

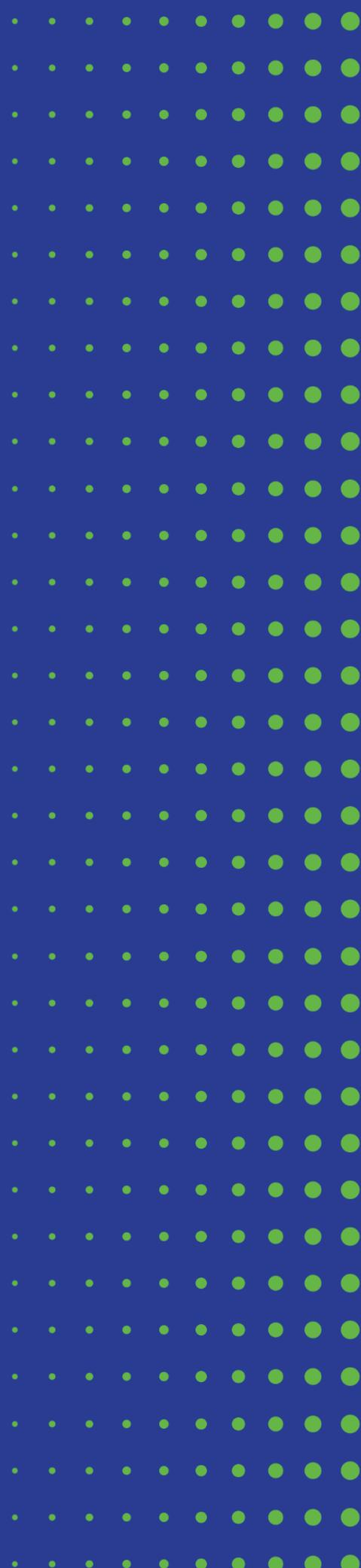


# Proposição de novas políticas públicas para a Eficiência energética industrial no Brasil

---

## Volume 2

Regulamentos e incentivos possíveis para a eficiência energética térmica na indústria



**Produto elaborado para:**

Departamento de Informações, Estudos e Eficiência Energética, Ministério de Minas e Energia (MME);  
Secretaria de Economia Verde, Descarbonização e Bioindústria, Ministério do Desenvolvimento,  
Indústria, Comércio e Serviços (MDIC).

**Responsável:**

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

**Elaborado por:** Facto Energy/ PUC Rio

**Equipe:** Roberto M. G. Velásquez (Coordenador)  
Rodrigo Calili  
Fátima Ludovico  
Samuel Santos  
Renato Ferreira  
Ricardo Lima  
Felipe Leite  
Guilherme Dantas

Esse documento foi elaborado no âmbito do PotencializEE – Programa de Investimentos Transformadores em Eficiência Energética na Indústria – com o intuito de promover Eficiência Energética em Pequenas e Médias Empresas industriais no Brasil. O PotencializEE faz parte da Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável e é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) na qualidade do parceiro político, o MDIC e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Conta com recursos de múltiplos doadores através da *Mitigation Action Facility*, um mecanismo de financiamento de descarbonização dos seguintes doadores: Ministério Alemão para Assuntos Econômicos e Ação Climática (BMWK); Departamento de Segurança Energética e Net Zero do Reino Unido (DESNZ); Ministério do Clima, Energia e Serviços Públicos da Dinamarca (KEFM); Ministério das Relações Exteriores da Dinamarca (MFA); União Europeia e Fundação do Fundo de Investimento para Crianças (CIFF).

**Coordenação:** Marco Schiewe (GIZ)  
Joice Pereira (GIZ)

**Revisão:** Alexandra Maciel (MME)  
Samira Souza (MME)  
William de Oliveira Medeiros (MME)

Novembro de 2023

1. Todas as indicações e todos os dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Consequentemente, nem a GIZ nem o(s) autor(es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou da confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, das imprecisões ou das omissões de informações neste estudo.

2. A duplicação, reprodução e distribuição, para fins não comerciais, de todo ou partes deste estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia), são permitidas, desde que a GIZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos, os comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento por escrito da GIZ.



## SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
2. Instrumentos regulatórios pré-selecionados.....	14
2.1 Discussões com as instituições internacionais.....	14
2.2 Revisão da literatura das políticas públicas.....	17
2.2.1 Metodologia para revisão da literatura das políticas públicas.....	17
2.2.2 Resultados da revisão da literatura das políticas públicas.....	17
3. Instrumentos regulatórios pré-selecionados.....	21
3.1 Créditos fiscais para equipamentos.....	21
3.1.1 Descrição do instrumento regulatório.....	21
3.1.2 Proposta do instrumento regulatório.....	21
3.1.3 Interface com iniciativas similares.....	22
3.2 Subsídios para equipamentos.....	22
3.2.1. Descrição do instrumento regulatório.....	22
3.2.2 Proposta do instrumento regulatório.....	23
3.2.3 Interface com iniciativas similares.....	23
3.3 Financiamento para equipamentos.....	24
3.3.1 Descrição do instrumento regulatório.....	24
3.3.2 Proposta do instrumento regulatório.....	24
3.3.3 Interface com iniciativas similares.....	24
3.4 Financiamento para projetos de eficiência energética.....	25
3.4.1 Descrição do instrumento regulatório.....	25
3.4.2 Proposta do instrumento regulatório.....	26
3.4.3 Interface com iniciativas similares.....	26
3.5 Programa de inovação na indústria.....	27
3.5.1 Descrição do instrumento regulatório.....	27
3.5.2 Proposta do instrumento regulatório.....	27
3.5.3 Interface com iniciativas similares.....	28
3.6 Programa de cogeração industrial.....	29
3.6.1 Descrição do instrumento regulatório.....	29
3.6.2 Proposta do instrumento regulatório.....	29
3.6.3 Interface com iniciativas similares.....	29
3.7 Programas de treinamento e educação.....	30



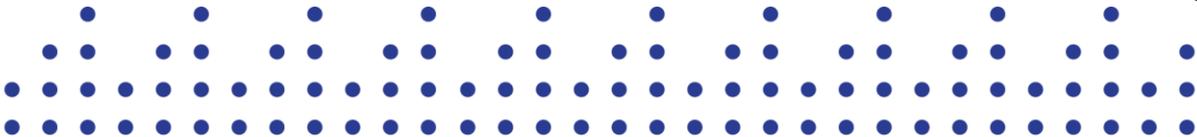
3.7.1	Descrição do instrumento regulatório .....	30
3.7.2	Proposta do instrumento regulatório.....	31
3.7.3	Interface com iniciativas similares .....	32
3.8	Programa de gestão energética industrial.....	33
3.8.1	Descrição do instrumento regulatório .....	33
3.8.2	Proposta do instrumento regulatório.....	34
3.8.3	Interface com iniciativas similares .....	35
3.9	Acordo voluntário para eficiência energética na indústria.....	35
3.9.1	Descrição do instrumento regulatório .....	35
3.9.2	Proposta do instrumento regulatório.....	35
3.9.3	Interface com iniciativas similares .....	36
3.10	Digitalização da indústria .....	37
3.10.1	Descrição do instrumento regulatório .....	37
3.10.2	Proposta do instrumento regulatório.....	37
3.10.3	Interface com iniciativas similares .....	38
3.11	Programa de eletrificação da indústria .....	38
3.11.1	Descrição do instrumento regulatório .....	38
3.11.2	Proposta do instrumento regulatório.....	39
3.11.3	Interface com iniciativas similares .....	39
3.12	<i>Minimum energy performance standard (MPES)</i> .....	39
3.12.1	Descrição do instrumento regulatório .....	40
3.12.2	Proposta do instrumento regulatório.....	40
3.12.3	Interface com iniciativas similares .....	40
3.13	Programa de bônus para equipamentos .....	41
3.13.1	Descrição do instrumento regulatório .....	41
3.13.2	Proposta do instrumento regulatório.....	41
3.13.3	Interface com iniciativas similares .....	41
4.	Entrevistas com especialistas em políticas públicas .....	42
4.1	Definição dos critérios para escolha das políticas .....	42
4.2	Representatividade dos especialistas consultados.....	45
4.3	Resultados das entrevistas.....	46
5.	Resultados da hierarquização das quatro políticas públicas.....	50
5.1	Descrição dos métodos multicritérios utilizados .....	50
5.1.1	Definição dos pesos dos critérios: o método AHP.....	51



5.1.2 Hierarquização das quatro políticas: o método <i>fuzzi-TOPSIS</i> .....	58
5.2 Resultados da hierarquização — uso dos métodos multicritérios .....	60
5.2.1 Definição dos pesos dos critérios: o método AHP .....	60
5.2.2 Hierarquização das quatro políticas: o método <i>fuzzi-TOPSIS</i> .....	62
6. Descrição detalhada das quatro políticas públicas .....	67
<b>6.1 Treinamento e educação</b> .....	67
6.1.1 Identificação do problema regulatório.....	67
6.1.2 Identificação dos atores.....	70
6.1.4 Definição dos objetivos que se pretende alcançar .....	72
6.1.5 Estratégia para implementação da política.....	73
6.1.6 Estratégia de fiscalização e monitoramento .....	74
6.2 Gestão energética .....	76
6.2.1 Identificação do problema regulatório.....	76
6.2.2 Identificação dos atores.....	79
6.2.3 Identificação da base legal .....	81
6.2.4 Definição dos objetivos que se pretende alcançar .....	83
6.2.5 Estratégia para implementação da política.....	85
6.2.6 Estratégia de fiscalização e monitoramento .....	86
6.3 Inovação .....	88
6.3.1 Identificação do problema regulatório.....	88
6.3.2 Identificação dos atores.....	89
6.3.3 Identificação da base legal .....	93
6.3.4 Definição dos objetivos que se pretende alcançar .....	94
6.3.5 Estratégia para implementação da política.....	97
6.3.6 Estratégia de fiscalização e monitoramento .....	98
6.4 Programa de cogeração e recuperação de calor .....	100
6.4.1 Identificação do problema regulatório.....	100
6.4.2 Identificação dos atores.....	102
6.4.3 Identificação da base legal .....	104
6.4.4 Definição dos objetivos que se pretende alcançar .....	106
6.4.5 Estratégia para implementação da política.....	108
6.4.6 Estratégia de fiscalização e monitoramento .....	110
6.5 Processos de contribuições e manifestações da sociedade.....	111
7. Considerações finais .....	113



Referências..... 115  
Apêndice 1: Sumário das políticas de EE nas indústrias..... 119  
Apêndice 2: Impacto de políticas do setor de gás nas políticas propostas ..... 125  
Apêndice 3: Roteiro das entrevistas ..... 130  
Apêndice 4: Lista completa dos entrevistados..... 136



## ÍNDICE DE SIGLAS

- AHK: Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha
- AHP: *Analytic Hierarchy Process*
- AIR: Análise de Impacto Regulatório
- Aneel: Agência Nacional de Energia Elétrica
- ANP: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
- BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CEM: *Certified Energy Manager*
- Cepal: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe
- CLASP: Collaborative Labeling and Appliance Standards Program
- CNI: Confederação Nacional da Indústria
- CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- CSLL: Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
- CT&I: Ciência, tecnologia e inovação
- CTIBC: Comitê Técnico da Indústria de Baixo Carbono
- EE: Eficiência energética
- Embrapii: Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
- ENBPar: Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional
- ENEA: *National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development*
- EPT: Educação Profissional e Tecnológica
- ESCO: *Energy Service Company*
- EUREM: European EnergyManager
- EVO: Efficiency Valuation Organization
- FDCO: Fundo de Desenvolvimento do Centro-Oeste
- Finame: Programa de Financiamento de Máquinas e Equipamentos
- Finep: Financiadora de Estudos e Projetos
- FNE: Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
- FNIS: *Fuzzi Negative Ideal Solution*
- FNMC: Fundo Nacional sobre Mudança do Clima
- FPIS: *Fuzzi Positive Ideal Solution*
- GEE: Gases de Efeito- Estufa
- GIZ: *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*
- IA: Inteligência artificial
- ICT: Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação
- IEA: *International Energy Agency*
- Ifes: Institutos Federais de Ensino Superior
- II: Imposto sobre Importação
- Inmetro: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- Inovar-Auto: Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores
- IoT: Internet das coisas
- IPI: Produtos Industrializados
- IRPJ: Imposto de Renda Pessoa Jurídica
- M&V: Medição e VerificaçãoM&V
- MCTI: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
- MDIC: Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços
- MEC: Ministério da Educação
- MEE: Medidas de eficiência energética
- MEPS: *Minimum Energy Performance Standards*
- MME: Ministério de Minas e Energia



- MT&R: *Monitoring, Targeting and Reporting*
- NDC: Contribuição nacionalmente definida
- ODS: Objetivos de desenvolvimento sustentável
- ODS: Objetivos de desenvolvimento sustentável
- P&D: Pesquisa e Desenvolvimento
- Padis: Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores
- PDef: Plano Decenal de Eficiência Energética,
- PD&I: Pesquisa, desenvolvimento e inovação
- PEE: Programa de Eficiência Energética da ANEEL
- PNEE: Plano Nacional de Eficiência Energética
- PNE: Plano Nacional de Energia
- PME: Pequenas e médias empresas
- PotencializEE: Programa Investimentos Transformadores de Eficiência Energética na Indústria
- Procel: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
- Proinfa: Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
- Prominp: Programa de Desenvolvimento Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural
- Pronampe: Programa Nacional de Apoio às Microempresas e Empresas de Pequeno Porte
- Pronatec: Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego
- PSI: Programa de Sustentação do Investimento
- RC: Razão de consistência
- Recap: Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras
- Sebrae: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
- Senai: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
- Setec: Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
- SGE: Sistemas de gestão de energia
- TOPSIS: *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*
- TRL: *Technology Readiness Level*



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 — Instrumentos regulatórios distribuídos por continentes .....	19
Tabela 2 — Instrumentos regulatórios distribuídos por tipos de equipamento .....	20
Tabela 3 — Escalas numéricas consideradas para os tipos de critérios .....	46
Tabela 4 — Avaliação dos especialistas para o critério Sustentabilidade .....	47
Tabela 5 — Avaliação dos especialistas para o critério Riscos políticos .....	47
Tabela 6 — Avaliação dos especialistas para o critério Dificuldade de implementação .....	48
Tabela 7 — Avaliação dos especialistas para o critério Custo-efetividade .....	48
Tabela 8 — Avaliação dos especialistas para o critério Governança pública .....	49
Tabela 9 — Índice randômico .....	57
Tabela 10 — Resultados dos pesos dos critérios .....	61
Tabela 11 — Resultados do método fuzzy-TOPSIS para $p = 0,25$ .....	62
Tabela 12 — Ranking das políticas para $p = 0,25$ .....	63
Tabela 13 — Resultados do método fuzzy-TOPSIS para $p = 0,20$ .....	63
Tabela 14 — Ranking das políticas para $p = 0,20$ .....	64
Tabela 15 — Resultados do método fuzzy-TOPSIS para $p = 0,15$ .....	64
Tabela 16 — Ranking das políticas para $p = 0,15$ .....	65
Tabela 17 — Ranking final das treze políticas .....	65

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 — Lista de critérios e dimensões encontrados na revisão da literatura .....	42
Quadro 2 — Descrição dos critérios utilizados .....	43
Quadro 3 — Descrição dos critérios utilizados .....	45
Quadro 4 — Instituições entrevistadas .....	45
Quadro 5 — Escala para padronizar os julgamentos de valor pelo método AHP .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Perdas recuperáveis (cenário de referência, difusão econômica natural) .....	11
Figura 2 — Metodologia para revisão da literatura das políticas públicas .....	17
Figura 3 — Abordagem regulatória .....	18
Figura 4 — Instrumentos regulatórios adotados no mundo .....	19
Figura 5 — Estrutura hierárquica de decisão para hierarquização das quatro políticas .....	51
Figura 6 — Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão (em três níveis) ....	52
Figura 7 — Exemplo de matriz de julgamentos para o método AHP .....	53
Figura 8 — Tela do software IPÊ 1.0, análise pareada dos critérios .....	61



# 1. Introdução

A recuperação de energia térmica industrial é um processo que envolve a captura e reutilização do calor gerado durante as operações industriais, em vez de simplesmente desperdiçá-lo na atmosfera por meio dos gases quentes, produtos da combustão, na chaminé. Esse processo é benéfico tanto para o meio ambiente quanto para a competitividade das indústrias, uma vez que pode reduzir os custos de energia e as emissões de gases do efeito estufa (GEE).

Em processos térmicos, as perdas de energia podem ser classificadas como evitáveis e inevitáveis. As perdas evitáveis são aquelas que podem ser reduzidas ou eliminadas por meio de medidas de eficiência energética (MEE), enquanto as perdas inevitáveis são aquelas que não podem ser evitadas devido às imposições físicas do processo ou equipamento.

As perdas evitáveis geralmente ocorrem devido à ineficiência do processo ou equipamento. Isso pode incluir perdas de calor devido a vazamentos de vapor em tubulações, equipamentos ineficientes ou mal isolados, ou à falta de manutenção adequada. Essas perdas podem ser reduzidas ou eliminadas por meio de melhorias no processo ou equipamento, incluindo a instalação de isolamento térmico adequado, a substituição de equipamentos ineficientes, a instalação de preaquecedores, economizadores, o controle em malha fechada de oxigênio e a realização de manutenção regular.

Por outro lado, as perdas inevitáveis ocorrem devido às leis da termodinâmica e às limitações físicas dos processos e equipamentos. Por exemplo, em qualquer processo térmico, sempre haverá alguma quantidade de calor perdido para o ambiente para que o processo possa ocorrer. Esse tipo de perda é inevitável e não pode ser completamente eliminada. Outros exemplos podem incluir a perda de energia térmica devido à transferência de calor entre fluidos de diferentes temperaturas, ou a perda em sistemas de geração de energia, devido à limitação da eficiência termodinâmica.

Portanto, as perdas evitáveis podem ser reduzidas ou eliminadas por meio de melhorias no processo ou equipamento, enquanto as perdas inevitáveis são inerentes ao processo e à limitação física do equipamento, aumentando, assim, a eficiência energética (EE) do sistema.

Em relação à indústria brasileira, os resultados obtidos no Produto P2 “Estimativas do potencial de mercado para EE térmica nas indústrias” indicam que o maior potencial de recuperação de perdas evitáveis está no aquecimento direto e indireto, processos que comumente utilizam caldeiras e fornos. No entanto, outras tecnologias como bombas de calor e sistemas solares térmicos, podem ser utilizadas para esse fim — aquecimento direto e indireto — de maneira mais eficiente.



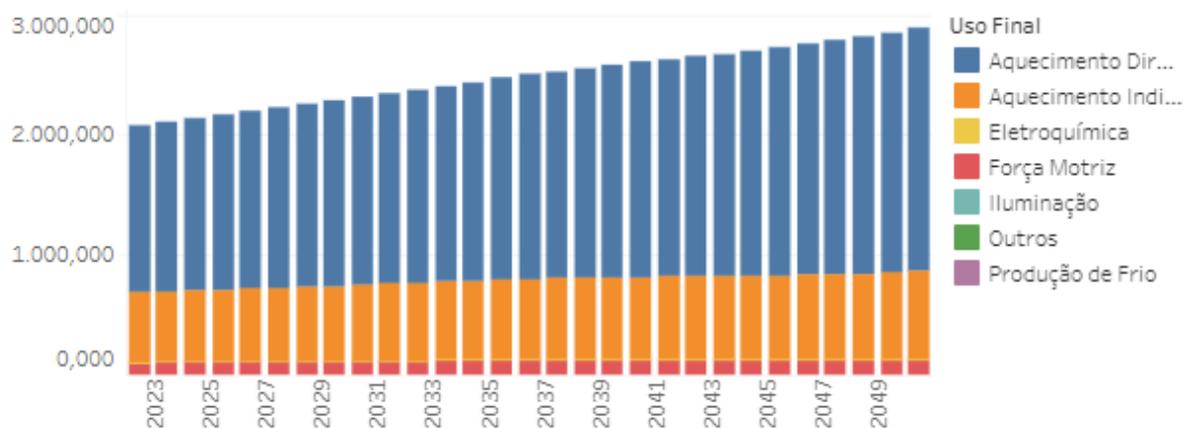


Figura 1 — Perdas recuperáveis (cenário de referência, difusão econômica natural)

Em relação às caldeiras e fornos, a experiência tem demonstrado que, em várias indústrias de pequeno e médio porte, esses equipamentos são adquiridos tendo com foco apenas o atendimento às demandas de produção, sem priorizar a performance energética. Nesse sentido, vários são os exemplos práticos em que caldeiras e fornos são comprados sem equipamentos, ditos acessórios, que recuperam o rejeito térmico, como: preaquecedor de ar; economizador; bomba de calor, entre outros. Muitos desses equipamentos são adquiridos sem controle em malha fechada de oxigênio, o que inevitavelmente implica em desperdício de energético não queimado nos produtos da combustão, exauridos para atmosfera por meio das chaminés.

O processo de recuperação de energia térmica industrial começa com a identificação das fontes de calor geradas durante as operações da fábrica. Essas fontes de calor podem incluir os gases de escape dos motores, as águas de resfriamento e os gases de exaustão de fornos e caldeiras.

Uma vez que as fontes de calor são identificadas, é preciso selecionar as tecnologias adequadas para a recuperação e reutilização dessa energia térmica. Algumas das tecnologias mais utilizadas incluem trocadores de calor, turbinas a vapor, geradores de vapor, sistemas de cogeração, preaquecedores de ar, economizadores, dentre outros.

Os trocadores de calor são usados para transferir o calor gerado por um fluido para outro. Esses equipamentos são comumente usados em sistemas de resfriamento, aquecimento e vaporização. Os geradores de vapor produzem vapor a partir da energia química dos combustíveis que, por sua vez, se transforma em energia térmica e pode ser usada para alimentar máquinas ou processos que requerem vapor. Já as turbinas a vapor convertem a energia térmica em energia mecânica, que pode ser usada para gerar eletricidade.

A cogeração é uma tecnologia que permite que uma empresa produza simultaneamente eletricidade e calor útil a partir de uma única fonte de combustível. Isso é feito por meio da utilização de turbinas a gás, turbinas a vapor, motores de combustão interna para gerar eletricidade, ou, até mesmo, da combinação desses equipamentos, resultando assim em um



ciclo combinado. Da recuperação do calor gerado durante esse processo para produzir vapor ou água quente ou demais demandas térmicas industriais, inclusive geração de água gelada por meio do chiller de absorção, surgem inúmeras oportunidades para otimizar o uso de energia e reduzir o desperdício, tornando a cogeração uma abordagem altamente eficiente.

Economizadores e preaquecedores de ar são dispositivos tipicamente empregados em caldeiras para aumentar a eficiência da queima de combustível e reduzir as emissões de poluentes. Ambos os dispositivos funcionam aproveitando o calor residual dos gases de escape da caldeira para aquecer o ar que é usado na combustão do combustível.

O economizador é um dispositivo que consiste em um conjunto de tubos ou serpentinas, localizado na saída dos gases de escape da caldeira. A água de alimentação é forçada a passar por esses tubos, onde é aquecida pelo calor residual dos gases de escape. Isso traz como resultado a redução no consumo de combustível e nas emissões de poluentes, além da melhoria na eficiência térmica da caldeira.

Já o preaquecedor de ar é um dispositivo que aquece o ar de combustão antes de ser insuflado na caldeira. Esse dispositivo é geralmente empregado em caldeiras maiores e mais complexas, onde é necessário um controle mais preciso da temperatura e da umidade do ar de combustão. Ele pode ser integrado à própria caldeira ou ser um dispositivo separado. É composto de um trocador de calor, que aquece o ar de combustão a partir do calor residual dos gases de escape da caldeira.

Tanto o economizador quanto o preaquecedor de ar são dispositivos que ajudam a melhorar a eficiência térmica das caldeiras, reduzindo o consumo de combustível e as emissões de poluentes.

Após a implementação das tecnologias de recuperação de energia térmica mencionadas anteriormente, é importante monitorar e otimizar o desempenho do sistema para garantir sua eficácia e eficiência ao longo do tempo. Isso pode envolver a realização da manutenção regular dos equipamentos, do monitoramento das emissões e dos ajustes no sistema para maximizar a EE. Além disso, programas de gestão de energia também são relevantes para que haja uma maior recuperação da energia nos processos industriais.

Visando garantir que as indústrias transformem a energia recuperável em energia útil, é necessário construir um arcabouço regulatório para que esse setor invista em medidas de EE. Assim, **o objetivo deste trabalho é propor, especificar e priorizar quatro opções regulatórias e de políticas públicas para incentivar a EE térmica.**

Para tanto, inicialmente, foi feita uma revisão da literatura para entender quais são os instrumentos regulatórios mais adotados no mundo para se incentivar o investimento em EE nas indústrias e ter como resultado maior recuperação da energia útil. Com base nos resultados desta revisão e de consultas a importantes entidades internacionais — *Collaborative Labeling and Appliance Standards Program, Center for Law and Social Policy (CLASP)*; *Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development*, *National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic*



*Development* (ENEA); e *International Energy Agency* (IEA) — que trabalham com políticas públicas para aumentar a EE do setor industrial, foi possível elaborar uma lista com treze propostas de políticas públicas que passaram pelo escrutínio de especialistas do setor. Ao final do processo, quatro destas propostas de políticas são selecionadas por meio de uma ferramenta de análise multicritério, considerando as opiniões de trinta especialistas entrevistados.

Para hierarquização destas quatro políticas públicas, são utilizados métodos multicritérios de apoio à decisão, em especial o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para definição dos pesos dos critérios e o método *fuzzi-TOPSIS* (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) para hierarquização das políticas, segundo as opiniões dos trinta especialistas consultados.

No capítulo 2, são apresentados os resultados da consulta feita às três instituições internacionais. Além disso, a metodologia de revisão da literatura e os resultados desta revisão também são apresentados. Na sequência, no capítulo 3, seção 3, é feita a apresentação da lista de políticas públicas resultado da revisão da literatura e consulta a estas instituições. No capítulo 4, são apresentados os resultados das entrevistas realizadas com os trinta especialistas entrevistados. Já no capítulo 5, os resultados da hierarquização das quatro políticas públicas são apresentados. No capítulo 6, é feita uma descrição mais detalhada desses quatro instrumentos regulatórios seguindo as diretrizes do Guia Orientativo para Elaboração de Análise de Impacto Regulatório (AIR) do governo federal. Por fim, no capítulo 7, as considerações finais deste relatório são apresentadas.

## 2. Instrumentos regulatórios pré-selecionados

Nesta seção, são apresentados no item 2.1 as discussões feitas com três instituições internacionais sobre as políticas de EE térmicas mais adotadas no mundo e, na sequência, no item 2.2, são apresentados os resultados da revisão da literatura realizada<sup>1</sup>.

### 2.1 Discussões com as instituições internacionais

No dia 31/03/2023, realizou-se uma reunião com dois representantes da *Collaborative Labeling and Appliance Standards Program* — CLASP, Colin Taylor e Jiayi Zhang. Este programa se concentra na mitigação das mudanças climáticas, por meio da avaliação do desempenho e da qualidade da energia de eletrodomésticos e equipamentos. Dessa reunião, foram captadas as seguintes considerações feitas por esses colaboradores:

- Na tabela da CLASP com mais de 1.500 políticas sobre *Minimum Energy Performance Standards* (MEPS) no mundo, foram encontradas apenas seis políticas deste tipo para fornos e caldeiras implementadas na China, no Irã e em Taiwan.
- A China implementa políticas de MEPS de maneira impositiva; o governo chinês inspeciona as fábricas com câmeras, desconectando-as fábricas em caso de descumprimento de tais políticas.
- O principal desafio para definição de MEPS para caldeiras é estabelecer uma política de ensaios laboratoriais. Uma vez que muitos desses equipamentos são customizados, seus custos tendem a ser elevados.
- Foi citada uma política de MEPS para caldeiras na Índia, mas esta não está listada nesta tabela.
- Não conseguiram explicar o porquê da não implantação de políticas de MEPS em países desenvolvidos.
- Estão trabalhando com a China em uma política de MEPS para sistemas de ar comprimido, levando em consideração equipamentos auxiliares.
- Foi mencionado que programas de concessionárias direcionados para indústria podem ser interessantes, assim como programas de gestão e auditoria energética. Também foram citados mecanismos voluntários de redução.

---

<sup>1</sup> Na revisão da literatura realizada foi encontrada uma grande quantidade de políticas, apresentando descrições sucintas, sem informações dos resultados da sua aplicação. O levantamento bibliográfico deste estudo serviu para avaliar principalmente que políticas estão em vigor em diferentes países do mundo.



- Para as indústrias, as políticas de *commitment*, *rebate* e outras podem ser mais efetivas que os MEPS. O problema do reaproveitamento do calor (vapor, por exemplo) continua ocorrendo mesmo que os equipamentos tenham MEPS.

Já no dia 04/04/2023, realizou-se uma reunião com a ENEA, com o colaborador Carlos Herce. Desta reunião, foram recolhidas as seguintes observações:

- A ENEA participa de um projeto de acordos voluntários em oito países europeus, mais o Reino Unido. Este projeto tem entre três e quatro mil pequenas e médias empresas (PME) envolvidas. Apesar disso, considera-se que o grande desafio é atrair mais empresas.
- Existem diferentes esquemas nos diversos países e estes são mais gerais. Por exemplo, na Itália se usa os Certificados Brancos (principal mecanismo), alguns setores específicos têm obrigações (indústrias energointensivas).
- Há um sistema de Registro Nacional (Accredia) que registra auditores energéticos (ESCOs ou pessoas físicas), uma vez que as auditorias energéticas são obrigatórias. Existem cerca de quatro ou cinco associações responsáveis pela certificação e pelos organismos certificados. O custo da auditoria, na maioria dos programas, é coberto pela indústria, mas existe uma exceção em ações voluntárias (PME).
- A maioria dos mecanismos na Europa são de financiamento: o primeiro passo é criar a política de EE na indústria; o segundo, fazer o diagnóstico — conhecer o potencial e estimar o custo efetivo das propostas (conhecimento das medidas EE); por último, estabelecer mecanismos de financiamentos (empréstimos a juros módicos).
- Os investimentos no projeto são cobertos tanto pela indústria quanto por bancos. Existe um mecanismo que garante que o risco de investimento para o banco seja baixo.
- Há também programas de redução de impostos caso algumas indústrias façam ações de EE. A seleção dos setores participantes é definida pela Diretiva Europeia.
- As políticas na Europa não são específicas para o consumo de energia térmica nas indústrias. Quando esse é o foco, concentra-se na melhoria de processos, na recuperação de calor e no uso de energia renovável.
- Não existem muitas políticas específicas para equipamentos, o interesse é na otimização dos processos.
- Em relação a equipamentos, existe a política da eletrificação da indústria, com foco em bomba de calor. Está dentro de programas de descarbonização.
- Existe uma política de bônus que dá desconto na compra de equipamentos (bombas de calor, por exemplo), chama-se Ecobonus.



- Há também políticas específicas para setores que usam gás natural para que haja a redução do uso deste combustível (Gasivori). Demorou em torno de dois anos para implementar esta política na Itália.
- Há algumas políticas que são relacionadas indiretamente à EE da indústria, como políticas para a digitalização deste setor.

Por fim, foi realizada, no dia 05/04/2023, uma reunião com a IEA, em que três representantes especialistas em políticas de EE na indústria participaram: Edith Bayer, Emma Mooney e Hugo Salamanca. Nesta reunião, os colaboradores da IEA fizeram as seguintes considerações:

- Um dos primeiros passos para aumentar a EE das indústrias é a criação de políticas para implementação de sistemas de gestão de energia (SGEs). Por exemplo, a Alemanha dá incentivos fiscais às indústrias que implementam a ISO 50001.
- Equipamentos como fornos são muito caros e tem vida útil longa (de vinte a trinta anos). É difícil o acesso ao financiamento para estes equipamentos devido aos custos elevados. Assim, políticas de EE devem estar focadas em financiamentos e subsídios para soluções de longo prazo relacionadas a estes equipamentos.
- Além disso, em virtude da falta de treinamento, as pessoas podem provocar perdas de produtividade para as empresas pela não utilização dos equipamentos de forma adequada.
- *Policy Packages* (programas, na tradução livre) que combinem soluções de financiamento, treinamento e regulamentação devem ser o foco — por exemplo, Índia. Pode-se começar com projetos pilotos, dividindo as indústrias em *clusters*.
- A maioria destes *Policy Packages* é voluntária. Alguns requisitos são exigidos às empresas participantes. São dadas recompensas a estas empresas e oferecidas muitas informações via websites — por exemplo, África do Sul e Índia.
- As políticas EE nas indústrias devem focar, também, na integração e melhoria dos processos.
- Há países que impõem metas para setores específicos (alguns países da Europa), outros usam certificados brancos (França e Itália).
- Na Holanda, algumas indústrias são obrigadas a adotar certas tecnologias eficientes. Mas, na maioria dos países, estas políticas são generalistas. Para se ter eficácia no uso de equipamentos auxiliares e isolamentos térmicos em sistemas de caldeiras e fornos, seriam necessárias políticas específicas, mas não há muita experiência internacional a respeito.



- Políticas de MEPS para alguns equipamentos não são efetivas, sendo difícil de mensurar seus impactos. Equipamentos como caldeiras têm curvas de performance de acordo com seus diferentes níveis de uso, suas operações são customizadas.

## 2.2 Revisão da literatura das políticas públicas

Nesta seção, é apresentada a metodologia para a definição das políticas públicas de EE na indústria a partir de uma revisão da literatura sobre o tema. Na sequência, são apresentados os principais resultados com a aplicação da metodologia proposta.

### 2.2.1 Metodologia para revisão da literatura das políticas públicas

A figura 2 apresenta uma síntese da metodologia empregada para se fazer a revisão da literatura e análise documental das principais políticas de EE que são empregadas nas indústrias no mundo.

Planejamento da Pesquisa
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Revisão da literatura nacional e internacional.</li><li>✓ Análise documental (literatura nacional e internacional).</li><li>✓ Seleção das bases de dados mais relevantes.</li></ul>
Condução da Pesquisa
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Pesquisa de artigos e literatura cinza realizada nas principais bases de dados.</li><li>✓ Pesquisa documental (sites de ministérios brasileiros).</li><li>✓ Restrição dos resultados afim de se encontrar documentos relevantes sobre políticas públicas de eficiência energética no setor industrial.</li><li>✓ Análise das bases de dados do site da IEA, de uma planilha da CLASP e do site da CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe.</li></ul>
Divulgação da Pesquisa
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Compilação dos achados sobre artigos e documentos encontrados em uma base de dados única.</li><li>✓ Análise das bases dados que foram pesquisadas (IEA, CLASP e CEPAL), levando as principais informações para esta base de dados única.</li><li>✓ Retirada de políticas duplicadas nesta base de dados única.</li><li>✓ Análise bibliométricas da base de dados única.</li><li>✓ Elaboração de propostas regulatórias para se aumentar a eficiência energética nas indústrias a partir dos dados compilados na base de dados única.</li></ul>

Figura 2 — Metodologia para revisão da literatura das políticas públicas

### 2.2.2 Resultados da revisão da literatura das políticas públicas



Nesta seção, são apresentados os principais resultados bibliométricos da revisão da literatura e análise documental feitas levando em consideração os documentos pesquisados, além das análises das bases de dados da CLASP, IEA e Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal).

Na base de dados que consta no site da IEA, foram encontradas setecentas e oitenta e duas políticas considerando o seguinte filtro: “*Topic: Energy Efficiency*”, e “*Search: Industry*”. Já a base da CLASP, havia mil, quinhentas e quatro políticas de MEPS, sendo feito um filtro para indústria. Na base de dados da Cepal, estavam listadas trinta e oito políticas e foi também feito um filtro para indústrias. Além disso, um documento disponibilizado pela ENEA continha sessenta e sete políticas para indústrias.

Após esta análise, em que foram consideradas as políticas de EE nas indústrias, foram obtidos ao final duzentas e dezenove destas. Foram excluídas as políticas duplicadas, ou seja, aquelas que poderiam constar em mais de uma base de dados ou documentos. Os resultados da análise bibliométrica se encontram a seguir, sendo consideradas apenas as políticas públicas que estão hoje em dia ativas.

Pode-se notar, na Figura 3, que em 62% das políticas ativas a abordagem adotada é de um instrumento voluntário, o restante, 38%, de mandatório.

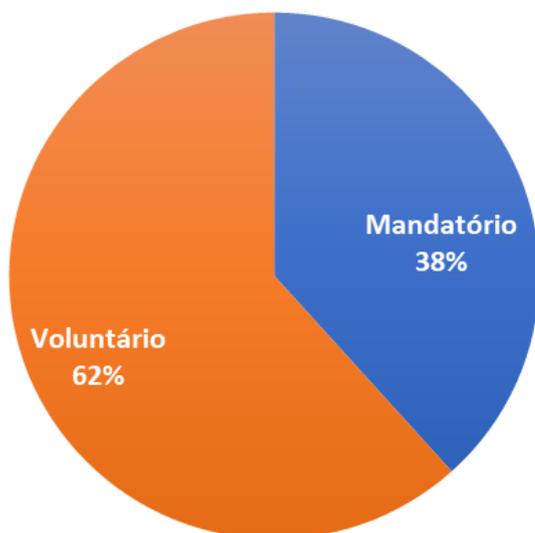


Figura 3 — Abordagem regulatória

Nota-se, na Figura 4, que os instrumentos regulatórios de apoio financeiro às indústrias são os mais adotados no mundo para fomentar a EE neste setor (31%). Percebe-se ainda que a capacitação e divulgação torna-se imperativa para se obter maior eficiência na indústria.

