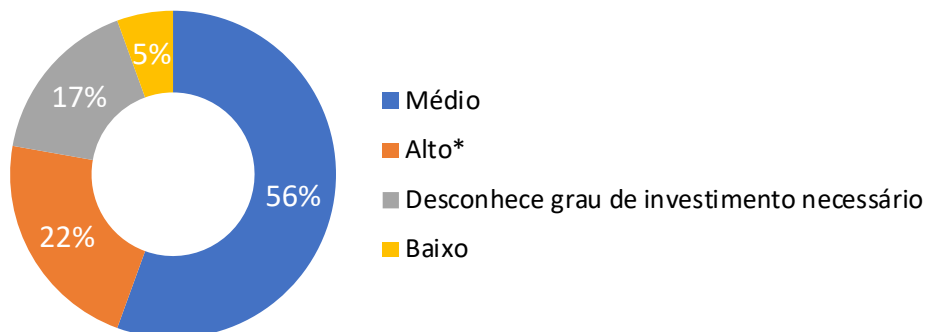
Nota: 74 respondentes; 10 respostas válidas; \* soma de respostas "alto" e "muito alto"

**Questão 17.** Grau de interesse em promover adaptações/expansões para oferecer serviços especializados para plantas de produção de H2V nos próximos três (3) anos

Serviços especializados	Grau de interesse			Respostas
	Baixo	Médio	Alto*	
Serviços de instalação e manutenção	0%	17%	83%	6
Serviços de construção civil	0%	0%	100%	3
Instalação de máquinas e equipamentos industriais ou sistemas elétricos	0%	0%	100%	2
Manutenção e reparo de equipamentos industriais (elétricos ou mecânicos)	0%	0%	100%	2
Serviços de arquitetura e engenharia	0%	0%	100%	2
Equipamentos de segurança pessoal	0%	0%	100%	2
Geradores, transformadores e motores elétricos	0%	0%	100%	2
Aparelhos de medida, teste e controle	0%	0%	100%	1
Equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas	0%	0%	100%	1
Gases industriais	0%	0%	100%	1
Outros materiais plásticos para uso industrial ou construção	0%	0%	100%	1
Tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central	0%	0%	100%	1
Serviços de pesquisa e desenvolvimento	0%	0%	100%	1
Outros - não especificado	0%	0%	100%	6
Material elétrico para instalações em circuito de consumo	0%	100%	0%	1
Componentes eletrônicos	100%	0%	0%	1
Fios, cabos e condutores elétricos isolados	100%	0%	0%	1
Outros produtos do metal para uso industrial ou construção	100%	0%	0%	1

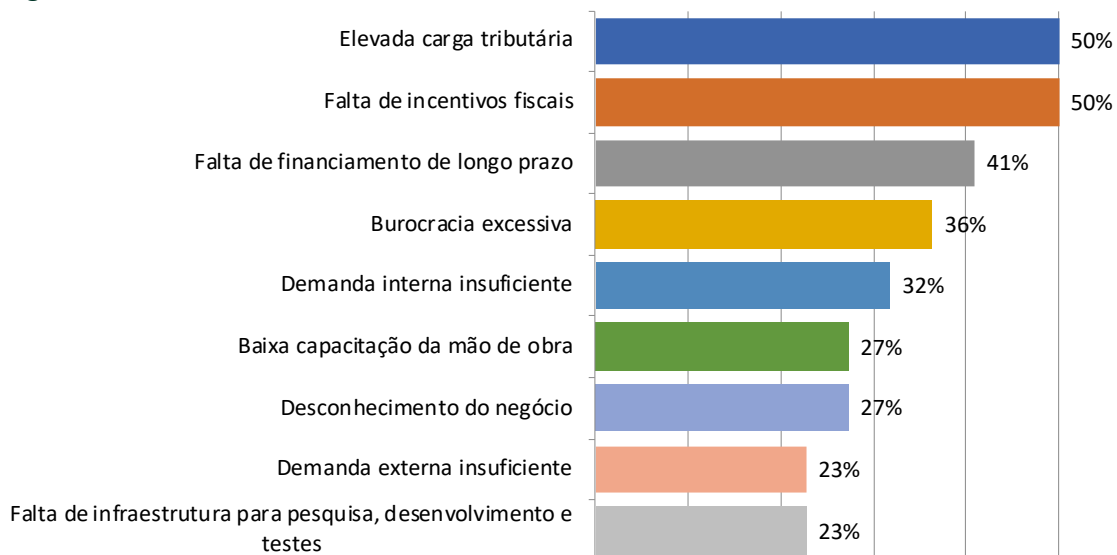
Nota: 74 respondentes; 11 respostas válidas

