

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Faculdade de Engenharia e Ciências – Campus Guaratinguetá

MAURÍCIO BUENO DA SILVA

**BARREIRAS À APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA
INDÚSTRIA: um *survey* do Brasil.**

Guaratinguetá

2024

MAURÍCIO BUENO DA SILVA

**BARREIRAS À APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA
INDÚSTRIA: um *survey* do Brasil.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus de Guaratinguetá, para obtenção do título de Grau acadêmico de Mestre em Engenharia da Produção.

Área de Concentração: Sustentabilidade e
Gestão Organizacional

Orientador: Prof. Dr. Antonio Faria Neto

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Antonio
Lotufo

Guaratinguetá

2024

S586b	Silva, Maurício Bueno da Barreiras à aplicação de medidas de conservação de energia na indústria: <i>um survey</i> do Brasil / Maurício Bueno da Silva - Guaratinguetá, 2024. 109 f : il. Bibliografia: f. 94-101 Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2024. Orientador: Prof. Dr. Antonio Faria Neto Coorientador: Prof. Dr. Francisco Antonio Lotufo 1. Recursos energéticos. 2. Energia elétrica - Conservação. 3. Análise energética. I. Título. CDU 620.92(043)
-------	--

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A dissertação aborda o potencial de economia de energia mediante o uso de tecnologias energeticamente eficientes pela indústria em conjunto aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Os principais impactos potenciais, de acordo com os ODS, são: ODS 7: Energia Acessível e Limpa - A pesquisa pode contribuir para um potencial de economia de energia no setor industrial, reduzindo o consumo de energia e, conseqüentemente, reduzindo as emissões de gases efeito estufa (GEE); e ODS 12: Consumo e Produção Responsável - A pesquisa pode promover a conscientização sobre a adoção de tecnologias energeticamente eficientes e os benefícios voltados à redução do consumo de energia.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The dissertation addresses the potential for energy savings through the use of energy-efficient technologies by industry in conjunction with the UN's Sustainable Development Goals (SDGs). The main potential impacts, according to the SDGs, are: SDG 7: Affordable and Clean Energy - The research can contribute to potential energy savings in the industrial sector by reducing energy consumption and, consequently, reducing greenhouse gas (GHG) emissions; and SDG 12: Responsible Consumption and Production - The research can promote awareness of the adoption of energy-efficient technologies and the benefits aimed at reducing energy consumption.



MAURÍCIO BUENO DA SILVA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA”

PROGRAMA: ENGENHARIA
CURSO: MESTRADO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr.ª Marcela Aparecida Guerreiro Machado de Freitas
Vice-Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. ANTONIO FARIANETO
Orientador – UNESP


Prof. Dr.ª MARCELA APARECIDA GUERREIRO MACHADO DE
FREITAS
UNESP


Prof. Dr. FABRÍCIO MACIEL GOMES
USP

JULHO de 2024

AGRADECIMENTOS

Registro meu agradecimento ao Prof. Dr. Antonio Faria Neto pela dedicação em orientar esse trabalho. Talita Cristine Mariano por todo o apoio nos momentos finais da escrita e correção da dissertação. Ao Prof Dr. Francisco Antonio Lotufo pela coorientação e auxílio. Aos meus colegas de trabalho e de estudos, Jean Carlos, pelas viagens até Guaratinguetá para assistirmos as aulas, os encontros para trocarmos ideias, os momentos de conversas e palavras de incentivo, e ao Maximilian Espuny por, além de ser o elo entre mim e o Prof. Faria, ainda contribuir com sua experiência. A ela, minha esposa Naama, por sempre me apoiar nessa jornada e por me lembrar do maior investimento que poderia fazer para chegar até aqui. Ao meu Senhor e Salvador Jesus Cristo pelo maior dom que poderia ser concedido a mim, a salvação.

RESUMO

A energia é peça chave no impulsionamento das economias industriais e, ao longo do tempo é possível perceber um aumento no consumo mundial que traz consigo consequências negativas como o aumento na emissão dos gases do efeito estufa e a insegurança no seu fornecimento. Por ser um grande consumidor de energia, se faz importante que o setor industrial busque formas de reduzir seu consumo sem afetar o crescimento econômico. Sendo assim a adoção de tecnologias energeticamente eficientes (TEEs) foram apontadas como uma das principais opções para atingir esse objetivo. Há uma expectativa de melhoria na eficiência energética do segmento industrial no longo prazo, devido a adoção das TEEs. No entanto, é fundamental a elaboração de políticas e criação de investimentos em medidas de eficiência energética. Apesar dos benefícios na implementação de TEEs e do escopo disponível para a adoção de tais medidas pela indústria, tem sido difícil convencer as partes interessadas a implementarem-nas em sua extensão plena devido à prevalência de fatores críticos e limitantes, conhecidos como barreiras. Assim, para promover a adoção das TEEs no segmento industrial, é importante superar as barreiras existentes. No entanto, antes de superar essas barreiras, é necessário conhecê-las. Portanto, o objetivo dessa pesquisa é identificar as barreiras que impedem a adoção de TEEs no segmento industrial do Brasil. . Para atingir esse objetivo, esta pesquisa realizou bibliográfica em 96 artigos reunidos na base de dados SCOPUS, e foram encontradas 27 barreiras à adoção de TEEs, classificadas em oito grupos, denominados: Econômico, Comportamental, Organizacional, Informação, Técnico, Tecnológico, Governamental, e de Mercado. A partir desses resultados, foi possível destacar aquelas de maior relevância e as tendências emergentes ao longo do tempo. Além disso, uma análise da distribuição geográfica e setorial das barreiras foi desenvolvida, oferecendo assim uma visão abrangente das áreas onde as barreiras identificadas são mais impactantes. Posteriormente, as barreiras identificadas foram submetidas ao julgamento de especialistas brasileiros, a fim de capturar a sua importância para a realidade nacional, por meio de um questionário estruturado. Um total de 171 questionários foram respondidos por profissionais com alguma formação acadêmica ou experiência profissional relacionada à adoção da TEEs no segmento industrial. Como resultado, percebeu-se que os respondentes atribuíram alta importância a todas as barreiras, sem grandes diferenças significativas nas pontuações. A partir disso, foi possível desenvolver uma análise mais aprofundada com base nas características dos entrevistados (formação acadêmica, ramo de atividade industrial, segmento industrial, meio de aquisição de conhecimento, e atualização

recente sobre o tema), o que revelou diferenças significativas nas percepções dos respondentes. Como contribuição, ressalta-se que os resultados da pesquisa contribuíram não apenas com a identificação das principais barreiras enfrentadas no segmento industrial. Mas, também oferecem uma base sólida para direcionar políticas e medidas específicas para superar as barreiras identificadas, promovendo assim uma adoção mais ampla e eficaz das TEEs no segmento industrial do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética; Tecnologias Energeticamente Eficientes; Barreiras; Segmento Industrial