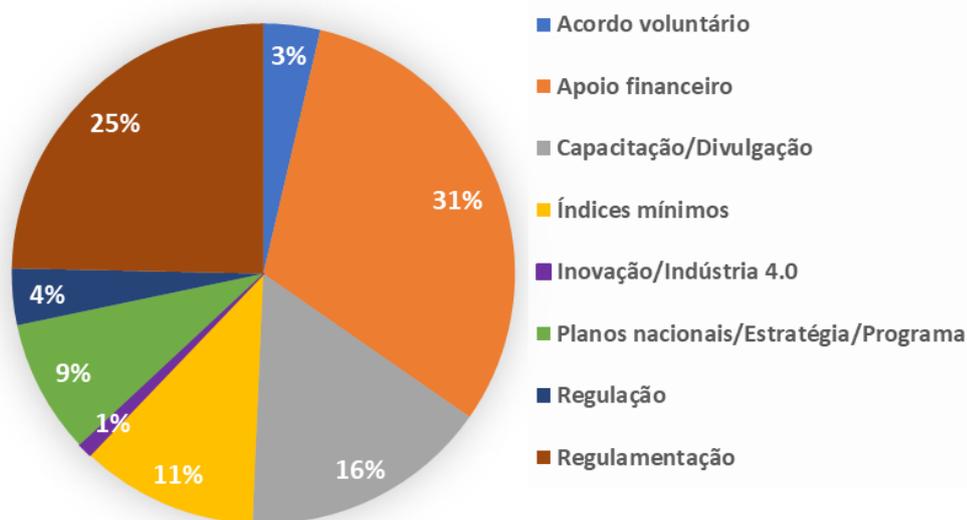


Figura 4 — Instrumentos regulatórios adotados no mundo

Na Tabela 1, é mostrado como esses instrumentos regulatórios estão distribuídos no mundo. Percebe-se que Europa possui a maior quantidade de instrumentos regulatórios de EE aplicados à indústria; a maior parte destes são de apoios financeiros a estas empresas.

Tabela 1 — Instrumentos regulatórios distribuídos por continentes

Instrumento Regulatório	África	América do Norte	América Latina	Ásia	Europa	Oceania	Total Geral
Acordo voluntário			2	1	5		8
Apoio financeiro	1	6	6	10	44	1	68
Capacitação/Divulgação	2	9	8	6	8	2	35
Índices mínimos	1	1	15	8			25
Inovação/Indústria 4.0		1			1		2
Planos nacionais/Programas	1	1	4	5	8		19
Regulamentação	2	6	11	25	17	1	62
<b>Total Geral</b>	<b>7</b>	<b>24</b>	<b>46</b>	<b>55</b>	<b>83</b>	<b>4</b>	<b>219</b>

Já na tabela 2, pode-se verificar como os instrumentos regulatórios são aplicados para os diversos equipamentos da indústria. Percebe-se, por exemplo, que são raras as políticas de índices mínimos para equipamentos como caldeiras e fornos. Isso ocorre pois estes equipamentos são customizados nas indústrias e os testes de laboratório são bem complexos.



Tabela 2 — Instrumentos regulatórios distribuídos por tipos de equipamento

Equipamentos/Sistemas	Apoio financeiro	Capacitação/ Divulgação	Índices mínimos	Regulamentação	Total Geral
<b>Aquecimento</b>				1	1
<b>Ar-condicionado e bomba de calor</b>			1	3	4
<b>Caldeira</b>			1	1	2
<b>Caldeira e Forno</b>			6		6
<b>Calor residual</b>	1				1
<b>Cogeração</b>	7				7
<b>Motor elétrico</b>			12	2	14
<b>Pressão e Calor de Exaustão</b>				1	1
<b>Sistema de ar-comprimido</b>				1	1
<b>Sistema de Gestão</b>		2		2	4
<b>Total Geral</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>41</b>

De posse da base de dados única que contém as políticas analisadas e da análise bibliométrica apresentada nesta seção, foi feita a proposta de treze instrumentos regulatórios para aumentar a EE do setor industrial. Estes instrumentos são listados no capítulo 3.



### 3. Instrumentos regulatórios pré-selecionados

Os instrumentos regulatórios pré-selecionados compõem uma lista de treze propostas de políticas públicas que foram discutidas com especialistas do setor por meio de entrevistas semiestruturadas. Ao final do processo, espera-se obter quatro políticas que serão descritas detalhadamente. Em cada seção deste capítulo será feita uma descrição genérica do tipo de instrumento considerado, a proposta que foi avaliada pelos especialistas entrevistados, a interface com iniciativas de políticas similares no Brasil e, ao final, uma lista das possíveis implicações é apresentada sem considerar qualquer juízo de valor. Em relação à interface com iniciativas similares, foram apontadas políticas já existentes no país que podem ser melhoradas ou complementadas pelas políticas aqui propostas.

No Apêndice 1 deste relatório, é apresentado um quadro com a política proposta, sua descrição, a lista de iniciativas similares e a relação de países e/ou regiões do mundo que tenham experiências de políticas similares.

#### 3.1 Créditos fiscais para equipamentos

##### 3.1.1 Descrição do instrumento regulatório

Os instrumentos regulatórios por meio de créditos fiscais são uma forma de intervenção do governo na economia, com o objetivo de promover o desenvolvimento econômico sustentável e incentivar determinados comportamentos empresariais. Eles são comumente utilizados em políticas públicas que visam alcançar objetivos específicos, como o desenvolvimento de setores estratégicos, a redução da poluição, o aumento da EE e até mesmo a criação de empregos.

Sendo assim, por definição, os instrumentos regulatórios mediante créditos fiscais são uma forma de incentivar determinadas atividades econômicas por meio de benefícios fiscais. Através deles são concedidos créditos tributários para as empresas que atendem a determinadas condições, como investir em determinadas áreas ou setores específicos.

Esses créditos fiscais podem ser utilizados para reduzir o valor de impostos a serem pagos pela empresa, ou mesmo para serem vendidos a outras empresas que desejam reduzir seus próprios encargos tributários. Isso cria um incentivo financeiro para que as empresas invistam em áreas que são consideradas importantes pelo governo, como P&D, conservação ambiental, EE ou promoção do emprego.

##### 3.1.2 Proposta do instrumento regulatório

A proposta aqui apresentada pretende ofertar créditos fiscais para indústrias que fizerem investimentos em tecnologias eficientes para sistemas térmicos. Objetivando, com isso, reduzir custos de implantação destas tecnologias, incluindo investimentos em tecnologias avançadas, substituição de equipamentos obsoletos, desenvolvimento de novas tecnologias e de sistemas de gerenciamento de energia.



A concessão de créditos fiscais aqui proposta teria como foco principal empresas que investem em tecnologias para recuperar rejeito térmico — preaquecedor de ar, economizador, controle em malha fechada do O<sub>2</sub> da chaminé e bomba de calor, por exemplo — objetivando com isso auxiliar os tomadores de decisão que, justificando uma economia financeira inicial, acabam por desperdiçar energia e, conseqüentemente, recursos financeiros durante toda a vida útil do equipamento.

A concessão de créditos fiscais poderá ser feita por meio de abatimento do lucro tributável como forma de incentivar investimentos em projetos de sistemas térmicos que preconizem a EE.

### 3.1.3 Interface com iniciativas similares

No Brasil já existem outras políticas públicas que oferecem créditos fiscais para equipamentos e máquinas, como o Programa de Sustentação do Investimento (PSI) do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Este programa oferece financiamento para aquisição de máquinas e equipamentos nacionais ou importados. Também o Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural (Prominp) oferece incentivos fiscais para empresas que investem na cadeia produtiva de petróleo e gás natural.

Ademais, além dessas políticas que guardam uma relação mais próxima com a proposta apresentada, existem também alguns instrumentos um pouco mais distantes que são: o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Padis) e o Programa Rota 2030.

## 3.2 Subsídios para equipamentos

### 3.2.1. Descrição do instrumento regulatório

Os instrumentos regulatórios por meio de subsídios financeiros para equipamentos industriais são uma forma de incentivar as empresas a investir em tecnologias mais eficientes e limpas, através da concessão de incentivos financeiros para a compra desses equipamentos.

Subsídios podem assumir diferentes formas, como empréstimos com juros reduzidos, créditos tributários ou subsídios diretos, como a redução de determinados impostos. Eles são projetados para tornar mais acessível e viável financeiramente a aquisição de equipamentos mais eficientes, permitindo que as empresas possam modernizar suas instalações e aumentar sua produtividade, ao mesmo tempo em que reduzem seu impacto ambiental.

Os instrumentos regulatórios por meio de subsídios financeiros para equipamentos industriais são outra forma de intervenção do governo na economia, com o objetivo de promover a modernização da indústria e incentivar a adoção de tecnologias mais limpas e eficientes. Eles são comumente utilizados em políticas públicas que visam alcançar objetivos específicos, como a redução da poluição, aumento da EE e a promoção do desenvolvimento sustentável, objetivos estes que estão alinhados com as diretrizes traçadas para o projeto em andamento.



### 3.2.2 Proposta do instrumento regulatório

O objetivo macro do instrumento regulatório é subsidiar investimentos em tecnologias eficientes com o objetivo de reduzir custos de implantação destas tecnologias, incluindo investimentos em tecnologias avançadas, substituição de equipamentos obsoletos, desenvolvimento de novas tecnologias e de sistemas de gerenciamento.

Já o objetivo específico deste instrumento regulatório é ofertar subsídios principalmente para as indústrias que investem em equipamentos para recuperar energia térmica — preaquecedor de ar, economizador, controle em malha fechada do O<sub>2</sub> da chaminé e bomba de calor, por exemplo.

Deverá ser definido um valor teto percentual para subsídio a ser concedido em relação ao valor do investimento. A concessão de subsídio poderá ser feita por meio de redução impostos específicos como, por exemplo, o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e o Imposto sobre Importação (II).

### 3.2.3 Interface com iniciativas similares

No Brasil, existem políticas públicas que subsidiam a compra de equipamentos para o setor industrial por meio da redução de impostos, como forma de incentivar a modernização e o aumento da competitividade das empresas brasileiras.

Um exemplo é a Resolução GECEX n° 173/2021, da Câmara de Comércio Exterior (Camex), que promoveu a redução de 10% na alíquota do II incidente sobre quase mil e quinhentos produtos de informática e telecomunicação e bens de capital (máquinas e equipamentos).

Outro exemplo é o Ex-Tarifário, um mecanismo que consiste na redução temporária da alíquota do II de bens de capital e bens de informática e telecomunicação, que não são produzidos no Brasil, com o objetivo de incentivar a modernização do parque industrial brasileiro. A redução pode chegar a 16%, o que torna o investimento na aquisição de equipamentos estrangeiros mais atrativo. Para ter direito a esse benefício, a empresa deve apresentar um projeto que demonstre a necessidade de importação do bem e que comprove que ele será utilizado para a modernização do parque industrial.

Além disso, pode-se ter como exemplo o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras (Recap), um programa criado pelo governo brasileiro com o objetivo de incentivar as exportações de bens e serviços produzidos no país, por meio da redução dos custos de aquisição de bens de capital. O Recap consiste na isenção do II e na redução do IPI na aquisição de bens de capital destinados à produção de bens exportáveis, desde que sejam produzidos no Brasil. O Recap é uma medida para estimular as exportações brasileiras, uma vez que reduz os custos de aquisição de bens de capital pelas empresas exportadoras. Além disso, o programa incentiva a modernização e a renovação do parque fabril brasileiro.



Também existem iniciativas estaduais como, por exemplo, o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Industrial do Rio Grande do Norte (Proadi) e o Programa de Desenvolvimento Industrial de Goiás (Produzir), entre outros.

### 3.3 Financiamento para equipamentos

#### 3.3.1 Descrição do instrumento regulatório

Os instrumentos regulatórios para financiar equipamentos industriais eficientes também são vistos como outra forma de incentivar as empresas a reduzir o desperdício energético, por meio da disponibilização de financiamento com juros reduzidos ou condições especiais para aquisição de equipamentos mais eficientes.

Esses instrumentos regulatórios podem ser oferecidos pelo governo através de bancos de desenvolvimento ou outras entidades, como agências de desenvolvimento, com o objetivo de estimular a modernização da indústria e reduzir o impacto ambiental das atividades industriais. Eles podem ser combinados com outros incentivos financeiros, como subsídios, créditos tributários ou garantias de empréstimos.

Os instrumentos regulatórios para financiar equipamentos industriais eficientes têm como objetivo promover a adoção de tecnologias mais limpas e eficazes, bem como de reduzir a poluição e o impacto ambiental das atividades industriais, objetivos também alinhados com as diretrizes deste projeto.

#### 3.3.2 Proposta do instrumento regulatório

O objetivo deste instrumento regulatório é oferecer financiamento com juros reduzidos para empresas que desejam adquirir equipamentos industriais mais eficientes energeticamente.

O Programa deve ter linhas de financiamento específicas, via BNDES ou agências estaduais, para fornos e caldeiras industriais, desde que contemple equipamentos auxiliares para melhor aproveitamento do rejeito térmico.

Nomeadamente, a proposta é estabelecer um programa de financiamento específico para empresas interessadas em adquirir fornos e caldeiras, mas que obrigatoriamente tenham equipamentos auxiliares que aproveitam o rejeito térmico — preaquecedor de ar, economizador, controle em malha fechada do O<sub>2</sub> da chaminé e bomba de calor, por exemplo.

#### 3.3.3 Interface com iniciativas similares

Além dos exemplos já mencionados anteriormente em subsídios para equipamentos, existem outras políticas públicas e outros programas de financiamento que podem ser utilizados como base para financiar equipamentos para o setor industrial no Brasil e que serão descritos na sequência.

O Programa de Financiamento à Importação e à Produção de Máquinas e Equipamentos (Finame), é uma linha de crédito do BNDES destinada à aquisição de máquinas e equipamentos novos, nacionais ou importados, para a modernização e expansão da capacidade produtiva das empresas brasileiras. Já o PSI, do mesmo banco, oferece financiamento para aquisição de máquinas e equipamentos nacionais ou importados.

O Programa Nacional de Apoio às Microempresas e Empresas de Pequeno Porte (Pronampe) oferece empréstimos com juros reduzidos para micro e pequenas empresas investirem em máquinas e equipamentos.

Já o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) oferece recursos financeiros para investimentos em infraestrutura produtiva, incluindo aquisição de máquinas e equipamentos, na Região Nordeste do país.

No caso do Fundo de Desenvolvimento do Centro-Oeste (FDCO), este oferece recursos financeiros para investimentos em infraestrutura produtiva, incluindo aquisição de máquinas e equipamentos, na Região Centro-Oeste do país.

Por último, o Fundo Clima, que tem por objetivo apoiar a implantação de empreendimentos, a aquisição de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento tecnológico relacionados à redução de emissões de GEE e à adaptação às mudanças do clima e aos seus efeitos em diversos setores da economia, como indústria, comércio, serviço, transporte e construção civil, além de incentivar a adoção de fontes renováveis de energia, como energia solar, eólica e biomassa.

### 3.4 Financiamento para projetos de eficiência energética

#### 3.4.1 Descrição do instrumento regulatório

Os instrumentos regulatórios para financiar diagnóstico energético industrial são uma forma de incentivar as empresas a avaliarem seu consumo de energia e identificarem oportunidades para aumentar a EE de suas operações.

Os resultados do diagnóstico energético fornecem às empresas informações sobre seu consumo de energia e as oportunidades de melhoria, permitindo a implementação de medidas de EE, via projeto executivo, que podem levar a economias em seus custos operacionais.

Portanto, adicionalmente, deve também financiar projetos executivos de EE, pois fornecem os subsídios necessários para que as ações identificadas no diagnóstico energético possam ser implementadas. É uma forma de incentivar as empresas a implementarem medidas de EE identificadas em diagnósticos energéticos ou outros estudos prévios.

Os projetos executivos de EE são projetos mais detalhados e específicos que identificam as medidas a serem implementadas, os custos associados e os potenciais benefícios



econômicos e ambientais. A implementação desses projetos pode levar a economias significativas em termos de consumo de energia e redução de custos operacionais.

### 3.4.2 Proposta do instrumento regulatório

Este instrumento regulatório é específico para um programa de financiamento para diagnósticos energéticos e projetos executivos. O alvo é tornar mais acessível e viável financeiramente a realização dessas atividades imprescindíveis para EE, permitindo que as empresas possam identificar e implementar as ações identificadas.

O objetivo geral deste instrumento regulatório é estabelecer um programa de financiamento específico para diagnósticos energéticos industriais e projetos executivos, que incluem subsídios diretos para cobrir parte dos custos do diagnóstico e do projeto executivo ou empréstimos com juros reduzidos para cobrir integralmente os custos. Os recursos podem ser utilizados para contratar empresas especializadas em diagnóstico energético e realização de projetos executivos.

### 3.4.3 Interface com iniciativas similares

No Brasil, existem políticas públicas que financiam projetos de EE, que visam promover o uso mais eficiente da energia elétrica e reduzir o consumo de energia, como exemplos podem ser citados:

- Programa Investimentos Transformadores de Eficiência Energética na Indústria (PotencializEE) — apoia pequenas e médias indústrias na implementação de medidas de EE, com suporte técnico e crédito acessível. O objetivo do programa é reduzir os custos das indústrias com energia, por meio de projetos de EE. Assim, estas empresas têm maior capacidade de competir no mercado e gerar menos impacto ambiental.
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) — promove ações de EE em diversos setores da economia, como indústria, comércio, serviço, edificação e iluminação pública, com apoio financeiro e técnico para a realização de avaliações energéticas. Especificamente, existe também o subprograma Procel Indústria, que é um programa do governo federal que tem como objetivo incentivar a adoção de práticas de EE na indústria brasileira, por meio de apoio técnico e financeiro, especialmente em sistemas motrizes industriais.
- Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) —tem como objetivo incentivar a adoção de práticas e medidas de EE por meio do financiamento de projetos em diferentes setores da economia, como indústria, comércio, serviço, poder público e residência.
- Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC) —financia projetos voltados para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, incluindo projetos de EE em diferentes setores, como indústria, transporte e construção civil.



## 3.5 Programa de inovação na indústria

### 3.5.1 Descrição do instrumento regulatório

Os instrumentos regulatórios focados na inovação da indústria podem incentivar a adoção de tecnologias e práticas mais eficientes para que haja recuperação de energia térmica em processos industriais.

Eles são projetados para tornar mais acessível e viável financeiramente a implementação de tecnologias e práticas inovadoras de recuperação de energia térmica, permitindo que as empresas possam reduzir seus custos operacionais e contribuir para a preservação do meio ambiente.

Projetos pilotos podem ser desenvolvidos em segmentos específicos da indústria. Assim, uma avaliação mais criteriosa da efetividade de algumas tecnologias pode ser feita para subsidiar outras políticas de suporte, como financiamentos e programas específicos para indústrias.

### 3.5.2 Proposta do instrumento regulatório

O objetivo deste instrumento é estruturar um programa de financiamento específico para projetos de inovação em recuperação de energia térmica industrial, que pode incluir também empréstimos com juros reduzidos ou subsídios diretos. Esses recursos podem ser utilizados tanto para a P&D de novas tecnologias de recuperação de energia térmica quanto para a aquisição de equipamentos e tecnologias inovadoras.

O programa tem como objetivo incentivar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para a recuperação de energia térmica em processos industriais, com a finalidade de aumentar a competitividade da indústria, promover a EE e reduzir as emissões de GEE.

As empresas interessadas em participar, podem submeter propostas de projetos, através de plataforma específica em datas previamente definidas. As propostas devem incluir minimamente as informações sobre a tecnologia a ser implementada, as estimativas de economia de energia e os investimentos necessários para a implementação do projeto.

O programa deve oferecer financiamento para projetos que demonstram a viabilidade técnica e econômica de tecnologias que recuperam energia térmica. Todavia, por ter a inovação como foco, é preciso compreender que ela e a gestão de riscos caminham juntas, pois a primeira traz oportunidades, mas também adiciona ameaças e incertezas relacionadas à competitividade, ao retorno do investimento, à indisponibilidade de recursos, ao aproveitamento de ativos, entre outros. Assim, é necessário que, nesta política, seja prevista o assessoramento para gestão dos riscos da implantação dos projetos.

Os projetos podem incluir a instalação de novos equipamentos de recuperação de energia térmica, a melhoria da eficiência de processos industriais e a redução de emissões de GEE.



O financiamento deve cobrir parte dos seus custos, considerando um limite máximo pré-estabelecido.

O programa também deve oferecer financiamento para a etapa de estudos de viabilidade de projetos de inovação em recuperação de rejeito térmico e de projetos de energia limpa.

### 3.5.3 Interface com iniciativas similares

Existem diversas políticas públicas voltadas para a promoção de P&D no Brasil, algumas diretamente relacionadas à energia, como:

- Programa de P&D da Aneel — o programa tem como objetivo incentivar a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias no setor elétrico. Ele prevê a aplicação de uma parcela dos recursos arrecadados pelas concessionárias de energia elétrica em projetos de P&D.
- Inova Energia — iniciativa do Ministério de Minas e Energia (MME), o programa visa estimular a inovação tecnológica no setor de energia. Ele oferece financiamento para projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em empresas e instituições de pesquisa.

Também existem as iniciativas mais generalistas, como:

- Lei do Bem — conjunto de medidas fiscais que incentiva a realização de atividades de PD&I pelas empresas. A Lei do Bem prevê a dedução de até 34% do Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) e da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) para empresas que investem em P&D.
- Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) — agência vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) que oferece linhas de crédito para projetos de pesquisa e inovação em empresas, universidades e instituições públicas de pesquisa. A Finep é responsável por financiar diversos projetos de P&D em diferentes áreas, como tecnologia da informação, energia, biotecnologia, entre outras.
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) — agência vinculada ao MCTI que tem como objetivo fomentar a pesquisa científica e tecnológica no país. O CNPq oferece bolsas de estudo e pesquisa para estudantes, pesquisadores e empresas que desejam desenvolver projetos de P&D.
- Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii) — organização social que tem como objetivo incentivar a inovação na indústria brasileira. A Embrapii oferece recursos financeiros e apoio técnico para empresas que desejam desenvolver projetos de P&D em conjunto com instituições de pesquisa.



## 3.6 Programa de cogeração industrial

### 3.6.1 Descrição do instrumento regulatório

O instrumento regulatório para projetos de cogeração visa incentivar a adoção dessa tecnologia, a fim de aumentar a EE e reduzir as emissões de GEE. O programa focado em cogeração está pautado na análise criteriosa dos processos industriais, bem como das fontes de geração e consumo de calor nas indústrias.

A cogeração pode ser definida como a produção combinada de duas ou mais formas de energia útil: calor e energia mecânica de ponta de eixo, essa última em vários casos é transformada em eletricidade, mas também pode ser utilizada para acionar uma bomba, por exemplo. Outras formas de cogeração podem utilizar gases quentes de exaustão de um motor para produção de frio em máquinas de absorção, por exemplo, ou ainda o aproveitamento de calor residual decorrente da produção de eletricidade em células de combustível. Tecnologia essa que deve ganhar impulso nos próximos anos, e nestes casos comumente recebe a denominação de “trigeração” (calor, frio e eletricidade).

### 3.6.2 Proposta do instrumento regulatório

O instrumento regulatório aqui apresentado pretende contribuir com a legislação já existente da cogeração qualificada. Neste sentido, ele visa oferecer incentivos financeiros adicionais para projetos de cogeração.

Outra frente de atuação dessa política pública é a oferta de fonte de financiamento específica para projetos de cogeração, qualificada com taxa de juros módicas e prazos de pagamento mais longos.

Adicionalmente, o Programa deverá oferecer recursos, assistência técnica, treinamento e ferramentas de avaliação para ajudar as indústrias a avaliar e implementar o potencial de cogeração em suas instalações. Além disso, deve-se investir no treinamento de avaliadores e instrutores credenciados, pois se as indústrias sentirem que receberam aconselhamento robusto e de alta qualidade, elas estarão mais propensas a realizar trabalhos e compartilhar experiências positivas com outras indústrias em network.

O programa deve ser operacionalizado por meio de parcerias com a indústria, o governo e outras organizações, até mesmo por meio de parcerias público-privadas em que o setor público e empresas privadas colaboram para financiar e operar o projeto.

### 3.6.3 Interface com iniciativas similares

No Brasil, existem políticas públicas específicas para cogeração de energia que serão descritas na sequência.



O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), que foi criado em 2002 com o objetivo de incentivar a produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis, inclui a cogeração. O Proinfa prevê a contratação de energia elétrica proveniente de fontes alternativas, inclusive a cogeração, por meio de leilões promovidos pelo governo. As empresas que produzem energia a partir dessas fontes recebem um preço fixo por kWh gerado, garantindo um retorno financeiro atrativo para os investidores.

A cogeração qualificada é um modelo de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis — como biomassa, biogás, gás natural, entre outras —, que permite a produção simultânea de energia térmica e elétrica, com alto grau de eficiência. Ela é regulamentada pela Aneel e possui um conjunto de regras específicas que visam incentivar a sua utilização.

Basicamente, a cogeração qualificada funciona da seguinte forma: a empresa que produz a energia térmica e elétrica a partir de fontes renováveis é responsável por sua própria geração e seu próprio consumo. No entanto, caso haja excedente de energia elétrica, é possível comercializá-la para a distribuidora local por meio de um contrato de venda de energia elétrica. Esse modelo permite que a empresa gere a sua própria energia, reduza os custos com energia elétrica e ainda obtenha uma receita adicional com a venda do excedente.

Para ser qualificado como cogeração, o empreendimento deve atender a uma série de critérios definidos pela Aneel, como a EE do sistema, potência instalada, capacidade de atendimento à carga térmica, entre outros. Além disso, é necessário que o empreendimento esteja conectado à rede elétrica e possua um contrato de conexão com a distribuidora local.

A Aneel também estabelece um conjunto de regras específicas para a medição e comercialização da energia elétrica gerada pela cogeração qualificada, incluindo a definição dos preços e das tarifas aplicáveis. O objetivo é garantir que a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis seja viável e atrativa do ponto de vista econômico.

Desde 2013, com a modificação do manual do PEE à época, a Aneel permite que projetos que contemplem inserção de fontes incentivadas, em conjunto com ações de EE no uso final, sejam realizados. Entram nessa classificação, as centrais geradoras definidas como micro e minigerações distribuídas, o que inclui a cogeração qualificada.

### 3.7 Programas de treinamento e educação

#### 3.7.1 Descrição do instrumento regulatório

Programas de treinamento e educação são importantes para capacitar os profissionais da indústria e tornar mais fácil a implantação de projetos de EE, incluindo a recuperação de energia térmica. Dessa forma, as empresas podem reduzir seus custos de energia e contribuir para a preservação do meio ambiente.



Este programa não envolve somente a capacitação dos funcionários habilitados a trabalhar na indústria em si, mas considera o investimento na melhoria da infraestrutura das instituições de ensino (escolas técnicas, universidades, centros de ensino), que estejam habilitadas a disseminar as disciplinas relativas a EE na indústria.

### 3.7.2 Proposta do instrumento regulatório

O instrumento regulatório aqui apresentado visa oferecer treinamento técnico para engenheiros e técnicos, bem como orientação para a gestão empresarial, incluindo cursos específicos sobre a recuperação de energia térmica. Os cursos, por sua vez, devem incluir treinamentos práticos e teóricos e ser ministrados por especialistas com experiência acadêmica e prática de campo, e têm como objetivo capacitar os profissionais para a implantação de projetos de EE nas indústrias em que trabalham.

Para que este programa possa se tornar realidade, é necessário envolver organizações governamentais, empresas privadas e instituições de ensino superior reconhecidas pelo Ministério da Educação (MEC). Na sequência, algumas possíveis atribuições são identificadas:

- Oferecer programas de treinamento e educação, por meio do MEC, para ajudar as empresas a implementar tecnologias de EE, incluindo a recuperação de energia térmica.
- Fomentar a criação de disciplinas multidisciplinares de EE nas universidades com enfoque na engenharia de projeto, operação e manutenção de sistemas motrizes e processos industriais, fundamentadas na gestão energética em conformidade com a ISO 50001 e com os principais indicadores de desempenho energético relacionados à produção.
- Fomentar a criação das ESCOs por meio de incubadoras de empresas de universidades e instituições de pesquisa e capacitar as existentes para atuação focada em processos industriais, sistemas térmicos e elaboração de diagnósticos.
- Definir, em conjunto com entidades de ensino do setor industrial, ementa para a criação de cursos para capacitação de gestores energéticos industriais e sua posterior aplicação nos diversos segmentos — tropicalização do *Certified Energy Manager* (CEM) ou *European Energy Manager* (EUREM).
- Difundir os protocolos de M&V no setor industrial, para as ESCOs e instituições de ensino e pesquisa, de modo a facilitar a comprovação da redução do consumo de energia por meio da implantação de ações de EE.
- Desenvolver programas de P&D atrelados ao fomento de bolsas de estudos de graduação e pós-graduação com enfoque em EE industrial térmica utilizando os laboratórios das instituições e dos demais centros de pesquisas.
- Desenvolver programas para capacitação de consultores e empresas de consultoria nos mecanismos de mercado de EE.



- Investir recursos públicos na formação de turmas pilotos de capacitação até que o mercado absorva e amadureça a oferta desses produtos.

Essa política pública deve estar integrada com outros programas e pode ser condicionante, por exemplo, para que as empresas acessem os recursos disponibilizados por outros instrumentos regulatórios.

### 3.7.3 Interface com iniciativas similares

Existem algumas políticas públicas no Brasil que visam promover a capacitação e o treinamento industrial, dentre elas pode-se exemplificar algumas mais específicas na temática energética:

- Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética nas Instituições Federais de Educação (EnerGI FE) —visa ampliar a oferta de cursos e profissionais nas áreas de energias renováveis e EE, por meio de ações de capacitação, infraestrutura, parceria, pesquisa, desenvolvimento, inovação e empreendedorismo. Uma de suas diretrizes visa impulsionar a ampliação de infraestrutura para laboratórios e aquisição de usinas para geração de energia renovável e EE. As ações do EnerGI FE serão realizadas no âmbito dos Institutos Federais de Ensino Superior (Ifes), permitindo-se parceria com demais instituições de ensino, públicas ou privadas, e órgãos públicos ou privados.
- Programa Nacional de Qualificação em Energia (Pronatec) Energia Renovável — iniciativa do governo federal que oferece cursos técnicos e de qualificação profissional em energia renovável, como energia solar, eólica e biomassa, com o objetivo de formar profissionais capacitados para atuar nesse setor.
- Instituto Senai de Inovação em Energias Renováveis — o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) possui um instituto de inovação em energias renováveis, que oferece serviços de PD&I em tecnologias relacionadas à energia solar, eólica, biomassa e outras fontes renováveis.
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) — oferece cursos, seminários e workshops sobre EE, com o objetivo de disseminar boas práticas e incentivar a adoção de medidas de economia de energia em empresas e residências. Além disso, no site ProcelInfo, são disponibilizados materiais didáticos (cartilhas, livros, manuais, normas) e alguns simuladores.

Existem também alguns programas de treinamentos e capacitação mais generalistas para o setor industrial, como:

- Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) — instituição que oferece cursos de formação profissional para diversas áreas da indústria, com o objetivo de qualificar trabalhadores e aumentar a competitividade das empresas. Ele oferece cursos para a especialização e certificação de engenheiros em EE industrial, treinamentos para ESCOs e mentoria para técnicos de indústrias sobre oportunidades e cálculos preliminares de economia em energia no âmbito do



PotencializEE. Atualmente, o Senai está passando por um processo de acreditação pela Efficiency Valuation Organization (EVO) para realizar cursos de M&V.

- Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec) — programa do governo federal que tem como objetivo ampliar a oferta de cursos técnicos e de qualificação profissional em todo o país, visando a inserção de jovens e adultos no mercado de trabalho.
- Inova Talentos — iniciativa do Instituto Euvaldo Lodi (IEL) que fomenta projetos de inovação em empresas e capacita jovens talentos por meio de bolsas. Sua finalidade é desenvolver a educação profissional e tecnológica na modalidade da educação a distância, ampliando e democratizando a oferta e o acesso à educação profissional pública e gratuita no país.
- Rede e-Tec Brasil — rede nacional de ensino técnico a distância, coordenada pelo MEC, que oferece cursos técnicos em diversas áreas, incluindo a industrial. Constitui uma das iniciativas estratégicas da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (Setec) do MEC, incorporada ao Pronatec, para potencializar a interiorização e a democratização da oferta de cursos da Educação Profissional e Tecnológica (EPT).

### 3.8 Programa de gestão energética industrial

#### 3.8.1 Descrição do instrumento regulatório

Um programa de gestão energética industrial visa estabelecer uma metodologia para acompanhamento de longo prazo da evolução da EE das indústrias por meio da gestão ativa dos consumos específicos e das intensidades energéticas dos principais setores industriais. O objetivo de médio/longo prazo pode ser, por exemplo, estabelecer índices de referência para os diversos segmentos industriais (*benchmarks*).

As principais referências técnicas para um programa como este é a norma NBR - ISO 50.001 e a metodologia *Monitoring, Targeting and Reporting* (MT&R). Elas têm uma abordagem de gestão energética utilizada por empresas e organizações para identificar oportunidades de economia de energia, estabelecer metas de redução de consumo e implementar ações efetivas para alcançá-las. Ambas as metodologias envolvem três etapas principais que devem constar em um programa de gestão energética na indústria, a saber:

- Monitoramento — nesta fase, a empresa coleta dados sobre seu consumo de energia e identifica as principais áreas de consumo. Isso pode envolver a instalação de medidores de energia em equipamentos e processos, bem como a análise de dados de faturas de energia. Nesta etapa, é estabelecida a linha de base energética.
- Definição de metas — com base nas informações coletadas na etapa anterior e no estabelecimento da linha de base energética, a empresa estabelece metas de redução de consumo de energia e identifica as áreas de maior oportunidade para



executá-las. Isso pode incluir a implementação de tecnologias de EE, melhoria de processos ou mudanças de comportamento dos funcionários.

- Reporte — nesta fase, a empresa implementa as medidas de EE identificadas, monitora regularmente seu consumo de energia para avaliar os resultados, identifica novas oportunidades e faz o reporte frequente para que os índices não se distanciem da meta estabelecida.

### 3.8.2 Proposta do instrumento regulatório

O programa aqui proposto deve lançar campanhas de conscientização sobre a importância da EE e as vantagens da metodologia MT&R, incentivando a adoção da metodologia pelas indústrias como meio para alcançar os objetivos da norma NBR-ISO 50.001. Ademais, deve oferecer cursos e treinamentos específicos para capacitar profissionais na aplicação das metodologias MT&R e ISO 50.001, garantindo que as empresas possam contar com profissionais qualificados para implementar as medidas de EE.

A estratégia é que seja um Programa voluntário que ajude as empresas a melhorar a EE e reduzir as emissões de GEE. Para isso, as indústrias devem seguir um processo estruturado de gestão energética, baseado nestas metodologias, que inclui:

- Realização de uma análise detalhada do seu consumo de energia, estabelecendo uma linha de base energética e identificando oportunidades para melhorias na EE.
- Estabelecimento de metas específicas para melhorar a EE e reduzir as emissões de GEE, após o estabelecimento da linha de base.
- Implementação de medidas para melhorar a EE, incluindo a instalação de equipamentos mais eficientes, otimização de processos e adoção de práticas de conservação de energia, visando com isso alcançar as metas estabelecidas.
- Monitoramento regular do seu desempenho energético e exposição dos resultados publicamente.

As empresas que participam do programa devem receber suporte técnico e financeiro para a implementação de medidas de EE. Os incentivos financeiros são para as empresas que adotarem programas de gestão energética — vantagens fiscais, por exemplo —, e créditos para investimentos em equipamentos para instrumentação da indústria. Além disso, as empresas certificadas pelo programa poderão ser reconhecidas publicamente como líderes em gestão energética e usar o selo do programa em seus produtos e materiais de *marketing*.

Em resumo, o programa deve ser uma iniciativa abrangente que incentiva as empresas a melhorar a EE e reduzir as emissões de GEE por meio de um processo estruturado de gestão energética. A participação no programa oferece benefícios financeiros, suporte técnico e



reconhecimento público, tornando-o uma opção atraente para empresas que buscam melhorar seu desempenho energético e se destacar no mercado.

### 3.8.3 Interface com iniciativas similares

Existem políticas públicas no Brasil que visam promover a gestão energética industrial no Brasil, mas elas já foram detalhadas em outros instrumentos regulatórios aqui descritos. Sendo assim, para exemplificar, pode-se citar: PotencializEE e Procel Indústria.

## 3.9 Acordo voluntário para eficiência energética na indústria

### 3.9.1 Descrição do instrumento regulatório

O acordo voluntário para EE industrial é um instrumento regulatório que envolve a assinatura de um contrato entre as empresas e o governo, com o objetivo de estabelecer metas de redução do consumo de energia e incentivar a implementação de medidas de EE.

Um programa de acordos voluntários deve oferecer suporte técnico e financeiro às empresas, por meio de programas de incentivo, como descontos fiscais e financiamentos, para que elas possam investir em tecnologias e práticas mais eficientes em termos energéticos.

As empresas, por sua vez, se comprometem a implementar medidas de EE e cumprir as metas estabelecidas no contrato, que podem incluir a redução do consumo de energia, adoção de tecnologias mais eficientes ou melhoria de processos produtivos. Essas metas são monitoradas e avaliadas regularmente pelo governo, em conjunto com as empresas participantes.

O acordo voluntário é uma forma flexível e colaborativa de regulamentação, que incentiva as empresas a adotarem medidas de EE e contribuírem para a redução das emissões de GEE. Além disso, é uma forma de as empresas demonstrarem seu comprometimento com a sustentabilidade e responsabilidade ambiental, o que pode aumentar sua competitividade no mercado e melhorar sua imagem perante os consumidores.

A maioria dos países que implementam este tipo de instrumento, trazem consigo obrigações ambientais, como a redução de emissões de GEE, por exemplo.

### 3.9.2 Proposta do instrumento regulatório



Nestes termos, o acordo é voluntário no sentido de que as indústrias podem querer ou não participar do programa, mas uma vez participando terão os benefícios e compromissos registrados em contrato. Sendo assim, seguem alguns pontos que podem constar no referido contrato, objeto de definição do presente instrumento regulatório:

- Benefícios para as indústrias:
  - Acesso a incentivos financeiros, como descontos fiscais e subsídios para investimentos em tecnologias de EE.
  - Reconhecimento público por suas iniciativas de EE.
  - Possibilidade de reduzir os custos com energia e melhorar a competitividade da empresa.
  