**Questão 18.** Grau de investimento/faturamento estimado para fornecer serviços especializados para H2V em até 3 anos.



Nota: 74 respondentes; 18 respostas válidas; \* soma de respostas "alto" e "muito alto"

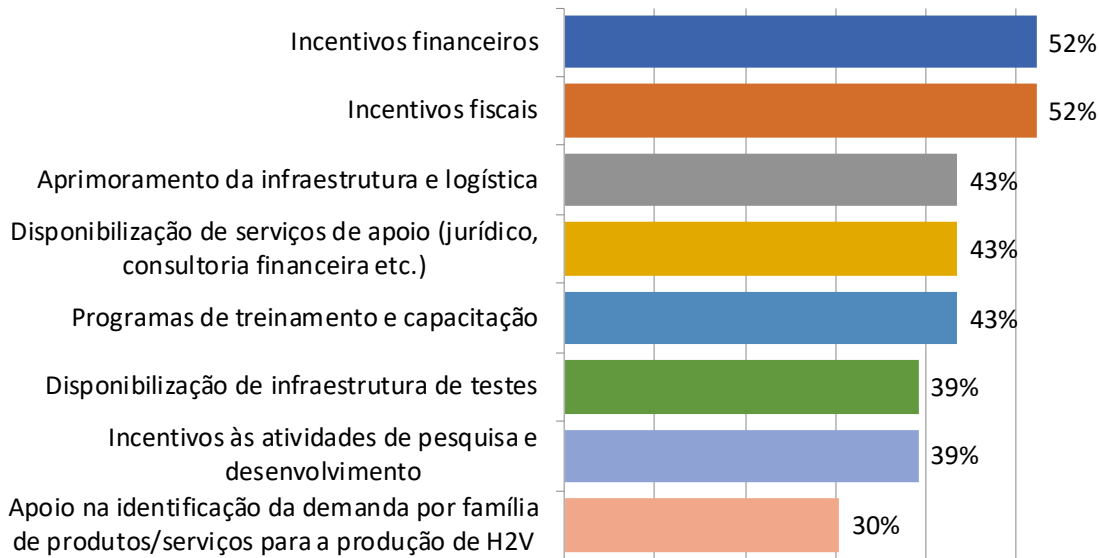
**Questão 19.** Principais barreiras para adaptar/expandir negócios para atender demandas para a produção de H2V. [seleção de até oito (8) barreiras mais significativas]



Nota: 74 respondentes; 22 respostas válidas

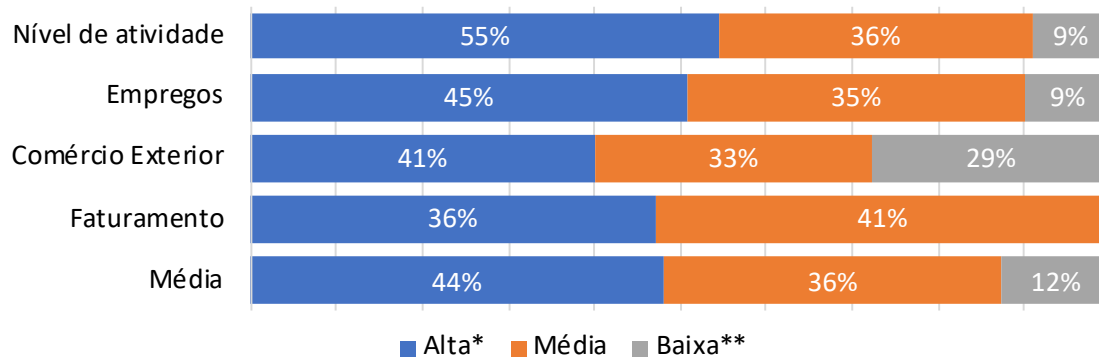
Outras barreiras mencionadas: [4] Falta ou alto custo da matéria prima; Falta ou alto custo de trabalhador qualificado; [3] Competição com importados; Dificuldades na logística de transporte (estradas, infraestrutura portuária, etc.); Insegurança jurídica; [2] Competição desleal (informalidade, contrabando, dumping, etc.); Falta de capital de giro; Falta ou alto custo de energia; Inadimplência dos clientes; Limitação da estrutura física da planta; Taxas de juros elevadas; [1] Taxa de câmbio; Nenhum