ABSTRACT

Energy is a key element in driving industrial economies, and over time, an increase in world consumption can be observed, which brings with it negative consequences such as increased greenhouse gas emissions and insecurity in its supply. As a major consumer of energy, it is important for the industrial sector to seek ways to reduce its consumption without affecting economic growth. Thus, the adoption of energy-efficient technologies (EETs) has been identified as one of the main options to achieve this goal. There is an expectation of improvement in the long-term energy efficiency of the industrial sector due to the adoption of EETs. However, it is essential to develop policies and create investments in energy efficiency measures. Despite the benefits of implementing EETs and the scope available for the adoption of such measures by the industry, it has been difficult to convince stakeholders to implement them to their full extent due to the prevalence of critical and limiting factors, known as barriers. Thus, to promote the adoption of EETs in the industrial sector, it is important to overcome existing barriers. However, before overcoming these barriers, it is necessary to understand them. Therefore, the objective of this research is to identify the barriers that hinder the adoption of EETs in the Brazilian industrial sector. To achieve this objective, this research conducted a bibliographic review of 96 articles found in the SCOPUS database, and 27 barriers to the adoption of EETs were identified, classified into eight groups, namely: Economic, Behavioral, Organizational, Information, Technical, Technological, Governmental, and Market. Based on these results, it was possible to highlight those of greatest relevance and emerging trends over time. In addition, an analysis of the geographical and sectoral distribution of the barriers was developed, thus offering a comprehensive view of the areas where the identified barriers are most impactful. Subsequently, the identified barriers were submitted to the judgment of Brazilian experts, in order to capture their importance for the national reality, through a structured questionnaire. A total of 171 questionnaires were answered by professionals with some academic training or professional experience related to the adoption of EETs in the industrial sector. As a result, it was perceived that the respondents attributed high importance to all barriers, without significant differences in the scores. Based on this, it was possible to develop a more in-depth analysis based on the characteristics of the respondents (academic training, industrial activity branch, industrial segment, means of knowledge acquisition, and recent update on the subject), which revealed significant differences in the respondents' perceptions. As a contribution, it is noteworthy that the research results contributed not only to the identification of the main barriers faced in the industrial sector. But, they also offer a solid

basis for directing specific policies and measures to overcome the identified barriers, thus promoting a wider and more effective adoption of EETs in the Brazilian industrial sector.

KEY WORDS: Energy Efficiency; Energy-Efficient Technologies; Barriers; Industrial Sector

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Evolução das publicações	15
Figura 2 - Classificação da pesquisa	19
Figura 3 - Fluxo metodológico da pesquisa	21
Figura 4 - Processo de redução das barreiras	24
Figura 5 - Distribuição das barreiras na literatura	30
Figura 6 - Distribuição temporal das barreiras	32
Figura 7 - Sumário da distribuição temporal das barreiras.....	34
Figura 8 - Distribuição geográfica das barreiras	35
Figura 9 - Gráfico de Pareto	41
Figura 10 - Dendrograma dos segmentos industriais	42
Figura 11 - Formação acadêmica.....	56
Figura 12 - Áreas de exercício da atividade profissional	57
Figura 13 - Conhecimento sobre as TEEs no setor industrial	57
Figura 14 - Meios onde adquiriu conhecimento sobre o assunto	58
Figura 15 - Segmentos Industriais	58
Figura 16 - Quantidade de funcionários	59
Figura 17 - Distribuição da importância das barreiras de acordo com a percepção de especialistas brasileiros.....	61
Figura 18 - Formação acadêmica.....	65
Figura 19 - Área de atuação profissional.....	70
Figura 20 - Segmento Industrial	74
Figura 21 - Forma como adquiriu conhecimento	81
Figura 22 - Última vez que estudou sobre o assunto	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Barreiras à adoção das TEEs na indústria	27
Quadro 2 - Ordenação das barreiras pelo número de aparições	30
Quadro 3 - Primeira aparição de cada uma das barreiras	33
Quadro 4 – Grupos formados pela análise de <i>clustering</i>	42
Quadro 5 - Evolução das taxonomias ao longo do tempo	43
Quadro 6- Taxonomias propostas na literatura para cada barreira	46
Quadro 7 - Barreiras Econômicas.....	48
Quadro 8 - Barreiras Comportamentais.....	48
Quadro 9 - Barreiras de Informação	49
Quadro 10 - Barreiras Organizacionais	49
Quadro 11 - Barreiras Governamentais	49
Quadro 12 - Barreiras Técnicas	50
Quadro 13 - Barreiras Tecnológicas	50
Quadro 14 - Barreiras de Mercado	50
Quadro 15 - Questionário da pesquisa (<i>Google Forms</i>).....	52
Quadro 16 - Escala de importância utilizada na análise dos dados	60
Quadro 17 – Comparativo de importância	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ocorrência das barreiras por continente	36
Tabela 2 - Consumo de energia por continente	37
Tabela 3 - Segmentos industriais e suas respectivas barreiras	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	16
1.2 JUSTIFICATIVA	17
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	17
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
2 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	19
2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	19
2.2 ABORDAGEM METODOLÓGICA	20
2.2.1 Coleta dos artigos relacionados ao tema	23
2.2.2 Seleção dos artigos e <i>abstracts</i>	23
2.2.3 Coleta das barreiras	23
2.2.4 Redução das barreiras.....	24
2.2.5 Distribuição temporal das barreiras.....	24
2.2.6 Distribuição geográfica das barreiras	24
2.2.7 Distribuição das barreiras no setor industrial	24
2.2.8 Taxonomia das barreiras	25
2.2.9 Planejamento do questionário	25
2.2.10 Coleta dos dados	25
2.2.11 Análise dos dados.....	26
3 BARREIRAS À ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS ENERGETICAMENTE EFICIENTES NA INDÚSTRIA.....	27
3.1 BARREIRAS IDENTIFICADAS NA LITERATURA	27
3.2 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS BARREIRAS	31
3.3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS BARREIRAS.....	34
3.4 DISTRIBUIÇÃO DAS BARREIRAS NOS DIVERSOS SEGMENTOS INDUSTRIAIS	37
3.4.1 Análise segundo a perspectiva dos segmentos industriais	41
4 TAXONOMIA DAS BARREIRAS.....	43
4.1 DESCRIÇÃO DAS TAXONOMIAS.....	43
4.1.1 Barreiras Econômicas	48
4.1.2 Barreiras Comportamentais.....	48
4.1.3 Barreiras de Informação.....	48
4.1.4 Barreiras Organizacionais	49
4.1.5 Barreiras Governamentais.....	49
4.1.6 Barreiras Técnicas.....	50

4.1.7 Barreiras Tecnológicas.....	50
4.1.8 Barreiras de Mercado	50
5 PESQUISA QUANTITATIVA.....	52
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESPONDENTES	56
5.2 PERCEPÇÃO DA IMPORTÂNCIA DAS 27 BARREIRAS DE ACORDO COM OS ESPEACILISTAS BRASILEIROS.....	59
5.2.1 Análise da importância das barreiras em relação a formação acadêmica dos respondentes.....	64
5.2.2 Análise da importância das barreiras em relação ao local onde os respondentes exercem sua atividade profissional	69
5.2.3 Análise da importância das barreiras em relação ao segmento industrial em que os respondentes atuam.....	73
5.2.4 Análise da importância das barreiras em relação a forma como adquiriu conhecimento.....	79
5.2.5 Análise da importância das barreiras em relação à última vez que estudou sobre TEEs.....	84
5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
6 CONCLUSÃO	90
6.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E SUAS CONTRIBUIÇÕES	90
6.2 RESULTADOS ACADÊMICOS DA PESQUISA.....	92
6.3 SUGESTÕES DE ESTUDOS FUTUROS	92
REFERÊNCIAS	94
BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	100
APÊNDICE A – Query de pesquisa	102
APÊNDICE B – Similaridade das barreiras.....	103