- Deveres das indústrias:
  - Estabelecer uma linha de base de consumo de energia e emissões de GEE.
  - Constituir um sistema estruturado de MT&R, seguindo os preceitos na norma ISO 50.001.
  - Definir metas ambiciosas de redução de consumo de energia e emissões de GEE.
  - Implementar medidas de EE em seus processos e produtos com foco em sistemas térmicos.
  - Medir e relatar regularmente o progresso em relação às metas estabelecidas.
  
- Benefícios para o país:
  - Estabelecer metas nacionais de consumo de energia e contribuir para o alcance das metas de redução de GEE estabelecidas nas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC).
  - Desenvolver e implementar políticas públicas que incentivem a EE na indústria, como programas de incentivo financeiro, regulamentações e normas técnicas.
  - Monitorar e avaliar o progresso das indústrias signatárias em relação às metas estabelecidas.
  
- Deveres do país:
  - Fornecer suporte técnico e financeiro às indústrias signatárias do acordo.
  - Cumprir as metas ambiciosas de redução de emissões de GEE e estabelecer metas de consumo de energia para o próprio governo.
  - Promover a transição energética do país, por meio do desenvolvimento de tecnologias e fontes de energia mais limpas e renováveis.
  - Fortalecer a cooperação internacional em relação à EE e redução de emissões.

### 3.9.3 Interface com iniciativas similares

O Programa Aliança é o único exemplo de acordo voluntário para EE no setor industrial brasileiro. Lançado em 2017, o programa é uma iniciativa da Confederação Nacional da



Indústria (CNI) em parceria com o Procel, e tem como objetivo promover a EE nas indústrias brasileiras por meio de acordos voluntários entre as empresas e a CNI.

Ele oferece aos participantes um conjunto de ferramentas e instrumentos para a gestão da EE, incluindo avaliações energéticas, treinamentos, capacitação técnica, acompanhamento e monitoramento dos resultados. As empresas participantes se comprometem a adotar práticas e tecnologias mais eficientes em termos energéticos, com o objetivo de reduzir seus custos operacionais e o consumo de energia elétrica.

### 3.10 Digitalização da indústria

#### 3.10.1 Descrição do instrumento regulatório

O instrumento regulatório que visa a digitalização da indústria contempla um conjunto de medidas e estratégias que o governo pode implementar para promover a adoção de tecnologias digitais na indústria, com o objetivo de aumentar a EE, produtividade e competitividade das empresas.

Uma forma de incluir as tecnologias digitais para se alcançar a maior EE na indústria é utilizar soluções que possuam Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA), por exemplo. Através da instalação de sensores em máquinas, é possível identificar desperdícios no consumo de energia e, conseqüentemente, reduzir os gastos.

Além disso, com a digitalização da indústria, as empresas podem conseguir melhor performance por serem a todo tempo monitoradas, assim, é possível: digitalizar o processo produtivo (IoT, IA e robótica), elaborar plano de manutenção preventiva dos ativos da indústria, implantar sistemas de medição do aproveitamento energético em equipamentos e processos, monitorar grandezas relevantes — vibração, temperatura, pressão e vazão, por exemplo —, definir estratégias de investimento em geração de energia e EE, e utilizar equipamentos de alta eficiência.

#### 3.10.2 Proposta do instrumento regulatório

A seguir são detalhadas as principais medidas para a digitalização da indústria nacional contemplada neste instrumento regulatório:

- Fomento à P&D de tecnologias digitais aplicáveis à indústria.
- Incentivos financeiros, como linhas de crédito ou redução de impostos, para empresas que adotem tecnologias digitais em seus processos produtivos.
- Criação de programas de capacitação e treinamento para trabalhadores e empresários na área de IoT, IA e robótica.



- Serviços de consultoria e suporte para ajudar na implementação de tecnologias digitais.
- Estabelecimento de parcerias entre empresas e instituições de pesquisa para desenvolver soluções digitais para a indústria.
- Estabelecimento de padrões e regulamentações para a segurança e privacidade de dados na indústria digital.
- Criação de centros de inovação e incubadoras de startups para estimular o empreendedorismo, a colaboração entre empresas, universidades e instituições de pesquisa e a criação de soluções digitais na indústria.

Essas medidas visam incentivar a adoção de tecnologias digitais na indústria, promovendo a modernização dos processos produtivos, a EE e a redução de custos, além de contribuir para a criação de empregos e o aumento da competitividade das empresas no mercado global.

O objetivo principal deste instrumento regulatório é a modernização e a transformação da indústria em uma indústria inteligente e conectada, por meio do uso de tecnologias avançadas como a IoT, IA e robótica.

### 3.10.3 Interface com iniciativas similares

- Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT) — tem como objetivo fomentar o desenvolvimento da IoT no Brasil, incluindo a sua aplicação na indústria. A IoT pode ser utilizada na automação de processos, manutenção preditiva de equipamentos e gestão da cadeia produtiva, entre outras.
- Centros de Inovação Sesi-Senai — são espaços destinados à P&D de tecnologias para a indústria, incluindo a digitalização dos processos produtivos. Esses centros oferecem serviços de consultoria, treinamento e capacitação para as empresas interessadas em adotar tecnologias digitais em sua produção.

## 3.11 Programa de eletrificação da indústria

### 3.11.1 Descrição do instrumento regulatório

O instrumento regulatório que visa a eletrificação da indústria pode ser definido como um conjunto de medidas e estratégias que o governo pode implementar para promover a transição da matriz energética utilizada pelas indústrias, substituindo o uso de combustíveis fósseis por eletricidade, como forma de reduzir as emissões de GEE e combater as mudanças climáticas.

A estratégia para que seja dado o início da eletrificação da indústria é substituir a combustão de material fóssil — como geralmente acontece em fornos e caldeiras — por equipamentos que aquecem de forma elétrica. Se a matriz elétrica é limpa, pode-se evitar a emissão de



gases poluentes. Além disso, muitas vezes, equipamentos da linha de produção, como bombas e motores, são alimentados desnecessariamente por combustíveis fósseis.

### 3.11.2 Proposta do instrumento regulatório

O instrumento regulatório aqui proposto visa incluir medidas como:

- Fomento à P&D de tecnologias de eletrificação para a indústria, incluindo baterias, sistemas de armazenamento de energia e sistemas de conversão energética.
- Incentivos financeiros, como linhas de crédito ou redução de impostos, para empresas que investem em tecnologias de eletrificação em seus processos produtivos, desde que a origem da energia elétrica seja de fonte renovável.
- Estabelecimento de metas de eletrificação para a indústria e implementação de políticas de monitoramento e avaliação para o cumprimento dessas metas.
- Criação de programas de capacitação e treinamento para trabalhadores e empresários na área de eletrificação industrial.
- Estabelecimento de parcerias entre empresas e instituições de pesquisa para desenvolvimento de soluções de eletrificação para a indústria.
- Criação de redes de infraestrutura elétrica para fornecer energia confiável e acessível para a indústria.
- Estabelecimento de padrões e regulamentações para a segurança e eficiência dos equipamentos de eletrificação industrial.
- Criação de incentivos para o uso de energias renováveis, como a solar e eólica, na geração de energia elétrica para a indústria.

Essas medidas visam incentivar a transição da matriz energética utilizada pelas indústrias, promovendo a redução das emissões de GEE e contribuindo para o combate às mudanças climáticas, além de aumentar a eficiência e a competitividade das empresas no mercado global.

### 3.11.3 Interface com iniciativas similares

Iniciativas de Geração Distribuída (GD) tem relação direta com eletrificação da indústria. A GD é uma alternativa para a eletrificação da indústria, pois permite que as empresas produzam parte da energia elétrica que consomem, reduzindo a dependência da rede elétrica. O Brasil possui diversas iniciativas para incentivar a geração distribuída, como a Resolução Normativa nº 482/2012 da Aneel, atualmente substituída pela Lei 14.300/2022.

## 3.12 *Minimum energy performance standard (MPES)*



### 3.12.1 Descrição do instrumento regulatório

MEPS, ou Padrões Mínimos de Desempenho Energético em tradução livre, são políticas públicas que estabelecem requisitos mínimos de EE para equipamentos. Esses padrões são definidos pelo governo ou pelas agências reguladoras e aplicados a uma ampla variedade de equipamentos.

Os MEPS têm como objetivo principal dar uma orientação de eficiência para o consumidor, além de estabelecer um requisito mínimo para a eficiência de equipamentos comercializados.

De maneira geral, os MEPS são uma ferramenta para incentivar a EE em equipamentos, incluindo os industriais, e que impactam na redução do consumo de energia e das emissões de GEE.

### 3.12.2 Proposta do instrumento regulatório

A proposta específica desse instrumento regulatório é a implantação de MEPS para caldeiras e fornos. Para tanto, alguns ritos para a definição de MEPS de equipamentos devem ser seguidos:

- Ter anuência do Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE).
- Fazer uma Análise de Impacto Regulatória (AIR) que traga informações relevantes a serem discutidas no âmbito do CGIEE e da sociedade — mapear principais tipos de sistemas, identificar tipos de equipamentos, verificar linha de produtos dos fabricantes e importadores de equipamentos, identificar possíveis gargalos e entraves para implementação de política de níveis mínimos de EE, definir indicadores de impacto da política, por exemplo.
- Discutir com a sociedade o impacto desta política.

### 3.12.3 Interface com iniciativas similares

- Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE): programa coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) que tem como objetivo identificar e categorizar os produtos em ordem decrescente de performance energética e de outros aspectos. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence) é o instrumento que classifica os produtos em diferentes níveis de eficiência.
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel): programa do governo federal que tem como objetivo promover o uso eficiente da energia elétrica. Ele inclui o Selo Procel de Economia de Energia, que identifica os produtos mais eficientes dentre os que recebem etiqueta A do PBE em diferentes categorias, como ar-condicionados, refrigeradores, lâmpadas, entre outros.

Em relação ao setor industrial, apenas dois equipamentos são abordados: motobombas centrífugas (até 25 CV) e motores elétricos de indução trifásicos.



### 3.13 Programa de bônus para equipamentos

#### 3.13.1 Descrição do instrumento regulatório

O Programa de Bônus para Equipamentos Industriais Eficientes deve ser uma iniciativa governamental que visa incentivar a adoção de equipamentos mais eficientes do ponto de vista energético pela indústria. O programa oferece incentivos financeiros para empresas que compram equipamentos industriais com EE superior à mínima exigida.

#### 3.13.2 Proposta do instrumento regulatório

Os equipamentos elegíveis para o programa incluem aqueles que consomem grandes quantidades de energia, especificamente caldeiras e fornos. Para serem elegíveis ao programa, esses equipamentos devem atender a requisitos mínimos de eficiência estabelecidos. Por exemplo, fornos e caldeiras devem obrigatoriamente vir com equipamentos auxiliares — isolamento térmico, preaquecedor de ar, economizador, controle em malha fechada do O<sub>2</sub> da chaminé, entre outros.

Os incentivos financeiros oferecidos pelo programa podem assumir várias formas, como descontos no preço de compra do equipamento, reembolsos parciais ou totais do custo de compra e créditos fiscais. Esses incentivos devem ser calculados com base na economia de energia esperada do equipamento em relação a uma caldeira ou forno sem os equipamentos auxiliares.

#### 3.13.3 Interface com iniciativas similares

Programa de Eficiência Energética (PEE), coordenado pela Aneel. Dentro do PEE, existe uma modalidade específica para equipamentos industriais eficientes chamada “Incentivo à substituição de motores elétricos por motores de alto rendimento” (Programa de rebate de motores elétricos). Essa modalidade tem como objetivo incentivar a substituição de motores elétricos antigos e pouco eficientes por motores de alto rendimento, que apresentam maior EE e menor consumo de energia elétrica.



## 4. Entrevistas com especialistas em políticas públicas

Neste capítulo, serão apresentados os resultados das entrevistas realizadas com trinta especialistas em políticas sobre EE na indústria. Estas entrevistas foram realizadas entre os dias 22/05/2023 e 06/06/2023. Elas tinham como principal objetivo hierarquizar quatro políticas a partir das treze propostas e apresentadas no capítulo 3.

Para tanto, foi preparado um instrumento de coleta de dados (questionário), com vistas a identificar a relevância, para cada um dos entrevistados consultados, das treze políticas listadas à luz de cinco critérios de escolha, a saber: sustentabilidade, riscos políticos, dificuldade de implementação, custo-efetividade e governança pública.

A metodologia de escolha destes critérios será detalhada na seção 4.1 deste relatório. Na seção 4.2, mostra-se a representatividade dos especialistas consultados. Já na seção 4.3, serão apresentados os resultados das entrevistas.

### 4.1 Definição dos critérios para escolha das políticas

Primeiramente, fez-se uma revisão na literatura dos artigos e documentos relevantes que abordavam a problemática da escolha/hierarquização de políticas públicas utilizando métodos multicritérios de apoio à decisão. No quadro 1, pode-se verificar os critérios usualmente utilizados, considerando as referências avaliadas.

Quadro 1 — Lista de critérios e dimensões encontrados na revisão da literatura

Autores	Dimensões/critérios
Alipour et al. (2018)	Político, Econômico, Social, Legal, Ambiental, Tecnológico, Robustez
Blanco et al. (2017)	Econômico, Ambiental, Técnico, Político, Social
Castro (2013)	Expansão do Microcrédito, Redução de Impostos, Aumento da Fiscalização
Dong et al. (2016)	Energia conservada, Payback no período de investimento em GLD, Aversão à perda relacionada à interrupção forçada, Satisfação do consumidor, Capacidade de financiamento, Apoio ao desenvolvimento da indústria de energia, Economia de eletricidade, Contribuição para o desenvolvimento econômico, Economia de investimento em construção de novas usinas, Redução de GEE, Erosão do solo e danos ambientais evitáveis, Conservação de recursos naturais, Economizada pelo uso de dispositivos de controle do consumo de energia, Contribuição da utilização de energia distribuída, Estrutura de sistemas GLD
Kablan (2004)	Atendimento da demanda básica de energia; Crescimento econômico, Meio ambiente limpo, Maior utilização de fontes de energia renováveis
Kowalski et al. (2009)	Mudanças climáticas, Segurança do abastecimento, Uso racional dos recursos, Custos, Justiça social, Emprego, Qualidade da água, Independência das importações, Qualidade do ar, Diversidade de tecnologias, Efeito sobre os gastos públicos, Vantagem tecnológica, Autodeterminação regional, Coesão social, Justiça ecológica, Ruído, Qualidade da paisagem
Liu et al. (2012)	Recursos turísticos, Ambiente industrial, Ambiente socioeconômico, Segurança
Madlener & Stag (2005)	Insumos para produção, Consequências potenciais da produção, Consequências potenciais da conversão e do uso de energia, Dimensão socioeconômica
Malta et al. (2017)	Socioeconômica, Infraestrutura, Ambiental, Saúde e Segurança
Nagel & Nagel (1989)	Aumento de benefícios de decisões corretas, Redução de custos de decisões corretas, Aumento de custos de decisões erradas, Redução de benefícios de decisões erradas, Aumento da probabilidade de benefícios e custos



<b>Autores</b>	<b>Dimensões/critérios</b>
<b>Paffard et al. (2021)</b>	Inovação e integração, Longevidade, Suporte direcionado, Complexidade reduzida, Comunicação e engajamento, Garantia de resultados de alta qualidade, Custo-efetividade
<b>Ponte et al. (2021)</b>	Potencial de transformação do mercado, Custo para sociedade, Aumento de subsídios/encargos, Arrecadação de impostos, Aceitação social, Acesso à energia elétrica, Desenvolvimento local, Experiência prévia, Dificuldade de implementação, Possibilidade/Facilidade de monitorar e avaliar as políticas, Impactos previstos da política, Alinhamento aos acordos internacionais, Alinhamento às políticas nacionais, Riscos políticos, Governança pública e sustentabilidade do setor, Dependência externa, Confiabilidade do fornecimento de energia, Impacto ambiental
<b>Riesgo &amp; Gómez-Limón (2006)</b>	Econômico, Social, Ambiental
<b>Shen et al. (2011)</b>	Meta energética, Meta ambiental, Meta econômica
<b>Ulutas (2005)</b>	Benefícios, Oportunidades, Custos, Riscos
<b>United Nations Economic Commission for Europe (2015)</b>	Relevância, Energia economizada, Facilidade de implementação, Tempo de implementação
<b>Wimmler et al. (2015)</b>	Técnico, Econômico, Ambiental, Social

Após discussão com a equipe da GIZ e validação do GT de Térmica, chegou-se a uma lista de cinco critérios que devem compor o instrumento de coleta de dados e ser utilizados nas entrevistas. Embora seja perceptível no quadro 1 que são muitos os critérios elencáveis, tentou-se reduzir ao máximo o número de critérios para otimizar o tempo dos especialistas entrevistados, já que o número de alternativas de políticas públicas era elevado (treze). Assim, optou-se, nessas discussões, por considerar critérios que fossem bastante relevantes para o problema em tela. Assim, estes cinco critérios são apresentados no quadro 2, a seguir, bem como as suas respectivas descrições. Apresenta-se também as referências que citam estes critérios.

Quadro 2 — Descrição dos critérios utilizados

<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>	<b>Referências</b>
<b>Sustentabilidade</b>	Este critério avalia o alcance da política levando em consideração as dimensões econômica, ambiental e social. Analisa o impacto e alcance da política para o aproveitamento do potencial de EE térmica na indústria, e o quanto este pode contribuir para as questões relacionadas à sustentabilidade.	Alipour et al. (2018), Blanco et al. (2017), Castro (2013), Dong et al. (2016), Kablan (2004), Kowalski et al. (2009), Liu et al. (2012), Madlener & Stag (2005), Malta et al. (2017), Nagel & Nagel (1989), Paffard et al. (2021), Ponte et al. (2021), Riesgo & Gómez-Limón (2006), Shen et al. (2011), Ulutas (2005), United Nations Economic Commission for Europe (2015), Wimmler et al. (2015)
<b>Riscos políticos</b>	Este critério avalia o quão exposta é determinada política a influências externas, como sanções regionais, interferências individuais ou de grupos econômicos/empresarias. Avalia, ainda, o quanto determinados grupos podem contribuir para a não efetividade da política em caso de sua implementação. Políticas com riscos políticos elevados podem ter sua longevidade comprometida.	Nagel e Nagel (1989), Ponte et al. (2021) e Ulutas (2005)



<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>	<b>Referências</b>
<b>Dificuldade de implementação</b>	Este critério avalia a dificuldade esperada para a implementação da política pública planejada. Contempla ajustes legais e regulatórios, estruturas institucionais necessárias e exposição a possíveis acordos políticos para sua aprovação. Também considera a flexibilidade que a proposta apresenta, ou seja, o quanto pode ser modificada durante a discussão, visando sua aprovação, sem comprometer sua eficácia.	<i>United Nations Economic Commission for Europe</i> (2015) e Ponte et al. (2021)
<b>Custo-efetividade</b>	Este critério avalia se uma política pode ser considerada rentável se atingir o público-alvo e produzir impacto de longo prazo, respeitando o orçamento pretendido. A política deve ser capaz de alavancar o mercado no longo prazo e produzir um efeito multiplicador. Os indicadores de custo-efetividade de uma determinada política devem ser determinados desde o início com metas específicas definidas, compondo um programa de monitoramento e avaliação desta política.	Paffard et al. (2021) e Ponte et al. (2021)
<b>Governança pública</b>	Este critério afere o conjunto de mecanismos de liderança, estratégia e controle possíveis para avaliar, direcionar e monitorar a gestão da política pública, garantindo sua continuidade, sem depender de ações políticas ou subsídios. Definir órgãos competentes e responsáveis para implementar, avaliar, direcionar e mensurar a política pública adotada.	Alipour et al. (2018) e Ponte et al. (2021)

É importante colocar que os critérios “Sustentabilidade”, “Custo-efetividade” e “Governança pública”, pela sua descrição, são considerados critérios de benefício, ou seja, quanto maior a avaliação de uma política à luz deles, melhor. Já os parâmetros “Riscos políticos” e “Dificuldade de implementação” são considerados critérios de custo, quanto maior a gradação na avaliação, pior seu desempenho. Esta informação será importante quando da aplicação dos métodos multicritérios para a hierarquização e escolha das quatro políticas públicas, principal objetivo deste produto (P3).

Com as políticas e os critérios definidos, pôde-se confeccionar o instrumento de coleta de dados a ser submetido aos especialistas. Este documento se encontra no Apêndice 3 deste relatório. É apresentado, na sequência, o quadro para a avaliação dos critérios (quadro 3). Nas linhas, são descritas de forma resumida o nome das treze políticas, possibilitando os entrevistados sugerir outras, caso vejam a necessidade (linhas quatorze e quinze do quadro). Nas colunas, estão os graus de relevância destas políticas que devem ser avaliadas à luz de cada um dos cinco critérios, como pode ser visto neste apêndice. Esta relevância tem uma gradação que vai de “muito baixa” até “muito alta”, passando por “moderada”.

É admitido que o entrevistado opte por não avaliar alguma política. Neste caso, ele tem a opção de marcar “N.A.” — não se aplica. Esta medida serve para reduzir os vieses nas escolhas feitas pelos especialistas consultados.



Quadro 3 — Descrição dos critérios utilizados

	Política Pública	Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	N.A.
1	Créditos fiscais de equipamentos						
2	Subsídios de equipamentos						
3	Financiamento de equipamentos						
4	Financiamento de projetos						
5	Inovação						
6	Programa de Cogeração						
7	Treinamento e educação						
8	Gestão energética						
9	Acordo voluntário						
10	Digitalização da indústria						
11	Eletrificação da indústria						
12	MEPS — Índices mínimos						
13	Bônus de equipamentos						
14	(Sugestão de política)						
15	(Sugestão de política)						

## 4.2 Representatividade dos especialistas consultados

De posse do instrumento de coleta de dados, as entrevistas puderam ser feitas. Como já colocado, estas foram realizadas com trinta especialistas entre os dias 22/05 e 06/06. No quadro 4, pode-se notar a representatividade das entrevistas realizadas.

Grande parte delas foi realizada com especialistas em políticas públicas que trabalham em órgãos como MME, Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional (ENBPar), Inmetro e Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE). Além disso, houve a participação de algumas universidades, como Universidade Federal de Itajubá (Unifei) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Vale destacar que houve a participação de diversos atores, como associações de classe, bancos — inclusive o BNDES — ESCOs, fornecedores de tecnologia, indústrias e Organizações Não Governamentais (ONGs) e representantes da indústria.

Quadro 4 — Instituições entrevistadas

Instituições	Número de entrevistas
Academia e Instituto de Pesquisa	4
Associação de classe	2
Banco	2
ESCO/Consultor	3
Fornecedor de tecnologia	3
Indústria	2
ONG	2



<b>Representante da indústria</b>	2
<b>Responsável por política pública</b>	10
<b>Total Geral</b>	<b>30</b>

No Apêndice 4, é apresentada a lista detalhada dos entrevistados e as instituições a que pertencem, assim como as datas das entrevistas.

### 4.3 Resultados das entrevistas

Após as entrevistas, os dados coletados foram compilados em três planilhas eletrônicas que serão anexadas a este relatório. Essas planilhas consideram a distribuição das respostas dos entrevistados quanto à preferência das políticas à luz dos cinco critérios avaliados — Sustentabilidade, Riscos políticos, Dificuldade de implementação, Custo-efetividade e Governança pública —. As planilhas são as seguintes:

- Cálculo *fuzzi-TOPSIS* — PotencializEE\_30entrevistas — Percentil\_0,25.xlsx.
- Cálculo *fuzzi-TOPSIS* — PotencializEE\_30entrevistas — Percentil\_0,20.xlsx.
- Cálculo *fuzzi-TOPSIS* — PotencializEE\_30entrevistas — Percentil\_0,15.xlsx.

Os números 0,25, 0,20 e 0,15 nos nomes dos arquivos dizem respeito aos percentis considerados nas análises, pois se considerou uma distribuição não simétrica dos dados (respostas dos entrevistados). Três parâmetros foram calculados: *lower bound* ( $p$ ), *medium* (mediana) e *upper bound* ( $1-p$ ). O parâmetro  $p$  diz respeito ao percentil da distribuição dos dados de respostas dos especialistas, que será considerado para análise multicritério feita com o modelo *fuzzi-TOPSIS* (capítulo 5).

Como apresentado anteriormente no quadro 3, a relevância das políticas à luz de cada critério, considerou uma gradação que vai de “muito baixa”, passando por “baixa”, “moderada”, “alta”, até “muito alta”. Esta gradação foi transformada em escala numérica de 1 a 5. Quando o critério era de benefício, “muito baixa” representava o valor 1 e “muito alta” o valor 5. Quando o critério era de custo, os valores se invertiam, ou seja, “muito baixa” representava o valor 5 e “muito alta” o valor 1. Na tabela 3, a seguir, pode-se verificar as escalas numéricas para as gradações da avaliação das políticas à luz dos critérios de custo e de benefício considerados.

Tabela 3 — Escalas numéricas consideradas para os tipos de critérios

Gradação	Critérios de benefício	Critérios de custo
	Sustentabilidade, Custo-efetividade e Governança pública	Riscos políticos e Dificuldade implementação
<b>Muito baixa</b>	1	5
<b>Baixa</b>	2	4
<b>Moderada</b>	3	3
<b>Alta</b>	4	2
<b>Muito alta</b>	5	1



Os resultados das preferências das políticas à luz dos critérios, considerando a opinião dos especialistas, serão apresentados na sequência. Vale destacar que os critérios terão pesos diferentes e esta definição será apresentada no capítulo 5.

Para o critério Sustentabilidade, pode-se notar na tabela 4 que mesmo para o percentil mais perto da mediana (0,25), as políticas de “Inovação”, “Treinamento e educação”, “Gestão energética”, “Acordo voluntário” e “MEPS — Índices mínimos” são as preferíveis pelos especialistas. Quando se “abre” mais a distribuição (percentil 0,15), a de “Programa de cogeração” também se torna importante na visão dos especialistas consultados.

Tabela 4 — Avaliação dos especialistas para o critério Sustentabilidade

Política Pública		Percentil 0,25			Percentil 0,20			Percentil 0,15		
		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
1	Créditos fiscais de equipamentos	3	3	4	3	3	4	2,05	3	4
2	Subsídios de equipamentos	3	3	4	3	3	4	3	3	4
3	Financiamento de equipamentos	3	3,5	4	3	3,5	4	3	3,5	4
4	Financiamento de projetos	3	4	4	3	4	4	3	4	4,65
5	Inovação	3	4	5	3	4	5	3	4	5
6	Programa de Cogeração	3	4	4,5	3	4	5	3	4	5
7	Treinamento e educação	4	4	5	3	4	5	3	4	5
8	Gestão energética	4	4	5	3,8	4	5	3	4	5
9	Acordo voluntário	3	4	5	2,6	4	5	2	4	5
10	Digitalização da indústria	3	4	4	3	4	4	3	4	4,65
11	Eletrificação da indústria	3	4	4	2	4	4	2	4	4
12	MEPS — Índices mínimos	3	4	5	3	4	5	3	4	5
13	Bônus de equipamentos	3	3,5	4	3	3,5	4	3	3,5	4

Já para o critério Riscos políticos, pode-se notar na tabela 5, que mesmo para o percentil mais perto da mediana (0,25), as políticas de “Inovação” e “Treinamento e educação” são as preferíveis pelos especialistas.

Tabela 5 — Avaliação dos especialistas para o critério Riscos políticos

Política Pública		Percentil 0,25			Percentil 0,20			Percentil 0,15		
		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
1	Créditos fiscais de equipamentos	1	2	3	1	2	3	1	2	3,95
2	Subsídios de equipamentos	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	Financiamento de equipamentos	2	3	4	2	3	4	1,05	3	4
4	Financiamento de projetos	3	3	4	2,6	3	4	2	3	4
5	Inovação	3	4	5	3	4	5	3	4	5
6	Programa Cogeração	3	3	4	3	3	4	2,05	3	4



Política Pública		Percentil 0,25			Percentil 0,20			Percentil 0,15		
		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
7	Treinamento e educação	4	4	5	4	4	5	3,9	4	5
8	Gestão energética	4	4	4,25	3,4	4	5	3	4	5
9	Acordo voluntário	3	3	4	3	3	4	2,05	3	4
10	Digitalização da indústria	3	4	4	3	4	4,4	3	4	5
11	Eletrificação da indústria	2	3	4	2	3	4	2	3	4
12	MEPS — Índices mínimos	2	3	4	2	3	4	2	3	4,8
13	Bônus de equipamentos	2	3	3	2	3	3,4	2	3	4

Para o critério Dificuldade de implementação, pode-se notar, na tabela 6, que somente para o percentil mais longe da mediana considerado (0,15), a política de “Treinamento e educação” foi a única que recebeu nota máxima pelos especialistas, sendo a mais fácil de implementar na visão deles.

Tabela 6 — Avaliação dos especialistas para o critério Dificuldade de implementação

Política Pública		Percentil 0,25			Percentil 0,20			Percentil 0,15		
		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
1	Créditos fiscais de equipamentos	1,75	2,5	3	1	2,5	3,6	1	2,5	4
2	Subsídios de equipamentos	1	3	3	1	3	4	1	3	4
3	Financiamento de equipamentos	3	3	4	3	3	4	3	3	4
4	Financiamento de projetos	2	3	4	2	3	4	2	3	4
5	Inovação	3	3	4	2,8	3	4	2	3	4
6	Programa de Cogeração	2	3	4	2	3	4	2	3	4
7	Treinamento e educação	3,25	4	4	3	4	4,2	3	4	5
8	Gestão energética	3	3	4	3	3	4	2,35	3	4
9	Acordo voluntário	2	3	4	2	3	4	2	3	4
10	Digitalização da indústria	2	3	3	2	3	3	2	3	3
11	Eletrificação da indústria	2	3	3	2	3	3	2	3	3
12	MEPS — Índices mínimos	2	3	4	2	3	4	2	3	4
13	Bônus de equipamentos	2	3	4	2	3	4	2	3	4

Já para o critério Custo-efetividade, pode-se notar, na tabela 7, que mesmo para o percentil mais perto da mediana (0,25), as políticas de “Inovação”, “Treinamento e educação”, “Gestão energética” e “Acordo voluntário” são as mais relevantes para os especialistas consultados. Vale ressaltar que o ‘Programa de cogeração’ e ‘Financiamento de projetos’ também têm uma boa avaliação.

Tabela 7 — Avaliação dos especialistas para o critério Custo-efetividade



Política Pública		Percentil 0,25			Percentil 0,20			Percentil 0,15		
		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
1	Créditos fiscais de equipamentos	3	4	4,25	3	4	5	3	4	5
2	Subsídios de equipamentos	3	4	4	3	4	4	3	4	4,95
3	Financiamento de equipamentos	3	4	4	3	4	4,2	3	4	5
4	Financiamento de projetos	4	4	4,75	3	4	5	3	4	5
5	Inovação	3	4	5	3	4	5	3	4	5
6	Programa de Cogeração	3	4	4,25	3	4	5	3	4	5
7	Treinamento e educação	4	4	5	4	4	5	3,35	4	5
8	Gestão energética	4	4	5	4	4	5	4	4	5
9	Acordo voluntário	3	4	5	3	4	5	2,2	4	5
10	Digitalização da indústria	3	4	4	3	4	4	3	4	4
11	Eletrificação da indústria	3	3,5	4	3	3,5	4	3	3,5	4
12	MEPS — Índices mínimos	3	4	4	3	4	4	2,2	4	4,8
13	Bônus de equipamentos	3	3	4	3	3	5	3	3	5

Por fim, as políticas de “Treinamento e educação”, “Acordo voluntário”, “MEPS — Índices mínimos” e “Financiamento de projetos” têm boa avaliação para o critério Governança pública, como pode ser visto na tabela 8.

Tabela 8 — Avaliação dos especialistas para o critério Governança pública

Política Pública		Percentil 0,25			Percentil 0,20			Percentil 0,15		
		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
1	Créditos fiscais de equipamentos	2	2	3	2	2	3	1,2	2	3,8
2	Subsídios de equipamentos	2	2	3	1	2	3,4	1	2	4
3	Financiamento de equipamentos	2	3	4	2	3	4	2	3	4
4	Financiamento de projetos	2	3	4	2	3	4	2	3	4,8
5	Inovação	3	3	4	2	3	4	2	3	4
6	Programa de Cogeração	2	3	4	2	3	4	2	3	4
7	Treinamento e educação	3	4	4	3	4	5	2,2	4	5
8	Gestão energética	3	3	4	2,6	3	4	2	3	4
9	Acordo voluntário	3	3	4	2	3	4	2	3	4,8
10	Digitalização da indústria	2	3	4	2	3	4	2	3	4
11	Eletrificação da indústria	2	3	4	2	3	4	2	3	4
12	MEPS — Índices mínimos	3	4	5	3	4	5	2,2	4	5
13	Bônus de equipamentos	2	3	4	1	3	4	1	3	4

Os dados apresentados nas últimas 5 tabelas serão utilizados como dados de entrada no modelo *fuzzi-TOPSIS* que será detalhado no capítulo 5.



## 5. Resultados da hierarquização das quatro políticas públicas

Como colocado na introdução, o objetivo deste trabalho é propor, especificar e priorizar quatro opções regulatórias e de políticas públicas para incentivar a EE térmica na indústria. Estas serão escolhidas a partir de uma lista de treze políticas que foram apresentadas no capítulo 3 e avaliadas por trinta especialistas como apresentado no capítulo 4. Neste capítulo, serão apresentados os resultados da hierarquização das quatro opções regulatórias, feita através de métodos multicritérios de apoio à decisão, considerando a preferência destes especialistas.

Para hierarquização destas quatro políticas públicas, foram utilizados métodos multicritérios de apoio à decisão, em especial o método AHP para definição dos pesos dos critérios de escolha e o método *fuzzi-TOPSIS* para hierarquização das opções regulatórias, considerando as preferências dos trinta especialistas consultados.

Na seção 5.1, serão descritos métodos multicritérios utilizados para hierarquização das quatro políticas. Já na seção 5.2, serão apresentados os resultados do uso destas ferramentas (AHP e *fuzzi-TOPSIS*).

### 5.1 Descrição dos métodos multicritérios utilizados

O método utilizado para hierarquização das políticas será o *fuzzi-TOPSIS*. Todavia, este método deve ter os pesos dos critérios pré-definidos. Assim, o método AHP será utilizado para definição destes pesos, uma vez que é um método que tem como característica a transformação de julgamentos qualitativos em quantitativos. A estrutura de decisão e critério para hierarquização das quatro políticas pode ser vista na figura 5.

A definição da estrutura hierárquica de decisão para aplicação dos referidos métodos multicritérios deverá seguir o esquema genérico mostrado na figura 5, que teve como base as estruturas propostas por Saaty (1991) e Chen (2000), para aplicação dos métodos AHP e *fuzzi-TOPSIS*, respectivamente.

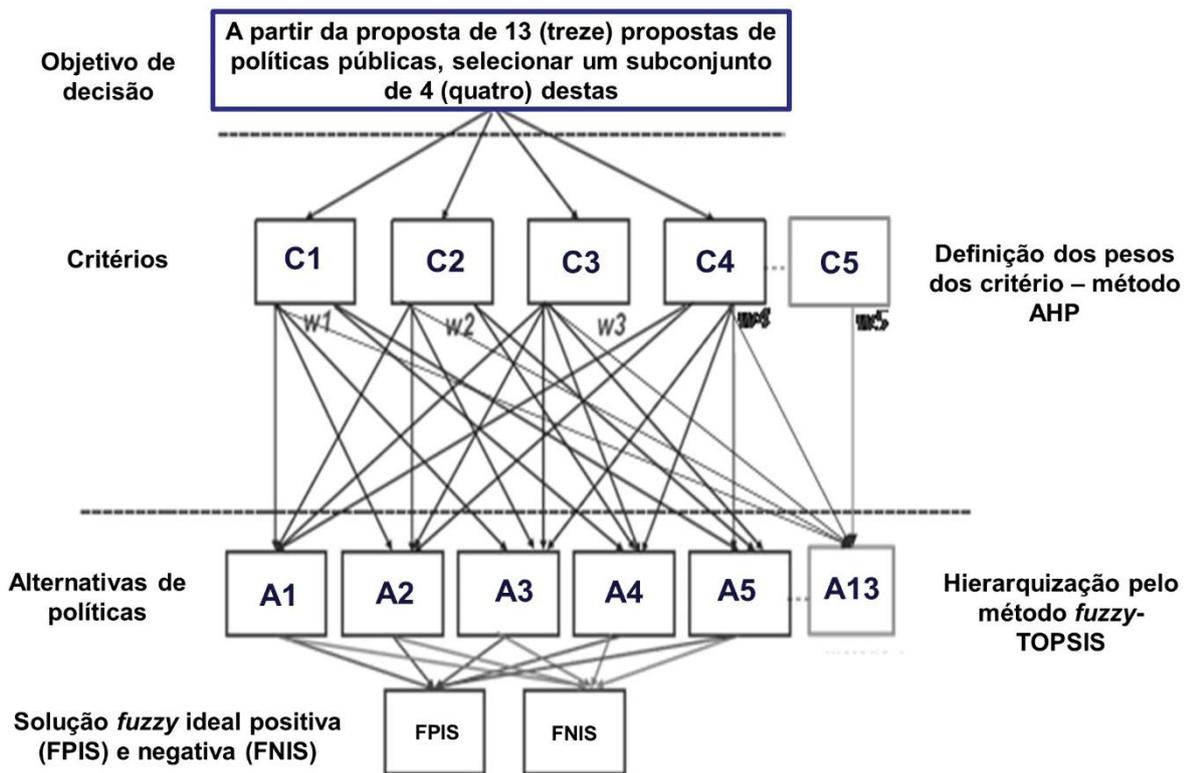


Figura 5 — Estrutura hierárquica de decisão para hierarquização das quatro políticas

Fonte: Elaboração própria, com base em Saaty (1991) e Chen (2000)

Na seção 5.1.1, o método AHP, para a definição dos pesos dos critérios, será descrito.

### 5.1.1 Definição dos pesos dos critérios: o método AHP

O método AHP foi proposto por Saaty nos anos 1970 e é um dos métodos multicritérios conhecidos e utilizados. O fundamento do método AHP é a decomposição e a síntese das relações entre critérios. Dessa forma, é possível chegar a uma priorização que estará mais próxima da melhor resposta de medição única.