**Questão 20.** Apoio do Governo do estado do Ceará para a inserção das PME na cadeia de valor do H2V [até quatro (4) opções]



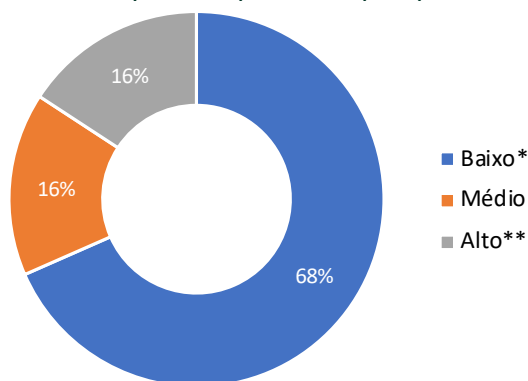
Nota: 74 respondentes; 23 respostas válidas

**Questão 21.** Expectativas sobre tornar-se fornecedor para a produção de H2V



Nota: 74 respondentes; 23 respostas válidas; \* soma de "alto" e "muito alto"; \*\* soma de "baixo" e "muito baixo"

**Questão 22.** Grau de dificuldade para responder a pesquisa



Nota: 70 respondentes; 19 respostas válidas

## 7 Bibliografia

- ABAD, A. V. *et al.* Green hydrogen characterisation initiatives: definitions, standards, guarantees of origin, and challenges. **Energy Policy**, [S.L.], v. 138, p. 111300, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111300>.
- ABDI. **Serviços Industriais**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Disponível em: <http://sitesinteligencia.abdi.com.br/sites/servicos-industriais/>. Acesso em 29 de Agosto de 2022.
- ABSTARTUPS. **Mapeamento de atores 2020**. Site, 2022. Disponível em: <https://abstartups.com.br/mapeamento2020-fortaleza/>. Acesso em 15 jul. 2022.
- ADB-AU. Oil and Gas in Africa, Oxford University Press, 29 Jul 2009. Disponível em: <<http://bit.ly/38TmESj>>. Acesso em: 15 Mar 2020.
- BOSTON CONSULTING GROUP. **The Green Tech Opportunity in Hydrogen**. BCG Analysis, 2021. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/publications/2021/capturing-value-in-the-low-carbon-hydrogen-market>. Acesso em: 10 maio. 2022.
- CALIFORNIA LEGISLATIVE INFORMATION. **Senate Bill Nº 1505 - Chapter 877**. State of California (Ed.), Legislative Counsel Digest, 2006.
- CAMILLO, E.V. **As políticas de inovação da indústria de energia eólica: uma análise do caso brasileiro com base no estudo de experiências internacionais**, Tese de Doutorado, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, 212 p., Unicamp: Campinas – SP, Agosto de 2013.
- CERTIFHY. **Projeto CertifHy Hidrogênio Verde**. Site, 2022. Disponível em: <http://www.certifhy.eu/>. Acesso em: 10 maio. 2022.
- CHANGE. **Best Shipping Container Manufacturers [Global Top List 2022]**. Site, Container Trading, Container Exchange, 2022. Disponível em: <https://www.container-xchange.com/blog/container-manufacturers-new-built-and-used-containers/>. Acesso em 15 jul. 2022.
- CNI. **Perfil da Indústria nos Estados: Ceará**. Site, Portal da Indústria, 2022. Disponível em: <https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/ce>. Acesso em 21 de Agosto de 2022.
- COGNITIO. **Relatório 1 - Cadeia de Valor do Hidrogênio Verde**. Avaliação do potencial da indústria brasileira para o desenvolvimento da cadeia de valor do Hidrogênio Verde com foco no estado do Ceará. Projeto H2Brasil - Expansão do Hidrogênio Verde. GIZ/MME: Brasília, 2022a.