1 INTRODUÇÃO

A energia tem sido considerada o principal motor das economias industriais, razão pela qual o seu consumo vem aumentando significativamente ao longo dos anos (MANRIQUE, *et al.*, 2017) (KALANGOS, 2017) (TRIANNI, *et al.*, 2013), trazendo consigo uma série de efeitos indesejáveis, tais como: o aumento das emissões de gases do efeito estufa (GEE), que impactam fortemente nas mudanças climáticas (HÄCKELB; PFOSSERA; TRÄNKLER, 2017) (HENRIQUES; CATARINO, 2016) (HENRIQUES; CATARINO; EGREJA, 2015); esgotamento dos recursos naturais e o aumento dos preços da energia (SARKER *et al.*, 2018) (SOLNØRDAL; FOSS, 2018) (SOEPARDI; THOLLANDER, 2018).

Dentre os diversos setores da economia, o setor industrial tem desempenhado um papel importante no consumo de energia, uma vez que ele representa aproximadamente metade (47% - 56%) do consumo total de energia no mundo (BELL, *et al.*, 2014), contribuindo com cerca de 25% do total de emissões de GEE (WALSH; THORNLEY, 2012). Portanto é de fundamental importância reduzir o consumo energético deste setor.

Contudo, sabendo-se que o setor industrial é de crucial importância para o desenvolvimento econômico de uma nação (SOLNØRDAL; FOSS, 2018) (TRIANNI, *et al.*, 2017), é importante encontrar uma maneira de reduzir seu consumo de energia sem afetar o crescimento econômico. Segundo Soepardi, *et al.* (2018), Hochman e Timilsina (2017), Henriques e Catarino (2016), Venmans (2014) a adoção de Tecnologias Energeticamente Eficientes (TEEs) tem sido apontada como a resposta para atingir este objetivo.

Vários estudos reportam que há potencial para o aumento na eficiência energética (10 a 40%) de empresas industriais (HÄCKELB; PFOSSERA; TRÄNKLER, 2017) (DING; HUO, 2017) (HERRERA *et al.*, 2017). Estima-se que a adoção de TEEs pelo setor industrial contribuirá para a redução das emissões de CO₂ a uma taxa de 4% ao ano, com perspectiva de manter os níveis de aquecimento global abaixo de 2 °C até 2030 (BLASS *et al.*, 2014) (PALM; BACKMAN, 2020) (KONG *et al.*, 2020) (GAWIN; MARCINKOWSKI, 2020). Por essa razão, a adoção de TEEs vem sendo incorporadas por diversas políticas públicas (LOPES *et al.*, 2018) (WOHLFARTH *et al.*, 2017) (CAGNO *et al.*, 2017) (HENRIQUES; CATARINO, 2016) (FLEITER; SCHLEICH; RAVIVANPONG, 2012) (CHAI; YOE, 2012) (FLEITER; WORRELL; EICHHAMMER, 2011) (PALM; THOLLANDER, 2010).

Além de mitigar os impactos ambientais, a adoção de TEEs traz outros benefícios para a indústria e sociedade, tais como o aumento da competitividade (SOEPARDI *et al.*, 2018) (CANTORE, 2017) (HARALDSSON; JOHANSSON, 2019) (HASAN *et al.*, 2019) (CAGNO;

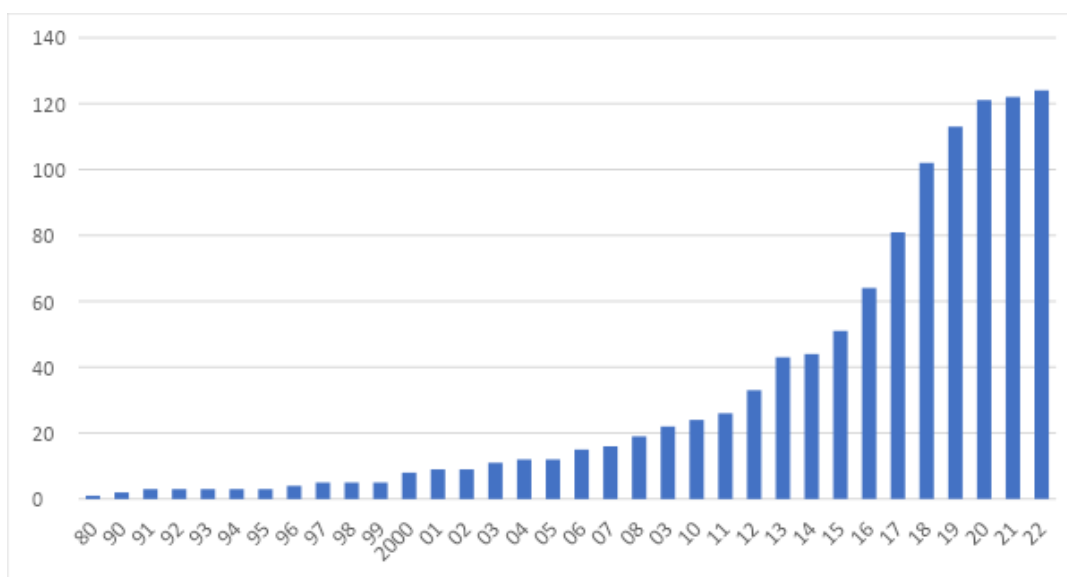
NERI; TRIANNI, 2018), preservação de recursos não renováveis (HOCHMAN; TIMILSINA, 2017) (KALANGOS, 2017) (CAGNO *et al.*, 2013), aumento da segurança do fornecimento de energia (DING; HUO, 2017) (TRIANNI; CAGNO; FARNÉ, 2016) (BRUNKE; JOHANSSON; THOLLANDER, 2014) e a transição para um sistema energético sustentável e neutro em emissões de carbono (SOLNORDAL; THYHOLDT, 2019) (JOHANSSON *et al.*, 2019) (MALINAUSKAITE *et al.*, 2019).

Apesar de todos esses benefícios, a adoção das TEEs, em sua extensão total, tem sido muito restrita devido à prevalência de fatores críticos e limitantes chamados barreiras (LAWRENCE; THOLLANDER; KARLSSON, 2018) (SOEPARDI; THOLLANDER, 2018) (CAGNO *et al.*, 2013) (WALSH; THORNLEY, 2012) (HASANBEIGI; MENKE; DU PONT, 2010).

A existência de tais barreiras leva a uma diferença entre o nível real de desempenho energético e aquele que, teoricamente, poderia ser alcançado com a adoção das TEEs. Esta discrepância é chamada de “lacuna na eficiência energética” definida, primeiramente, por Hirst e Brown (1990) e explorada posteriormente por Lopes *et al.* (2018), Manrique *et al.* (2017), Soepardi *et al.* (2018), Wohlfarth *et al.* (2017), Trianni, Cagno e Farné (2016), Venmans (2014), Arens, Worrell e Eichhammer (2017).