Resumidamente, a ideia central da teoria é o estudo de sistemas a partir de uma sequência de comparações aos pares. Saaty (1991) esclarece que essa é a forma mais racional para realizar os julgamentos, através de comparações por pares, pois assim as prioridades calculadas pelo método irão capturar tanto as medidas subjetivas quanto as objetivas, revelando fielmente a intensidade de domínio de um determinado critério (ou alternativa) em relação ao outro. No caso, deste projeto, o método AHP será utilizado apenas para a definição dos pesos dos critérios, sendo as alternativas, as opções regulatórias, hierarquizadas pelo método *fuzzi-TOPSIS*, como já esclarecido.



O método AHP compreende quatro etapas, de acordo com a descrição de Saaty (1991):

- Organização da estrutura hierárquica — por meio da identificação do foco principal, dos critérios e subcritérios (quando existirem) e das alternativas, refletindo as relações existentes entre eles.
- Aquisição dos dados e coleta de julgamentos de valor — através da comparação dos elementos dois a dois e do estabelecimento das matrizes de comparações.
- Análise das matrizes de comparações geradas na fase anterior — que indicarão a prioridade de cada alternativa em relação ao foco principal.
- Análise dos indicadores de desempenho derivados — como índices de consistência por exemplo.

No AHP, os elementos de uma hierarquia para a resolução de problemas de decisão são o foco principal (ou a meta), o conjunto de alternativas viáveis e o conjunto de critérios, de acordo com o ilustrado na figura 6.

O foco principal ou a meta da decisão é o objetivo global para a resolução do problema em foco. As alternativas viáveis são as possibilidades de escolha dentro do problema para que a decisão seja tomada. Por fim, os critérios são as características ou propriedades a partir das quais as alternativas devem ser avaliadas.

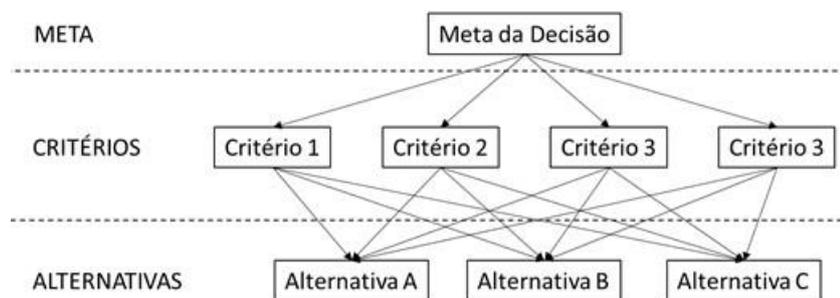


Figura 6 — Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão (em três níveis)

Fonte: Saaty (1991)

Após a hierarquização, o método aponta para os julgamentos de valor, onde o avaliador deve comparar os elementos dois a dois à luz de um determinado critério. O julgamento é então a representação numérica dessa relação e o grupo de todos os julgamentos, considerando a comparação de todos os elementos em relação a um critério específico, que pode ser representado através de uma matriz quadrada (Saaty, 1991).

Para o estabelecimento do processo de julgamento, Saaty definiu uma escala específica para padronizar os julgamentos de valor, que capta a subjetividade natural existente em variáveis qualitativas. O quadro 5, a seguir, apresenta essa escala.

Quadro 5 — Escala para padronizar os julgamentos de valor pelo método AHP

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância forte ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito forte ou demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.

Fonte: Saaty, 1991.

O julgamento consiste no reflexo de duas perguntas: qual dos dois elementos é o mais importante, à luz do objetivo pretendido, e com qual intensidade ele é mais importante, utilizando-se a escala de 1 a 9 apresentada no quadro 5?

Para o elemento mais importante, é utilizado um valor inteiro, enquanto o menos importante recebe o inverso dessa unidade, como ilustrado no exemplo didático da figura 7.

**Matriz A**

	A	B	C	D
A	1	5	6	7
B	1/5	1	4	6
C	1/6	1/4	1	4
D	1/7	1/6	1/4	1

Figura 7 — Exemplo de matriz de julgamentos para o método AHP

Fonte: Saaty, 1991

As letras A, B, C e D representam os elementos a serem comparados dois a dois. A diagonal da matriz recebe sempre 1 pois é a comparação do elemento com ele mesmo. Para o preenchimento dos outros campos, são feitos os julgamentos para determinar a intensidade da importância, utilizando a escala determinada por Saaty (quadro 4.4). Para as comparações inversas, ou seja, o que está na parte inferior esquerda da matriz, são adicionados os valores recíprocos referentes a cada julgamento, que estão na parte superior direita.

Com as matrizes recíprocas devidamente estruturadas, obtém-se o vetor de prioridades, ou pesos, a partir do cálculo do autovetor normalizado do máximo autovalor. Existem métodos específicos para o cálculo aproximado desses valores (Saaty, 1991). Tais aproximações



foram desenvolvidas por limitações computacionais da época em que o método foi desenvolvido, sendo custoso o cálculo de autovetores e autovalores para matrizes de ordem elevada.

Para fins deste trabalho, será utilizado o valor preciso de ambas as grandezas, que são denotadas matricialmente por:

$$Aw = \lambda_{max}w$$

Onde:

- $A$  é a matriz de julgamentos (quadrada, recíproca e positiva).
- $w$  é o autovetor principal, referente aos pesos.
- $\lambda_{max}$  é o autovalor principal de  $A$ .

Com as características das matrizes de julgamentos em mãos, através do teorema de Perron-Frobenius, Saaty (1991) afirma que a solução tem um único maior autovalor que corresponde a um autovetor de componentes estritamente positivos. Os teoremas e as provas acerca das características envolvendo as matrizes geradas, a partir da avaliação de especialistas, são apresentados em seu trabalho. E, computados os autovalores das respectivas matrizes, é necessário realizar análise da consistência dos julgamentos para avaliar o quão afastados eles estão. Utiliza-se uma medida para avaliar a probabilidade dos julgamentos terem sido realizados puramente ao acaso e esta medida é chamada de Razão de Consistência (RC). Por exemplo, um  $RC = 0,3$  diz que há 30% de chance do especialista responder as perguntas aleatoriamente.

Saaty (1991) apresenta um desenvolvimento simples e intuitivo para compreender a análise de consistência. Suponha uma matriz consistente, onde as comparações são baseadas em medidas exatas, isto é, os pesos já são conhecidos, então:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$$

Como o julgamento é perfeito para todas as comparações, tem-se que  $a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk}$  para qualquer  $i, j, k$ , variando de 1 até  $n$ , sendo  $n$  a ordem da matriz.

Também vale a afirmativa:

$$a_{ij} = \frac{w_j}{w_i} = \frac{1}{w_i/w_j} = \frac{1}{a_{ij}}$$

Dessa forma, caracteriza-se uma matriz consistente de comparações pareadas. Considerando  $x = (x_1, \dots, x_n)$  e  $y = (y_1, \dots, y_n)$  pode-se escrever em notação matricial  $A \cdot x = y$ , onde  $A$  é a matriz de julgamentos:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_1}{w_1} & & \frac{w_n}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}$$

Algebricamente essa operação pode ser representada por:

$$\sum_{j=0}^n a_{ij} \cdot x_j = y_i$$

para  $i = 1, \dots, n$

Como  $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$ , obtém-se:

$$a_{ij} \frac{w_j}{w_i} = 1$$

para  $i, j = 1, \dots, n$

Consequentemente:

$$\sum_{j=0}^n a_{ij} \cdot w_j \frac{1}{w_i} = n$$

para  $i = 1, \dots, n$

Ou

$$\sum_{j=0}^n a_{ij} \cdot w_j = n w_i$$

para  $i = 1, \dots, n$

Que é equivalente a equação matricial:

$$Aw = nw$$

Em álgebra linear, esta última equação expressa o fato de que  $w$  é autovetor de  $A$  com autovalor  $n$ .



Na prática,  $a_{ij}$  são os pesos atribuídos pelo julgamento dos especialistas, baseado na escala fundamental, e de certa forma subjetivos. Assim, os valores  $a_{ij}$  irão se afastar do “ideal”  $w_i/w_j$ , fazendo com que a equação  $Aw = nw$  não seja mais válida.

Se  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  são os números que satisfazem a equação  $Aw = \lambda w$ , então  $\lambda$  é autovalor de  $A$ , e, se  $a_{ij} = 1$  para todo  $i$ , então:

$$\sum_{i=0}^n \lambda_i = n$$

Assim, se  $Aw = nw$  é válida, somente um dos autovalores é diferente de zero e valerá  $n$ , sendo o maior autovalor de  $A$ .

Caso os elementos de uma matriz recíproca positiva sofrerem pequenas variações, seus respectivos autovalores também variarão em pequenas quantidades.

Utilizando os resultados apresentados juntamente com o axioma acima, pode-se dizer que caso a diagonal principal de uma matriz possua os elementos iguais a 1 e for consistente, pequenas variações nos elementos  $a_{ij}$  farão com que o autovalor máximo  $\lambda_{max}$  permaneça próximo de  $n$  e os outros autovalores próximos de zero. Sendo  $\lambda_{max} \geq n$ .

Portanto, para calcular o autovetor de prioridades de uma matriz de comparações paritárias  $A$ , deve-se encontrar o vetor que satisfaça a equação  $Aw = \lambda_{max}w$ .

O valor de interesse para o desenvolvimento da metodologia é o autovetor normalizado, de forma que a soma de  $w$  seja igual a 1. Para isso, cada elemento  $w_i$  é dividido pelo seu somatório.

Uma medida de consistência, chamada Índice de Consistência (IC), é utilizada para calcular o desvio de  $\lambda_{max}$  em relação à  $n$ , uma vez que a utilização da escala para os julgamentos gera variações em  $a_{ij}$ , alterando  $\lambda_{max}$ .

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

É comum as avaliações realizadas pelos especialistas gerarem inconsistências, pois fazem parte do julgamento humano, mas deseja-se que estas sejam as menores possíveis. Para verificar a coerência, utiliza-se, como citado anteriormente, a RC, tendo como definição:

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Índice Randômico (IR) é o IC de uma matriz recíproca gerada randomicamente, baseada na escala de 1 a 9 com recíprocas forçadas (Saaty, 1991). Este valor é tabelado e varia de acordo



com a ordem da matriz. Na tabela 9 é apresentado o valor de IR para matrizes de ordem 1 até 10.

Tabela 9 — Índice randômico

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Saaty e Vargas (2012)

A avaliação final da coerência do julgamento se dá ao comparar o valor de RC. Para o presente desenvolvimento faz-se as seguintes considerações:

- $RC \leq 0,1$  consiste em um julgamento coerente, premissa básica do método em relação à análise de coerência, proposta inicialmente para julgar uma avaliação como satisfatória.
- $0,1 < RC < 0,2$  demonstra um julgamento questionável. É considerado para que o especialista reveja seus julgamentos da respectiva etapa, analisando a matriz construída, e melhore as comparações que tenham sido inconsistentes. Porém, não é obrigatório.
- $RC \geq 0,2$  apresenta um julgamento incoerente, indicando que as comparações pareadas daquela etapa geraram um alto índice de inconsistência e o especialista é obrigado a refazer seus julgamentos.

Uma vez alcançada a consistência no julgamento, são calculados os vetores de prioridades, ou seja, os pesos relativos de cada elemento do problema. Este cálculo é realizado através da multiplicação das matrizes de prioridades. Em outras palavras, para cada alternativa, o cálculo consiste na soma ponderada da importância relativa de cada atributo pelo nível de preferência de determinada alternativa em relação ao respectivo critério (Souza, 2013). No AHP, cada alternativa receberá uma pontuação através de uma função de valor aditiva. As alternativas com maior valor serão as preferíveis (Passos, 2010). Formalizando, a função de valor para cada alternativa será:

$$F(a) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(a)$$

Onde:

- $F(a)$  é o valor final de alternativa  $a$ .
- $w_j$  é o peso do  $j$ -ésimo critério.
- $v_j$  é o desempenho da alternativa em relação ao  $j$ -ésimo critério.



No caso do problema aqui definido,  $j = 5$ , uma vez que são cinco os critérios considerados — Sustentabilidade, Riscos políticos, Dificuldade de implementação, Custo-efetividade e Governança pública — os pesos dos critérios serão utilizados no método *fuzzi-TOPSIS* para hierarquização das quatro políticas, como será apresentado na seção 5.1.2.

### 5.1.2 Hierarquização das quatro políticas: o método *fuzzi-TOPSIS*

A estrutura hierárquica de decisão e critérios para hierarquização das quatro políticas foi apresentada na figura 5. Propõe-se que esta avaliação seja realizada pelo método *fuzzi-TOPSIS*, já que este consegue modelar as incertezas inerente ao ambiente de decisão, conforme descrição de Chen (2000).

O emprego do método *fuzzi-TOPSIS* também requer a participação de especialistas (decisores) para julgar o grau de preferência das treze políticas à luz dos cinco critérios predefinidos e previamente ponderados pelo método AHP.

Na fase de aplicação do modelo, serão adotados os números *fuzzi* triangulares, conforme apresentado na figura 8. Como se pode notar, nestes números *fuzzi*, os valores do *lower bound* ( $q$ ), *medium* (mediana) e *upper bound* ( $1-q$ ) são definidos por meio das distribuições das respostas dos especialistas entrevistados, onde  $p$  diz respeito ao percentil da distribuição dos dados das trinta respostas, como foi explicado na seção 4.2.

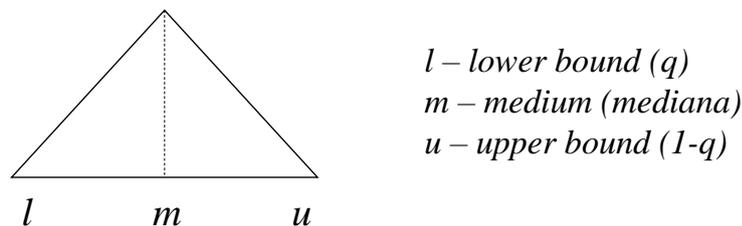


Figura 8 — Números *fuzzi* triangulares

A aplicação do método *fuzzi-TOPSIS* inicia-se pela consulta a especialistas (*decision making* —  $DM$ ), e os termos linguísticos fornecidos pelos  $r$  especialistas ( $DM_r$ ) agregam-se aos números *fuzzi* triangulares, conforme escala apresentada na figura 8.

A equação a seguir deve ser usada para agregar as pontuações atribuídas aos indicadores, aqui denominados como alternativas de políticas ( $A_i$ ). Nesta,  $\check{X}_{ij}$  refere-se ao grau de atendimento ao critério  $C_j$  ( $j = 1, \dots, m$ ), atribuído à alternativa de política  $A_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ), avaliado pelo decisor  $DM_r$  ( $r = 1, \dots, r$ ). No problema em tela,  $m = 5$ ,  $n = 13$  e  $r = 30$ .

As avaliações dos pesos dos critérios são agregadas e definidas pelo método AHP, como apresentado na seção 5.1.1. Na sequência, deve-se construir uma matriz de decisão *fuzzi*  $\tilde{D}$

para as pontuações das alternativas em um vetor *fuzzi*  $\tilde{W}$  para o peso dos critérios, de acordo com as equações a seguir:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_m \\ \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1j} & \dots & \tilde{x}_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nj} & \dots & \tilde{x}_{nm} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_m]$$

Em seguida, a matriz  $\tilde{D}$  deve ser normalizada, utilizando-se uma escala de transformação linear. A matriz normalizada  $|D|$  é dada pela equação a seguir:

$$|D| = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$$

Sendo  $\tilde{r}_{ij}$  obtido por meio das duas equações a seguir:

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right), \text{ sendo } u_j^+ = \max_i u_{ij}$$

Para a obtenção da matriz normalizada e ponderada  $\tilde{V}$ , utiliza-se a equação a seguir, por meio da multiplicação dos pesos  $\tilde{w}_j$  pelos elementos  $\tilde{r}_{ij}$  da matriz normalizada, de acordo com a equação  $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} * \tilde{w}_j$ .

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}$$

O próximo passo da aplicação do método *fuzzi*-TOPSIS é calcular a solução ideal positiva *fuzzi* — *Fuzzi Positive Ideal Solution* (FPIS),  $A^+$  — e a solução ideal negativa — *Fuzzi Negative Ideal Solution* (FNIS),  $A^-$  —, conforme as equações a seguir, nas quais  $\tilde{v}_j^+ = (1, 1, 1)$  e  $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$ . O FPIS tem todos os maiores valores para  $l$ ,  $m$  e  $u$  (1, 1, 1), já o FNIS, todos os menores valores (0, 0, 0).

$$A^+ = \{\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_j^+, \dots, \tilde{v}_m^+\}$$

$$A^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_j^-, \dots, \tilde{v}_m^-\}$$

Para o cálculo da distância  $D_i^+$  entre os valores de FPIS e as pontuações das alternativas da matriz  $\tilde{V}$ , deve-se usar a equação a seguir:

$$D_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+)$$

Similarmente, o cálculo da distância  $D_i^-$  entre os valores FNIS e as pontuações das alternativas deve ser realizado conforme seguinte equação:

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$$



Nas duas equações anteriores,  $d(\tilde{x}, \tilde{z})$  representa a distância entre dois números *fuzzi*, que pode ser obtida utilizando-se a próxima equação (para o caso de números *fuzzi* triangulares):

$$d(\tilde{x}, \tilde{z}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_x - l_z)^2 + (m_x - m_z)^2 + (u_x - u_z)^2]}$$

Para cada uma das alternativas de políticas avaliadas pelos especialistas, deve-se calcular o coeficiente de aproximação  $CC_i$  com a FPSIS e a FNIS, de acordo com a seguinte:

$$CC_i = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)}$$

Finalmente, obtém-se a hierarquização das políticas propostas pela ordenação decrescente dos valores de  $CC_i$ . Quanto mais próximo a 1 for este valor, melhor será o grau de atendimento do indicador aos critérios de decisão.

Na seção 5.2, serão mostrados os resultados da aplicação desta modelagem, considerando os dados de entrada apresentados nas tabelas da seção 4.3 (4–8).

## 5.2 Resultados da hierarquização — uso dos métodos multicritérios

Como colocado, serão apresentados aqui os resultados da modelagem com a utilização dos métodos multicritérios para a escolha das quatro políticas dentre as treze selecionadas à luz dos cinco critérios definidos. A primeira etapa consiste na definição dos pesos dos critérios com o uso do método AHP, conforme seção a seguir.

### 5.2.1 Definição dos pesos dos critérios: o método AHP

Para se definir os pesos dos cinco critérios, foram consultados especialistas do MME, MDIC e GIZ em reunião realizada no dia 24/05/2023. A reunião foi moderada pelo professor Rodrigo Calili (PUC-Rio) e contou com a participação dos seguintes profissionais: Samira Sana (MME), Alexandra Maciel (MME), Leonardo Póvoa (MDIC), Marco Shiewe (GIZ), Joice Pereira (GIZ), e Roberto Velasquez (Facto).

Para que os especialistas fizessem a análise pareada, foi utilizado o software IPÊ 1.0 (Costa, 2004), que tem o método AHP implementado. As preferências foram consideradas por meio de consenso dos especialistas consultados. Na figura 9, pode-se verificar a tela deste software levando-se em conta as preferências dos especialistas para os cinco critérios analisados, a saber: Sustentabilidade, Riscos políticos, Dificuldade de implementação, Custo-efetividade e Governança pública. Percebe-se, por exemplo, que o critério “Sustentabilidade” tem preferência “forte” quando comparado ao critério “Riscos políticos” (gradação 5 da escala de Saaty, como apresentado no quadro 5).



Percebe-se também que há consistência no julgamento feito pelos especialistas consultados. Isso se refletiu na RC encontrada que foi de 0,021, sendo que esta deve ser menor ou igual 0,1, conforme descrição do método proposto por Saaty, apresentado seção 5.1.1.

Figura 8 — Tela do software IPÊ 1.0, análise pareada dos critérios

De posse desta análise, o software gera os pesos dos critérios, por meio do método AHP implementado. A tabela 10, a seguir, apresenta os resultados:

Tabela 10 — Resultados dos pesos dos critérios

Código do critério	Crítérios	Peso AHP
C1	Sustentabilidade	31,30%
C2	Riscos políticos	6,50%
C3	Dificuldade de implementação	14,20%
C4	Custo-efetividade	41,10%
C5	Governança pública	6,90%

Pode-se notar que os critérios “Custo-efetividade” e “Sustentabilidade” são os mais relevantes para os analistas. Faz sentido este resultado, pois o “Custo-efetividade” avalia se uma política pode ser considerada rentável se atingir o público-alvo e produzir impacto de longo prazo, respeitando o orçamento pretendido. Sendo assim, este critério mede se a política é capaz de alavancar o mercado no longo prazo e produzir um efeito multiplicador, o que é muito importante para o tomador de decisão. Já o critério “Sustentabilidade”, avalia o alcance da



política levando em consideração as dimensões econômica, ambiental e social, avaliando seu impacto e alcance para o aproveitamento do potencial de EE térmica na indústria.

A importância dos demais critérios é esvaziada se uma boa gestão da política for realizada; os indicadores de custo-efetividade de uma determinada política devem ser estabelecidos desde o início com metas específicas e bem definidas, compondo um programa de monitoramento e avaliação desta política, podendo, assim, mitigar riscos políticos, melhorar a governança pública e reduzir as barreiras para sua implementação.

De posse dos pesos dos critérios, o método *fuzzi-TOPSIS* pode ser implementado, sendo apresentado na próxima seção.

### 5.2.2 Hierarquização das quatro políticas: o método *fuzzi-TOPSIS*

Os resultados intermediários da aplicação do método *fuzzi-TOPSIS* se encontram em três planilhas que serão anexadas a este relatório, como mencionado na seção 4.3. Estes não serão aqui apresentados devido ao grande volume de dados e tabelas. Estas planilhas são as seguintes:

- Cálculo *fuzzi-TOPSIS* — PotencializEE\_30entrevistas — Percentil\_0,25.xlsx.
- Cálculo *fuzzi-TOPSIS* — PotencializEE\_30entrevistas — Percentil\_0,20.xlsx.
- Cálculo *fuzzi-TOPSIS* — PotencializEE\_30entrevistas — Percentil\_0,15.xlsx.

Lembrando que os números 0,25, 0,20 e 0,15 nos nomes dos arquivos, dizem respeito aos percentis ( $p$ ) considerados nas análises, pois se considerou uma distribuição não simétrica dos dados por meio das respostas dos especialistas entrevistados. Três parâmetros foram calculados dos números *fuzzi*: *lower bound* ( $p$ ), *medium* (mediana) e *upper bound* ( $1-p$ ). O parâmetro  $p$  diz respeito ao percentil da distribuição dos dados de respostas dos especialistas, que foi considerado para análise multicritério feita com o modelo *fuzzi-TOPSIS*, cujos resultados serão aqui apresentados.

Nestas três planilhas eletrônicas, são apresentadas as matrizes de decisão  $D$ , as matrizes de decisão normalizadas  $|D|$  e as matrizes de decisão normalizada com os pesos –  $W \times |D|$ . Também são apresentados FPIS e FNIS, com os cálculos das distâncias euclidianas.

Na sequência, são calculadas as distâncias euclidianas do vetor de decisão da política  $i$  em relação ao FPIS ( $D_i^+$ ) e FNIS ( $D_i^-$ ), bem como a similaridade relativa ( $CCi$ ). Na tabela 11, são apresentados os resultados destes parâmetros para  $p = 0,25$ . Pode-se notar que a política “Treinamento e educação” obteve o maior valor de  $CCi$ , sendo a política preferida pelos especialistas consultados.

Tabela 11 — Resultados do método *fuzzi-TOPSIS* para  $p = 0,25$

Política Pública	$D_i^+$	$D_i^-$	$CCi$
<b>Créditos fiscais de equipamentos</b>	4,3413	0,6708	0,1338



Política Pública	$D_i^+$	$D_i^-$	$CCi$
<b>Subsídios de equipamentos</b>	4,3512	0,6649	0,1326
<b>Financiamento de equipamentos</b>	4,2825	0,7273	0,1452
<b>Financiamento de projetos</b>	4,2317	0,7790	0,1555
<b>Inovação</b>	4,2098	0,8102	0,1614
<b>Programa de Cogeração</b>	4,2635	0,7516	0,1499
<b>Treinamento e educação</b>	4,1344	0,8726	0,1743
<b>Gestão energética</b>	4,1571	0,8502	0,1698
<b>Acordo voluntário</b>	4,2306	0,7917	0,1576
<b>Digitalização da indústria</b>	4,2872	0,7224	0,1442
<b>Eletrificação da indústria</b>	4,3093	0,7005	0,1398
<b>MEPS — Índices mínimos</b>	4,2509	0,7666	0,1528
<b>Bônus de equipamentos</b>	4,3263	0,6858	0,1368

Com a hierarquização dos  $CCi$ , pode-se obter o ranking com  $p = 0,25$  (tabela 12). Nota-se que as quatro políticas preferidas pelos especialistas consultados são: “Treinamento e educação”, “Gestão energética”, “Inovação” e “Acordo voluntário”. Percebe-se ainda que as políticas de subsídios não são desejadas.

Tabela 12 — Ranking das políticas para  $p = 0,25$

Política Pública	Ranking
<b>Treinamento e educação</b>	<b>1</b>
<b>Gestão energética</b>	<b>2</b>
<b>Inovação</b>	<b>3</b>
<b>Acordo voluntário</b>	<b>4</b>
<b>Financiamento projetos</b>	<b>5</b>
<b>MEPS — Índices mínimos</b>	<b>6</b>
<b>Programa Cogeração</b>	<b>7</b>
<b>Financiamento equipamentos</b>	<b>8</b>
Digitalização da indústria	9
Eletrificação da indústria	10
Bônus de equipamentos	11
Créditos fiscais equipamentos	12
Subsídios equipamentos	13

Na tabela 13, são apresentados os resultados dos parâmetros  $D_i^+$ ,  $D_i^-$  e  $CCi$  para  $p = 0,20$ . Pode-se notar que a política “Treinamento e educação”, novamente obteve o maior valor de  $CCi$ , sendo a política preferida.

Tabela 13 — Resultados do método fuzzy-TOPSIS para  $p = 0,20$



Política Pública	$D_i^+$	$D_i^-$	$CCi$
Créditos fiscais de equipamentos	4,3290	0,6950	0,1383
Subsídios de equipamentos	4,3471	0,6747	0,1343
Financiamento de equipamentos	4,2829	0,7276	0,1452
Financiamento de projetos	4,2617	0,7573	0,1509
Inovação	4,2223	0,7990	0,1591
Programa de Cogeração	4,2402	0,7829	0,1559
Treinamento e educação	4,1588	0,8543	0,1704
Gestão energética	4,1682	0,8405	0,1678
Acordo voluntário	4,2493	0,7771	0,1546
Digitalização da indústria	4,2900	0,7198	0,1437
Eletrificação da indústria	4,3363	0,6814	0,1358
MEPS — Índices mínimos	4,2559	0,7613	0,1517
Bônus de equipamentos	4,3102	0,7147	0,1422

Na tabela 14, pode-se verificar o ranking com  $p = 0,20$ , com a hierarquização dos  $CCi$ . Nota-se que as quatro políticas preferidas pelos especialistas consultados, neste caso, são: “Treinamento e educação”, “Gestão energética”, “Inovação” e “Programa de cogeração”. Percebe-se, novamente, que políticas de subsídios não são desejadas.

Tabela 14 — Ranking das políticas para  $p = 0,20$

Política Pública	Ranking
Treinamento e educação	1
Gestão energética	2
Inovação	3
Programa de Cogeração	4
Acordo voluntário	5
MEPS — Índices mínimos	6
Financiamento de projetos	7
Financiamento de equipamentos	8
Digitalização da indústria	9
Bônus de equipamentos	10
Créditos fiscais equipamentos	11
Eletrificação da indústria	12
Subsídios equipamentos	13

Já na tabela 15, são apresentados os resultados dos parâmetros  $D_i^+$ ,  $D_i^-$  e  $CCi$  para  $p = 0,15$ . Percebe-se, mais uma vez, que a política “Treinamento e educação” obteve o maior valor de  $CCi$ , sendo a política de maior relevância.

Tabela 15 — Resultados do método fuzzy-TOPSIS para  $p = 0,15$



Política Pública	$D_i^+$	$D_i^-$	CCi
Créditos fiscais de equipamentos	4,3548	0,6795	0,1350
Subsídios de equipamentos	4,3346	0,6929	0,1378
Financiamento de equipamentos	4,2852	0,7330	0,1461
Financiamento de projetos	4,2638	0,7589	0,1511
Inovação	4,2477	0,7754	0,1544
Programa de Cogeração	4,2605	0,7629	0,1519
Treinamento e educação	4,1947	0,8247	0,1643
Gestão energética	4,2147	0,8004	0,1596
Acordo voluntário	4,3050	0,7405	0,1468
Digitalização da indústria	4,2889	0,7235	0,1444
Eletrificação da indústria	4,3507	0,6667	0,1329
MEPS — Índices mínimos	4,2770	0,7572	0,1504
Bônus de equipamentos	4,3237	0,7011	0,1395

Na tabela 16, pode-se verificar o ranking com  $p = 0,15$  por meio da hierarquização dos CCI. Percebe-se que as quatro políticas preferidas pelos especialistas consultados são, novamente: “Treinamento e educação”, “Gestão energética”, “Inovação” e “Programa de cogeração”.

Tabela 16 — Ranking das políticas para  $p = 0,15$

Política Pública	Ranking
Treinamento e educação	1
Gestão energética	2
Inovação	3
Programa de Cogeração	4
Financiamento de projetos	5
MEPS — Índices mínimos	6
Acordo voluntário	7
Financiamento de equipamentos	8
Digitalização da indústria	9
Bônus de equipamentos	10
Subsídios de equipamentos	11
Créditos fiscais de equipamentos	12
Eletrificação da indústria	13

Por fim, foi feita uma análise dando notas de 0 a 10 para as políticas, considerando os rankings para os percentis de 0,15, 0,20 e 0,15. Assim, a primeira política do ranking obtinha nota 10, já a segunda nota 9 e assim por diante. As políticas nas posições 11, 12 e 13 ganhavam nota 0. Desta forma, obteve-se a tabela 17, com o ranking final.

Tabela 17 — Ranking final das treze políticas



Política Pública	Pontuação			
	Percentil 0,25	Percentil 0,20	Percentil 0,15	Total
Treinamento e educação	10	10	10	30
Gestão energética	9	9	9	27
Inovação	8	8	8	24
Programa de Cogeração	4	7	7	18
Acordo voluntário	7	6	4	17
Financiamento de projetos	6	4	6	16
MEPS — Índices mínimos	5	5	5	15
Financiamento de equipamentos	3	3	3	9
Digitalização da indústria	2	2	2	6
Bônus de equipamentos	0	1	1	2
Eletrificação da indústria	1	0	0	1
Créditos fiscais de equipamentos	0	0	0	0
Subsídios de equipamentos	0	0	0	0

Este ranking final foi validado pelos membros do Grupo de Trabalho de Energia Térmica do Ministério de Minas e Energia em reunião realizada no dia 21/06/2023. Assim, as políticas de Treinamento e educação, Gestão energética, Inovação e Programa de Cogeração serão discutidas e aprofundadas no capítulo 6 a seguir.



## 6. Descrição detalhada das quatro políticas públicas

Nesta seção, será feita a descrição detalhada das quatro políticas públicas que foram hierarquizadas na seção anterior. O detalhamento considera tópicos do Guia Orientativo para Realização de AIR, do governo federal (Casa Civil, 2018). Vale destacar que este Guia será utilizado apenas para orientar o detalhamento das quatro políticas escolhidas pelos especialistas, não sendo uma análise de impacto regulatória *per se*.

Como apresentado no próprio Guia de AIR, seu roteiro não deve ser entendido como uma sequência lógica estanque ou exaustiva. Em muitos casos, as etapas elencadas neste documento serão interativas, de modo que informações trazidas em etapas mais avançadas irão exigir a revisão ou adaptação de etapas anteriores.

### 6.1 Treinamento e educação

#### 6.1.1 Identificação do problema regulatório

Nesta seção, é discutida a proposta de política pública relacionada à promoção de treinamento e educação e posterior certificação para profissionais de energia. Embora questões relacionadas à capacitação profissional também sejam abordadas em outras políticas neste estudo, esta seção discute especificamente a proposta de criação de uma certificação nacional de gestão energética voltada para profissionais que atuam, principalmente, em PME.

Neste ponto, é oportuno definir o conceito de gestão energética no âmbito dessa política de certificação. De forma abrangente e multidisciplinar, ela refere-se a um conjunto de práticas e estratégias que visam otimizar a utilização, distribuição e EE em diversos usos finais da indústria — aquecimento direto, aquecimento indireto, sistemas motrizes, entre outros. A gestão energética vai além dos aspectos administrativos e burocráticos da gestão, incorporando uma abordagem técnica que engloba diversas disciplinas, como engenharia mecânica, elétrica, civil, química e arquitetura. Alguns elementos-chave dessa abordagem são: EE, energias renováveis, fontes alternativas, gestão de custos e normas e regulamentações.

No Brasil, principalmente nas PME industriais, existe carência de profissionais com capacidade de otimizar o desempenho energético de uma planta industrial. Profissionais que possuam capacidade de integrar sistemas para infraestrutura elétrica, mecânica e, principalmente, de processos térmicos (onde se encontram as maiores oportunidades, conforme Produto 2 deste projeto), que proponham soluções ótimas para reduzir o consumo de energia com uma abordagem técnica e econômica.

Os problemas regulatórios associados a esta política proposta podem ser relacionados a dois itens apresentados no Quadro 1 das Diretrizes Gerais e Guia Orientativo para Elaboração de AIR:



- Contribuir para objetivos de políticas públicas — com a inexistência de mecanismos regulatórios indutores de processos de capacitação, especificamente para PME industriais, há, portanto, a oportunidade de contribuir para objetivos de uma política pública de capacitação e certificação em gestão energética.
- Falha de mercado — a iniciativa privada por si só não é capaz de prover o serviço em quantidade suficiente para atingir o ótimo econômico. Neste caso, existe a necessidade de uma política específica capaz de garantir que o serviço seja ofertado em quantidades compatíveis com as necessidades da indústria.

Atualmente, a grande maioria das indústrias não conta com um especialista em energia: no melhor dos casos há um “gerente de utilidades” que é responsável principalmente por questões administrativas e de infraestrutura. Os especialistas com alto nível de capacitação energética na indústria, quando presentes, se encontram nas empresas de grande porte, geralmente multinacionais que já trazem uma cultura de eficiência das suas matrizes. Ademais, a maioria dos especialistas em EE que atuam no Brasil, tem capacidade de identificar MEE elétricas, mas em geral mostram inexperiência ou deficiências teóricas quando se trata de identificar oportunidades de EE térmica.

Historicamente, a grade da maioria dos cursos de graduação em engenharia que tratam do tema de energia — engenharia elétrica, mecânica, química, ambiental — não abordam a temática de EE, sendo esta abordada em cursos de engenharia de energia, que são ainda minoria no país. Adicionalmente, o mercado de EE no Brasil foi predominantemente fomentado por meio de políticas públicas para EE do uso da eletricidade — Procel, PPE/ANEEL, entre outros —, o que favoreceu o desenvolvimento de profissionais com essa expertise. Também é importante salientar que a grande maioria dos profissionais que atuam na área de EE no Brasil são formados em engenharia elétrica, e estes tendem a enxergar a energia apenas como eletricidade, o que reforça o foco da EE orientada para sistemas elétricos no país.

Cabe ressaltar que, a primeira oferta do curso de engenharia de energia no país foi recente, em 2003 pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), posteriormente, algumas outras universidades (dez, aproximadamente) passaram a oferecê-lo. O curso trata a questão energética de maneira transversal — abordando tópicos como: potenciais hidráulicos, energia solar, térmica, nuclear e eólica, sistemas, climatização, levantamento de potencial energético, gestão energética e ambiental, termodinâmica, controle e automação de processos, entre outros — permitindo a formação de profissionais com capacidade de atuar numa ampla gama de empresas. Logicamente, a quantidade de profissionais com esse perfil ainda é limitada, e quando formados, salvo exceções, não desenvolvem seu trabalho em PME industriais, sendo contratados por empresas de grande porte.

Uma forma de suprir as lacunas que profissionais já formados têm em relação a gestão energética em geral, e EE térmica em particular, é por meio de certificações em gestão energética que o mercado passou a oferecer nos últimos anos. Algumas certificações internacionais passaram recentemente a ser oferecidas em território nacional e língua



portuguesa, aumentando assim a adesão de profissionais brasileiros. Se destaca entre elas a CEM, uma das certificações mais respeitadas globalmente no campo da gestão de energia. Desde 1981, mais de trinta mil profissionais de mais de cem países já participaram do programa CEM da Associação de Engenheiros de Energia (AEE). O programa é certificado ISO IEC 17024 pela *Entidad Nacional de Acreditación* (ENAC) e pelo *American National Standards Institute* (ANSI), e também é um Programa Reconhecido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos de Diretrizes da Força de Trabalho de Melhores Edifícios, além de ser credenciado por muitas outras organizações em todo o mundo. Cabe ressaltar que uma barreira para a obtenção deste tipo de certificação é o alto valor financeiro envolvido, que pode excluir profissionais com recursos limitados.

Um outro exemplo interessante de ser mencionado é que recentemente no país começou a ser oferecida a certificação europeia EUREM por meio de parcerias entre Câmara Brasil-Alemanha, Universidade Presbiteriana Mackenzie e a COPPE-UFRJ. A certificação é uma especialização em gestão de energia reconhecida no Brasil e na Europa. O curso possui ênfase na aplicação prática e em atividades desenvolvidas sempre baseadas em situações reais. Por fim, os participantes recebem dupla certificação, uma nacional de especialização *Lato Sensu*, e uma alemã, os certificando como *Energy Manager*. Novamente, o alto investimento necessário pode ser um fator limitador para adesão de profissionais com anseios de atualização na área. Ademais, nesse contexto específico, a extensão da duração do curso pode representar mais um obstáculo. Isso ocorre porque a maioria dos funcionários das PME muitas vezes enfrenta uma rotina de trabalho intensa e demandante, o que torna difícil dedicar um ano inteiro a uma especialização. Portanto, a flexibilidade no tempo necessário para a conclusão do curso pode ser um fator crucial a ser considerado ao projetar programas de formação para atender às necessidades desses profissionais.