COGNITIO. **Relatório 2 - Caracterização e potencial de produção nacional dos principais componentes da cadeia produtiva de H2V.** Avaliação do potencial da indústria brasileira para o desenvolvimento da cadeia de valor do Hidrogênio Verde com foco no estado do Ceará. Projeto H2Brasil - Expansão do Hidrogênio Verde. GIZ/MME: Brasília, 2022b.

COMPLEXO DO PECÉM. **Hub do Hidrogênio Verde.** Site, 2022. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/>. Acesso em: 12 de Agosto de 2022.

CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO. Válvulas industriais. **Revista Controle & Instrumentação.** 2017, 232 ed. Disponível em: [http://www.controleinstrumentacao.com.br/arquivo/ed\\_232/cp.html](http://www.controleinstrumentacao.com.br/arquivo/ed_232/cp.html). Acesso em 15 jun. 2022.

CROCCO, M. A. GALINARI, R. SANTOS, F. LEMOS, M. B. SIMÕES, R. Metodologia de identificação de aglomerações produtivas locais. Nova Economia, vol. 16, n.2, Belo Horizonte: 2006.

COUTINHO, L; FERRAZ; J.C. Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira. MCT-Papirus. Campinas: 1994

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. **Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro: Panorama Atual e Potenciais para o Hidrogênio Verde.** GIZ, 2021, Brasília, DF. Disponível em: [https://www.energypartnership.com.br/fileadmin/user\\_upload/brazil/media\\_elements/Mapeamento\\_H2\\_-\\_Diagramado\\_-\\_V2h.pdf](https://www.energypartnership.com.br/fileadmin/user_upload/brazil/media_elements/Mapeamento_H2_-_Diagramado_-_V2h.pdf). Acesso em: 02 maio. 2022.

EDP BRASIL. **P&D – Pecém H2V: desenvolvimento de roadmap e projeto piloto de H2.** EDP Brasil, 2022. Disponível em: <https://brasil.edp.com/pt-br/pd-pecem-h2v>. Acesso em: 10 maio. 2022.

EDP. **EDP apresenta ao governador do Ceará o projeto da primeira usina de hidrogênio do estado.** Site, 2021. Disponível em: <https://brasil.edp.com/pt-br/node/26396>. Acesso em: 12 de Agosto de 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Hidrogênio Turquesa: Produção a partir da pirólise do gás natural.** EPE, Nota técnica, 2022. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-663/Nota%20Tecnica%20Hidrogenio%20Turquesa\\_12.04.22.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-663/Nota%20Tecnica%20Hidrogenio%20Turquesa_12.04.22.pdf). Acesso em: 10 maio. 2022.

EPBR. **Agência alemã aporta R\$ 12,5 mi para treinamento em Hidrogênio Verde no Brasil.** 2022. Disponível em: <https://epbr.com.br/agencia-alema-aporta-r-125-mi-para-treinamento-em-hidrogenio-verde-no-brasil/>. Acesso em: 01 jun. 2022.

ESMAP. **Green Hydrogen in Developing Countries.** 2020, Washington, DC: World Bank. Disponível em:

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/953571597951239276/pdf/Green-Hydrogen-in-Developing-Countries.pdf>. Acesso em: 02 maio. 2022.

EUROPEAN PARLIAMENT. **Written Declaration on Establishing a Green Hydrogen Economy and a Third Industrial Revolution in Europe through a Partnership with Committed Regions and Cities**. 2007. SMEs and civil society organisations EU. (Accessed 14 May 2007). [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/DCL-6-2007-0016\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/DCL-6-2007-0016_EN.pdf). Acesso em: 12 de Agosto de 2022.

FIEC. **Estratégias para o desenvolvimento dos Clusters do Ceará: Guaiuba Chemical Park**. Federação das Indústrias do estado do Ceará. Fortaleza-CE, FIEC, 2021.