De acordo com Soepardi e Thollander (2018), Manrique *et al.* (2017), Lopes *et al.* (2018) Soepardi *et al.* (2018), Cagno *et al.* (2015) a fim de preencher tal lacuna é imperativo identificar essas barreiras, razão pela qual uma enorme quantidade de pesquisas tem sido realizada nas últimas décadas, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1- Evolução das publicações



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Um grande número de estudos visando a identificar essas barreiras foram realizados em diversos países, e por conta disso, foram identificados centenas de barreiras e classificadas de acordo com taxonomias distintas. Observa-se, contudo, múltiplas redações para uma mesma barreira, assim como a mesma definição para outras tantas, o que impede que se faça estimativa realista de quantas (e quais) são, de fato, as barreiras que impedem a adoção de TEEs.

Não se vê nos estudos mais recentes o desenrolar histórico dessas barreiras, isto é, sua origem e período em que foram estudadas.

Embora este tema tenha sido estudado segundo a perspectiva de vários segmentos do setor industrial, não se encontra nenhuma tentativa de se estabelecer uma relação entre essas barreiras e os diversos segmentos industriais.

Também não se encontra nos trabalhos mais recentes uma síntese de todas as taxonomias propostas, bem como uma proposta atualizada de taxonomia.

Embora o Brasil se posicione entre as 10 maiores economias e, de acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética, (2022) ter uma oferta interna de energia de 301,5 milhões de toneladas de petróleo equivalente (Mtep) no ano de 2021, não se tem nenhum estudo sobre barreiras à adoção de TEEs pelo setor industrial brasileiro.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é comparar a percepção do setor industrial brasileiro, quanto às barreiras a adoção de tecnologias energeticamente eficientes, com os resultados apresentados na literatura, a fim de que possa ser avaliada a viabilidade de se empregar as mesmas abordagens, já disseminadas na literatura, para a superação desses obstáculos.

Objetivos específicos.

Para alcançar esses objetivos serão perseguidos os seguintes objetivos específicos:

- Coletar, na literatura, as principais barreiras à adoção de tecnologias energeticamente eficientes;
- Classificar as barreiras, extraídas na literatura; por ordem de importância;
- Definir uma taxonomia para classificar as barreiras;
- Estudar as taxonomias apresentadas na literatura;

- Determinar a relação entre as barreiras extraídas da literatura, e diversos segmentos industriais;
- Coletar junto a uma amostra do setor industrial brasileiro às principais barreiras à adoção de tecnologias energeticamente eficientes;
- Classificar, por importância, as barreiras coletadas junto ao setor industrial brasileiro;

1.2 JUSTIFICATIVA

A melhoria da eficiência energética (EE) é uma das metas de desenvolvimento sustentável mais importantes promovidas pela Organização Nações Unidas (ONU) visando completar a agenda 2030 no Brasil (JALO *et al.*, 2021).

Diante do cenário de promoção de sustentabilidade, a gestão de energia torna-se a área mais importante para a indústria pois pode se tornar uma forma rápida e relevante para a indústria economizar recursos financeiros e reduzir as emissões de GEE contribuindo também para a segurança energética e a criação de vantagem competitiva (SMITH; WILSON; HASSALL, 2022).

Como visto anteriormente, o campo de estudo das barreiras à adoção de TEEs é relevante e, desta forma, conhecer e categorizar tais barreiras se torna necessário uma vez que sua superação poderá ocasionar benefícios à indústria, meio ambiente e sociedade.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa usará artigos capturados da plataforma Scopus. O *survey* para análise da situação no Brasil, será conduzido em empresas representadas por unidades no Vale do Paraíba paulista.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta versão da dissertação está estruturada em 6 capítulos.

O capítulo 1 apresenta todos os formalismos necessários para introduzir essa pesquisa.

O capítulo 2 cobre a abordagem metodológica adotada para desenvolver esta pesquisa.

O capítulo 3 apresenta as barreiras coletadas na literatura, sua evolução ao longo do tempo, sua distribuição geográfica no mundo, bem como uma sugestão de classificação quanto a sua importância.

O capítulo 4 apresenta a taxonomia criada a partir das barreiras encontradas no capítulo 3, adequando-a a realidade brasileira.

O capítulo 5 descreve os resultados da *survey* de pesquisa com os profissionais ligados a eficiência energética.

O capítulo 6 apresenta a discussão dos resultados e suas conclusões, bem como sugestões para estudos futuros.

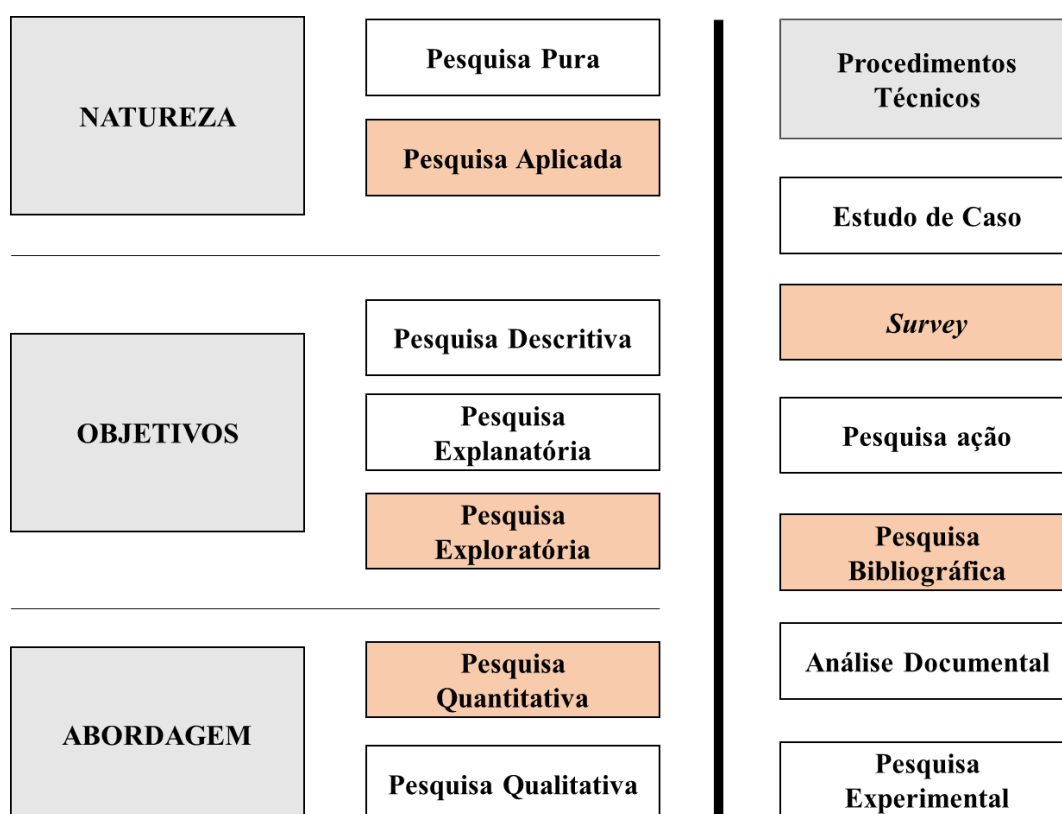
2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Neste capítulo são apresentadas as informações sobre a classificação da pesquisa e o fluxo metodológico elaborado para seu desenvolvimento

2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa pode ser classificada de acordo com sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos aplicados (PROVDANOV; FREITAS, 2013). A Figura 2 mostra os diferentes aspectos e tipos da pesquisa de acordo com sua classificação.