É importante ressaltar que a disponibilidade de profissionais capacitados no mercado é um requisito para que a implementação de políticas de EE no setor industrial brasileiro tenha maior êxito, já que a insuficiência de profissionais qualificados em sistemas térmicos resulta em uma baixa demanda por esses serviços. Isso pode ocorrer devido à falta de conscientização sobre os benefícios da EE térmica, à ausência de políticas e incentivos adequados e à percepção equivocada dos custos envolvidos. Notadamente, esta carência de profissionais qualificados acaba por impactar a capacidade efetiva da adoção de medidas de gestão energética, recuperação de calor e cogeração, por exemplo.

Sendo assim, se verifica que existe uma carência a nível nacional de profissionais com expertise em gestão energética, sendo que os principais fatores que explicam a situação atual são:

- Os cursos universitários de engenharia, salvo os de engenharia em energia, não abordam os tópicos de gestão energética e EE térmica.
- As certificações internacionais em gestão energéticas que poderiam reduzir as lacunas dos profissionais já formados têm alto custo e/ou longa duração, limitando a adesão por profissionais brasileiros.



- Na alta direção das PME industriais, há carência de conhecimento sobre as oportunidades e os benefícios que a EE proporciona, logo, não há total valorização de profissionais capacitados.
- Ausência de políticas voltadas para capacitação profissional em EE térmica.
- Não existe uma certificação nacional financeiramente acessível, que permita formar gestores de energia com foco de atuação em PME.

Também é preciso pontuar a importância da contribuição de programas de treinamento e educação como o proposto para a efetividade de outras medidas de incentivo à EE. Por exemplo, políticas de promoção de gestão energética, de inovação e o desenvolvimento de programas de cogeração — também discutidas neste relatório — requerem a participação de profissionais capacitados para terem êxito. Desta forma, é possível afirmar que há uma forte sinergia com outras políticas públicas.

### 6.1.2 Identificação dos atores

A adoção da política pública proposta afeta diferentes segmentos da sociedade, de modo geral de maneira benéfica. A relevância do impacto em cada um dos atores é variável, estando indicada na relação a seguir. Essa relação não é exaustiva, mas procura ilustrar a abrangência da proposta.

- Profissionais do setor de energia — desde técnicos até engenheiros e gestores serão impactados de forma positiva na medida em que terão maior reconhecimento do mercado ao possuir uma certificação nacional (de nível internacional) em EE. O que aumentará a empregabilidade e a faixa salarial desses profissionais.
- Pequenas e médias empresas (PME) — a presença de profissionais certificados cria condições para implantação de MEE térmica em PME indústrias, contribuindo para a competitividade destas empresas.
- Instituições de ensino — as universidades públicas e os institutos federais são potenciais multiplicadores dos cursos preparatórios para a obtenção da certificação nacional em EE proposta nesta política.
- Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas (Sebrae) — existe uma forte sinergia do trabalho destas instituições com a política de capacitação e certificação em EE térmica proposta. A disseminação da certificação nacional poderá ser fortalecida com a presença nacional destas instituições.
- Confederação Nacional da Indústria (CNI) — principal representante da indústria brasileira na promoção de políticas públicas que favorecem a competitividade industrial, podendo contribuir significativamente para esta proposta em alinhamento com sua missão.



- Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) — os contratos com as empresas petrolíferas possuem a Cláusula de PD&I, que exige a aplicação de um percentual da receita bruta de campos de grande produção. A ANP poderá, mediante a revisão dessa cláusula, definir uma tipologia de projeto de capacitação que poderá viabilizar financeiramente a política de certificação de profissionais em EE térmica proposta. Uma vez capacitados e certificados, os profissionais poderão atuar na otimização do consumo de combustíveis fósseis na indústria.
- Ministério de Minas e Energia (MME) — como órgão governamental responsável por formular e coordenar políticas relacionadas ao setor energético, pode dar suporte a uma política que visa a melhoria na qualificação e certificação de mão de obra especializada em EE térmica na indústria, setor da economia que tem alta relevância energética e um papel importante no planejamento energético nacional.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA) — em alinhamento à sua missão de promover a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável no país, o MMA terá interesse em participar e dar suporte a um programa de capacitação e certificação em EE térmica na indústria. O estímulo à EE térmica está alinhado com diversos acordos e compromissos internacionais, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e o Acordo de Paris, demonstrando o comprometimento do país com metas globais de sustentabilidade.
- Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) — deve participar dos comitês que farão o monitoramento desta política, de forma alinhada com sua missão de disponibilizar profissionais capacitados para implantação de MEE térmica no setor industrial.
- Entidades certificadoras — instituições (públicas ou privadas) a serem definidas, responsáveis por emissão, renovação e cancelamento dos certificados. São as entidades que serão procuradas pelos profissionais do setor, interessados em obter a certificação nacional de EE térmica industrial.

Cabe ressaltar que na medida em que um programa de treinamento e educação contribua para o êxito de medidas de eficiência no uso de energia térmica no setor industrial, ESCOs, empresas de tecnologia e fabricantes de equipamentos tendem a ser positivamente afetados. Outro aspecto a destacar é que, atualmente, devido à carência de profissionais especializados em EE térmica no Brasil, as ESCOs frequentemente direcionam seus esforços para oportunidades de economia de energia elétrica. No entanto, à medida que a disponibilidade de profissionais certificados em gestão energética térmica se expande, é esperado que ocorra um efeito rebote significativo. Isso resultará não apenas na ampliação dos escopos de atuação das ESCOs, à medida que elas se capacitam para abordar a EE térmica, mas também na emergência de novas ESCOs especializadas nesse domínio. Esse desenvolvimento promissor impulsionará a indústria de EE no país, com benefícios tanto para as empresas do setor de tecnologia quanto para os fabricantes de equipamentos, que terão um mercado crescente para soluções e serviços relacionados à gestão de energia térmica.



### 6.1.3 Identificação da base legal

O Brasil é signatário da Declaração de Versalhes da Agência Internacional de Energia, de junho de 2023, na qual se estabelece que os ganhos de EE até 2030 devem ser dobrados em relação aos níveis atuais (atualmente a média de ganho em EE é de aproximadamente 2% ao ano, devendo chegar a 4% até 2030). A política de capacitação e certificação em gestão de energia proposta, está totalmente alinhada com esse compromisso e o Ministério das Minas e Energia deve acompanhar o ganho de eficiência trazido pela política para o atingimento das metas assumidas.

Além desse compromisso diretamente ligado à EE, cita-se também o comprometimento com a redução de emissões de GEE, assumido no acordo de Paris. Atualmente, a NDC do Brasil é de reduzir em 50% essas emissões até 2030, atingindo a neutralidade em 2050. O aumento da EE traz associada uma redução na emissão de GEE, em particular quando se trata de eficiência térmica, dado o grande uso de combustíveis fósseis em processos térmicos industriais.

A implementação da política proposta não requer estrita conformidade com os preceitos legais e o arcabouço normativo do MEC em relação à inserção de cursos ou disciplinas nas grades curriculares das instituições de ensino. A política proposta não diz respeito à essa incorporação. Essa flexibilidade normativa, no contexto de uma certificação de profissionais, representa uma vantagem significativa, tornando o processo de implementação da política consideravelmente menos burocrático e mais ágil. Isso permite uma resposta mais eficaz às demandas por profissionais certificados, promovendo, assim, a rápida disseminação das habilidades necessárias no mercado de trabalho.

### 6.1.4 Definição dos objetivos que se pretende alcançar

O instrumento regulatório aqui apresentado tem como objetivo fundamental a criação de uma certificação de gestão energética nacional, financeiramente acessível, que permita a formação de líderes de equipe que ajudem a orientar, desenvolver e implementar as estratégias de gestão de energia térmica de suas organizações. Os profissionais certificados deverão ser reconhecidos como elementos chaves pela indústria de energia e por empresas que buscam fortalecer sua posição competitiva.

Além disso, a certificação desses profissionais possibilitaria a criação de um banco de dados de certificados, no qual PME teriam a oportunidade de acessar e estabelecer interações, facilitando o processo de contratação de especialistas qualificados em EE térmica.

Tem-se como objetivos-meio para esta política:

- Determinar os organismos certificadores.
- Definir o conteúdo programático da capacitação para obtenção da certificação.
- Aumentar a disponibilidade de profissionais capacitados na área de EE térmica.



- Criar uma certificação de referência inspirada nas certificações internacionais mais importantes (CEM e EUREM), que dê garantias ao mercado de que o detentor possui expertise em gestão energética térmica.
- Originar uma rede de multiplicadores responsáveis por ministrar os cursos preparatórios e exames para obtenção da certificação. Estes cursos devem ser ministrados por especialistas com experiência acadêmica e prática de campo na implantação de projetos de EE térmica nas indústrias.

Ao alcançar os objetivos propostos, os impactos esperados desta política são:

- Elevação dos padrões profissionais das pessoas envolvidas na gestão de energia em geral e térmica em específico.
- Melhora das práticas de gestão de energia, incentivando os gestores em um programa contínuo de desenvolvimento profissional.
- Otimização de processos térmicos nas PME, causados pela atuação dos profissionais certificados.
- Adoção de tecnologias inovadoras, impulsionadas pelos profissionais certificados.
- Impulso à inovação na indústria nacional, especialmente nas PME.
- Redução de custos com energéticos especialmente fósseis.
- Aumento da competitividade das PME devido à redução de custos com energéticos.
- Redução de emissões de GEE, devido à redução do consumo de combustíveis fósseis.
- Contribuição com os compromissos nacionais (NDC).
- Aumento da empregabilidade dos profissionais certificados.

Em síntese, o motivador desta proposição é certificar profissionais de forma a melhorar a implementação de projetos que possibilitem ganhos de EE térmica nos processos industriais das PME.

#### 6.1.5 Estratégia para implementação da política

Para implementar uma política que supere a carência de profissionais capacitados para implementar MEE térmica na indústria brasileira, é sugerida a seguinte estratégia:

- Engajamento dos *stakeholders* listados na seção 6.1.2 deste estudo.
- Criação de um certificado nacional de gestão energética que utilize como referência os principais certificados oferecidos no mundo — CEM da AEE e EUREM da comunidade europeia.
- Definição dos órgãos que serão responsáveis pela capacitação, realização dos exames e posterior certificação dos candidatos. Deve-se garantir que todas as unidades da federação tenham entidades certificadoras.



- Seleção e capacitação dos multiplicadores, instrutores que serão responsáveis pelas etapas de capacitação dos candidatos à certificação. Eles devem unir formação acadêmica e experiência de campo na indústria e ter no mínimo uma certificação internacional compatível. Deve-se garantir que existam especialistas em EE térmica. Futuramente, deve ser planejado um exame de certificação que habilite os profissionais para se tornarem multiplicadores.
- Definição dos requisitos dos candidatos — formação acadêmica e experiência relacionada com o objetivo da certificação. Neste ponto, se faz necessário avaliar a possibilidade de criar mais de um nível de certificação, por exemplo: uma certificação para nível técnico e outra para nível superior, de maneira a aumentar a abrangência da política pública proposta.
- Definição das áreas do conhecimento (e carga horária) incluídas na capacitação dos candidatos. Alguns dos tópicos obrigatórios deverão ser: caldeiras e sistemas de vapor, sistemas industriais, sistemas CHP (*Combined Heat and Power*) e energia renovável, sistemas HVAC, contratação e medição e verificação do desempenho de economia de energia, diagnósticos energéticos e instrumentação de energia, contabilidade e economia de energia, viabilidade financeira de projetos de EE, entre outros tópicos.
- Desenvolvimento do material didático de apoio que guiará a preparação dos candidatos na obtenção da certificação.
- Definição da frequência e modalidade da capacitação. Definir se o processo de capacitação e exame para certificação deverá ser presencial, remoto ou ambas as opções e quantas vezes por ano será oferecida a certificação proposta.
- Implementação do banco de dados centralizado online para profissionais qualificados em EE térmica, multiplicadores e profissionais certificados, facilitando a contratação pelas PME.
- Integração desta política a outros programas. Pode ser condicionante, por exemplo, para que as empresas acessem os recursos disponibilizados por outros instrumentos regulatórios. O êxito das políticas de cogeração e de gestão energética propostas requer a presença de profissionais com qualificação certificada em EE térmica, por exemplo.

Por fim, ressalta-se a necessidade do estabelecimento de um amplo plano de divulgação do programa. Este plano deve visar engajar instituições de ensino a participarem do programa em um primeiro momento. Posteriormente, deve ser direcionado a atrair profissionais interessados na obtenção de uma certificação em gestão de energia.

O financiamento desta política poderá ser viabilizado através de recursos oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias do setor de petróleo e gás natural. Os cursos preparatórios para a certificação podem ter diferentes percentuais de subsídios, a depender de uma avaliação da capacidade financeira do candidato.

#### 6.1.6 Estratégia de fiscalização e monitoramento



Para fiscalizar e monitorar os resultados da política proposta, é fundamental estabelecer uma sistemática de monitoramento robusta, que inclua indicadores relevantes para medir o progresso e impacto do programa. Esta sistemática deverá abranger diferentes dimensões, desde a alocação de recursos até a eficácia do programa de certificação em gestão de energia proposto. Para tal, recomenda-se:

- Tipo de fiscalização — preventiva, orientativa e visitas técnicas. Deverão ser realizadas revisões periódicas do escopo do processo de capacitação para a obtenção da certificação, levando em consideração os avanços tecnológicos do setor industrial e os resultados medidos no período. Essas revisões permitirão ajustes e aprimoramentos contínuos no programa, garantindo sua eficácia e adaptabilidade às necessidades do mercado. Para este fim, é preciso reunir um conjunto de informações bem sintetizadas que possibilitem avaliar de forma clara e objetiva se os cursos de preparação estão sendo realizados de acordo com o que fora previamente estabelecido.
- Responsáveis pela fiscalização — sendo os recursos oriundos do programa de P&D regulado da ANP, sugere-se que a agência seja responsável por fiscalizar e monitorar os resultados da política proposta, aplicando a metodologia (com as adaptações necessárias) que utiliza na fiscalização dos projetos executados com recursos do programa.

Concomitantemente, devem ser criados canais que possibilitem aos próprios profissionais beneficiados pela política uma avaliação dos cursos de preparação para certificação, seu escopo e sua carga horária. Estes canais devem não apenas coletar casos em que o aprendizado não ocorreu em bases satisfatórias, mas também estar aptos ao recebimento de contribuições acerca de pontos de aprimoramentos destes cursos.

É importante que na medida que são realizados a fiscalização e o monitoramento dos resultados, exista um espaço para ajuste, revisão e aprimoramento de indicadores e metas.

Sugere-se como indicadores para monitoramento e avaliação anual desta ação/política:

- Número de especialista de nível superior capacitados.
- Número de especialistas de nível superior certificados.
- Número de especialista de nível técnico capacitados.
- Número de especialistas de nível técnico certificados.
- Número de PME industriais beneficiadas através da capacitação e certificação de seus empregados.
- Número de profissionais multiplicadores treinados.
- Número de entidades certificadoras.
- Investimentos previstos vs realizados alocados no subsídio dos profissionais candidatos à certificação.
- Avaliação do processo de capacitação por parte dos beneficiados com a política.
- Avaliação da política de certificação por parte das empresas beneficiadas.



Esses indicadores deverão permitir análises agregadas e desagregadas por subsetor, região, porte e outras características que permitam a análise visando eventuais ajustes na política.

Deverão ser realizadas revisões periódicas da regulamentação, levando em consideração a evolução do setor, os avanços tecnológicos e as mudanças no contexto energético. Essas revisões permitirão ajustes e aprimoramentos contínuos na política, garantindo sua eficácia e adaptabilidade às necessidades do mercado.

A estratégia adotada para a implantação desta política, pressupõe comunicação e divulgação para o público empresarial, técnico e acadêmico. Para isso, se propõe uma ampla divulgação da política e de seus resultados, devendo ser destacado os esforços requeridos por parte de órgãos públicos para a sua implementação.

## 6.2 Gestão energética

### 6.2.1 Identificação do problema regulatório

Nesta seção, é discutida a proposta de incentivo à implantação de um SGE, fator de sucesso para a melhoria do desempenho energético das empresas e para a sua perenização. Um SGE é um conjunto de procedimentos e atividades estruturadas com o objetivo de tornar uma organização mais eficiente no uso da energia. Ele pode ser desde uma metodologia estruturada para analisar o consumo, definir metas e acompanhar o resultado, tal como na metodologia MT&R, ou um sistema de gestão abrangente conforme proposto pela norma ISO 50001.

A natureza do problema regulatório associado a esta política pode ser relacionada a um item do quadro 1 das Diretrizes Gerais e Guia Orientativo para Elaboração de AIR que é contribuir para objetivos de políticas públicas. Esse tipo de problema é identificado quando há necessidade de intervenção para garantir os objetivos de políticas públicas. O tema da EE é um desses objetivos, como abordado no Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEE) e também no PNE2050, Plano Nacional de Energia (PNE). Além desses dois instrumentos, está fortemente ligado também à política de redução de emissões de GEE e aos objetivos de redução estabelecidos na NDC, do acordo de Paris. Num contexto de adoção de uma política de fomento à redução de perdas térmicas na indústria, o incentivo à adoção de SGE pelas indústrias contribuiu para que essa redução ocorra de maneira efetiva.

É reconhecido que iniciativas isoladas de atuação em melhoria do desempenho nessa área, correm o risco de terem seus ganhos perdidos ao longo do tempo. É comum na indústria que alguns profissionais interessados no tema promovam ações de EE, mas, por não serem geridas de forma estruturada e nem adotadas de forma sistêmica pela direção da empresa, acabam perdendo força com o tempo e caindo em desuso. A estruturação das ações de melhoria contínua de desempenho energético possibilita que os ganhos sejam mantidos ao longo do tempo, além de permitir a identificação de novas oportunidades.



Entretanto, não é comum no Brasil que as empresas adotem SGEs como ferramenta de melhoria da sua EE. A falta de um mecanismo de incentivo à adoção de um SGE é uma das causas para esse problema, o que justifica o estabelecimento de uma política pública para corrigir essa lacuna.

A adoção de um SGE traz benefícios ambientais para a sociedade pela redução de emissão na geração de energia, além dos benefícios econômicos para a empresa que o adota, bem como reduz a necessidade de novos investimentos em infraestrutura de geração e transmissão de energia ou de exploração e distribuição de petróleo e gás natural. Alinha-se também aos objetivos firmados pelo país no Acordo de Paris, dentro do qual existe o compromisso de redução de GEE manifestado na NDC. A adoção de SGEs permite o monitoramento do progresso, a manutenção dos ganhos e a identificação de novas oportunidades para as empresas que fazem uso dessa metodologia, contribuindo para o alcance das metas da NDC.

Um SGE é um sistema estruturado de gestão, com práticas reconhecidas internacionalmente e padronizadas em normas internacionais. Sistemas estruturados podem ser estabelecidos de forma simples, baseados em metodologias consagradas e implantados por setores isolados das empresas, ou complexa, abrangendo diversas áreas numa organização e com certificação por organismos acreditadores independentes. Sua implantação permite uma correta identificação de oportunidades e um monitoramento adequado dos ganhos, motivando as organizações a manterem o sistema em funcionamento, além de, no caso de sistemas mais complexos, assegurar que a administração das empresas tome conhecimento dos resultados alcançados, proporcione recursos para a sua continuidade e promova novos ciclos de melhoria contínua dos resultados.

A adoção de metodologias consagradas, como a MT&R, é um passo importante para a implantação de programas de melhoria de EE por permitir identificar oportunidades de economia de energia, estabelecer metas de redução de consumo e implementar ações efetivas para alcançar essas metas. Sua grande vantagem é a simplicidade, não exigindo a criação de estruturas administrativas diferentes das já existentes nas organizações. Por outro lado, essa mesma simplicidade pode colocar em risco a perenidade da ação pela mudança de prioridades das empresas, mudança de profissionais ou falta de novos ciclos de melhoria.

O conjunto de normas ISO 50001 visa orientar, padronizar e definir os requisitos mínimos necessários para a implantação de um sistema de gestão. Sua estrutura engloba os fundamentos da metodologia MT&R, acrescentando ainda diversos requisitos organizacionais para assegurar tanto a perenidade do sistema como sua correta valorização pela administração da empresa. Entretanto, a adoção desse padrão no Brasil ainda é incipiente. O último levantamento da Organização Internacional de Normalização (ISO), publicado em seu site, mostra que o número de certificados emitidos no Brasil é reduzido. Segundo esse levantamento, até 31/12/2021, de um total de vinte e dois mil, quinhentos e setenta e cinco certificados emitidos para essa norma no mundo, apenas oitenta e dois foram no Brasil, ou seja, apenas 0,36% do total. O Brasil ocupa a 19ª posição em termos de empresas certificadas.



Em uma análise comparativa com o sistema ISO 9000 de gestão da qualidade, verifica-se que nessa norma o Brasil possuía, naquela data, dezesseis mil, duzentas e sessenta e oito empresas certificadas, ocupando a 10ª posição mundial em termos de número de certificados, contando com 1,51% dos certificados emitidos no mundo. Ao mesmo tempo, para o sistema de gestão ambiental da norma ISO 14000, o Brasil possuía duas mil, novecentos e cinquenta e sete empresas certificadas, ocupando a 16ª posição. Esses números, muito superiores aos das certificações em gestão de energia, evidenciam o potencial de adesão de empresas ao sistema normalizado da ISO 50001 e a necessidade de incentivo para que essa adesão ocorra.

O documento “*An introduction to energy management systems: energy savings and increased industrial productivity for the iron and steel sector*”(OCDE, 2015), apesar de voltado para o setor de ferro e aço, detalha em seu capítulo 3 as barreiras que dificultam a adoção de um SGE de maneira ampla, não limitada ao setor em análise. Dentre as causas mencionadas, é possível citar:

- Falta de suporte da administração às ações de EE — barreiras organizacionais — uma vez que usualmente essas ações são avaliadas como um custo operacional, com orçamento limitado, não relacionadas ao negócio principal das empresas. Além disso, muitas vezes não há comunicação entre as equipes responsáveis pelo pagamento das contas de energia, pela compra de equipamentos, pela operação e pela manutenção deles.
- Conhecimento limitado de EE.
- Percepção de risco técnico e operacional associado às práticas de eficiência devido à falta de familiaridade com o assunto.
- Percepção de que a implantação de um SGE traz complexidade à organização, pela necessidade de análise crítica pela alta direção, acompanhamento dos indicadores de desempenho, estabelecimento de metas, dentre outras medidas.

Além dessas barreiras, vale citar outras que estão associadas a fatores motivadores da implantação de um SGE, que muitas vezes não estão presentes ou não são claramente correlacionados com os benefícios da adoção dessa prática:

- Falta de demanda do público ou do mercado para que as empresas tenham um bom desempenho energético.
- Falta de compromisso das empresas com metas ambientais e energéticas.
- Desconhecimento das oportunidades de redução de consumo energético e do potencial de ganho econômico-financeiro.

Destaca-se essa última barreira, pois a tomada de decisão pelas empresas torna-se difícil se não tiver uma boa previsibilidade do potencial de economia. Essa falta de previsibilidade é agravada pela falta de medições adequadas, que, para serem implementadas, necessitam de investimentos muitas vezes elevados.



A adoção de metodologias para que o desempenho energético seja monitorado e avaliado, pode aumentar a percepção dos ganhos potenciais e incentivar a adoção de ações de EE nas indústrias. Entretanto, por vezes os processos energéticos são complexos e o consumo de energia é considerado como natural e inerente ao processo produtivo.

Um aumento da conscientização dos empresários sobre o potencial de ganho econômico e energético, associado à redução de emissões, aumentaria a possibilidade de adoção de metodologias ou sistemas estruturados com esse propósito. Para que essa percepção aumente, é necessário que haja profissionais com conhecimento e experiência para identificar oportunidades, além de instâncias para que essas oportunidades sejam apresentadas. A alta administração das empresas pode nem ter conhecimento das oportunidades existentes, sendo necessário haver programas de conscientização para as lideranças. Mesmo nos casos em que haja o convencimento das empresas para adoção de ferramentas estruturadas, é necessário que os empregados recebam treinamento adequado sobre elas para que possa haver uma implementação efetiva. Essa lacuna é coberta pela proposta de política pública de treinamento e educação apresentada neste programa.

Sistemas e metodologias estruturadas, como MT&R ou ISO 50001, são uma maneira de se alcançar esses resultados. A adoção de outras metodologias ou outros sistemas baseados nas mencionadas pode levar a resultados satisfatórios, porém, com risco de deixar de lado aspectos importantes. Portanto, idealmente deve-se adotar integralmente essas ferramentas consagradas internacionalmente.

Em termos de extensão do problema, além da análise do número de certificados registrados em gestão energética, foi analisada também uma pesquisa de 2019 da Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha (AHK-SP) sobre SGE no segmento industrial. Em um universo de duzentas e trinta empresas entrevistadas, mais da metade (52,7%) desconhecia os sistemas de gestão energética. Ainda, apenas quarenta e três (18,7%) tinham metas estabelecidas para melhorar o desempenho energético.

Além disso, analisando apenas o segmento de EE elétrica, foi observado que no PEE da Aneel apenas uma pequena parcela dos recursos (aproximadamente 4% no período de análise 2008-2018) foi empregada em projetos de EE industrial, apesar desse segmento representar 40% do consumo de eletricidade.

Analisando o baixo número de certificados ISO 50001 emitidos, a pesquisa da AHK-SP e o baixo investimento em EE industrial no PEE, infere-se que o problema tenha abrangência nacional, sem particularidade setorial, ressaltando-se a falta de dados mais aprofundados sobre distribuição geográfica ou setorial.

Caso nenhuma ação de fomento seja tomada, é esperado que as causas para a situação atual se perpetuem, com uma evolução lenta causada apenas pelo exemplo de empresas que tenham obtido sucesso ou de iniciativas isoladas.

## 6.2.2 Identificação dos atores

A adoção da política pública proposta afeta diferentes segmentos da sociedade de maneira benéfica, em geral. A relevância do impacto em cada um dos atores é variável, estando indicada na relação a seguir. Essa relação não é exaustiva, mas procura ilustrar a abrangência da proposta.

- Consumidores de energia — tanto públicos e quanto privados, em particular as indústrias, que são grandes usuárias de energia térmica e que podem ter um impacto significativo. Podem ser beneficiados diretamente pela adoção de SGE, auferindo benefícios econômicos. São os principais responsáveis pela adoção dos SGEs e a pesquisa AHK-SP de 2019 demonstra um baixo conhecimento sobre o assunto, agravando o problema em análise.
- Fornecedores de combustíveis — relevância de baixo impacto, com possível redução de mercado (atual ou futuro).
- Fornecedores de eletricidade — relevância também de baixo impacto, com possível redução de mercado (atual ou futuro), porém, beneficiando-se da redução de investimentos para atendimento de aumento de demanda.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) — deve compartilhar sua experiência na regulamentação e implementação do seu PEE no setor elétrico para que esta política possa utilizar mecanismos semelhantes. Também pode haver necessidade de regulamentação de eletrificação de sistemas térmicos como forma de aumento de EE e redução de emissões.
- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) — gera impacto pela necessidade de regulamentação e reformulação do programa de PD&I para destinação de recursos para esta política. Aproveitando sua experiência na implantação do programa de PD&I no setor de combustíveis, juntamente com experiências de outras agências e outros órgãos do setor público, deverá promover os ajustes em seu programa para permitir o financiamento desta política utilizando os recursos já existentes.
- Entidades certificadoras — relevância para o aumento de mercado. Podem contribuir para o aumento da adoção de SGEs pelas empresas com maior atuação em divulgação de dados relativos às certificações emitidas.
- Ministério de Minas e Energia (MME) — é relevante como responsável por formular e coordenar políticas relacionadas ao setor energético deve participar da governança desta política, acompanhando indicadores e promovendo as ações indicadas. A página do MME já possui uma breve descrição do tema e deve aprofundar os materiais e as ferramentas disponíveis e promover as campanhas de divulgação e conscientização desta política.
- Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) — deve participar dos comitês que farão o monitoramento desta política, de forma alinhada com sua missão de promover o desenvolvimento sustentável, a competitividade e a inovação no setor industrial brasileiro. Também deve ser um ator importante nas ações de promoção e divulgação dos SGEs para o setor industrial brasileiro, bem como na promoção de certificação de SGEs na norma ISO 50001 para as empresas que desejarem.



- Ministério do Meio Ambiente (MMA) — deverá realizar o monitoramento dos indicadores da política e agir junto aos demais ministérios e comitês para que os objetivos do acordo de Paris sejam atingidos.
- O extinto Ministério da Economia (ME), agora desmembrado em quatro pastas (Fazenda, Planejamento e Orçamento, Gestão e Inovação dos Serviços Públicos, e Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.)— deverá participar a través de uma dessas pastas da elaboração e aplicação da ação proposta de incentivos fiscais para a compra de equipamentos e sistemas de medição e gerenciamento de energia, conforme veremos mais adiante, assegurando sua compatibilidade com as metas orçamentárias e a reforma tributária.
- Ministério da Educação (MEC) — deverá fiscalizar e monitorar a implantação e o funcionamento dos cursos e treinamentos propostos nesta política.
- Instituições de ensino — relevante no que diz respeito às novas oportunidades para ministrar treinamentos e cursos. Podem contribuir para a difusão da política com oferecimento de novos cursos, não só de certificação de auditores, mas também de sensibilização da direção, treinamento prático para equipes técnicas e operacionais, por exemplo.
- Profissionais do setor de energia — possibilita o aprimoramento por meio de formação, com maior empregabilidade. Podem contribuir de maneira positiva para a maior difusão da prática, influenciando as organizações para as quais trabalham.
- Pesquisadores e desenvolvedores de tecnologia — os incentivos decorrentes do estabelecimento de metas de EE, em particular as térmicas, devem ampliar as oportunidades de desenvolvimento de novas soluções.
- Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) — se faz importante pelo aumento de demanda de etiquetagem de produtos eficientes pela disseminação dos sistemas de gestão energética que pode ocorrer.
- Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) — relevante pela possibilidade de ampliação da atuação, com oferecimento de cursos, apoio técnico e divulgação de resultados obtidos para incentivar a adoção da prática por outras empresas. Atualmente já atua nessa divulgação, sendo interessante que continue atuando para influenciar positivamente a adoção de sistemas de gestão energética.
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) — importante para o apoio às micro e pequenas empresas (PME) para implantarem sistemas ou metodologias de gestão, que podem ser estendidos ao consumo de combustível na indústria.
- Comitê Brasileiro de Gestão e Economia da Energia (ABNT CB116) — é o comitê responsável pela normalização no campo da gestão e economia de energia para todos os sistemas e usos de energia, todas as organizações, de diversos tamanhos, e todas as atividades no país. Com a política proposta, há possibilidade de ampliação das discussões para aperfeiçoamento do conjunto de normas existentes.

### 6.2.3 Identificação da base legal



O Brasil é signatário da Declaração de Versalhes da Agência Internacional de Energia, de junho/2023, na qual se estabelece que os ganhos de EE até 2030 devem ser dobrados em relação aos níveis atuais — atualmente, a média de ganho em EE é de aproximadamente 2% por ano, devendo chegar a 4% até 2030. A política proposta está totalmente alinhada com esse compromisso e o MME deve acompanhar o ganho de eficiência trazido pela política para o atingimento das metas assumidas.

Além desse compromisso diretamente ligado à EE, cita-se também o compromisso com a redução de emissões de GEE, assumido no acordo de Paris. Atualmente, a NDC do Brasil é de reduzir em 50% essas emissões até 2030, atingindo a neutralidade em 2050. O aumento da EE traz associada uma redução na emissão de GEE, em particular quando se trata de eficiência térmica, dado o grande uso de combustíveis fósseis em processos térmicos industriais.

A respeito dos GEE podem ser destacados dois decretos que criaram comitês interministeriais sobre o assunto:

- Decreto nº 11.547/2023 — criou o Comitê Técnico da Indústria de Baixo Carbono (CTIBC) que tem caráter consultivo e destina-se a promover a articulação dos órgãos e das entidades, públicas e privadas, para implementar, monitorar e revisar políticas públicas, iniciativas e projetos que estimulem a transição para a economia de baixo carbono no setor industrial do país. Este Comitê tem um papel fundamental na promoção e implementação desta política, realizando a articulação entre os diversos atores.
- Decreto nº 11.550/2023 — criou o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) que tem a finalidade de acompanhar a implementação das ações e políticas públicas no âmbito do Poder Executivo Federal relativas à Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Este comitê deve monitorar a implementação desta política e seu impacto na redução de emissões de GEE.

Outra legislação relacionada ao SGE:

- Lei nº 9.991/2000 — dispõe sobre realização de investimentos em P&D e em EE por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Apesar do objetivo dessa lei ser a EE de sistemas elétricos, para sua aplicação é necessário que as empresas realizem diagnósticos energéticos, que fazem parte do SGE. Além disso, também é exigido na regulamentação elencada no Procedimentos dos Programas de Eficiência Energética (Propee) da Aneel, que seja feita a M&V conforme o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), o que também é uma atividade de um SGE.

Até o presente momento, todas as certificações de sistemas de gestão têm caráter voluntário no Brasil, não havendo exigência legal para que as empresas implantem os sistemas ou obtenham certificação.

Na Europa, a diretiva 2012/27/UE do parlamento europeu estabelece que todas as grandes empresas são obrigadas a realizar um diagnóstico energético a cada quatro anos ou a



implementar um SGE. Para as PME isso não é mandatário, mas os estados-membros podem criar programas de incentivo para que essas empresas também adotem SGEs ou, no mínimo, realizem o diagnóstico energético. Uma política semelhante poderia ser adotada no Brasil, como parte um SGE voluntário para as indústrias.

Não se espera a implantação de obrigatoriedade similar para adoção de SGE no Brasil, dado o estágio inicial em que se encontra o tema, porém, é importante que haja política de incentivo para o desenvolvimento da EE térmica na indústria.

#### 6.2.4 Definição dos objetivos que se pretende alcançar

O instrumento regulatório aqui apresentado tem por objetivo fundamental criar meios para incentivar as organizações a estabelecerem SGEs, importante para melhorar continuamente o desempenho energético e as emissões de GEE associados ao uso da energia. Esses sistemas permitem o acompanhamento de longo prazo da evolução do desempenho energético das indústrias por meio da gestão ativa dos indicadores energéticos dos principais segmentos industriais. Através de uma modelagem adequada, é possível estabelecer metas quantitativas para esses objetivos, o que está além da finalidade deste trabalho e deve ser feito em etapa posterior, não sendo tratado neste documento.

Como objetivos-meio podem ser citados:

- Promover investimentos na área de eficiência térmica industrial, uma vez que a adoção de sistemas de gestão permita a identificação de oportunidades. A maior parte dos atores mencionados tem atuação neste objetivo.
- Capacitar profissionais e aumentar a sua disponibilidade na área de EE, seja como especialistas em temas específicos ou como profissionais certificados para M&V de performance conforme o protocolo PIMV ou certificação similar a ser desenvolvida em caráter nacional. Essa capacitação será feita por meio da oferta de cursos de especialização promovidos pelo Senai e pelo Sebrae, além da disponibilização de material de treinamento no site do MME para que as empresas os realizem. O MEC deverá realizar a fiscalização e o monitoramento desses cursos, quando aplicável.
- Aumentar a disponibilidade de organismos acreditadores para sistemas de gestão conforme norma ISO 50001, com promoção e incentivo pelo MDIC e MME.
- Estabelecer índices de referência para os diversos segmentos industriais (*benchmarks*) utilizando dados coletados pelo Observatório Nacional da Indústria<sup>2</sup>, da CNI, com a coordenação do MME.

---

<sup>2</sup> O Observatório Nacional da Indústria é uma base de dados criada e administrada pela CNI que reúne informações de duzentas e nove bases de dados relativos à indústria num único local.



- Propor incentivos fiscais para a compra de medidores e sistemas de gestão energética, com a coordenação do ME.

Os impactos esperados dessa política são:

- Reduzir custos industriais: ao promover o aumento da EE por meio da implantação de SGEs — tal medida acarretará a redução significativa nos custos de energia para as indústrias que aderirem, o que levará a um aumento de rentabilidade e consequente de competitividade.
- Diminuir o uso de recursos naturais — a economia de energia nos diversos segmentos industriais por meio da adoção de SGEs levará a um menor consumo de fontes energéticas não renováveis, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e mitigação das mudanças climáticas.
- Perenizar os ganhos energéticos e promover melhoria contínua — a implantação de sistemas de gestão energética pelas empresas de diversos segmentos industriais, permitirá que os ganhos alcançados pelas ações de EE sejam medidos e acompanhados de maneira sistemática, com visibilidade e comprometimento da alta direção. Esses fatores tornarão evidentes os benefícios econômicos e ambientais alcançados, fazendo com que a adoção de sistemas estruturados de gestão energética torne os ganhos permanentes.
- Aumentar a resiliência das indústrias quanto à flutuação dos preços dos energéticos — a implantação de sistemas estruturados de gestão de energia permite a quantificação de oportunidades, o estabelecimento de indicadores e metas e o conhecimento dos processos e consumos energéticos associados. Esse domínio aprimorado dos processos industriais e sua relação com o consumo energético permitirá às indústrias um melhor gerenciamento do seu consumo, podendo implementar ações de mitigação em caso de mudança de preços dos insumos energéticos.
- Contribuir para o alcance das metas estabelecidas na NDC — a economia de energia trará como consequência uma redução do consumo de fontes energéticas e na emissão de GEE. Essa redução, permitirá às empresas dos diversos segmentos industriais contribuir para o atingimento de metas setoriais de redução de emissões.
- Criar empregos — a implantação ampla pelo setor industrial de sistemas de gestão energética trará a oportunidade de criação de novos empregos tanto na análise e implementação de ações dentro da indústria como também para treinamento de profissionais para atuarem nesse setor e na certificação de sistemas para as empresas que desejarem obter certificações como ISO 50001.