FUNCAP. **Programa Cientista Chefe, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Educação Superior**. Governo do estado do Ceará, 2022. Disponível em: <https://www.funcao.ce.gov.br/programas-de-auxilio/cientista-chefe-geral/>. Acesso em: 12 de Agosto de 2022.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Ceará receberá a primeira usina de Hidrogênio Verde do Brasil com operação já em 2022**. CEARÁGOV, 2021. 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/>. Acesso em: 10 maio. 2022.

GRUPO DE ESTUDOS DO SETOR ELÉTRICO. **Observatório de Hidrogênio**. GESEL, 2022, nº5. Disponível em: [https://brasil.edp.com/sites/edpbr/files/2022-04/Topico\\_Observat%C3%B3rio\\_2021\\_2022.pdf](https://brasil.edp.com/sites/edpbr/files/2022-04/Topico_Observat%C3%B3rio_2021_2022.pdf). Acesso em: 10 maio. 2022.

HYDROGEN COUNCIL. **Hydrogen Insights: An updated perspective on hydrogen investment, market development and momentum in China**. McKinsey & Company, 2021. Disponível em: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/07/Hydrogen-Insights-July-2021-Executive-summary.pdf>. Acesso em: 01 maio. 2022.

IBGE. **CNAE 2.0**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: <https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?view=estrutura>. Acesso em: 12 de Agosto de 2022.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor**. IRENA, 2022. Abu Dhabi. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>. Acesso em: 30 abr. 2022.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal**. IRENA, 2020, Abu Dhabi. Disponível em: [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA\\_Green\\_hydrogen\\_cost\\_2020.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Green_hydrogen_cost_2020.pdf). Acesso em: 30 abr. 2022.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Green hydrogen supply: A guide to policy making**. IRENA, 2021, Abu Dhabi. Disponível em: <https://irena.org/publications/2021/May/Green-Hydrogen-Supply-A-Guide-To-Policy-Making>. Acesso em: 19 maio. 2022.

IPECE. **IPECE Informe**. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Fortaleza - Ceará, 2022. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/ipece-informe/>. Acesso em: 12 de Agosto de 2022.

ITC. Promoting SME Competitiveness in Africa: Data for de-risking investment. Geneva: World Trade Organization and the United Nations, 2018. 82 p. Disponível em: <http://www.intracen.org/publication/SME-Competitiveness-in-Africa/>>. Acesso em: 2 Jul 2020.

KETELS, C. Cluster Mapping as a Tool for Development, Jun 2017. Disponível em: [https://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/Cluster%20Mapping%20as%20a%20Tool%20for%20Development%20\\_%20report\\_ISC%20WP%20version%2010-10-17\\_c46d2cf1-41ed-43c0-bfd8-932957a4ceda.pdf](https://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/Cluster%20Mapping%20as%20a%20Tool%20for%20Development%20_%20report_ISC%20WP%20version%2010-10-17_c46d2cf1-41ed-43c0-bfd8-932957a4ceda.pdf)>. Acesso em: 1º Jul 2020.

LARANJA, M; UYARRA, E; FLANAGAN, K. Policies for science, technology, and innovation: Translating rationales into regional policies in a multi-level setting. **Research Policy**, [S.L.], v.37, n.5, p.823-835, jun. 2008.

LEWIS, J. I., WISER, R. H. Fostering a renewable energy technology industry: An international comparison of wind industry policy support mechanisms, **Energy Policy** 35, 1844-1857, 2007

LIU, W. *et al.* Green hydrogen standard in China: Standard and evaluation of low-carbon hydrogen, clean hydrogen, and renewable hydrogen. **International Journal of Hydrogen Energy**, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.193>.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **H2 Brasil - Expansão do Hidrogênio Verde**. Site. MME, 2022, Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/h2-brasil>. Acesso em: 10 maio. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2) - Proposta de Diretrizes**. Site. MME, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programa-nacional-do-hidrogenio-pnh2/HidrogênioRelatriodiretrizes.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2022.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **The Green Hydrogen Report**. NREL, 1995, Denver. Disponível em: <https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/greenhyd.pdf>. Acesso em: 10 de maio. 2022.