Figura 2 - Classificação da pesquisa



Fonte: Adaptado de Provdanov e Freitas (2013).

Esta pesquisa é caracterizada, em sua natureza, como aplicada por ter interesse prático, pois os resultados da pesquisa podem ser usados para resolver problemas específicos

(PROVDANOV; FREITAS, 2013). Esta pesquisa está mais focada na aplicação imediata do conhecimento do que no desenvolvimento teórico (Gil, 2018).

Esta pesquisa tem objetivo exploratório uma vez que melhora o conhecimento sobre o tema, por meio de revisão da literatura e entrevistas (PROVDANOV; FREITAS, 2013) (GIL, 2002).

A abordagem da pesquisa é quantitativa uma vez que usa técnicas estatísticas para descrever, analisar e interpretar a opinião de especialistas. (KOTHARI, 2013).

A pesquisa quantitativa pode ser classificada como axiomática ou empírica. Esta pesquisa é classificada na categoria empírica porque ir é baseada em observações reais (MIGUEL *et al.*, 2012).

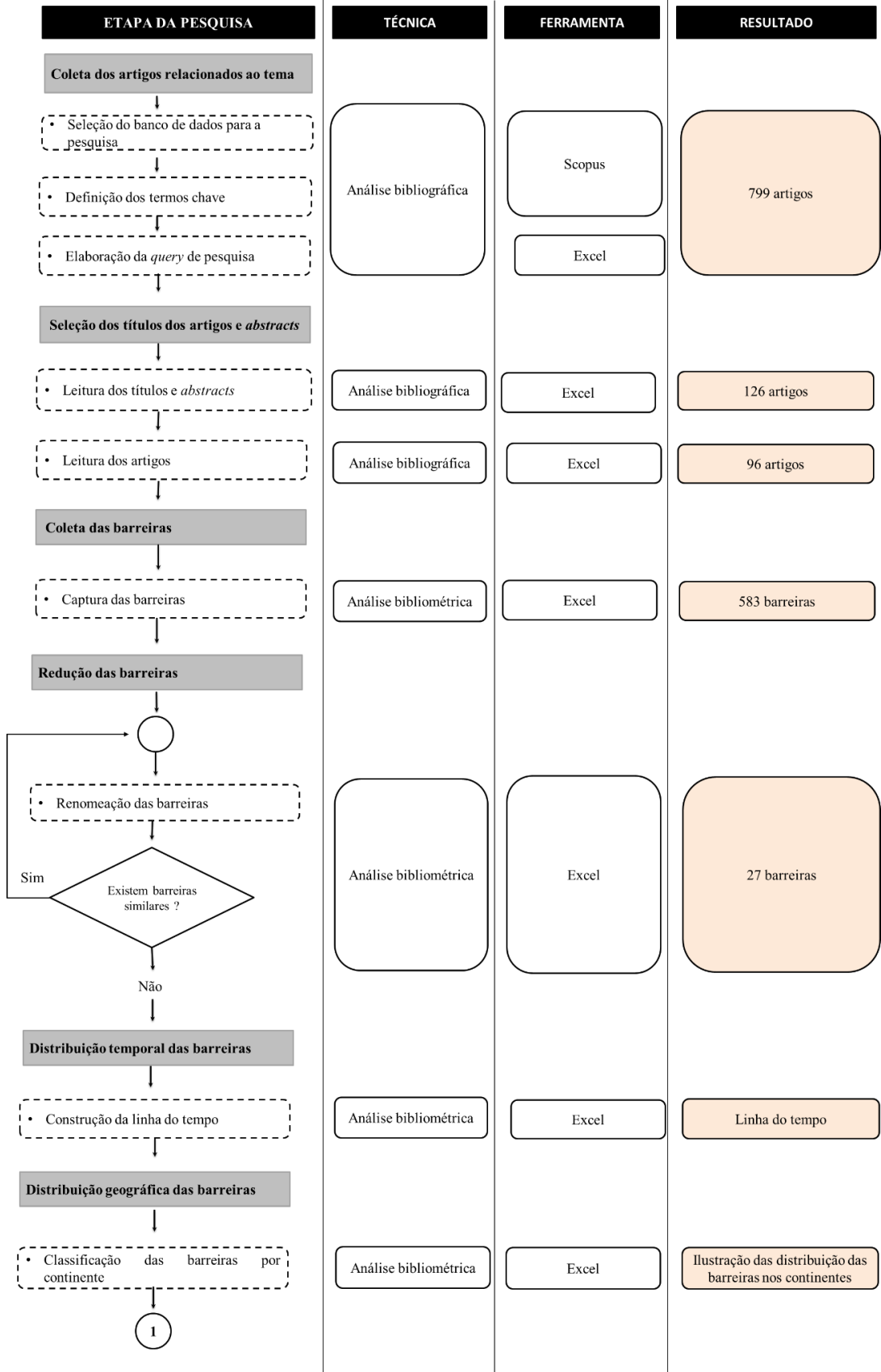
Com relação aos procedimentos técnicos utilizados, a pesquisa foi realizada por meio de um *survey*, que consiste em solicitar informações de uma amostra significativa de indivíduos por meio de um questionário relacionado ao tema da pesquisa (GIL, 2002). Este procedimento tem características quantitativas, pois permite o uso de uma variedade de métodos para analisar e interpretar os dados (PROVDANOV; FREITAS, 2013) (GIL, 2008)

2.2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A Figura 3 apresenta os onze passos seguidos para a realização da pesquisa. Estes passos variam desde a caracterização do problema até a proposta das estratégias para superar as barreiras à adoção das TEEs.