O motivador desta proposta é melhorar a EE térmica e a recuperação de calor nos processos industriais. Todavia, a alternativa desta ação acaba, inevitavelmente, alcançando uma



abrangência mais ampla, pois sua aplicação beneficia também outras formas de energia além da térmica, sendo esperado também um impacto na EE ligada ao consumo de energia elétrica.

#### 6.2.5 Estratégia para implementação da política

Para implementar uma política que supere as lacunas regulatórias referentes à implantação de sistemas de gestão energética no Brasil e para promover o seu emprego em larga escala, definem-se as seguintes estratégias de implementação:

- Estabelecimento de campanhas de conscientização para as empresas — destacar os benefícios potenciais da implementação dos SGEs, por meio da apresentação de casos de sucesso no país. O MME já divulga os benefícios da ISO 50001 em seu website e pode ser o responsável por esta ação.
- Desenvolvimento de ferramentas digitais para implantação de sistemas de gestão energética com baixo custo operacional — criar, com apoio do Senai, ferramentas disponibilizadas em plataforma de internet do governo federal para as indústrias interessadas em se estruturar com SGEs, sem necessidade de certificação externa ISO 50001, de maneira similar ao programa *50001 Ready Program do Department of Energy* dos Estados Unidos.
- Estabelecimento de parcerias — entidades como Senai e Sebrae podem desenvolver programas de apoio técnico às empresas.
- Criação de certificado nacional para gestores de energia — criar um programa de certificação similar ao certificado CEM oferecido pela *Association of Energy Engineers (AEE)*, porém, oferecido em língua portuguesa e acessível para que os profissionais da indústria possam se qualificar e implementar os sistemas de gestão energética. O MME e o MEC poderiam coordenar a criação desse programa de certificação.
- Criação de incentivos fiscais para a compra de sistemas de medição — estes incentivos devem ser compatíveis com o orçamento da União e com a transição prevista na reforma tributária.
- Incentivo ao estabelecimento ou à ampliação da oferta de cursos e treinamentos específicos — capacitar profissionais a atuar nos organismos certificadores acreditados como auditores internos, auditores de terceira parte ou responsáveis pela implantação de SGE segundo a ISO 50001.
- Estabelecimento de campanhas de informação à população em geral — criar conscientização sobre o conteúdo energético dos produtos e a gestão energética eficaz das empresas e, com isso, incentivá-las a adotarem programas de gestão energética visando ganho de reputação. Essas campanhas podem ser conduzidas por entidades como o Sebrae, Senai e Procel, por exemplo, para atingir um público amplo e diversificado aproveitando-se da capilaridade dessas instituições. Essas



campanhas devem estabelecer a ligação entre a conservação de energia e os impactos climáticos, buscando gerar no público em geral interesse por produtos e serviços que sejam energeticamente eficientes, de forma a criar demanda que incentive as empresas a adotarem SGEs.

- Criação de fontes de financiamento para esta política — estabelecer percentuais dos recursos oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias do setor de petróleo e gás natural para financiamento das ações desta política, utilizando mecanismos similares aos adotados no PEE da Aneel, de acordo com a modalidade de contrato.

Essa política pública deve estar integrada com outros programas. Pode ser condicionante, por exemplo, para que as empresas acessem os recursos disponibilizados por outros instrumentos regulatórios, ou então um fator qualificador.

O financiamento dessas ações deverá ser feito por alocação de recursos já existentes para melhoria de EE térmica. De forma semelhante ao que ocorre com a EE elétrica, no qual ocorre arrecadação de um valor para financiamento do PEE gerido pela Aneel pelas distribuidoras de eletricidade. Propõe-se o uso dos recursos arrecadados pelo programa similar da ANP, o programa de PD&I dos contratos de exploração e produção de petróleo e gás natural.

Neste programa, é estabelecido um percentual de aplicação sobre a receita bruta da produção, de acordo com a modalidade de contrato. Para contratos de concessão, a obrigação de PD&I é de 1% da receita bruta da produção dos campos que pagam Participação Especial. Já para contratos de partilha de produção e de cessão onerosa, o valor da obrigação corresponde a, respectivamente, 1% e 0,5% da receita bruta anual dos campos pertencentes aos blocos detalhados e delimitados nos respectivos contratos.

Para alocar parte desses recursos no financiamento das ações de incentivo à adoção de sistemas de gestão energética, será necessária uma revisão na regulamentação deste programa (Resolução ANP nº 918/2023). Ele já abrange atualmente projetos de formação de recursos humanos como projetos equiparados a PD&I. Para as ações propostas que não estão ligadas à formação, recomenda-se uma revisão do texto da resolução da ANP mencionada para que essas ações sejam explicitamente permitidas no programa.

Foram descartadas também proposições de ações obrigatórias, por se tratar de tema cuja adoção é benéfica às empresas e que, apenas com informação e esclarecimento, pode ser adotada voluntariamente uma vez compreendidos os múltiplos benefícios decorrentes de sua implantação.

#### 6.2.6 Estratégia de fiscalização e monitoramento

Considerando a implementação da política de incentivo à implantação de SGEs, é fundamental estabelecer uma estratégia abrangente de fiscalização. A ação proposta requer um processo de monitoramento efetivo, com os seguintes aspectos a serem considerados:

- Tipo de fiscalização — recomenda-se uma abordagem que, para as ações envolvendo formação e treinamento, combine fiscalização preventiva e inspeção frequente pré-definida para as ações envolvendo treinamento. A fiscalização preventiva envolveria a análise dos planos de implementação de novos cursos, garantindo que estejam em conformidade com as regulamentações estabelecidas. As inspeções periódicas verificarão a conformidade contínua durante o funcionamento desses cursos.

Para a ação de incentivos fiscais, recomenda-se uma abordagem que combine inspeção aleatória e auditoria. A inspeção aleatória tem por objetivo verificar a conformidade de alguns processos específicos quanto ao enquadramento no benefício. Já as auditorias serão realizadas de forma mais abrangente, por meio de evidências como entrevistas, visitas técnicas e análise da documentação, para avaliar se as empresas estão utilizando de forma adequada o benefício proposto.

- Responsáveis pela fiscalização — o MEC seria o responsável por fiscalizar os cursos, já que possui infraestrutura, recursos, equipamentos e pessoal necessários, nos moldes existentes para fiscalização de cursos técnicos.

Quanto aos incentivos fiscais, cabe à Receita Federal realizar a fiscalização das operações abrangidas pela política, uma vez que já possui infraestrutura, recursos, equipamentos e pessoal, não havendo necessidade de adequação.

É necessária a publicação de instruções normativas específicas para orientar o processo de concessão do benefício e de fiscalização.

Também é essencial definir indicadores relevantes para monitorar o desempenho da política de incentivo à implantação de SGEs. A lista a seguir apresenta alguns indicadores sugeridos, que podem ser ajustados de acordo com a estratégia específica:

- Número de empresas que adotam algum SGE.
- Número de profissionais certificados no PIMVP ou em outro sistema similar nacional que venha a ser criado.
- Redução do consumo de energia nas indústrias que adotarem sistemas de gestão energética.
- Quantidade de emissões de GEE evitadas devido à implementação desta política.
- Número de novos cursos criados devido à implementação desta política e de profissionais treinados nesses cursos.
- Quantitativo de empresas que utilizam as ferramentas digitais disponibilizadas por esta política.
- Valor da renúncia fiscal relacionada à implementação desta política.



Esses indicadores deverão permitir análises agregadas e desagregadas por subsetor, região, porte e outras características que permitam análise visando eventuais ajustes na política.

A quantificação dos indicadores e o conseqüente monitoramento das metas devem ser acompanhados periodicamente pelos órgãos de fiscalização do CTIBC e pelo CIM e publicados para conhecimento de todos os agentes participantes e da sociedade em geral, através de campanhas regulares de comunicação.

Deverão ser realizadas revisões periódicas da regulamentação, levando em consideração a evolução do setor, os avanços tecnológicos e as mudanças no contexto energético. Essas revisões permitirão ajustes e aprimoramentos contínuos na política, garantindo sua eficácia e adaptabilidade às necessidades do mercado.

A estratégia adotada para a implantação desta política, de informação e educação, pressupõe comunicação e divulgação para o público empresarial, técnico e acadêmico. Atualmente, existe uma página no site do MME que trata desse assunto, porém, o que se propõe é uma ampliação dessa divulgação, que exigirá adaptação ou preparação interna de órgãos públicos para a sua implementação.

## 6.3 Inovação

### 6.3.1 Identificação do problema regulatório

Uma parte substancial do consumo de energia na indústria nacional está relacionada à geração de calor em processos, o que representa um grande potencial para melhorias na EE térmica. As oportunidades para PD&I em processos e produtos inovadores para melhoria da EE térmica concentram-se em dois tipos de equipamentos — fornos e caldeiras —, além de equipamentos complementares de recuperação de energia térmica.

Por outro lado, a intensidade dos gastos em atividades de PD&I no setor industrial brasileiro vem caindo nos últimos anos. Os dados da última Pesquisa de Inovação (Pintec), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostraram que os dispêndios das indústrias no Brasil em P&D em termos de porcentagem do faturamento caíram de 2,37% em 2011 para 1,65% em 2017.

No Brasil, existem três principais formas gerais de fomento à Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I): apoio financeiro indireto, apoio financeiro direto e outras formas de apoio. Devido às limitações fiscais, o braço de recursos públicos disponíveis para o fomento à CT&I não apresenta o mesmo potencial existente no setor privado, fato particularmente relevante em um país em desenvolvimento, como o Brasil. Nesse contexto, a natureza do problema regulatório relaciona-se aos itens “Contribuir para objetivos de políticas públicas” e “Falha no mercado”, apresentados no quadro 1 das Diretrizes Gerais e Guia Orientativo para Elaboração de AIR.



O primeiro item refere-se à inexistência de mecanismos regulatórios indutores do desenvolvimento de projetos de PD&I e da difusão de tecnologias inovadoras de EE térmica na indústria, havendo, portanto, a oportunidade de contribuição para objetivos de políticas públicas, especialmente de CT&I, tendo a EE térmica na indústria como um de seus temas estratégicos.

Em relação ao segundo item, o mercado por si só não tem se mostrado capaz de atingir resultados econômicos e ambientais eficientes, provocando alocações subótimas de recursos e impedindo o alcance dos benefícios decorrentes da implantação de inovações de EE térmica nos mais diversos segmentos industriais. A falha no mercado pode ser explicada em parte pelo fato do processo de geração e implantação de inovações para melhoria da EE térmica no setor industrial envolver um risco significativo associado às incertezas da viabilidade tecnológica ou de mercado, até viabilizar sua comercialização (inovação de produto) ou incorporação de mudanças nos processos produtivos (inovação de processo).

Para fins desta proposta, é importante distinguir conceitualmente inovações de produto e processo referentes à EE térmica na indústria, como descrito a seguir:

- Inovações de processo — representam mudanças novas ou significativas nos métodos de produção e distribuição adotados nos mais diversos segmentos industriais, tendo como foco a melhoria da EE dos processos de produção que utilizam energia térmica.
- Inovações de produto — envolvem mudanças significativas nas potencialidades de produtos e serviços, associadas a especificações técnicas, equipamentos, componentes e materiais, softwares incorporados, facilidade de uso, dentre outras. Ressalta-se a importância da geração de novos equipamentos que possam melhorar a EE de maneira transversal nos diferentes segmentos industriais, como, por exemplo, bombas de calor, coletores solares de concentração, isolantes térmicos por mudança de fase, sistemas de armazenamento de energia, entre outros.

Vale destacar que, tanto as inovações de produto quanto as de processo, referentes à melhoria da EE térmica, só podem ser consideradas implantadas por empresas do setor industrial se tiverem sido introduzidas no mercado (inovações de produto) ou utilizadas em seus processos produtivos (inovações de processo).

### 6.3.2 Identificação dos atores

Para a geração e implantação de inovações voltadas para a melhoria da EE térmica na indústria, o governo deve prosseguir fomentando e impulsionando as alianças estratégicas que envolvam os mais diversos atores, tanto públicos quanto privados. Destacam-se, a seguir, os principais atores que podem desempenhar um papel importante na implantação de um



## Programa de PD&I em EE Térmica na Indústria:

- Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) — responsável pela formulação e implementação da Política Nacional de Inovação, formalizada por meio do Decreto nº 10.534/2020 para ser a base para a organização das atividades do Estado relacionadas ao apoio à inovação. Reconhece-se o caráter universal do tema e a importância do estabelecimento de uma rede que envolva diversos atores dentro do governo, que, atuando em articulação com a academia e iniciativa privada, busque uma construção de consensos no sentido de políticas públicas mais efetivas. Já a Estratégia Nacional de Inovação, partindo dos eixos e das diretrizes de atuação definidos na Política Nacional de Inovação, prevê os desafios a serem enfrentados pelo Brasil nas temáticas apresentadas. Ela é composta de objetivos, metas e, principalmente, iniciativas, responsáveis por fazer o vínculo entre as diretrizes da Política e as ações dos Planos.
- Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) — este Ministério possui vários interesses estratégicos na implantação de um programa de EE térmica na indústria nacional, dada a sua missão de promover o desenvolvimento sustentável, a competitividade e a inovação no setor industrial brasileiro. Destaca-se o potencial aumento da competitividade da indústria nacional nos mercados nacionais e internacionais pela redução dos custos operacionais e pelo aumento da margem de lucro das indústrias devido a medidas de EE térmica e à atração de investimentos estrangeiros interessados em apoiar e se associar a empresas comprometidas com a EE.
- Ministério de Minas e Energia (MME) — como órgão governamental responsável por formular e coordenar políticas relacionadas ao setor energético, este Ministério tem grande interesse em participar da governança de um programa de EE térmica na indústria nacional, incluindo a redução da demanda total de energia, que aliviará a pressão sobre a infraestrutura energética existente e permitirá um planejamento mais equilibrado do fornecimento de energia, dentre outros benefícios. Juntamente com o MCTI, MDIC e MMA, será um importante ator na implantação do Programa proposto, tendo em vista os impactos do Programa para a indústria e para a sociedade.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA) — em alinhamento à sua missão de promover a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável no país, o MMA, terá também grande interesse em participar da governança de um programa de EE térmica na indústria nacional, pelos benefícios que o Programa proposto poderá gerar no âmbito de sua atuação. O estímulo à EE térmica está alinhado com diversos acordos e compromissos internacionais, como os ODS e o Acordo de Paris, demonstrando o comprometimento do país com metas globais de sustentabilidade.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) — possui vasta experiência e expertise na implementação e coordenação de PEEs e P&D, conforme disposto na Lei nº 9.991/2000. O Programa de P&D tem por objetivo alocar adequadamente recursos



humanos e financeiros em projetos que demonstrem a originalidade, aplicabilidade, relevância e a viabilidade econômica de produtos e serviços, nos processos e usos finais de energia. Para tanto, concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica são obrigadas a aplicar anualmente um montante de sua receita líquida em P&D. Ao compartilhar as melhores práticas e lições aprendidas com a gestão desses dois Programas, a Aneel poderá contribuir na discussão de regulamentos e normas específicas, visando sua integração com o setor elétrico e a promoção da EE de maneira mais ampla. Juntamente com outros atores, ela poderá participar da definição de incentivos financeiros, subsídios ou outras formas de apoio.

- Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) — dentre as atribuições da ANP, destaca-se o fomento a iniciativas de P&D e adoção de novas tecnologias para o setor de petróleo e gás natural. Os contratos com as empresas petrolíferas possuem a Cláusula de PD&I, que exige a aplicação de um percentual da receita bruta de campos de grande produção. Pela sua experiência em fomento à P&D no setor de petróleo e gás natural, a ANP poderá, mediante a revisão da Cláusula de PD&I, promover a inovação em EE térmica em empresas da cadeia produtiva deste setor de forma estratégica e alinhada com sua missão. Poderá ainda facilitar a formação de parcerias entre a indústria e Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICT), incentivando a colaboração e troca de conhecimento para desenvolver soluções inovadoras em EE térmica. A ANP poderá também monitorar e avaliar os resultados dos projetos de EE térmica apoiados, medindo o impacto na redução do consumo de energia e suas consequências econômicas e ambientais. Essas avaliações poderão orientar ações e investimentos futuros.
- Confederação Nacional da Indústria (CNI) — principal representante da indústria brasileira na promoção de políticas públicas que favoreçam o empreendedorismo e a produção industrial, podendo contribuir significativamente para esta proposta em alinhamento com sua missão. Destaca-se a Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI) da CNI, que tem como missão estimular a estratégia inovadora das empresas brasileiras e ampliar a efetividade das políticas de apoio à inovação, por meio da interlocução construtiva e duradoura entre a iniciativa privada, a academia e o setor público. Conta atualmente com quinhentas das maiores lideranças empresariais do Brasil, para debater propostas de políticas públicas de CT&I, realizar estudos e pesquisas de interesse da indústria e executar projetos em parceria com diversas instituições nacionais e internacionais, com o objetivo de tornar as indústrias cada vez mais inovadoras e competitivas.
- Serviço Nacional de Aprendizado Industrial (Senai) — referência nacional no apoio à tecnologia e inovação em empresas industriais de todos os portes e segmentos, poderá apoiar esta proposta de política pública de acordo com suas atribuições. O Senai conta atualmente com vinte e seis Institutos de Inovação (ISI) que promovem o desenvolvimento de novos produtos e processos e de soluções industriais



customizadas. Visando inserir as indústrias nacionais nos meios de inovação e promover o desenvolvimento de produtos, processos ou serviços, a Plataforma Inovação para o Senai poderá mobilizar recursos em projetos de PD&I de EE térmica na indústria. Esses projetos poderão envolver startups de base tecnológica, investidores, universidades, associações setoriais, ICT e empresas de todos os segmentos industriais.

- Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICT) — são órgãos ou entidades da administração pública direta e indireta ou pessoas jurídicas de direito privado sem fins lucrativos, que incluam em sua missão institucional a pesquisa básica ou aplicada de caráter científico ou tecnológico e o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos. As ICT estão entre os principais atores no nível dos operadores de CT&I do país, e, segundo o novo Marco Legal da CT&I instituído pela Lei nº 13.243/2016, os Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) dessas instituições são responsáveis pela gestão da política de inovação das ICT e pela aproximação entre ICT e empresas em atividades de P&D tecnológico. Pelo exposto, considera-se que as ICT, através de seus NITs, terão um importante papel na implementação do Programa proposto.
- Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii) — organização social qualificada pelo Poder Público Federal que, desde 2013, apoia instituições de pesquisa tecnológica fomentando a inovação na indústria brasileira. Atua por meio da cooperação com ICT públicas ou privadas, tendo como foco as demandas empresariais e como alvo inicial o compartilhamento de risco na fase competitiva antes da inovação. Como comentado na seção 3.5, o modelo de operação da Embrapii se apoia em instrumentos de fomento à inovação de interesse do Programa aqui proposto.
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE) — a EPE vem buscando aprimorar o monitoramento da inovação no setor de energia no Brasil. Nos anos 2018 e 2019, foi desenvolvido um amplo mapeamento dos investimentos brasileiros em Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D), a partir da iniciativa Grande Impulso de Energia (*Energy Big Push*), uma parceria entre EPE, Cepal e Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), que contou com o apoio do MME, MCTI e Ministério de Relações Exteriores (MRE). A partir de então, a necessidade de reportar os investimentos públicos e orientados publicamente em P&D na área de energia, evidenciou a importância para o Brasil de estruturar uma plataforma capaz de organizar, estruturar, classificar e disponibilizar esses valores de investimentos, em linha com as melhores práticas internacionais. Uma parceria da EPE com o *Brazil Energy Programme* do Reino Unido viabilizou a construção da plataforma Inova-e para esta missão.
- Programa de Conservação de Energia Elétrica (Procel) — possui ampla experiência em EE na indústria e tem liderado iniciativas de inovação como, por exemplo, o Programa Lab Procel, criado pela Eletrobras e pela Firjan Senai em 2020. Mesmo



após sua migração da Eletrobras para a ENBPar, a experiência do Procel pode ser de grande valia na fase de implementação do Programa proposto.

- Programa para o Uso Eficiente dos Combustíveis (Conpet): O Selo Conpet de EE é concedido a fogões, aquecedores de água a gás e carros, podendo ser ampliado para a indústria e ter um papel sinérgico com o Programa proposto para melhoria da EE térmica nos diversos segmentos industriais.

### 6.3.3 Identificação da base legal

A base legal para a proposta do Programa refere-se ao apoio financeiro indireto, compreendendo instrumentos legais e investimento obrigatório (P&D regulado) e incentivos fiscais, como, por exemplo, a Lei de Inovação e a Lei do Bem. Lista-se a seguir os instrumentos legais nos quais devem se basear a implantação do Programa de PD&I em Eficiência Térmica na Indústria aqui proposto.

- Lei nº 9.478/1997 — estabeleceu a obrigatoriedade de investimento em PD&I no âmbito da ANP.
- Resolução ANP nº 918/2023 — regulamentou o cumprimento da obrigação de investimentos decorrente da cláusula de PD&I dos contratos para exploração e produção de petróleo e gás natural, conforme disposto na Lei nº 9.478/1997. Tem por finalidade promover o desenvolvimento científico e tecnológico do setor de petróleo e gás natural, visando o desenvolvimento da indústria nacional, a busca de soluções tecnológicas e a ampliação do conteúdo local de bens e serviços.
- Lei nº 9.991/2000 — estabeleceu a obrigatoriedade de investimento em PD&I no âmbito da Aneel.
- Lei nº 13.243/2016 — permitiu instrumentos de estímulo à inovação nas empresas, como o bônus tecnológico; a utilização do poder de compra do Estado para fomento à inovação por meio do aperfeiçoamento da encomenda tecnológica; a dispensa de licitação pública para contratação de empresa desenvolvedora de produto ou processo de inovação; o tratamento prioritário da importação de bens, insumos, reagentes, peças e componentes a serem utilizados em pesquisa científica e tecnológica ou projetos de inovação; a participação acionária em startups; e o compartilhamento de instalações públicas para construção de ambientes promotores de inovação, como parques tecnológicos e aceleradoras.
- Lei nº 11.196/2005 — estabeleceu a concessão de incentivos fiscais às empresas que investem em PD&I. Para as empresas, passou-se a permitir o abatimento do IRPJ relativo aos gastos em P&D com base no regime de Lucro Real, a obtenção de recursos públicos não reembolsáveis para o investimento em P&D, o compartilhamento de estrutura e a autonomia e o reconhecimento para pesquisadores públicos.



- Resolução CI nº 1 do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações/Câmara de Inovação de 23/07/2023 — aprovou a Estratégia Nacional de Inovação e os Planos de Ação para os Eixos de Fomento, Base Tecnológica, Cultura de Inovação, e Mercado para Produtos e Serviços Inovadores e Sistemas Educacionais. Um dos Planos de Ação desta estratégia refere-se à criação de mecanismos específicos no âmbito do P&D regulado para promoção da inovação, contemplando a atualização de manuais e de regulamentos que incentivem a inovação âmbito do P&D regulado.
- Decreto nº 11.550/2023 do CIM — tem a finalidade de acompanhar a implementação das ações e das políticas públicas no âmbito do Poder Executivo Federal relativas à PNMC.
- Lei nº 13.755/2008 — instituiu o Programa Rota 2030, criado pelo governo federal com o objetivo de apoiar o desenvolvimento tecnológico, a competitividade, a inovação, a segurança veicular, a proteção ao meio ambiente, a EE e a qualidade de automóveis, caminhões, ônibus, chassis com motor e autopeças. O Programa é composto por três pilares: os requisitos obrigatórios para comercialização de veículos no país, o incentivo fiscal para P&D e o regime tributário de autopeças não produzidas — isenção do segundo.
- Lei Complementar nº 182/2021 — instituiu o marco legal das startups e do empreendedorismo inovador e alterou a Lei nº 6.404/1976 e a Lei Complementar nº 123/2006.
- Portaria MCT nº 950/2006 — mecanismo criado para atestar e incentivar projetos e desenvolvimentos de produtos e equipamentos com base eletrônica no país. Em alinhamento a esta Portaria, destaca-se a linha Finep Aquisição Inovadora — Energia, destinada a projetos de aquisição de equipamentos reconhecidos como bens desenvolvidos no país pelo MCTI nos termos desta Portaria, que proporcionem difusão de tecnologias relacionadas à digitalização, automação e EE, e que pertençam às posições da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) descritas na página desta linha de ação no site da Finep.

#### 6.3.4 Definição dos objetivos que se pretende alcançar

O Programa de PD&I em EE Térmica na Indústria baseia-se em instrumentos legais, investimentos obrigatórios (P&D regulado) e incentivos fiscais (Lei de Inovação e Lei do Bem), além dos instrumentos que integram o modelo de operação da Embrapii — esses concebidos para induzir a cooperação entre instituições de pesquisa científica e tecnológica e empresas industriais, explorando a sinergia entre ambas e estimulando a transferência de conhecimentos e busca de soluções tecnológicas. Todos os instrumentos mencionados, se articulados institucionalmente, poderão promover o desenvolvimento e a adoção de tecnologias inovadoras de produto ou processo voltadas para melhoria da EE térmica na indústria.

À luz da experiência da Aneel com a implementação de seu Programa de P&D e EE, a



proposta de um Programa de PD&I em EE Térmica na Indústria apoia-se na possibilidade de revisão do regulamento da ANP no que tange a destinação dos recursos oriundos da cláusula de PD&I, presente nos contratos de concessão para exploração e produção de petróleo e gás natural. Nesta cláusula, é estabelecido um percentual de aplicação sobre a receita bruta da produção, de acordo com a modalidade de contrato. Para contratos de concessão, a obrigação de PD&I é de 1% da receita bruta da produção dos campos que pagam participação especial. Já para contratos de partilha de produção e de cessão onerosa, o valor da obrigação corresponde a, respectivamente, 1% e 0,5% da receita bruta anual dos campos pertencentes aos blocos detalhados e delimitados nos respectivos contratos.

Os recursos investidos em projetos de PD&I podem ser executados pela própria empresa petrolífera, por empresas brasileiras de outros setores ou por instituições credenciadas de todo o país, obedecendo às regras de distribuição da aplicação dos recursos. Assim, no âmbito do Programa proposto e de acordo com o tipo de contrato de concessão, percentuais desses recursos poderiam ser destinados ao desenvolvimento de tecnologias de processo ou produto voltadas para a melhoria da EE térmica em empresas da cadeia produtiva do setor de petróleo e gás natural, contribuindo para otimizar o uso de combustíveis fósseis na indústria e reduzir emissões de GEE.

As empresas industriais participantes do Programa proposto poderiam também se beneficiar de incentivos da Lei do Bem e da Lei de Inovação, bem como atuar em cooperação com instituições de pesquisa científica e tecnológica credenciadas pela Embrapii, na busca de soluções voltadas para melhoria da EE térmica e recuperação de calor em processos industriais de empresas de diversas cadeias produtivas, particularmente, do setor de petróleo e gás natural.

Nesta proposta, além da revisão do regulamento da ANP e do uso de incentivos previstos na Lei do Bem e na Lei de Inovação, a Embrapii incluiria a EE térmica na indústria como um de seus temas estratégicos e credenciaria ICT no Brasil com competência e infraestrutura tecnológica adequadas para atender às demandas das empresas participantes do Programa.

Isso posto, o objetivo fundamental do Programa proposto é alocar adequadamente recursos humanos e financeiros em projetos que demonstrem a originalidade, aplicabilidade, relevância e viabilidade econômica de inovações de processo e produto para melhoria da EE térmica e recuperação de calor em processos industriais de empresas das cadeias produtivas do setor de petróleo e gás natural e de outros setores industriais. Para o alcance desta meta, definem-se os seguintes objetivos-meio:

- Estabelecer os percentuais dos recursos oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias do setor de petróleo e gás natural para projetos de P&D de tecnologias de processo ou de produto voltadas para a melhoria da EE térmica nas empresas consumidoras, de acordo com a modalidade de contrato.
- Estabelecer um percentual fixo de recursos a serem investidos em projetos de PD&I de empresas da cadeia produtiva do setor de petróleo e gás natural no âmbito do Programa, que estejam com nível da escala *Technology Readiness Level* (TRL)



superior a seis.

- Incluir EE térmica na indústria como tema estratégico e credenciar ICT para executarem projetos de PD&I neste tema, de acordo com o modelo de operação da Embrapii.
- Prospectar e identificar oportunidades de PD&I nas operações industriais das cadeias produtivas do setor de petróleo e gás natural e outros setores, nas quais os resultados dos projetos de P&D possam ser aplicados efetivamente para melhoria na EE térmica, recuperação de calor e redução de emissões de GEE.
- Realizar estudos e análises de tecnologias existentes e inovações de processo ou produto relacionadas à EE térmica e recuperação de calor para determinar sua aplicabilidade e relevância nas empresas das cadeias produtivas do setor de petróleo e gás natural e outros setores.
- Garantir que as inovações propostas estejam em conformidade com as normas e regulamentos aplicáveis, promovendo aderência às práticas sustentáveis e de EE térmica.
- Estruturar e implantar um sistema de monitoramento baseado na teoria da mudança e no modelo lógico do Programa, para avaliar continuamente o desempenho das inovações implantadas, fazendo ajustes e melhorias conforme necessário para garantir a eficiência e eficácia do Programa ao longo do tempo.
- Compartilhar os resultados e as lições aprendidas com empresas dos diversos segmentos industriais, incentivando a disseminação de boas práticas e contribuindo para a ampliação do conhecimento sobre EE térmica e recuperação de calor nas cadeias produtivas do setor de petróleo e gás natural e outros setores industriais.

A implantação do Programa de PD&I em EE Térmica na Indústria pode trazer uma série de benefícios significativos, tanto para as empresas industriais, quanto para a sociedade em geral. Destacam-se, a seguir, alguns dos benefícios esperados:

- Redução dos custos de energia — a EE térmica pode levar a uma redução significativa nos custos de energia para as empresas de diversos segmentos industriais, resultando em maior rentabilidade e competitividade no mercado.
- Economia de recursos naturais — ao otimizar o uso de energia térmica em seus processos produtivos, as empresas, dos mais diversos segmentos industriais, irão consumir menos combustíveis fósseis e outras fontes de energia, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e mitigação das mudanças climáticas.
- Redução das emissões de GEE — a diminuição do consumo de combustíveis fósseis resultará em menores emissões de dióxido de carbono e outros GEE, o que é crucial



para a mitigação das mudanças climáticas.

- Melhoria da sustentabilidade — a EE térmica está alinhada com práticas sustentáveis, melhorando a imagem da indústria perante os consumidores conscientes e atendendo às expectativas ambientais. O estímulo à inovação em EE térmica irá contribuir para o cumprimento de diversos acordos e compromissos internacionais, como os ODS e o Acordo de Paris, demonstrando o comprometimento do país com metas globais de sustentabilidade.
- Cumprimento da meta de redução de emissões de GEE contida na NDC brasileira — a implantação de um programa voltado para PD&I em EE térmica na indústria irá contribuir para o cumprimento da meta de redução de emissões de GEE contida na NDC brasileira, acordada na COP21.
- Inovação tecnológica e desenvolvimento de competências — um programa voltado para PD&I em EE térmica na indústria estimulará o desenvolvimento de novas tecnologias, de produto ou processo, e o fortalecimento das competências e habilidades especializadas na indústria.
- Aumento da produtividade — a otimização dos sistemas de energia térmica, decorrente da adoção de soluções inovadoras para melhoria da EE, resultará em processos industriais mais eficientes e produtivos, melhorando a produtividade e a qualidade dos produtos.
- Resiliência a flutuações de preços de energia — ao reduzir a dependência de combustíveis fósseis e otimizar o uso de energia térmica pelo emprego de soluções inovadoras para melhoria da EE, as indústrias se tornarão mais resilientes às flutuações nos preços dos combustíveis e na oferta de energia.
- Criação de empregos — a implementação de um programa de PD&I para melhoria da EE térmica na indústria gerará oportunidades de emprego em concepção, implementação, manutenção e monitoramento de novas tecnologias e práticas de EE.
- Estímulo à inovação e competitividade global — a busca por melhoria da EE térmica estimulará a competição entre as empresas de um determinado setor industrial, podendo levar a um processo de inovação contínua e aumento da competitividade global da indústria nacional.

### 6.3.5 Estratégia para implementação da política

A governança do Programa deverá ser compartilhada entre a ANP e a Embrapii e a execução dos projetos de PD&I deverão seguir as normas e os regulamentos de ambas as organizações.



Após a edição de ato normativo do Programa e considerando-se o alcance dos objetivos definidos no item anterior, a estratégia para sua implementação com recursos oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias de petróleo e gás natural, bem como com recursos não reembolsáveis, como previsto no modelo EMPRAPII, deve contemplar as seguintes ações:

- Estruturar a teoria da mudança e o modelo lógico do Programa para cumprimento de seu objetivo fundamental, incluindo a definição de recursos, ações, resultados e impactos esperados no curto, médio e longo prazo.
- Envolver as partes interessadas, como indústrias, associações, ICT, órgãos governamentais e indivíduos, para obter insights e colaboração durante o desenvolvimento do Programa.
- Estabelecer metas claras e mensuráveis para o Programa, alinhadas com os objetivos de PD&I em EE térmica, critérios da ANP para projetos de PD&I e diretrizes do modelo de operação da Embrapii.
- Definir critérios para seleção de projetos de PD&I alinhados com as metas estabelecidas, priorizando aqueles com potencial de impacto significativo na eficiência térmica da indústria e redução de emissões de GEE.
- Distribuir os recursos disponíveis de maneira eficiente, garantindo que sejam alocados para os projetos de PD&I com maior potencial de retorno e impacto na eficiência térmica.
- Buscar parcerias com ICT, em particular as credenciadas pela Embrapii, empresas especializadas e outras organizações nacionais e internacionais para execução dos projetos de PD&I e compartilhamento de conhecimento e expertise.
- Compartilhar os resultados dos projetos de PD&I de forma ampla e eficaz, visando à disseminação do conhecimento e a replicação das melhores práticas na indústria.
- Propor incentivos e estratégias de comunicação que motivem as indústrias a adotarem as inovações desenvolvidas no âmbito do Programa, maximizando os benefícios da EE térmica nos diversos segmentos industriais.

#### 6.3.6 Estratégia de fiscalização e monitoramento

Para fiscalizar e monitorar os resultados do Programa de PD&I em Eficiência Térmica na Indústria aqui proposto, é fundamental estabelecer uma sistemática de monitoramento robusta, que inclua indicadores relevantes para medir o progresso e impacto do Programa. Esta sistemática deverá abranger diferentes dimensões, desde a alocação de recursos até a eficácia das inovações implementadas em um determinado período. Para tal, recomenda-se:



- Tipo de fiscalização — preventiva, orientativa e visitas técnicas. Deverão ser realizadas revisões periódicas, levando em consideração a evolução do setor, os avanços tecnológicos e as mudanças no contexto da transição energética. Essas revisões permitirão ajustes e aprimoramentos contínuos no Programa, garantindo sua eficácia e adaptabilidade às necessidades do mercado.
- Responsáveis pela fiscalização — deve ser realizada pela ANP e Embrapii, adotando seus respectivos procedimentos. A quantificação dos indicadores e consequente monitoramento das metas deve ser realizadas anualmente pelos órgãos de fiscalização da ANP e da Embrapii, respectivamente, e seus resultados divulgados para conhecimento de todos os agentes participantes e da sociedade em geral, através de campanhas periódicas de comunicação.

Vale ressaltar que, à medida que sejam realizados a fiscalização e o monitoramento dos resultados do Programa, abre-se espaço para ajuste, aprimoramento dos indicadores e revisão das metas propostas. Sugerem-se os seguintes indicadores para fiscalização e monitoramento do Programa:

- Recursos financeiros alocados no desenvolvimento de soluções tecnológicas, software e tecnologias inovadoras para uso da empresa (inovações de processo) ou para o mercado (inovações de produto).
- Grau de maturidade tecnológica medido pela escala de TRL em nove níveis, durante a execução do projeto de PD&I;
- Número de projetos de PD&I concluídos no período (N).
- Grau de originalidade e impacto das inovações realizadas pelas empresas, segundo a classificação da Pesquisa Nacional de Inovação (IBGE, 2023): inovação de produto ou processo novo para a empresa (PN); inovação de produto ou processo novo para o mercado (PM); inovação de produto ou processo novo em nível mundial (PMUND). Este indicador poderá ser desdobrado segundo esses três níveis e, em cada nível, em inovação de produto ou processo.
- Faturamento da empresa gerado pela venda de novos equipamentos para EE térmica, pela recuperação de calor e por royalties de tecnologias vendidas.
- Redução de custos pela introdução de novos processos ou modificação para melhoria da EE térmica e recuperação de calor na empresa.
- Eficiência das inovações implementadas (produto ou processo) por meio de indicadores de desempenho relacionados à EE térmica, recuperação de calor e redução de emissões de GEE nas empresas das cadeias produtivas do setor de petróleo e gás natural e de outros setores industriais participantes do Programa (vários indicadores de desempenho).



- Nível de satisfação das partes interessadas com as inovações implantadas pelas empresas das cadeias produtivas do setor de petróleo e gás natural, de outros setores industriais participantes e do Programa como um todo.

Os indicadores acima sugeridos e outros já adotados pela ANP e pela Embrapii deverão ser incluídos no processo de fiscalização e monitoramento. Os resultados desse processo deverão ser utilizados para ajustar estratégias e alocar, de forma eficaz, recursos oriundos da cláusula de PD&I da ANP e recursos não reembolsáveis (modelo de operação da Embrapii) em projetos de desenvolvimento de soluções inovadoras voltadas para a melhoria da EE térmica e recuperação de calor na indústria.

A fiscalização e o monitoramento efetivos irão contribuir para o alcance dos objetivos do Programa e a maximização da melhoria da EE térmica e redução das emissões de GEE nas empresas industriais das cadeias produtivas do setor de petróleo e gás natural e de outros setores.

## 6.4 Programa de cogeração e recuperação de calor

### 6.4.1 Identificação do problema regulatório

Nesta seção é discutida a proposta de política pública para recuperação de calor residual e cogeração de pequeno porte, aqui denominada de cogeração distribuída.