OLIVEIRA, A. D.; ROCHA, F. Estudo da competitividade da indústria brasileira de bens e serviços do setor de P&G – IND-P&G-28: conclusões e recomendações de políticas. Prominp. [S.l.]. 2008.

PEREIRA, F. S.; SILVA, M. F. O. **Panorama Setorial 2015-2018: Indústria Química. Perspectivas do investimento 2015-2018 e panoramas setoriais.** 2019, Rio de Janeiro, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014. p. 109-119 BNDES. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14377>. Acesso em 21 jun. 2022.

PICANÇO, J. **Políticas Públicas para Transição Energética e Hub do Hidrogênio Verde do Ceará.** Power Point Slides. Evento - FIEC SUMMIT: Hidrogênio Verde, 03 de Agosto de 2022, Fortaleza Ceará.

PILLSBURYLAW. **The Hydrogen Map. Pillsbury Winthrop Shaw Pittman.** 2022, Nova York, EUA. Disponível em: <https://www.thehydrogenmap.com/>. Acesso em: 02 maio. 2022.

PORTER, M. **Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance.** 1985, New York: Free Press.

RAIS. Relação Anual de Informações Sociais. **Ministério do Trabalho e Emprego.** Brasília, DF, 2022. Disponível em: <http://www.rais.gov.br/sitio/sobre.jsf>. Acesso em: 12 de Agosto de 2022.

SEBRAE. **Anuário do Trabalho na Micro e Pequena Empresa.** Brasília, DF, 2013. Disponível em: [https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal Sebrae/Anexos/Anuario do Trabalho Na Micro e Pequena Empresa\\_2013.pdf](https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa_2013.pdf). Acesso em: 22 de setembro de 2022.

SEDET. **Ata da reunião de alinhamento: Cognition, GIZ e Hub do Hidrogênio Verde.** 2022a. Secretaria do Desenvolvimento Econômico e do Trabalho. Local: Fortaleza - CE, 06 de Maio de 2022.

SEDET. **Hub de Hidrogênio Verde: Governo do Ceará assina Memorandos de Entendimento com empresas a serem instaladas no Complexo do Pecém.** Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho, Governo do estado do Ceará. 2022 Disponível em: <https://www.sedet.ce.gov.br/2022/04/29/Hub-de-hidrogenio-verde-governo-do-ceara-assina-memorandos-de-entendimento-com-empresas-a-serem-instaladas-no-complexo-do-pecem/>. Acesso em: 10 maio. 2022.

SEMA. **Plano Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC e Plano Estadual de Adaptação - PEA.** Site, 2018. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/plano-estadual-de-mudancas-climaticas-pemc-e-plano-estadual-de-adaptacao-pea/>. Acesso em: 12 de Agosto de 2022.

SVOLDAL, S. O. National/Local Content Development: seen from a donor perspective. Local Content Policies in the Oil, Gas, and Mining Sector World Bank Seminar, Vienna,

Austria, 30-01 Sep-Oct 2013. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/en/events/2013/10/01/local-content-policies-in-oil-gas-mining-sector#4>>. Acesso em: 1º Jul 2020.

UFC. **Mapa do Ecossistema de Inovação Cearense**. Site, 2021. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <http://mapainovacao.ufc.br/ecossistema.html>. Acesso em: 12 de Agosto de 2022.

URIBE, D. **Soluções do Complexo do Pecém para o Hub de Hidrogênio Verde**. Power Point Slides. Evento - FIEC SUMMIT: Hidrogênio Verde, 03 de Agosto de 2022.

WORLD BANK. CLUSTERS FOR COMPETITIVENESS: A Practical Guide & Policy Implications for Developing Cluster Initiatives, 2009. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/152521468158381169/pdf/Clusters-of-competitiveness.pdf>>. Acesso em: 1º Jul 2020.

ABDIN, Z. et al., Hydrogen as an energy vector, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 120, 2020

[www.h2verdebrasil.com.br/](http://www.h2verdebrasil.com.br/)

# H2BRASIL

Expansão do Hidrogênio Verde



@h2\_brasil



/showcase/h2brasil-hidrogenioverde/