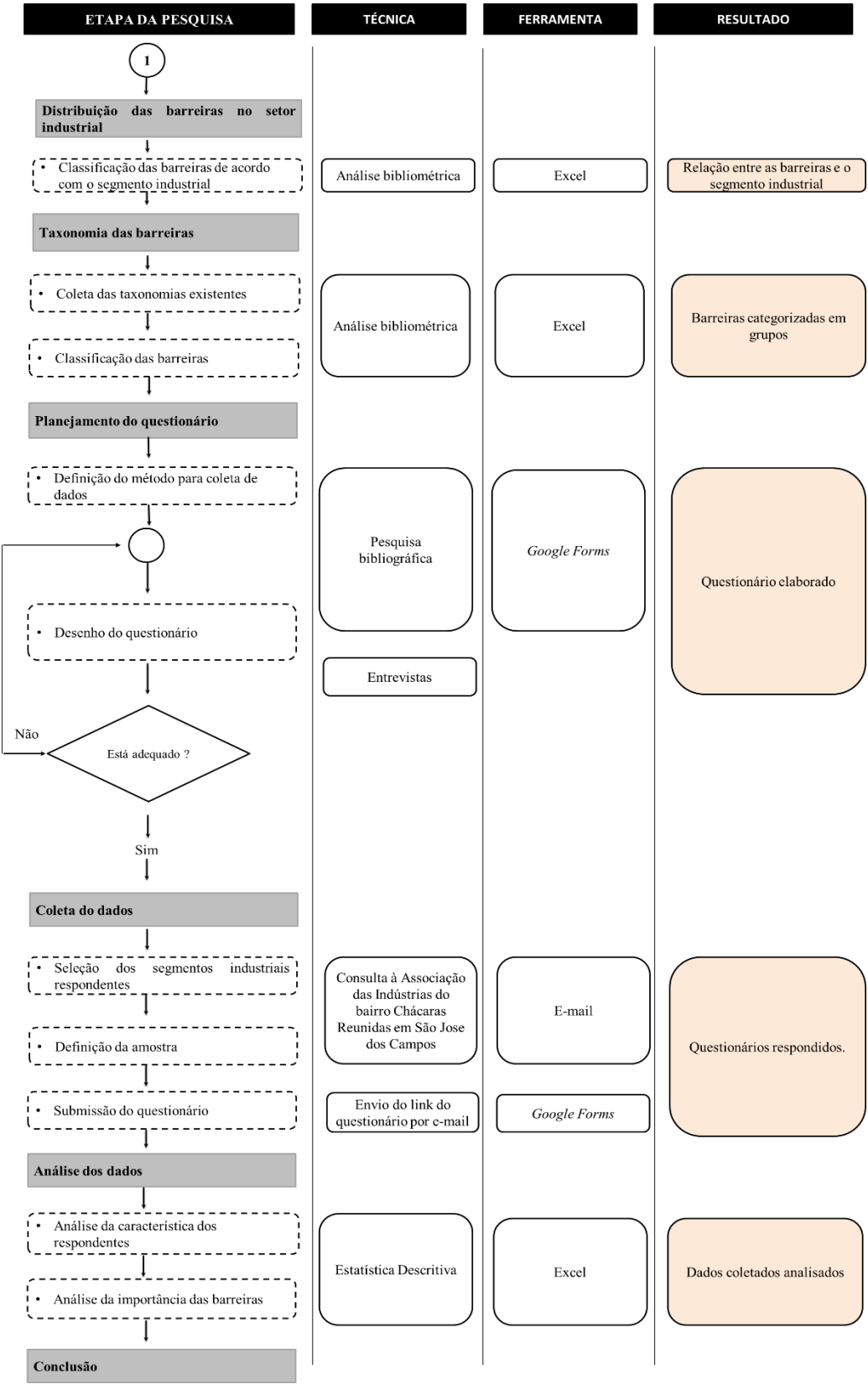
Figura 3 - Fluxo metodológico da pesquisa

(continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 3 - Fluxo metodológico da pesquisa (conclusão)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

2.2.1 Coleta dos artigos relacionados ao tema

A plataforma Scopus foi a base de dados da qual foram extraídos os artigos utilizados para esta pesquisa.

O foco desta etapa foi construir uma *query* capaz de reunir uma amostra significativa de artigos que abordem os obstáculos à adoção de tecnologias e medidas de eficiência energética no setor industrial.

Esta etapa foi feita em duas fases. Primeiramente, os artigos Cattaneo (2019), Zuberi e Patel (2019), Viesi *et al.* (2017), Cagno, Neri e Trianni (2018) foram examinados procurando termos que pudessem ser usados para construir uma *query* inicial. Esta pesquisa preliminar foi realizada com o título, *abstract* e palavras-chave. O período coberto por esta pesquisa se estendeu de 1980 a 2022, e somente periódicos foram considerados. Esta pesquisa resultou em mais de 10140 artigos, totalizando 150 palavras-chave.

Essas palavras-chave foram inspecionadas, e 67 delas revelaram termos chave, tais como “*barriers*”, “*obstacle*”, “*drivers*”, “*energy efficiency*”, e foram empregadas para formular a *query* final, como ilustrado no apêndice A, que levou à captura de 799 artigos.

2.2.2 Seleção dos artigos e *abstracts*

Uma vez reunidos os artigos, foi necessário selecionar aqueles que tratam diretamente com as barreiras à adoção das TEEs. Esta tarefa foi realizada em duas etapas. Primeiramente, o título e o *abstract* dos 799 artigos coletados foram inspecionados para identificar aqueles que mencionam os termos “*barriers*” ou “*obstacle(s)*”.

Posteriormente, estes artigos foram analisados mais detalhadamente a fim de separar aqueles que realmente abordam as barreiras (96 artigos) daqueles em que estes termos são apenas incidentais.

2.2.3 Coleta das barreiras

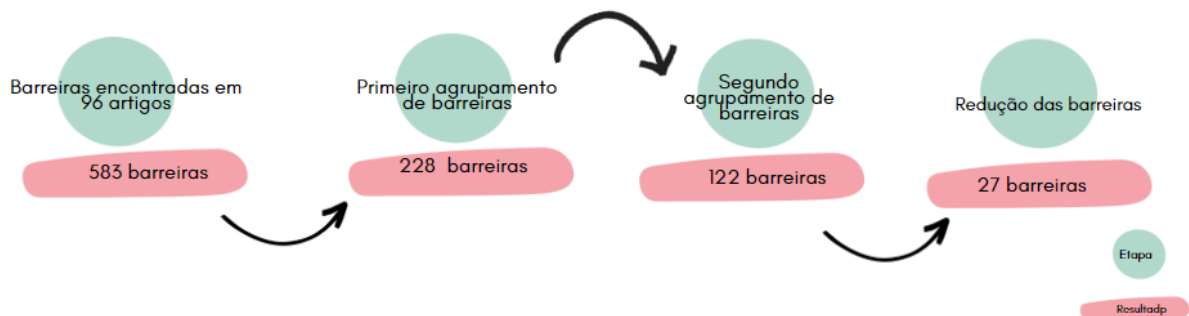
Os 96 artigos resultantes da etapa anterior foram examinados detalhadamente para coletar barreiras, resultando na extração de 583 barreiras, muitas semelhantes, apresentando apenas pequenas variações de nome, por exemplo, “acesso limitado ao capital” e “falta de acesso ao

capital"; "falta de incentivos políticos" e "incentivos políticos inadequados"; "riscos técnicos" e "obstáculos técnicos".

2.2.4 Redução das barreiras

Em muitos casos, a similaridade entre as barreiras não era tão clara e foi necessária uma leitura mais aprofundada, levando em conta o contexto do qual as barreiras foram escolhidas. Após esta releitura, o número de barreiras caiu para 27

Figura 4 - Processo de redução das barreiras



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

2.2.5 Distribuição temporal das barreiras

Trata-se de um gráfico ilustrativo do número de aparições dessas barreiras ao longo dos anos.

2.2.6 Distribuição geográfica das barreiras

Esta etapa apresenta uma ilustração das aparições das barreiras nos continentes.