Primeiramente, é importante definir cogeração distribuída, conforme Decreto nº 5.163/2004, como sendo um sistema de cogeração de energia de pequeno porte com eficiência superior a 75% e que se destaca por produzir simultaneamente eletricidade e calor útil a partir de uma única fonte de energia, geralmente na escala de pequenas e médias indústrias. Essa prática oferece uma abordagem inovadora para o suprimento de energia, aproveitando ao máximo o potencial de calor residual que normalmente seria desperdiçado em processos industriais.

Nesse contexto, a cogeração distribuída se apresenta como um recurso valioso para otimizar o uso de recursos energéticos, reduzir custos operacionais e mitigar impactos ambientais, ao mesmo tempo em que contribui para a construção de uma matriz energética mais resiliente e sustentável. Diante dessa perspectiva, surge a necessidade de um programa abrangente de cogeração distribuída e recuperação de calor, visando não apenas à implementação dessas tecnologias, mas também à promoção de políticas de incentivo que favoreçam sua adoção e expansão no cenário energético nacional.

A natureza do problema regulatório associado a esta política proposta pode ser relacionada a dois itens apresentados no quadro 1 das Diretrizes gerais e Guia Orientativo para Elaboração de AIR, a saber:

- Contribuir para objetivos de políticas públicas, pois, devido ao seu elevado potencial técnico, colabora para o alcance das metas de EE. Além disso, seu sucesso afeta



diretamente a competitividade da indústria e realização das metas estabelecidas em planos governamentais, como o Plano Decenal de Eficiência Energética (PDEf), promovendo, assim, um impacto positivo nessas áreas.

- Corrigir falha regulatória, pois atualmente não existe uma regulação específica e nem obrigatoriedade de uso de equipamentos auxiliares para recuperação de rejeito térmico em fornos e caldeiras.

A cogeração distribuída desempenha um papel fundamental em objetivos e metas estabelecidos por políticas públicas relacionadas à EE. Ao aproveitar de forma eficaz o potencial de calor residual em pequenas indústrias, ela não apenas aumenta a EE, mas também contribui para a diversificação da matriz energética e, por conseguinte, para a redução da dependência das chuvas. Isso é especialmente relevante em um sistema elétrico predominantemente hidrotérmico, como o brasileiro. Além disso, essa prática promove a sustentabilidade ambiental, alinhando-se diretamente com as metas governamentais para uma transição energética mais limpa e eficiente.

Adicionalmente, a ausência de padronização e de um mecanismo específico para a viabilização da aquisição de equipamentos principais, como fornos e caldeiras, em conjunto com seus equipamentos auxiliares de recuperação de calor, leva os tomadores de decisão na indústria a optarem por uma análise econômica de curto prazo. Essa questão regulatória restringe o potencial de adoção da cogeração distribuída e da recuperação de calor residual nas indústrias de pequeno porte.

A causa da natureza do problema regulatório referente à cogeração distribuída reside na necessidade de alinhar as regulamentações existentes com os objetivos estabelecidos pelas políticas públicas, particularmente relacionadas à EE. A falta desse alinhamento cria uma lacuna entre as regulamentações em vigor e as necessidades para atingir as metas das políticas públicas, comprometendo a capacidade de alcançar efetivamente tais objetivos. A intervenção regulatória é essencial para assegurar a coordenação entre regulamentações e políticas públicas, facilitando a realização dessas metas.

No tocante à recuperação de rejeito térmico, as causas desse problema regulatório incluem a ausência de obrigatoriedade no uso de equipamentos auxiliares para a recuperação de calor residual em fornos e caldeiras. A extensão do problema abrange empresas de pequeno porte em diversos setores industriais, que poderiam se beneficiar tanto da cogeração distribuída quanto da recuperação de calor residual, mas enfrentam obstáculos devido à falta de incentivos ou orientações regulatórias, a depender do caso.

No futuro, caso nada seja feito para abordar esses problemas, é esperado que a adoção da cogeração distribuída e da recuperação de calor residual permaneça limitada, resultando em um menor aproveitamento do potencial de EE e da sustentabilidade no setor industrial, bem como em perdas de recursos valiosos. Portanto, é fundamental abordar essa temática para promover o uso eficiente de recursos energéticos e a redução de impactos ambientais no cenário industrial.



A superação desses problemas regulatórios requer a implementação de medidas que estabeleçam políticas de incentivo adequadas e facilitem a adoção em larga escala dos equipamentos de cogeração distribuída e de recuperação de calor. Isso permitiria a ampliação da utilização do potencial de energia térmica recuperável e a efetiva economia de energia no setor industrial.

O principal desafio da cogeração distribuída reside em sua capacidade de se estabelecer como uma abordagem tecnicamente e economicamente eficaz para contribuir com as metas de EE estabelecidas em planos governamentais e acordos internacionais.

No tocante à recuperação de rejeito térmico na indústria, o principal problema é a falta de regulamentação específica e diretrizes claras, bem como a ausência de incentivos financeiros e fiscais que comprometem a viabilidade econômica e a adoção em larga escala dessas tecnologias, limitando seu potencial de contribuição para a EE, sustentabilidade ambiental e redução de impactos econômicos e ambientais no setor industrial.

#### 6.4.2 Identificação dos atores

A adoção da política pública proposta afeta beneficentemente diferentes segmentos da sociedade, de modo geral. A relevância do impacto em cada um dos atores é variável, estando indicada na relação a seguir. Essa relação não é exaustiva, mas procura ilustrar a abrangência da proposta.

- Indústrias — empreendimentos que poderiam se beneficiar da cogeração e redução de perdas de energia térmica em suas instalações. A falta de diretrizes claras e incentivos adequados desencoraja investimentos nesses sistemas, pelas indústrias, resultando em perdas de EE e competitividade.
- Associação da Indústria de Cogeração de Energia (Cogen) — como uma entidade representativa dos cogeneradores, a Cogen desempenha um papel fundamental na promoção e defesa dos interesses desse setor. A implementação da política pública proposta pode afetar significativamente seus membros, uma vez que visa melhorar as condições regulatórias e os incentivos para a cogeração, principalmente financeiros e fiscais. Isso pode criar oportunidades adicionais para os cogeneradores, incentivando seu crescimento e sua contribuição para a EE e a sustentabilidade no cenário energético nacional. A Cogen desempenha um papel vital na defesa desses interesses e na promoção das vantagens da cogeração.
- Setor financeiro (composto por bancos e instituições de investimento) — sua importância reside em fornecer financiamento para projetos de EE e recuperação de calor. A falta de regulamentação e incentivos claros pode afetar negativamente o financiamento desses projetos, comprometendo sua viabilidade econômica. Portanto, o setor financeiro desempenha um papel vital como facilitador na promoção de soluções que incentivam investimentos em EE e recuperação de calor, contribuindo para um setor industrial mais sustentável e eficiente.



- Consumidores de energia — a falta de regulações eficientes pode resultar em tarifas de energia mais altas, uma vez que a cogeração e a redução de perdas de energia térmica na indústria são soluções eficientes que poderiam contribuir para a redução dos custos de energia.
- Comunidades localizadas próximas às indústrias — a ineficiência energética causada pela falta de regulamentação adequada para a redução de perdas de energia térmica na indústria, resulta em um maior consumo de energia primária, o que pode levar a um aumento em emissões de gases tóxicos e materiais particulados e impactos ambientais negativos, como as emissões de GEE.
- Sociedade — a oportunidade de reduzir as emissões de GEE, contribui para um ambiente mais limpo e saudável. Além disso, ao promover a EE e a competitividade da indústria, essa tecnologia pode impactar positivamente os preços dos produtos no mercado, tornando-os mais acessíveis para os consumidores e melhorando, assim, a qualidade de vida de toda a sociedade.
- Ministério de Minas e Energia (MME) — desempenha um papel essencial na coordenação e implementação de estratégias para o setor energético do país. Ele é afetado positivamente pela política de cogeração distribuída, uma vez que essa abordagem contribui diretamente para os objetivos governamentais de EE, diversificação da matriz e redução das emissões de GEE. O MME, portanto, tem a oportunidade de fortalecer sua posição como defensor das energias limpas e eficientes, ao mesmo tempo em que promove o desenvolvimento econômico sustentável do país por meio da cogeração distribuída.
- Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) — a cogeração distribuída pode contribuir para o fortalecimento da indústria nacional, tornando-a mais competitiva por meio da redução de custos de energia e aumento da eficiência. Além disso, ao promover a adoção de tecnologias de cogeração e recuperação de calor, o MDIC pode impulsionar a inovação e o desenvolvimento tecnológico na indústria, o que pode resultar em produtos mais avançados e competitivos no mercado internacional. Ademais, ele desempenha um papel fundamental no apoio e na promoção dessa política, alinhando-a com os objetivos de desenvolvimento industrial e econômico do país.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA) — a cogeração distribuída contribui para a redução do desperdício de recursos energéticos e mitigação de impactos ambientais, alinhando-se diretamente com os objetivos de sustentabilidade e preservação ambiental do MMA. Ao promover o uso eficiente de energia e a recuperação de calor residual, essa política pode ajudar a reduzir as emissões de GEE e minimizar o impacto ambiental da indústria.



- Extinto Ministério da Economia (ME), agora desmembrado em quatro pastas (Fazenda, Planejamento e Orçamento, Gestão e Inovação dos Serviços Públicos, e Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.) - a EE promovida por esta política pode resultar em economias significativas para as empresas, o que, por sua vez, pode contribuir para o crescimento econômico do país. Além disso, ao reduzir os custos de energia das indústrias, a cogeração distribuída pode melhorar a competitividade da economia brasileira, especialmente no mercado global. A pasta responsável deve considerar essa política como uma oportunidade para promover o desenvolvimento econômico sustentável, atraindo investimentos e estimulando a inovação no setor industrial, o que pode, por sua vez, impulsionar a economia como um todo.
- Pesquisadores e desenvolvedores de tecnologia — a falta de um ambiente regulatório favorável pode desestimular a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias relacionadas à cogeração e ao aproveitamento de rejeito térmico. A ausência de diretrizes claras e incentivos pode dificultar a inovação e adoção de soluções mais eficientes e sustentáveis.

#### 6.4.3 Identificação da base legal

O Brasil é signatário da Declaração de Versalhes da Agência Internacional de Energia, de junho de 2023, na qual se estabelece que os ganhos de EE até 2030 devem ser dobrados em relação aos níveis atuais — atualmente, a média de ganho em EE é de aproximadamente 2% por ano, devendo então chegar a 4% até 2030. A política de cogeração distribuída e EE proposta está totalmente alinhada com esse compromisso e o MME deve monitorar de perto os ganhos de eficiência decorrentes dessa política para alcançar as metas assumidas.

Além desse dever diretamente ligado à EE, cita-se também o compromisso com a redução de emissões de GEE, assumido no acordo de Paris. Atualmente, a NDC do Brasil é de reduzir em 50% essas emissões até 2030, atingindo a neutralidade em 2050. O aumento da EE associado à cogeração distribuída, contribui para a redução das emissões de GEE, especialmente em processos térmicos industriais que frequentemente envolvem o uso de combustíveis fósseis. Portanto, essa política não apenas atende aos objetivos, mas também é um passo significativo em direção ao cumprimento das metas de redução de emissões assumidas no acordo internacional.

No que se refere à identificação da base legal que respalda as ações de órgãos e entidades governamentais no âmbito da cogeração e recuperação de calor, diversos órgãos desempenham papéis cruciais na regulamentação e supervisão dessas práticas no Brasil. Além da Aneel, responsável pela regulação do setor elétrico, a ANP também possui competências relacionadas à cogeração, especialmente no que diz respeito ao uso de combustíveis fósseis. Juntamente com essas agências, órgãos públicos e suas secretarias e seus departamentos, desempenham um papel relevante na construção da base legal que envolve a cogeração e recuperação de calor residual no país. A competência legal desses órgãos é respaldada por uma série de dispositivos legais, que incluem leis, decretos, resoluções e portarias, formando um arcabouço normativo complexo e interconectado.



O Brasil possui alguns marcos legais direta ou indiretamente relacionados à cogeração, conforme detalhado a seguir:

- Decreto nº 5.163/2004 — regulamenta a comercialização de energia elétrica e o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica.
- Lei nº 14.300/2022 — institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS).
- Lei nº 9.427/1996 — estabelece as atribuições da Aneel, incluindo a regulação, fiscalização e concessão de autorizações para geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. A cogeração qualificada é uma forma de geração de energia elétrica, e a Aneel tem competência para regular e fiscalizar essa atividade.
- Lei nº 9.478/1997 — dispõe sobre a política energética nacional e as atividades relativas ao monopólio do petróleo e institui o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e a ANP.
- Decreto nº 2.003/1996 — regulamenta a produção de energia elétrica por produtor Independente e autoprodutor e dá outras providências.
- Resolução Normativa Aneel nº 1.031/2022 — consolida os atos regulatórios relativos aos procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e distribuição para empreendimentos hidrelétricos, solares, eólicos, de biomassa ou de cogeração qualificada.
- Lei nº 14.120/2021 — aborda o encerramento da política de redução gradual das tarifas de uso do sistema de transmissão e distribuição, conhecidas como TUST e TUSD, que anteriormente eram subsidiadas pelo governo. Essa alteração tem implicações significativas para o setor de cogeração, uma vez que as isenções eram um dos fatores de estímulo à cogeração qualificada.
- Lei nº 14.134/2021 — estabelece o novo marco legal do gás, que tem como objetivo promover a abertura do mercado de gás natural no país, incentivar a concorrência e estimular investimentos no setor.

No que tange à transformação do potencial de energia térmica recuperável em economia de energia propriamente dita, inexistente um marco regulatório específico. Contudo, o novo marco legal do gás no Brasil, regulamentado pela ANP, possui disposições que podem estar relacionadas à recuperação de calor na indústria, por exemplo. Embora a lei não aborde diretamente a recuperação de calor, promove um ambiente de maior EE, o que pode incentivar práticas como essa na indústria. Além disso, a legislação aborda questões contratuais e



tarifárias, que podem afetar a viabilidade econômica da recuperação de calor, dependendo dos termos e condições dos contratos de fornecimento de gás. A lei busca a separação entre as atividades de produção, transporte, distribuição e comercialização de gás natural, criando um ambiente mais competitivo. Isso pode influenciar a disponibilidade e os preços do gás para uso industrial o que também pode viabilizar projetos de recuperação de energia.

Embora a lei não aborde diretamente a recuperação de calor, ela pode ser relevante para a utilização do gás natural como fonte de energia térmica e, conseqüentemente, para a EE na indústria. No entanto, é importante ressaltar que o enfoque da legislação do gás natural é mais amplo e abrange a regulação de exploração, produção, transporte, distribuição e comercialização do gás natural. Portanto, para uma abordagem específica sobre a recuperação de calor na indústria, devem ser necessárias regulamentações ou normas adicionais.

Recomenda-se uma abordagem conjunta da Aneel e ANP para a cogeração distribuída e a atuação também da ANP na transformação do potencial de energia térmica recuperável em economia de energia propriamente dita. A Aneel deve estabelecer diretrizes e incentivos para a implantação de sistemas de cogeração distribuída, promovendo a EE em pequenas indústrias. Por sua vez, a ANP pode desempenhar um papel relevante na promoção e regulamentação do uso do gás natural como fonte de energia térmica na indústria de menor porte. A articulação entre essas agências, juntamente com outros órgãos competentes, é fundamental para uma abordagem abrangente e eficaz, permitindo uma visão integrada e coordenada das questões relacionadas à cogeração distribuída e ao uso eficiente de recursos energéticos no país.

#### 6.4.4 Definição dos objetivos que se pretende alcançar

Este instrumento regulatório aqui apresentado tem como objetivo fundamental incentivar a adoção de tecnologias de cogeração distribuída e recuperação de calor residual, promovendo a EE em pequenas indústrias em todo o território nacional. A cogeração distribuída e os sistemas de recuperação de calor — como bombas de calor, economizadores, preaquecedores de ar e controles de oxigênio — visam aumentar a EE e reduzir os custos operacionais. Estima-se que as economias típicas possam variar significativamente com base no tipo de equipamento e na aplicação específica. Em particular, a cogeração distribuída pode atingir eficiência entre 5% e 15%, enquanto preaquecedores de ar e controles de oxigênio podem proporcionar economias de 2% a 5%. Já as bombas de calor em sistemas de aquecimento, podem alcançar impressionante eficiência de 30% a 50%. No entanto, é importante observar que esses valores são estimativas gerais e podem variar dependendo das condições específicas de cada instalação e aplicação. Portanto, recomenda-se consultar especialistas para avaliar as economias reais em cada caso.

Como objetivos-meio podem ser citados:

- Desenvolver uma política de incentivo sustentável — o foco deste objetivo é estabelecer uma política de incentivo sólida, duradoura e clara para a cogeração distribuída, promovendo a sua adoção generalizada.



- Implementar regulamentações sobre recuperação de calor industrial — este objetivo visa criar normas e procedimentos regulatórios que tornem obrigatória a aquisição de equipamentos de recuperação de calor em fornos e caldeiras, garantindo uma abordagem mais eficiente na utilização de recursos térmicos.
- Facilitar investimentos em cogeração distribuída e recuperação de calor — este objetivo concentra-se em estabelecer mecanismos que facilitem investimentos em equipamentos de recuperação de calor, como subsídios financeiros, tarifas diferenciadas e incentivos fiscais, visando tornar a cogeração distribuída mais economicamente atraente para as empresas e indústrias.

Ao alcançar os objetivos propostos, os impactos esperados com a implementação desta política são:

- Redução de custos industriais ao promover a cogeração distribuída e recuperação de calor — espera-se uma redução significativa nos custos operacionais e de energia das indústrias. Isso ocorre porque esses sistemas permitem o aproveitamento máximo da energia térmica que, de outra forma, seria desperdiçada. A redução nos custos de energia e a otimização dos processos industriais resultam em produtos mais competitivos no mercado.
- Aumento da competitividade industrial — a política de cogeração distribuída e recuperação de calor tem o potencial de tornar as indústrias brasileiras mais competitivas internacionalmente. Isso ocorre por meio da redução de custos operacionais, que permite preços de produtos e serviços mais competitivos. Além disso, a EE pode melhorar a sustentabilidade ambiental das operações industriais, aumentando a atratividade para mercados e consumidores globais que valorizam a responsabilidade ambiental.
- Desenvolvimento de uma indústria de equipamentos eficientes — como parte do estímulo aos investimentos em equipamentos de recuperação de calor, espera-se o crescimento de uma indústria local especializada na fabricação e manutenção desses equipamentos. Isso cria oportunidades de emprego e fortalece a cadeia de suprimentos local.
- Desenvolvimento tecnológico e inovação — o incentivo aos investimentos em tecnologias de cogeração e recuperação de calor, pode impulsionar o desenvolvimento de soluções mais eficientes e sustentáveis, promovendo a inovação tecnológica na indústria brasileira.
- Fortalecimento da resiliência energética — o estímulo à adoção da cogeração distribuída contribui para uma matriz energética mais diversificada e resiliente, reduzindo a dependência exclusiva das fontes hídricas em um país predominantemente hidrotérmico como o Brasil. Isso ajuda a evitar crises energéticas e reduz a vulnerabilidade a variações climáticas.



- Contribuição para metas de políticas energéticas e ambientais — essa política pode contribuir significativamente para o alcance das metas nacionais de EE e sustentabilidade ambiental, ajudando o Brasil a cumprir compromissos internacionais e construir um futuro energético mais limpo e resiliente.

O objetivo desta proposta é melhorar a EE térmica e a recuperação de calor nos processos industriais. No entanto, a alternativa sugerida nesta iniciativa acaba tendo um impacto mais abrangente, pois sua aplicação beneficia também outras formas de energia além da térmica.

#### 6.4.5 Estratégia para implementação da política

Para implementar uma política que supere as lacunas regulatórias referentes à cogeração distribuída no Brasil e promova o emprego em larga escala de equipamentos de recuperação de calor, é sugerida a seguinte estratégia:

- Avaliação e diagnóstico — realizar uma avaliação abrangente do atual cenário da cogeração distribuída no Brasil e do potencial técnico de energia recuperável, identificando os principais desafios regulatórios, os obstáculos burocráticos e as lacunas na legislação. Esse diagnóstico servirá como base para a formulação da nova política, etapa essa já realizada no âmbito deste trabalho (Produto 2 e Produto 3). Ator responsável: MME.
- Engajamento dos *stakeholders* — envolver e engajar os principais *stakeholders*, como produtores de energia, associações do setor, órgãos reguladores, empresas de distribuição de energia e consumidores (atores responsáveis). Realizar consultas públicas, audiências e debates para obter contribuições e perspectivas dos envolvidos, garantindo uma abordagem participativa e inclusiva.
- Elaboração da nova regulamentação — com base nas informações coletadas e nas contribuições dos *stakeholders*, elaborar uma nova regulamentação que aborde os problemas identificados. A regulamentação deve contemplar os objetivos definidos anteriormente. Atores responsáveis: ANP e Aneel.
- Criar subsídios financeiros, tarifas diferenciadas, incentivos fiscais ou outros mecanismos — tais medidas estimulam os investimentos em equipamentos de recuperação de calor e tornam a cogeração distribuída mais atrativa economicamente. Esses incentivos podem ajudar a reduzir os custos de implantação e operação dos sistemas de cogeração, tornando-os mais atraentes economicamente. Atores responsáveis: ME, Bancos, especialmente o BNDES. Alguns exemplos:
  - Financiamento e linhas de crédito específicas: o governo deve criar, via BBDES, programas de financiamento específicos para cogeração distribuída com taxas de juros reduzidas para incentivar a aquisição de equipamentos. Instituições financeiras públicas e privadas podem ser parceiras nesses



programas, facilitando o acesso ao crédito por parte dos empreendedores interessados em investir nessa tecnologia.

- Fundo Garantidor: o Fundo Garantidor de Eficiência Energética (FGEnergia) deve expandir suas diretrizes para incluir projetos de cogeração distribuída como beneficiários elegíveis.
- Incentivos fiscais: o governo pode oferecer incentivos fiscais para empresas que adotem a cogeração distribuída, como isenções ou reduções de impostos sobre a compra de equipamentos, a geração de energia ou o uso de combustíveis renováveis.
- Realizar Análise de Impacto Regulatório e Econômico — realizar análises de impacto regulatório e estudos econômicos para avaliar os efeitos da nova regulamentação. Isso inclui estimativas de investimentos, impacto na geração de empregos, benefícios ambientais, redução de custos e outros indicadores relevantes. Essas análises fornecerão embasamento para a tomada de decisão e a comunicação dos benefícios da política proposta. Etapa essa já realizada no âmbito deste trabalho (Produto 9). Atores responsáveis: MME, ME, MDIC e MMA.
- Estabelecer parcerias internacionais — estabelecer colaborações internacionais relevantes para o desenvolvimento ou fortalecimento da cadeia de fabricantes no Brasil, buscando transferência de conhecimento, tecnologia e experiência em cogeração distribuída e recuperação de calor residual. Essas parcerias podem impulsionar a inovação e competitividade do setor nacional, beneficiando a indústria local e promovendo a adoção de melhores práticas internacionais. Atores responsáveis: MME, ME, MDIC e MMA.
- Implementar e monitorar — implementar a nova regulamentação de forma gradual e planejada, fornecendo orientações claras aos agentes envolvidos. Estabelecer mecanismos de monitoramento e avaliação contínua para acompanhar o progresso da implementação, identificar eventuais ajustes necessários e garantir a efetividade da política. Atores responsáveis: ANP e Aneel.
- Comunicar e conscientizar — realizar campanhas de comunicação e conscientização para promover a cogeração qualificada, os equipamentos que aproveitam energia térmica e os benefícios da nova política. Informar aos potenciais investidores, consumidores e outros *stakeholders* sobre as oportunidades e vantagens da cogeração qualificada, incentivando sua adoção e a participação ativa deles no mercado. Atores responsáveis: MME e Cogen.
- Revisar periodicamente — realizar revisões periódicas da regulamentação, levando em consideração a evolução do setor, os avanços tecnológicos e as mudanças no contexto energético. Essas revisões permitirão ajustes e aprimoramentos contínuos



na política, garantindo sua eficácia e adaptabilidade às necessidades do mercado. Atores responsáveis: MME, ME, MDIC, MMA; Aneel, ANP e sociedade civil.

#### 6.4.6 Estratégia de fiscalização e monitoramento

Considerando a implementação da política de cogeração distribuída e recuperação de calor, é fundamental estabelecer uma estratégia abrangente de fiscalização e monitoramento. A ação proposta requer um processo de fiscalização efetiva, com os seguintes aspectos a serem considerados:

- Tipo de fiscalização — recomenda-se uma abordagem que combine fiscalização preventiva, inspeções com frequência pré-definida e auditorias. A fiscalização preventiva envolveria a análise de projetos e planos de implementação, garantindo que estejam em conformidade com as regulamentações estabelecidas. As inspeções periódicas verificariam a conformidade contínua durante a operação dos sistemas de cogeração distribuída e recuperação de calor, enquanto as auditorias seriam realizadas de forma mais abrangente, avaliando o desempenho geral e o cumprimento das metas estabelecidas.
- Responsáveis pela fiscalização — a responsabilidade seria das agências reguladoras, como Aneel e ANP, juntamente com órgãos ambientais e entidades relacionadas à EE. A coordenação entre essas instituições é essencial para garantir uma abordagem integrada.

Deve-se observar que a infraestrutura, os recursos, os equipamentos e o pessoal necessários para a fiscalização, devem ser adequadamente disponibilizados pelas entidades responsáveis. Além disso, a fiscalização demandará que sejam coletadas informações específicas, como dados de consumo energético, eficiência dos sistemas de cogeração distribuída, emissões de GEE evitadas e outras métricas relevantes. Essas informações devem estar prontamente disponíveis ou serem coletadas regularmente.

Será necessária uma preparação específica para as atividades de fiscalização, incluindo a capacitação dos fiscais e adaptação de processos internos. Isso pode demandar algum tempo, especialmente no início da implementação da política. Ademais, os custos de fiscalização devem ser compatíveis e proporcionais aos objetivos, garantindo que os recursos públicos sejam utilizados de forma eficaz.

Além disso, é essencial definir indicadores relevantes para monitorar o desempenho da política de cogeração distribuída e recuperação de calor. A lista a seguir apresenta alguns indicadores sugeridos, que podem ser ajustados de acordo com a estratégia específica:

- Redução do consumo de energia nas instalações abrangidas pela política.
- Aumento da EE nas instalações com sistemas de cogeração distribuída e recuperação de calor.
- Quantidade de emissões de GEE evitadas devido à implementação da política.
- Número de projetos de cogeração distribuída e recuperação de calor implantados.



- Uso de tecnologias mais limpas e eficientes.
- Avaliação do grau de satisfação das indústrias beneficiadas pela política.
- Aumento da competitividade da indústria.
- Impacto na sociedade — redução de emissões de quaisquer naturezas, por exemplo.
- Impacto na economia — PIB e geração de empregos, por exemplo.

Esses indicadores fornecerão insights valiosos sobre o impacto da política, permitindo ajustes e revisões contínuas para garantir sua eficácia e adaptação às necessidades do setor energético. O monitoramento e a avaliação devem ser realizados anualmente e os resultados devem ser divulgados amplamente para conhecimento de todos os interessados e da sociedade em geral. Essas informações contribuirão para uma política mais eficaz e alinhada com os objetivos de EE e sustentabilidade.

## 6.5 Processos de contribuições e manifestações da sociedade

Existem diversas formas de promover a participação da sociedade para a elaboração das quatro políticas propostas neste capítulo, permitindo que as informações, contribuições e manifestações sejam consideradas.

A seguir, são detalhados alguns exemplos de processos de participação:

- Consultas públicas — realizar consultas públicas, onde a proposta de política é disponibilizada para consulta e aberta a contribuições e manifestações da sociedade. Elas podem ser conduzidas por meio de plataformas online, permitindo que os interessados enviem suas opiniões, sugestões e críticas sobre a política proposta. As contribuições recebidas devem ser analisadas e consideradas na revisão e aprimoramento da política.
- Audiências públicas — promover audiências públicas em diferentes regiões do país, oferecendo à sociedade a oportunidade de se manifestar oralmente sobre a proposta de política. Essas audiências podem ser realizadas em parceria com órgãos reguladores, associações do setor e outros atores relevantes. As contribuições e manifestações apresentadas durante as audiências devem ser registradas e levadas em consideração na formulação final da política.
- Fóruns e grupos de trabalho — estabelecer fóruns e grupos de trabalho compostos por representantes da sociedade civil, especialistas, acadêmicos e demais interessados no tema. Esses fóruns podem ser espaços de discussão e debate, nos quais as informações, contribuições e manifestações são compartilhadas, analisadas e utilizadas para subsidiar a elaboração da política. Os resultados e recomendações desses fóruns devem ser considerados na formulação da política.
- Envio de contribuições por meio eletrônico — disponibilizar um canal eletrônico para o recebimento de contribuições e manifestações da sociedade sobre a proposta de política. Essa plataforma online permite que os interessados enviem seus



comentários, suas sugestões e seus questionamentos de forma conveniente. As contribuições recebidas devem ser compiladas e consideradas no processo de revisão da política.

- Reuniões e workshops temáticos — realizar reuniões e workshops temáticos com representantes dos segmentos industriais, empresas de energia, organizações ambientais e consumidores. Esses encontros proporcionam um espaço para a troca de informações e a coleta de contribuições técnicas e práticas sobre a política em discussão.
- Transparência na divulgação de informações — garantir a transparência na divulgação de informações sobre a elaboração da proposta de política. Disponibilizar documentos, estudos técnicos, análises de impacto e demais materiais relacionados à política proposta, permitindo que a sociedade tenha acesso às informações relevantes e possa fornecer contribuições embasadas.



## 7. Considerações finais

Visando garantir que as indústrias transformem a energia recuperável em energia útil, é necessário construir um arcabouço regulatório para que este setor invista em medidas de EE. Desta forma, neste relatório foram propostas quatro políticas públicas importantes para incentivar a EE térmica nas indústrias.

Para escolha destas políticas, inicialmente, foi feita uma revisão literária e documental para entender quais são os instrumentos regulatórios mais adotados no mundo, para se incentivar o investimento em EE nas indústrias e ter como resultado maior recuperação da energia útil. Para tanto, foi feita uma análise bastante abrangente da literatura, além de serem consultadas bases de dados da CLASP, IEA e Cepal. Com isso, teve-se uma visão abrangente das principais políticas adotadas no Brasil e no mundo.

Além disso, foram feitas três entrevistas com especialistas de relevantes instituições internacionais: CLASP, IEA e ENEA. Estas conversas foram importantes para se obter as percepções sobre as políticas públicas que vem sendo adotadas pelos países no mundo para aumentar a EE térmica das indústrias.

Com base nos resultados da revisão da literatura e das consultas a importantes entidades internacionais que trabalham com políticas públicas para aumentar a EE do setor industrial, foi possível elaborar uma lista com treze propostas de políticas públicas que devem passar pelo escrutínio de especialistas do setor. As políticas selecionadas foram: Créditos fiscais de equipamentos; Subsídios de equipamentos; Financiamento de equipamentos; Financiamento de projetos; Inovação; Programa de Cogeração; Treinamento e educação; Gestão energética; Acordo voluntário; Digitalização da indústria; Eletrificação da indústria; MEPS — Índices mínimos; e Bônus de equipamentos.

Cada um destes instrumentos regulatórios foi descrito, sendo preparado um instrumento de coleta de dados (questionário), com vistas a identificar a relevância, para cada um dos entrevistados consultados, das treze políticas listadas à luz de cinco critérios de escolha, a saber: sustentabilidade; riscos políticos; dificuldade de implementação; custo-efetividade; e governança pública. Estes critérios foram discutidos e validados pela GIZ e GT de Térmica do MME.

Para se definir os pesos dos cinco critérios, foram consultados especialistas do MME, MDIC e GIZ em reunião realizada no dia 24/05/2023. Esta reunião contou com a participação de profissionais das seguintes instituições MME, MDIC e GIZ, que definiram os pesos, sendo utilizado o método AHP. Como resultado, percebeu-se que os critérios custo-efetividade e sustentabilidade obtiveram os maiores pesos — 41,10% e 31,3%, respectivamente.

Como colocado, quatro destas propostas de políticas foram selecionadas por meio de uma ferramenta de análise multicritério, considerando as opiniões de trinta especialistas que foram entrevistados. Estas entrevistas foram realizadas entre os dias 22/05 e 06/06, sendo bem representada pelos atores que devem ser envolvidos no processo. Grande parte destas foi realizada com especialistas em políticas públicas que trabalham em órgãos como MME,



MDIC, ENBPar, Inmetro e INEE. Além disso, participaram das entrevistas pesquisadores de algumas universidades, como Unifei e Unicamp. Vale destacar que houve a participação de diversos atores como Associações de classe, Bancos, inclusive o BNDES, ESCOs, fornecedores de tecnologia, indústrias, ONGs e representantes da Indústria.

Para hierarquização destas quatro políticas públicas, foram utilizados métodos multicritérios de apoio à decisão, em especial o método AHP para definição dos pesos dos critérios, como já explicado, e o método *fuzzi-TOPSIS* para hierarquização das políticas, seguindo as opiniões dos trinta especialistas consultados.

Como resultado desta hierarquização, as quatro políticas preferidas pelos especialistas foram: Treinamento e educação; Gestão energética; Inovação; e Acordo voluntário. Percebeu-se ainda que políticas de subsídios não são desejadas.

De posse das quatro políticas, uma descrição destas foi feita de forma mais detalhada considerando alguns tópicos do Guia Orientativo para Elaboração de AIR do governo federal. Este guia foi utilizado apenas para orientar o detalhamento das quatro políticas escolhidas pelos especialistas, não sendo uma análise de impacto regulatória *per se*. Desta forma, para cada uma delas foram identificados o problema regulatório, os atores envolvidos no processo e a base legal existente. Além disso, foram definidos os objetivos que se pretendem alcançar com tais políticas e as estratégias de implementação e fiscalização.

Como próximos passos, serão calculados os resultados macroeconômicos, sociais e ambientais destas políticas. Também serão calculados os potenciais de EE térmica trazidos com uma possível implementação delas, além de serem definidas metas de redução de emissões de GEE.



## Referências

Alipour, M.; Hafezi, R.; Ervural, B.; Kaviani, M.A.; Kabak, O. Long-term policy evaluation: Application of a new robust decision framework for Iran's energy exports security. *Energy*, v. 157, p. 914-931, 2018.

Blanco G, Amarilla R, Martinez A, Llamosas C, Oxilia V. Energy transitions and emerging economies: a multi-criteria analysis of policy options for hydropower surplus utilization in Paraguay. *Energy Policy*. 2017;108:312-321.

Cabral, Renata Fonseca. Estimativa Econométrica das Elasticidades Renda e Preço da Demanda por Gás Natural para o Setor Industrial no Brasil. Dissertação de Mestrado. USP. São Paulo, 2013.

Casa Civil. Diretrizes Gerais e Guia de Orientação para Elaboração de Análise de Impacto Regulatório – AIR. Brasília, 2018.

Castro, J. C. Aplicação do método de análise multicritério para selecionar políticas públicas de incentivo à redução da informalidade no polo de confecções do agreste pernambucano. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru. 2013.

Chen, C. T. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under *fuzzi* environment. *Fuzzi Sets and Systems*, v. 114, p. 1–9, 2000.

Costa, H. G. IPÊ 1.0: Guia do Usuário. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2004. Disponível em: [http://www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume42004/RelPesq\\_V4\\_2004\\_05.pdf](http://www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume42004/RelPesq_V4_2004_05.pdf) >

Dantas, Guilherme; Viegas, Thales. Desafios e Oportunidades para o Gás Natural no Brasil. Report. Essenz Soluções. Rio de Janeiro, 2021.

Dong J, Huo H, Guo S. Demand side management performance evaluation for commercial enterprises. *Sustainability*. 2016;8(10):1041.

FGV, Fundação Getúlio Vargas. Gás Natural: Uma nova fase institucional, regulatória e econômica. *Cadernos de Energia*. FGV ENERGIA. Rio de Janeiro, 2023.

Kablan MM. Decision support for energy conservation promotion: an analytic hierarchy process approach. *Energy Policy*. 2004;32(10):1151-1158.

Kowalski K, Stagl S, Madlener R, Omann I. Sustainable energy futures: methodological challenges in combining scenarios and participatory multi-criteria analysis. *Eur J Oper Res*. 2009;197(3):1063-1074

Liu, C.-H.; Tzeng, G.-H.; Lee, M.-H. Improving tourism policy implementation – The use of hybrid MCDM models. *Tourism Management*, v. 33, p. 413-426, 2012.



Madlener R, Stagl S. Sustainability-guided promotion of renew-able electricity generation. *Ecol Econ.* 2005;53(2):147-167.

Malta, F. S.; Costa, E. M. D.; Magrini, A. Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 22, p. 3933-3944, 2017.

Mathias, Melissa Cristina. Regulação da Indústria de Gás Natural. Apresentação no PPE/COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.

Agel, S.; Nagel, R. Incentives, MCDM, and environmental protection. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 13, p. 225-230, 1989.

Paffard, B., Wilkinson-Dix, J., Tod, A., Weatherall, D. Energy Saving Trust Existing support measures for energy audits and energy efficiency in SMEs. LEAP 4 SME. 2021.

Ponte, G. P.; Calili, R. F.; Souza, R. C. Energy generation in Brazilian isolated systems: Challenges and proposals for increasing the share of renewables based on a multicriteria analysis. *Energy for Sustainable Development*, v. 61, p. 74-88, 2021.

Riesgo, L.; Gómez-Limón, J. A. Multi-criteria policy scenario analysis for public regulation of irrigated agriculture. *Agricultural Systems*, v. 91, p. 1-28, 2006.

Saaty, T. L. Método de análise hierárquica. São Paulo: McGraw Hill, 1991.

Shen YC, Chou CJ, Lin GTR. The portfolio of renewable energy sources for achieving the three E policy goals. *Energy*. 2011;36(5):2589-2598.

Ulutas BH. Determination of the appropriate energy policy for Turkey. *Energy*. 2005;30(7):1146-1161.

United Nations Economic Commission for Europe (2015). Best policy practices for promoting energy efficiency: a structured framework of best practices in policies to promote energy efficiency for climate change mitigation and sustainable development. Nova York e Genebra, 2015.

Wimmler, C. et al. Multi-Criteria Decision Support Methods for Renewable Energy Systems on Islands. *Journal of Clean Energy Technologies*, v. 3, n. 3, Maio 2015.

WIPO. Resumo executivo -Índice Global de Inovação 2022. Disponível em <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo-pub-2000-2022-exec-pt-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf>.

Sites da internet consultados:

<https://www.gov.br/aneel/pt-br>

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home>

<https://www.aeecenter.org/certified-energy-manager/>

<https://www.clasp.org.br/>

<https://www.gov.br/mcti/pt-br/composicao/rede-mcti/conselho-nacional-de-desenvolvimento-cientifico-e-tecnologico>

<https://embrapii.org.br/>

<https://www.enea.it/en/enea/about-us>

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:62OCM-SVG2EJ:portal.mec.gov.br/educacao-profissional-e-tecnologica-ept&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>

<http://www.abesco.com.br/pt/>

<https://www.gov.br/sudeco/pt-br/assuntos/fundo-de-desenvolvimento-do-centro-oeste>

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finame-todos>

<http://www.finep.gov.br/>

<https://www.bnb.gov.br/fne>

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/fundos-governamentais/fundo-nacional-sobre-mudan%C3%A7a-do-clima-fnmc>

<https://www.iea.org/>

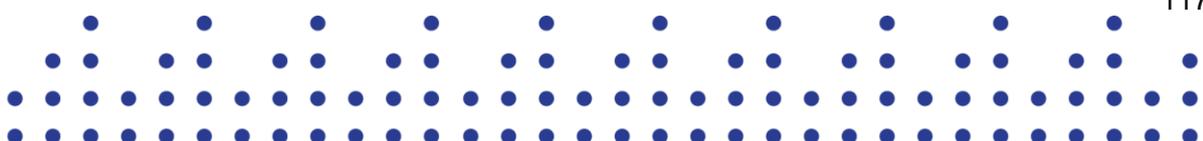
<https://catalogo.ipea.gov.br/politica/359/programa-de-incentivo-a-inovacao-tecnologica-e-adensamento-da-cadeia-produtiva-de-veiculos-automotores>

<https://www.gov.br/mcti/pt-br>

<http://portal.mec.gov.br/>

<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/pesquisa-e-desenvolvimento/programa-de-pesquisa-e-desenvolvimento-tecnologico>

<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/padis>



<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/eficiencia-energetica/pee>

<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD%7D>

<https://www.ccee.org.br/mercado/proinfa>

<https://catalogo.ipea.gov.br/politica/123/programa-de-mobilizacao-da-industria-nacional-de-petroleo-e-gas-natural-prominp>

<https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/credito/pronampe>

<http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/pronatec?start=160>

<http://www.finep.gov.br/afinep/213-fontes-de-recurso/outras-fontes/psi-programa-de-sustentacao-do-investimento/38-psi-programa-de-sustentacao-do-investimento>

<https://www.portaldaindustria.com.br/senai/>

<http://portal.mec.gov.br/Setec-secretaria-de-educacao-profissional-e-tecnologica>

<https://www.iso.org/the-iso-survey.html>



## Apêndice 1: Sumário das políticas de EE nas indústrias

Política	Descrição da política	Interface com iniciativas similares		Experiências internacionais
Créditos Fiscais para Equipamentos	Ofertar créditos fiscais para indústrias que fizerem investimentos em tecnologias para recuperar rejeito térmico (e.g.: preaquecedor de ar, economizador, controle em malha fechada do O2 da chaminé, bomba de calor etc.). A concessão de créditos fiscais poderá ser feita por meio de abatimento do lucro tributável. Iniciativas similares: Programa de Sustentação do Investimento (PSI) do BNDES; e Programa de Desenvolvimento da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural (Prominp).	<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Sustentação do Investimento (PSI) do BNDES;</li> <li>• Programa de Desenvolvimento da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural (Prominp);</li> </ul> <p>Transversais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Padis);</li> <li>• Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (INOVAR-AUTO).</li> </ul>	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norte-Americana;</li> <li>• Canadense;</li> <li>• Europeia.</li> </ul>
Subsídios para Equipamentos	Ofertar subsídios financeiros para facilitar o acesso das indústrias a equipamentos mais eficientes. Esses subsídios podem ser na forma de empréstimos a juros reduzidos, créditos tributários ou subsídios diretos para a compra, como redução de impostos. Iniciativas similares: Redução na alíquota do imposto de importação para quase 1500 produtos por meio da Resolução GECEX no. 173/2021.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Financiamento à Importação e à Produção de Máquinas e Equipamentos (Finame);</li> <li>• Programa Nacional de Apoio às Microempresas e Empresas de Pequeno Porte (Pronampe); e</li> <li>• Programa de Sustentação do Investimento (PSI).</li> </ul>	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norte-americana;</li> <li>• Europeia;</li> <li>• Turca;</li> <li>• Costa-riquenha.</li> </ul>
Financiamento para Equipamentos	Ofertar financiamento com juros reduzidos, por meio de agências ou bancos de desenvolvimento, para indústrias que adotem tecnologias mais limpas e eficientes ou que reduzam a poluição e o impacto ambiental de suas atividades. Iniciativas similares: o BNDES oferece o Programa de Financiamento à Importação e à Produção de Máquinas e	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE);</li> <li>• Fundo de Desenvolvimento do Centro-Oeste (FDCO); e</li> <li>• Fundo do Clima.</li> </ul>	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norte-americana;</li> <li>• Canadense;</li> <li>• Europeia.</li> </ul>



Política	Descrição da política	Interface com iniciativas similares		Experiências internacionais
	Equipamentos (Finame) e o Programa de Sustentação do Investimento (PSI). Citam-se ainda o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), o Fundo de Desenvolvimento do Centro-Oeste (FDCO) e o Fundo Clima.			
Financiamento para projetos de EE	Ofertar financiamento específico e também subsídios para projetos de EE, contemplando tanto a fase de diagnóstico energético como a execução, para indústrias que queiram promover a melhoria de seus processos na área energética e de redução de emissões. Iniciativas similares: PotencializEE - Investimentos Transformadores de EE na Indústria, da GIZ; Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); Programa de EE da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica); Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PotencializEE;</li> <li>• Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel);</li> <li>• Programa de EE da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica); e</li> <li>• Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC).</li> </ul>	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norte-americana;</li> <li>• Canadense;</li> <li>• Europeia.</li> </ul>
Programa de inovação na indústria	Ofertar financiamentos específicos com juros reduzidos ou subsídios diretos para indústrias adotarem práticas mais eficientes na recuperação de energia térmica em seus processos, podendo esses recursos serem direcionados tanto para a aquisição de bens e serviços como para pesquisa e desenvolvimento (P&D). Iniciativas similares: Programa de P&D da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), Programa de P&D da ARSESP (Agência Reguladora de Serviços de Energia do Estado de São Paulo), Inova Energia do Ministério das Minas e Energia, Lei do Bem, Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), CNPq; o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do MCTI, Embrapii; a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial.	<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de P&amp;D da Aneel;</li> <li>• Inova Energia</li> </ul> <p>Transversais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lei do Bem;</li> <li>• FINEP;</li> <li>• CNPq; e</li> <li>• Embrapii.</li> </ul>	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norte-americana;</li> <li>• Europeia.</li> </ul>



Política	Descrição da política	Interface com iniciativas similares		Experiências internacionais
Programa de cogeração industrial	Ofertar incentivos financeiros, recursos, assistência técnica, treinamento e ferramentas de análise para aperfeiçoar os instrumentos existentes referentes a cogeração qualificada, na qual duas ou mais formas de energia útil são produzidas simultaneamente, como calor e energia mecânica (transformada ou não em eletricidade), calor e frio, dentre outras possibilidades. Iniciativas similares: Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) e a regulamentação sobre cogeração qualificada feita pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa); e</li> <li>• Cogeração qualificada da Aneel.</li> </ul>	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norte-americana;</li> <li>• Europeia.</li> </ul>
Programa de treinamento e educação	Ofertar para as indústrias treinamento para engenheiros e técnicos, bem como orientação para a gestão empresarial, incluindo cursos específicos sobre a recuperação de energia térmica, além do fomento à criação de ESCOs, capacitação de consultores, desenvolvimento de programas de pesquisa e desenvolvimento vinculados a bolsas de estudo de graduação e pós-graduação com enfoque em eficiência industrial térmica e desenvolvimento de protocolos de M&V (M&V) e certificações adaptadas à realidade brasileira. Iniciativas similares: Programa EnergIFE, Programa Nacional de Qualificação em Energia - Pronatec Energia Renovável, Instituto Senai de Inovação em Energias Renováveis, cursos oferecidos pelo Procel, Inova Talentos do Instituto Euvaldo Lodi (IEL), Rede e-Tec Brasil coordenada pelo Ministério da Educação.	<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EnergIFE;</li> <li>• Programa Nacional de Qualificação em Energia - Pronatec Energia Renovável;</li> <li>• Senai - Instituto Senai de Inovação em Energias Renováveis; e</li> <li>• Procel.</li> </ul> <p>Transversais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Senai - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial;</li> <li>• Pronatec - Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego;</li> <li>• Inova Talentos;</li> <li>• Rede e-Tec Brasil.</li> </ul>	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norte-americana;</li> <li>• Australiana;</li> <li>• Sul-africana</li> <li>• Turca;</li> <li>• Argentina.</li> </ul>
Programa de gestão energética industrial	Ofertar um programa voluntário que ajude as empresas a melhorar a EE e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, com benefícios financeiros, suporte técnico e reconhecimento público. Para isso, as indústrias devem seguir um processo estruturado de gestão energética baseado em metodologia consagrada. Iniciativas similares: PotencializEE -	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PotencializEE;</li> <li>• Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); e</li> <li>• Programa de EE da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica).</li> </ul>	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inglesa;</li> <li>• alemã;</li> <li>• Canadense;</li> <li>• Paraguaia.</li> </ul>



Política	Descrição da política	Interface com iniciativas similares		Experiências internacionais
	Investimentos Transformadores de EE na Indústria, da GIZ; Procel Indústria.			
Acordo voluntário para EE na Indústria	Ofertar suporte técnico e financeiro às empresas, por meio de programas de incentivo, como descontos fiscais e financiamentos, para que elas possam investir em tecnologias e práticas mais eficientes em termos energéticos, dentro de um compromisso de implementação das medidas e atingimento de metas. Iniciativas similares: Programa Aliança, parceria da Confederação Nacional da Indústria (CNI) com o o Programa Nacional de Conservação de energia elétrica (Procel).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa Aliança</li> </ul>	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Europeia;</li> <li>• Mexicana;</li> <li>• Coreana;</li> <li>• Finlandesa.</li> </ul>
Digitalização da Indústria	Fomentar a adoção de tecnologias digitais na indústria, com o objetivo de aumentar a EE, a produtividade e a competitividade das empresas utilizando soluções que possuam Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA), por exemplo. Isso pode ser feito por meio de incentivos financeiros, criação de programas de capacitação, estabelecimento de parcerias entre empresas e instituições de pesquisa, estabelecimento de padrões e regulamentações e criação de centros de inovação e incubadoras de empresas. Iniciativas similares: Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT), Centros de Inovação SESI-Senai.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT);</li> <li>• Centros de Inovação SESI-Senai</li> </ul>	•	• Diretiva europeia.
Programa de Eletrificação da Indústria	Ofertar incentivos financeiros para empresas que investem em tecnologias de eletrificação em seus processos produtivos (desde que a origem da energia elétrica seja de fonte renovável), com estabelecimento de metas, criação de programas de capacitação e treinamento para trabalhadores e empresários, estabelecimento de parcerias entre empresas e instituições de pesquisa para desenvolver soluções de eletrificação para a indústria e estabelecimento de	Iniciativas de Geração Distribuída: A geração distribuída é uma alternativa para a eletrificação da indústria, pois permite que as empresas produzam parte da energia elétrica que consomem, reduzindo a dependência da rede elétrica. O Brasil possui diversas iniciativas para incentivar a geração	•	• Diretiva europeia para renováveis.



Política	Descrição da política	Interface com iniciativas similares		Experiências internacionais
	padrões e regulamentações. A eletrificação da indústria tem por finalidade promover a transição da matriz energética utilizada pelas indústrias, substituindo o uso de combustíveis fósseis por eletricidade, como forma de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e combater as mudanças climática. Iniciativas similares: geração distribuída (GD).	distribuída, como a Resolução Normativa nº 482/2012 da Aneel.		
<i>Minimum Energy Performance Standard</i> - MPES	Estabelecer <i>Minimum Energy Performance Standards</i> - MEPS ou Padrões Mínimos de Desempenho Energético para caldeiras e fornos, impactando na redução de consumo de energia e emissões de gases de efeito-estufa. Iniciativas similares: Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE): Etiquetagem</li> <li>• Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel): Selo Procel; e</li> <li>• Em relação ao setor industrial, apenas dois equipamentos são abordados: motobombas centrífugas (até 25cv) e motores elétricos de indução trifásicos.</li> </ul>	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chinesa;</li> <li>• Iraniana;</li> <li>• Taiwanesa.</li> </ul>
Programa de Bônus para Equipamentos	Ofertar incentivos financeiros para empresas que comprarem equipamentos industriais com EE superior à mínima exigida, na área térmica, na forma de descontos no preço de compra dos equipamentos, reembolsos parciais ou totais do custo de compra ou créditos fiscais. Como exemplo de equipamentos que poderiam receber os bônus seriam fornos ou caldeiras que venham com isolamento térmico eficaz, preaquecedor de ar, economizador e controle em malha fechada do O2 da chaminé. Iniciativas similares: Incentivo à substituição de motores elétricos por motores de alto rendimento dentro do Programa de EE (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).	Programa de EE da Aneel (Programa de rebate de motores elétricos).	•	• Italiana.





## Apêndice 2: Impacto de políticas do setor de gás nas políticas propostas

Historicamente, o Brasil apresenta um consumo de gás natural em níveis aquém do potencial disponível no país. Como ilustração, este energético representa algo em torno de 24% do consumo de energia em nível mundial enquanto no Brasil sua participação é da ordem de 13% (FGV, 2023).

Ao se constatar que o Brasil possui grandes reservas deste insumo, compreende-se o aumento da participação de gás natural na matriz brasileira ser umas das pautas mais frequentes nas discussões acerca da política energética brasileira, sobretudo quando se considera suas diferentes aplicações e sua menor intensidade em carbono. Essa é uma problemática que transcende o setor energético. Notadamente, existe o entendimento que o uso em larga escala do gás natural, sobretudo no setor industrial, consistiria em um choque de competitividade na economia brasileira. Nestas bases, é possível diagnosticar que existe um grande desejo da disponibilização de gás natural em bases de preços competitivos no Brasil.

A compreensão deste aparente paradoxo passa por uma breve revisão dos limitantes da oferta brasileira de gás natural. Sob a ótica técnica, deve ser enfatizado que grande parte das reservas de gás brasileiras são associadas e, por consequência, a produção acaba por estar condicionada à lógica do setor de petróleo.

Adicionalmente, é preciso ressaltar o caráter limitado da rede de gasodutos de transportes no Brasil. Para efeito de dimensionamento, a rede brasileira totaliza algo em torno de 9.000 km, contrastando com os 500.000 km nos EUA (DANTAS e VIEGAS, 2021). Efetivamente, a pouca capilaridade da rede brasileira consiste em um histórico problema para a expansão do uso de gás natural no Brasil.

Embora o uso de gás natural liquefeito (GNL) possa representar em uma alternativa à rede de gasodutos, dado que os terminais de regaseificação estão concentrados na

região litorânea, a disponibilidade de gás natural em bases de custos minimamente competitivas segue concentrada na costa brasileira.

Não obstante, apesar do pré-sal ter resultado em um exponencial aumento das reservas brasileiras de gás natural e de consumo, são necessárias ressalvas quanto ao montante destas reservas passíveis de serem ofertadas em função dos desafios logísticos. Em realidade, mais de 40% da produção de gás natural segue sendo injetada (DANTAS e VIEGAS, 2021).

Todavia, juntamente com estas questões técnicas, é preciso considerar a influência do ambiente organizacional da indústria de gás natural no Brasil nas condicionantes de oferta deste insumo no país. Neste sentido, é importante ressaltar que nos últimos 25 anos vêm sendo adotadas diversas medidas visando disponibilizar o gás natural em condições competitivas. Basicamente, estas iniciativas estão focadas em incitar a concorrência nos mercados de gás natural. Para isso, a garantia de acesso às redes é tida como uma condição básica.

Inicialmente, em um contexto em que a malha de gasodutos e o consumo eram apenas incipientes e existia a necessidade de atrair investimentos, a reforma dos anos 1990, imposta por meio da Lei no. 9.478/1997, quebrou o monopólio da Petrobras e estabeleceu que qualquer agente interessado no uso de dutos tenha seu direito assegurado.

Posteriormente, a Lei 11.909/2009, conhecida na época como a Lei do Gás, trouxe iniciativas visando uma maior abertura do mercado. Dentre suas diretrizes, devem ser destacadas o maior rigor dos critérios de desverticalização do transporte em relação às demais atividades da cadeia produtiva, visando reforçar a garantia de acesso às redes, e a criação das figuras do autoprodutor e do auto importador de gás natural.

Notadamente, a Lei do Gás promulgada em 2009 não foi capaz de impulsionar o setor de gás natural no Brasil. Logo, são compreensíveis as iniciativas realizadas em anos



recentes focadas na dinamização do mercado de gás natural brasileiro, por meio dos programas “Gás para Crescer” e “Novo Mercado de Gás”, novamente voltadas para promoção da concorrência por meio de garantia do acesso às redes, sendo a venda de ativos por parte da Petrobras uma questão central desta política.

Esta busca por promover o gás natural culminou com a promulgação da Lei 14.134/2021, conhecida como a “Nova Lei do Gás”. Com vistas a finalmente criar um mercado dinâmico e possibilitar uma maior utilização do gás natural na matriz energética brasileira, esta lei tornou a desverticalização da indústria uma obrigação legal. Adicionalmente, esta lei foca na disponibilização de informações, atração de novos agentes para o setor e adoção das melhores práticas verificadas em nível internacional para promover a competição no mercado.

Em suma, é possível afirmar que a “Nova Lei do Gás” reúne um conjunto de medidas com potencial para efetivamente dar um “choque” de oferta no mercado de gás natural brasileiro e, por consequência, disponibilizar gás em bases competitivas para o setor industrial brasileiro.

Desta forma, apesar das incertezas existentes quanto à efetividade e à dimensão deste choque, é relevante que sejam analisados os possíveis impactos que o aumento da oferta de gás pode ter no consumo energético da indústria brasileira. Em especial, é preciso avaliar as possíveis implicações na promoção de medidas de EE, sobretudo diante à possibilidade da presença do “efeito rebote”.

Considerando que estes efeitos podem variar de acordo com cada tipo de política de incentivo à EE, é preciso fazer algumas ponderações no que tange às políticas de efficientização do uso de energia térmica no setor industrial brasileiro.

No âmbito de iniciativas voltadas para o estabelecimento de níveis de consumo eficientes e certificações, para a realização de projetos de pesquisa e desenvolvimento, para a difusão de conhecimento e capacitação de capital humano,

é possível afirmar que os impactos do aumento da oferta de gás a preços competitivos tendem a ser limitados. Em contrapartida, políticas fundamentadas em sinais econômicos e financeiros devem sofrer grandes impactos.

Portanto, a discussão acerca das implicações da redução do preço do gás natural na efetividade dos programas de EE irá depender dos instrumentos de incentivo presentes nestes programas. Ou seja, é preciso estudar cada caso e não devem ser generalizados os resultados. Neste sentido, o exame dos impactos do choque de gás nas políticas delineadas no projeto em curso é bastante ilustrativo.

Notadamente, as políticas “Créditos Fiscais”, “Subsídios para Equipamentos”, “Financiamento para Equipamentos” e “Financiamento para Projetos de EE” irão perder efetividade. Explica-se: na medida em que o gás seja disponibilizado em bases mais competitivas, mantendo-se inalteradas as condições de políticas de incentivo às medidas de EE, a atratividade destes sinais econômicos irá se reduzir. Logo, é possível afirmar que os ganhos em termos de EE serão menores.

Já as políticas focadas em “Treinamento e Educação”, “Gestão Energética Industrial”, “Acordo Voluntário” e “Minimum Energy Performance Standard – MPES”, teriam impactos pequenos de um choque de gás natural.

Quando se trata das políticas mais abrangentes, “Programa de Inovação na Indústria”, “Digitalização na Indústria”, “Eletrificação na Indústria” e “Bônus para Equipamentos”, a magnitude das implicações de eventuais reduções no preço do gás natural, conforme já fora mencionado, irá depender dos instrumentos a serem priorizados. Quanto maior a importância dos mecanismos fundamentados em sinais econômicos e financeiros, maiores tendem a ser estes impactos.

Dentre estas políticas, o “Programa de Cogeração Industrial” proposto requer especial atenção. Considerando que a cogeração industrial no Brasil é majoritariamente



realizada por meio de gás natural, a redução do preço de gás natural provavelmente resultaria na perda de efetividade de um programa desta natureza.

A questão que se coloca é a dimensão dos efeitos de um possível choque na oferta de gás natural. Para tentar modelar estes impactos, é preciso recorrer ao conceito de elasticidade preço da demanda. Basicamente, este indicador mede a variação percentual do consumo de um determinado bem em função da variação percentual do seu preço.

Neste âmbito, cabe destacar que existem indícios que, contrastando com o caráter inelástico do consumo de energia elétrica, o consumo de gás natural no setor industrial brasileiro tende a ser sensível a variações de preço. CABRAL (2013) estima esta elasticidade preço em 1,42. Para efeitos de modelagem dos efeitos das mudanças no preço do gás natural na efetividade das proposições de medidas de EE, pode-se assumir este valor como uma boa referência.

Vale destacar que, neste primeiro momento, esta análise do impacto do gás nas políticas públicas propostas tem um caráter qualitativo, sendo melhor aprofundada, após a escolha das quatro políticas públicas, a qual será realizada após as entrevistas com os especialistas.

## Apêndice 3: Roteiro das entrevistas

### Avaliação de Políticas públicas para EE térmica na indústria

#### 1. Objetivo da entrevista

Conforme contextualizado no nosso contato, este questionário faz parte de um estudo proposto no âmbito do programa PotencializEE, uma iniciativa da Cooperação Brasil-Alemanha que conta com recursos da *Mitigation Action Facility* (antes se chamava *NAMA Facility*), um mecanismo de financiamento climático da Alemanha, do Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte, da Dinamarca e da Comissão Europeia. O programa tem como objetivos-chave (i) implementar projetos de EE (EE) em 1.000 pequenas e médias empresas (PMEs) industriais no estado de São Paulo e (ii) viabilizar financiamentos para a implementação destes projetos.

Além do foco da iniciativa na região de São Paulo, o programa PotencializEE tem como objetivo promover o crescimento do mercado de EE para PMEs em nível nacional. Neste sentido, estamos desenvolvendo **um estudo técnico para proposição de políticas públicas de fomento a EE térmica na indústria brasileira**.

O grupo de trabalho envolvido nessa atividade agradece desde já a disponibilidade do Sr.(a) em participar das discussões foco desta entrevista.

Primeiramente, será apresentada uma lista de 13 (treze) propostas de políticas públicas que foram selecionadas a partir de uma revisão bastante abrangente da literatura, validada por órgãos internacionais e pelos membros do GT de Energia Térmica do Ministério de Minas e Energia.

Estas propostas de políticas serão avaliadas à luz de 5 (cinco) critérios (Sustentabilidade, Riscos políticos, Dificuldade de implementação, Custo-efetividade e Governança pública), que, posteriormente, serão considerados em análise multicritério de apoio a decisão, sendo então selecionado um subconjunto de 4 (quatro) políticas.

Para cada uma das 13 (treze) políticas públicas enumeradas, pedimos que considere o grau do uso/aplicação da mesma (por ex.: “muito baixo”, “baixo”, “moderado”, “alto” e “muito alto”) em relação a cada um dos critérios considerados.

Também incluímos a possibilidade do entrevistado escolher a opção N.A. (não se aplica), que indica que o entrevistado não se sente confortável em responder.

#### 2. Descrição Resumida das Políticas Públicas

1. **Créditos Fiscais para Equipamentos (Créditos fiscais equipamentos):** Ofertar créditos fiscais para indústrias que fizerem investimentos em tecnologias para recuperar rejeito térmico (e.g.: preaquecedor de ar, economizador, controle em malha fechada do O<sub>2</sub> da chaminé, bomba de calor etc.). A concessão de créditos fiscais poderá ser feita por meio de abatimento do lucro tributável. Iniciativas similares: Programa de Sustentação do Investimento (PSI) do BNDES; e Programa de Desenvolvimento da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural (Prominp).

2. **Subsídios para Equipamentos (Subsídios equipamentos):** Ofertar subsídios financeiros para facilitar o acesso das indústrias na compra de equipamentos e tecnologias para recuperar rejeito térmico (e.g.: preaquecedor de ar, economizador, controle em malha fechada do O<sub>2</sub> da chaminé, bomba de calor etc.). Esses subsídios podem estar na forma de empréstimos a



juros reduzidos, créditos tributários ou subsídios diretos para a compra, como redução de impostos. Iniciativas similares: Redução na alíquota do imposto de importação para quase 1.500 produtos por meio da Resolução GECEX nº 173/2021.

**3. Financiamento de Equipamentos (Financiamento equipamentos):** Ofertar financiamento com juros reduzidos, por meio de agências ou bancos de desenvolvimento, para indústrias que adotem tecnologias mais limpas e eficientes ou que recuperem rejeito térmico (e.g.: preaquecedor de ar, economizador, controle em malha fechada do O2 da chaminé, bomba de calor etc.). Iniciativas similares: o BNDES oferece o Programa de Financiamento à Importação e à Produção de Máquinas e Equipamentos (Finame) e o Programa de Sustentação do Investimento (PSI). Citam-se ainda o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), o Fundo de Desenvolvimento do Centro-Oeste (FDCO) e o Fundo do Clima.

**4. Financiamento de Projetos (Financiamento projetos):** Ofertar financiamento específico e também subsídios para projetos de EE, contemplando tanto a fase de diagnóstico energético como a execução, para indústrias que queiram promover a melhoria de seus processos na área energética e de redução de emissões. Iniciativas similares: PotencializEE - Investimentos Transformadores de EE na Indústria, da GIZ; Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); Programa de EE da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica); Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC).

**5. Programa Inovação nas Indústrias (Inovação):** Estruturar um programa de financiamento específico para projetos de inovação em recuperação de energia térmica industrial, que pode incluir também empréstimos com juros reduzidos ou subsídios diretos. Iniciativas similares: Programa de P&D da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica); Programa de P&D da ARSESP (Agência Reguladora de Serviços de Energia do Estado de São Paulo); Inova Energia do Ministério das Minas e Energia; Lei do Bem; Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); CNPq: o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do MCTI; Embrapii: a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial.

**6. Programa de Cogeração na Indústria (Programa Cogeração):** Ofertar incentivos financeiros, recursos, assistência técnica, treinamento e ferramentas de análise para aperfeiçoar os instrumentos existentes referentes a cogeração qualificada. Iniciativas similares: Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa); e regulamentação sobre cogeração qualificada feita pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

**7. Programas de Treinamento e Educação (Treinamento e educação):** Ofertar para as indústrias treinamento para engenheiros e técnicos, bem como orientação para a gestão empresarial, incluindo cursos específicos sobre a recuperação de energia térmica. Fomentar a criação de ESCOs, capacitação de consultores, desenvolvimento de programas de pesquisa e desenvolvimento vinculados a bolsas de estudo de graduação e pós-graduação. O enfoque do programa seria em eficiência industrial térmica e desenvolvimento de protocolos de M&V (M&V) e certificações adaptadas à realidade brasileira. Iniciativas similares: Programa EnergIFE, Programa Nacional de Qualificação em Energia; Pronatec Energia Renovável; Instituto Senai de Inovação em Energias Renováveis; cursos oferecidos pelo Procel; Inova Talentos do Instituto Euvaldo Lodi (IEL); e Rede e-Tec Brasil, coordenada pelo Ministério da Educação.

**8. Programa de Gestão Energética Industrial (Gestão energética):** Criar um programa voluntário que ajude as indústrias a melhorar sua gestão energética, seguindo um processo estruturado baseado em metodologias consagradas (MT&R e ISO 50.001, p.ex.). O programa deve oferecer cursos e treinamentos específicos para capacitar profissionais. Iniciativas similares: PotencializEE - Investimentos Transformadores de EE na Indústria, da GIZ; e Procel Indústria.

**9. Acordo voluntário para EE na Indústria (Acordo voluntário):** Ofertar suporte técnico e financeiro às indústrias, por meio de programas de incentivo, como descontos fiscais e financiamentos, para que as empresas possam investir em tecnologias e práticas mais eficientes



em termos energéticos, dentro de um compromisso de implementação das medidas e atingimento de metas. Iniciativas similares: Programa Aliança, parceria da Confederação Nacional da Indústria (CNI) com o Programa Nacional de Conservação de energia elétrica (Procel).

10. **Programa de Digitalização da Indústria (Digitalização da indústria):** Fomentar a adoção de tecnologias digitais na indústria, com o objetivo de aumentar a EE, a produtividade e a competitividade das empresas utilizando soluções que possuam Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA), por exemplo. Isso pode ser feito por meio de incentivos financeiros, criação de programas de capacitação, estabelecimento de parcerias entre empresas e instituições de pesquisa, estabelecimento de padrões e regulamentações e criação de centros de inovação e incubadoras de empresas. Iniciativas similares: Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT); e Centros de Inovação SESI-Senai.

11. **Programa de Eletrificação da Indústria (Eletrificação da indústria):** Ofertar incentivos financeiros para empresas que investem em tecnologias de eletrificação em seus processos produtivos (desde que a origem da energia elétrica seja de fonte renovável). Devem ser estabelecidas metas, criados programas de capacitação e treinamento para trabalhadores e empresários, estabelecidas parcerias entre empresas e instituições de pesquisa para desenvolver soluções de eletrificação para a indústria, bem como estabelecidos padrões e regulamentações. Iniciativas similares: geração distribuída.

12. **Índices Mínimos (MEPS):** Estabelecer MEPS ou Padrões Mínimos de Desempenho Energético para caldeiras e fornos, impactando na redução de consumo de energia de equipamentos novos. Iniciativas similares: Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) realizados pelo INMETRO e Procel.

13. **Programa de Bônus para Equipamentos (Bônus de equipamentos):** Ofertar incentivos financeiros para empresas que comprem equipamentos industriais com EE superior à mínima exigida, na área térmica, na forma de descontos no preço de compra dos equipamentos, reembolsos parciais ou totais do custo de compra ou créditos fiscais. Como exemplo de equipamentos que poderiam receber os bônus seriam fornos ou caldeiras que venham com isolamento térmico eficaz, preaquecedor de ar etc. Iniciativas similares: Incentivo à substituição de motores elétricos por motores de alto rendimento dentro do Programa de EE (PEE) da Aneel.

### 3. Avaliação das Políticas Públicas a luz dos critérios

#### 3.1 Critério ‘Sustentabilidade’ (Benefício)

Este critério avalia o alcance da política levando em consideração as dimensões econômica, ambiental e social. Analisa o impacto e o alcance da política para o aproveitamento do potencial de EE térmica na indústria, e quanto este pode contribuir para as questões relacionadas à sustentabilidade.

Política Pública		Muito baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito alto	N.A.
1	Créditos fiscais equipamentos						
2	Subsídios equipamentos						
3	Financiamento equipamentos						



Política Pública		Muito baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito alto	N.A.
4	Financiamento projetos						
5	Inovação						
6	Programa Cogeração						
7	Treinamento e educação						
8	Gestão energética						
9	Acordo voluntário						
10	Digitalização da indústria						
11	Eletrificação da indústria						
12	MEPS – Índices mínimos						
13	Bônus de equipamentos						
14	<i>(Sugestão de política)</i>						
15	<i>(Sugestão de política)</i>						

### 3.2 Critério ‘Riscos políticos’ (Custo)

Este critério avalia o quão exposta é determinada política a influências externas, como sanções regionais, interferências individuais ou de grupos econômicos/empresarias. Avalia, ainda, o quanto determinados grupos podem contribuir para a não efetividade da política em caso de sua implementação. Políticas com riscos políticos elevados podem ter sua longevidade comprometida.

Política Pública		Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	N.A.
1	Créditos fiscais equipamentos						
2	Subsídios equipamentos						
3	Financiamento equipamentos						
4	Financiamento projetos						
5	Inovação						
6	Programa Cogeração						
7	Treinamento e educação						
8	Gestão energética						
9	Acordo voluntário						
10	Digitalização da indústria						
11	Eletrificação da indústria						
12	MEPS – Índices mínimos						
13	Bônus de equipamentos						
14	<i>(Sugestão de política)</i>						
15	<i>(Sugestão de política)</i>						

### 3.3 Critério ‘Dificuldade de implementação’ (Custo)



Este critério avalia a dificuldade esperada para a implementação da política pública planejada. Contempla ajustes legais e regulatórios, estruturas institucionais necessárias e a exposição a possíveis acordos políticos para sua aprovação. Também considera a flexibilidade que a proposta apresenta, ou seja, o quanto pode ser modificada durante a discussão, visando sua aprovação, sem comprometer sua eficácia.

Política Pública		Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	N.A.
1	Créditos fiscais equipamentos						
2	Subsídios equipamentos						
3	Financiamento equipamentos						
4	Financiamento projetos						
5	Inovação						
6	Programa Cogeração						
7	Treinamento e educação						
8	Gestão energética						
9	Acordo voluntário						
10	Digitalização da indústria						
11	Eletrificação da indústria						
12	MEPS – Índices mínimos						
13	Bônus de equipamentos						
14	<i>(Sugestão de política)</i>						
15	<i>(Sugestão de política)</i>						

### 3.4 Critério ‘Custo-efetividade’ (Benefício)

Este critério avalia se uma política pode ser considerada rentável se atingir o público-alvo e produzir impacto de longo prazo, respeitando o orçamento pretendido. A política deve ser capaz alavancar o mercado no longo prazo e produzir um efeito multiplicador. Os indicadores de custo-efetividade de um determinada política devem ser determinados desde o início com metas específicas definidas, compondo um programa de monitoramento e avaliação desta política.

Política Pública		Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	N.A.
1	Créditos fiscais equipamentos						
2	Subsídios equipamentos						
3	Financiamento equipamentos						
4	Financiamento projetos						
5	Inovação						
6	Programa Cogeração						
7	Treinamento e educação						
8	Gestão energética						
9	Acordo voluntário						
10	Digitalização da indústria						
11	Eletrificação da indústria						
12	MEPS – Índices mínimos						
13	Bônus de equipamentos						
14	<i>(Sugestão de política)</i>						
15	<i>(Sugestão de política)</i>						

### 3.5 Critério ‘Governança pública’ (Benefício)



Afere o conjunto de mecanismos de liderança, estratégia e controle possíveis para avaliar, direcionar e monitorar a gestão da política pública, garantindo sua continuidade, sem depender de ações políticas ou subsídios. Definir órgãos competentes e responsáveis para implementar, avaliar, direcionar e mensurar a política pública adotada.

Política Pública		Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	N.A.
1	Créditos fiscais equipamentos						
2	Subsídios equipamentos						
3	Financiamento equipamentos						
4	Financiamento projetos						
5	Inovação						
6	Programa Cogeração						
7	Treinamento e educação						
8	Gestão energética						
9	Acordo voluntário						
10	Digitalização da indústria						
11	Eletrificação da indústria						
12	MEPS – Índices mínimos						
13	Bônus de equipamentos						
14	<i>(Sugestão de política)</i>						
15	<i>(Sugestão de política)</i>						

### Sugestões de políticas públicas

Caso o Sr.(a) tenha sugerido e avaliado outras políticas públicas, além das propostas, pedimos que as descreva a seguir, a exemplo da explicação na seção “Descrição Resumida das Políticas públicas”.

Descrição:

---



---



---



---



---

## Apêndice 4: Lista completa dos entrevistados

Agente	Instituição	Entrevistado
Associação de classe	ABIMAQ	Alberto Machado
Responsável por Política Pública	MME	Alexandra Maciel
ESCO/Consultor	Mitisidi	Alexandre Schinazi
Associação de classe	ABESCO	Bruno Herbert Batista Lima
Responsável por Política Pública	INMETRO	Danielle Assafin Vieira Souza Silva
Responsável por Política Pública	INEE	Edson Szyszka
Indústria	Solvay Group	Ezio Musetti Neto
Academia e Instituto de Pesquisa	UNIFEI	Fábio Horta
ESCO/Consultor	Consultor independente	Fernando Córner da Costa
Responsável por Política Pública	INEE	Fernando Perrone
Responsável por Política Pública	ENBPARG	George Soares
Academia e Instituto de Pesquisa	UNICAMP	Gilberto Jannuzzi
Responsável por Política Pública	MME	Gustavo Fontenele
Responsável por Política Pública	EPE	Jeferson Soares
Academia e Instituto de Pesquisa	INT	Joaquim Augusto Pinto Rodrigues
Indústria	Veolia Environment	José Renato Bruzadin
Responsável por Política Pública	MDIC	Jose Ricardo Sales
Banco	Santander	Linda Murasawa
Fornecedor de tecnologia	Daikin Applied	Luciano de Almeida Marcato
Academia e Instituto de Pesquisa	UNIFEI	Luiz Horta
Fornecedor de tecnologia	Siemens	Márcio Azevedo
Fornecedor de tecnologia	OILON - Bombas de Calor	Marcus Libanori
ESCO/Consultor	Legasys	Paulo Pesam Miotto



Agente	Instituição	Entrevistado
Representante Indústria	Senai Departamento Nacional	Roberto de Medeiros Junior
ONG	IEI	Rodolfo Dourado Maia Gomes
Representante Indústria	Senai Sao Paulo	Rodolfo Pinheiro
Banco	BNDES Area de Energia	Rodrigo Bacellar
Responsável por Política Pública	MME	Samira Sousa
ONG	Instituto Clima e Sociedade	Victoria Santos
Indústria	COMGÁS	Vitor Cestaro Randoli





## REALIZAÇÃO

.....



## APOIO FINANCEIRO

.....



on the basis of a decision by the German Bundestag