2.2.7 Distribuição das barreiras no setor industrial

Refere-se ao número de aparições de cada uma dessas barreiras em artigos que tratam especificamente de dado segmento industrial.

2.2.8 Taxonomia das barreiras

A partir dos 96 artigos relacionados, buscou-se encontrar entre eles aqueles que descreviam algum tipo de classificação para as barreiras. Foi possível identificar publicações que tem descrevem as taxonomias sobre aspectos diferentes como econômico, mercadológico, mercado, governo, entre outros. Sendo assim, buscou-se identificar primeiramente os primeiros estudos que tratavam das taxonomias para a elaboração de uma linha do tempo. Seguidamente, foram relacionadas as taxonomias mais citadas na literatura que, por sua vez, foram utilizadas como base para o agrupamento das barreiras relacionadas nesse trabalho em seus respectivos em grupos de acordo com suas características.

2.2.9 Planejamento do questionário

Para a elaboração da *survey* de pesquisa foi definida a utilização de um questionário estruturado que foi elaborado através da plataforma *Google Forms*,. Um pré-teste foi aplicado para analisar sua adequabilidade ao objetivo de classificar cada barreira pelo seu grau de importância. Esse pré-teste permitiu chegar a versão final do questionário, que consiste em um conjunto de questões destinadas a caracterizar os respondentes e outro conjunto de questões voltadas a classificar a relevância de cada barreira, mostrando sua adequação a aplicação junto a amostra.

2.2.10 Coleta dos dados

Para esta etapa foi usado como critério selecionar profissionais que tivessem contato direto TEEs tais como Engenheiros Elétricos, Mecânicos, de Produção, Gerentes de produção, entre outros. Após a seleção dos critérios de inclusão, foi definida uma amostra de 171 profissionais para responder ao questionário.

O questionário foi enviado por meio de e-mail e por meio da rede social LinkedIn. Os e-mails foram enviados para os profissionais selecionados, contendo um link para o questionário *online*. O questionário era anônimo e voluntário, e os respondentes foram informados sobre os objetivos da pesquisa e a importância de sua participação.

2.2.11 Análise dos dados

Com o intuito de aprofundar o entendimento das barreiras à TEEs, os dados coletados por meio do questionário foram meticulosamente examinados. Essa etapa crucial da pesquisa teve como principal objetivo desvendar a importância das barreiras à adoção de TEEs, de acordo com a percepção dos diversos grupos de respondentes.

Para alcançar uma compreensão mais completa e abrangente das diferentes perspectivas, foram consideradas diversas variáveis relevantes, incluindo:

- **Formação acadêmica:** Ao conhecer a formação acadêmica dos respondentes nas áreas de Engenharia Mecânica, Produção, Elétrica, outra Engenharia, Curso Técnico ou outra área de formação os dados demonstram que o conhecimento acadêmico influencia a percepção sobre a importância das barreiras.

- **Atividade Profissional:** A função desempenhada pelo respondente no ambiente industrial, como linha de produção, gerência ou manutenção, Universidade/Centro de Pesquisa foi um aspecto crucial para avaliar a percepção das barreiras.

- **Segmento Industrial:** O segmento industrial de atuação profissional, como indústria de transformação, construção civil ou outros, foi um fator importante para avaliar a relevância das barreiras em diferentes contextos.

- **Fontes de Conhecimento:** A investigação das fontes de conhecimento sobre TEEs utilizadas pelos respondentes, como Internet, Livros, Revistas Técnicas, Durante a formação acadêmica permitiu identificar a influência do acesso à informação na percepção das barreiras.

- **Atualização sobre TEEs:** A data da última atualização sobre o tema TEEs, bem como a frequência com que buscam informações sobre o assunto, permitiram identificar se a familiaridade com as tecnologias impacta na percepção das barreiras.

3 BARREIRAS À ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS ENERGETICAMENTE EFICIENTES NA INDÚSTRIA

Este capítulo apresenta os resultados da revisão de literatura desenvolvida para identificar as barreiras que impedem a adoção das TEEs na indústria. Além disso, as distribuições temporal e geográfica das barreiras identificadas são apresentadas com o intuito de analisar, respectivamente, a frequência de aparições de tais barreiras na literatura e o interesse dos continentes por esse assunto. Por fim, a relação entre as barreiras identificadas e os segmentos industriais foi analisada para identificar quais segmentos são mais influenciados pela existência de cada barreira identificada.

3.1 BARREIRAS IDENTIFICADAS NA LITERATURA

Os 96 artigos selecionados para a revisão de literatura foram lidos no detalhe, resultando na identificação de 583 barreiras apontadas nessas publicações. No entanto, diversas barreiras apresentaram semelhanças entre si, seja em sua denominação ou definição, conforme apresentado no Apêndice B. Assim, foi importante organizar esses resultados para obter um conjunto final de barreiras, sem repetições. Com isso, ao final desse processo, as 583 barreiras foram reduzidas a um conjunto final de 27 barreiras independentes.

O Quadro 1 apresenta as 27 barreiras identificadas e suas respectivas definições.

Quadro 1 - Barreiras à adoção das TEEs na indústria

(continua)

BARREIRA		DESCRIÇÃO
B1	Incerteza sobre o preço futuro da energia	Distorções nos preços da energia causadas pelas incertezas políticas e econômicas podem diminuir artificialmente o preço da energia, fazendo com que os investimentos em eficiência energética deixem de ser atrativos.
B2	Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto	A implantação de novas tecnologias pode impor riscos ao processo produtivo e à qualidade do produto.
B3	Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia	O desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia dificulta a identificação de áreas energeticamente ineficientes.
B4	Baixa difusão das TEEs	As TEEs são pouco difundidas, ficando restritas a um nicho por isso são pouco conhecidas e não inspiram as massas a adotá-las.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 1 - Barreiras à adoção das TEEs na indústria

(continua)

BARREIRA		DESCRIÇÃO
B5	Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção	Os fabricantes e seus distribuidores fornecem informações limitadas sobre os benefícios da adoção das TEEs, bem como os custos relacionados ao consumo, instalação e manutenção.
B6	Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética	A falta de padrões para a classificação do desempenho energético de equipamentos (por exemplo, etiquetagem), é uma barreira para a seleção das tecnologias mais eficientes.
B7	As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações	As características técnicas dos equipamentos energeticamente eficientes podem ser muito particulares (dimensões físicas, tensão de alimentação, etc.), dificultando a sua adoção.
B8	Preço elevado das TEEs	Os altos preços das TEEs dificultam a sua adoção.
B9	Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria	A indústria não se interessa por eficiência energética, porque a energia tem um peso pequeno no preço final do produto ou porque a empresa já se considera energeticamente eficiente.
B10	Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs	Os fabricantes de equipamentos podem relutar em incorporar TEEs em seus produtos, porque as tecnologias convencionais são mais lucrativas.
B11	Baixa disponibilidade de capital para investimentos em eficiência energética	A empresa tem baixa disponibilidade de capital, e não acredita o suficiente nas TEEs, para fazer investimentos motivados exclusivamente pela eficiência energética.
B12	Custos dos diagnósticos energéticos	São os custos para a contratação de auditorias energéticas e estudos de viabilidade econômica.
B13	Dificuldade em obter financiamento	Os fornecedores de capital tendem a não confiar em novas tecnologias, por isso preferem investir em soluções clássicas, ainda que não sejam energeticamente eficientes.
B14	CrITÉRIOS imperfeitos para a avaliação da viabilidade do investimento	A análise da viabilidade econômica dos investimentos é feita com base em certos critérios (taxa interna de retorno, tempo de retorno, etc.), que quando inadequados inviabilizam a adoção de TEEs.
B15	Risco de aumentar o preço do produto	A implantação de novas tecnologias pode exigir treinamento, desenvolvimento de novos procedimentos operacionais, novas rotinas de manutenção etc., que pode impactar o preço final do produto.
B16	Inércia comportamental dos funcionários	Muitos indivíduos não se sentem confortáveis em ambientes de mudança, por isso reagem negativamente à substituição de equipamentos energeticamente ineficientes por outros mais eficientes.
B17	Cadeia de decisões gerenciais complexas	Os diversos níveis de tomada de decisão, os procedimentos organizacionais burocráticos e o fluxo de informações confuso podem interferir na tomada de decisão em favor à adoção das TEEs.
B18	Outras prioridades para investimentos	A escassez de recursos financeiros e a baixa importância da gestão de energia leva a empresa a priorizar investimentos em outras áreas.
B19	Falta de competência técnica em eficiência energética	A empresa não possui em seu quadro técnico profissionais com conhecimento na área de eficiência energética.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 1 - Barreiras à adoção das TEEs na indústria

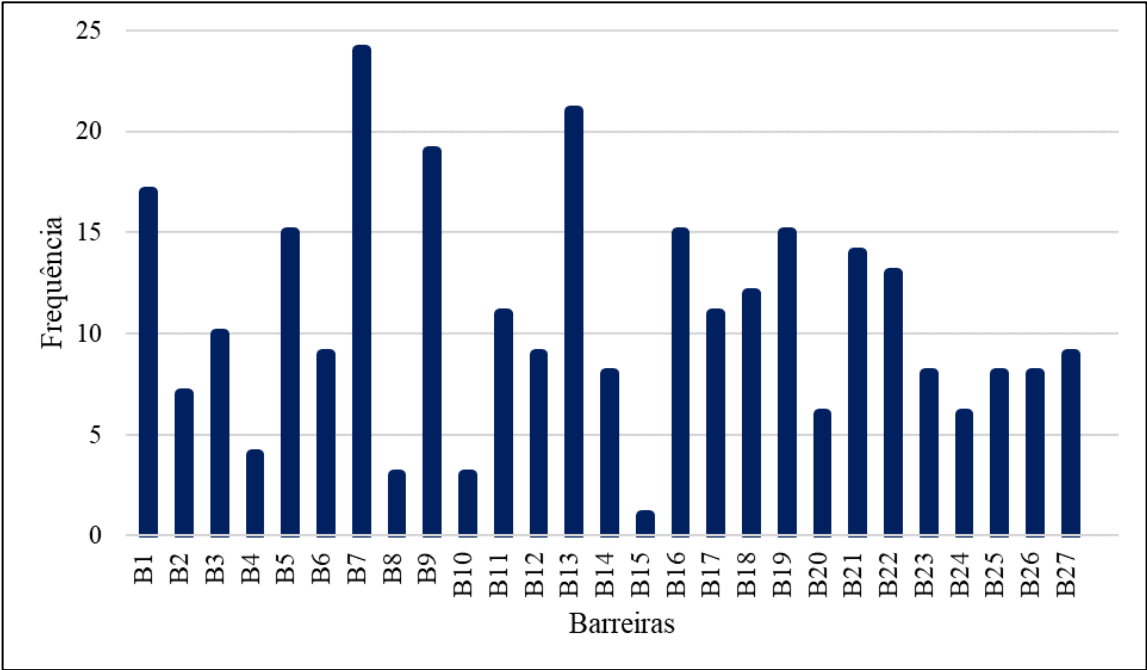
(conclusão)

BARREIRA		DESCRIÇÃO
B20	Racionalidade limitada	Os gestores muitas vezes relutam em adotar uma TEE, porque, assim como a maioria das pessoas, eles são apenas parcialmente racionais e agem por impulsos emocionais em muitas de suas ações. Assim, eles acabam reduzindo os problemas de natureza energética a modelos simples, de mais fácil compreensão. Por isso, contentam-se com decisões que sejam apenas satisfatórias e que atendam a urgência do momento, sendo muitas vezes longe da ideal.
B21	Incentivos contraditórios	É uma situação na qual o fluxo de investimentos e os benefícios advindos desses investimentos não são compartilhados na mesma medida pelos setores e gestores envolvidos na decisão de investimento.
B22	Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs	A falta de credibilidade e confiança na fonte de informações sobre as medidas de eficiência energética pode levar a escolhas ineficientes.
B23	Falta de políticas governamentais	A falta de intervenção governamental para criar incentivos e subsídios fiscais é uma barreira para a difusão das TEEs.
B24	Resistência em substituir equipamentos em bom estado	Há grande resistência, por parte dos tomadores de decisão, em substituir equipamentos antigos e energeticamente ineficientes se eles ainda são produtivos e não chegaram ao final de sua depreciação contábil.
B25	Divulgação inadequada das TEEs	Falta de clareza e objetividade nas informações divulgadas pelos fornecedores sobre as TEEs
B26	Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética	O tempo de retorno longo sobre o investimento em eficiência energética pode ser longo o bastante para não os tornar atrativos.
B27	Falta de poder e influência dos gestores da área de energia	Os gestores da área de energia não têm prestígio suficiente para tornar eficiência energética em um critério mandatório nas tomadas de decisão.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As 27 barreiras identificadas foram mencionadas 285 vezes na literatura. A Figura 5 apresenta a distribuição dessas barreiras na literatura, considerando a sua frequência de aparição.

Figura 5 - Distribuição das barreiras na literatura



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Pode-se notar que as barreiras B1, B7, B9 e B13 são encontradas em maior frequência na literatura, o que sugere um grau de importância para estas barreiras quando comparadas a frequência de aparição das demais.

O quadro 2 apresenta essas barreiras ordenadas pelo número de aparições na literatura. É justo considerar que o número de aparições de uma barreira na literatura é diretamente proporcional à importância que lhe é atribuída pela comunidade científica, então pode-se dizer que o Quadro 2 também é uma classificação das barreiras por ordem de importância.

Quadro 2 - Ordenação das barreiras pelo número de aparições

(continua)		
BARREIRA	NOME	APARIÇÕES
B7	As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações.	23
B13	Dificuldade em obter financiamento.	21
B9	Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria.	19
B1	Incerteza sobre o preço futuro da energia.	17
B5	Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção.	15
B16	Inércia comportamental dos funcionários.	15
B19	Falta de competência técnica em eficiência energética.	15
B21	Incentivos contraditórios.	14
B22	Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs.	13
B18	Outras prioridades para investimentos.	12

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 2- Ordenação das barreiras pelo número de aparições

(conclusão)

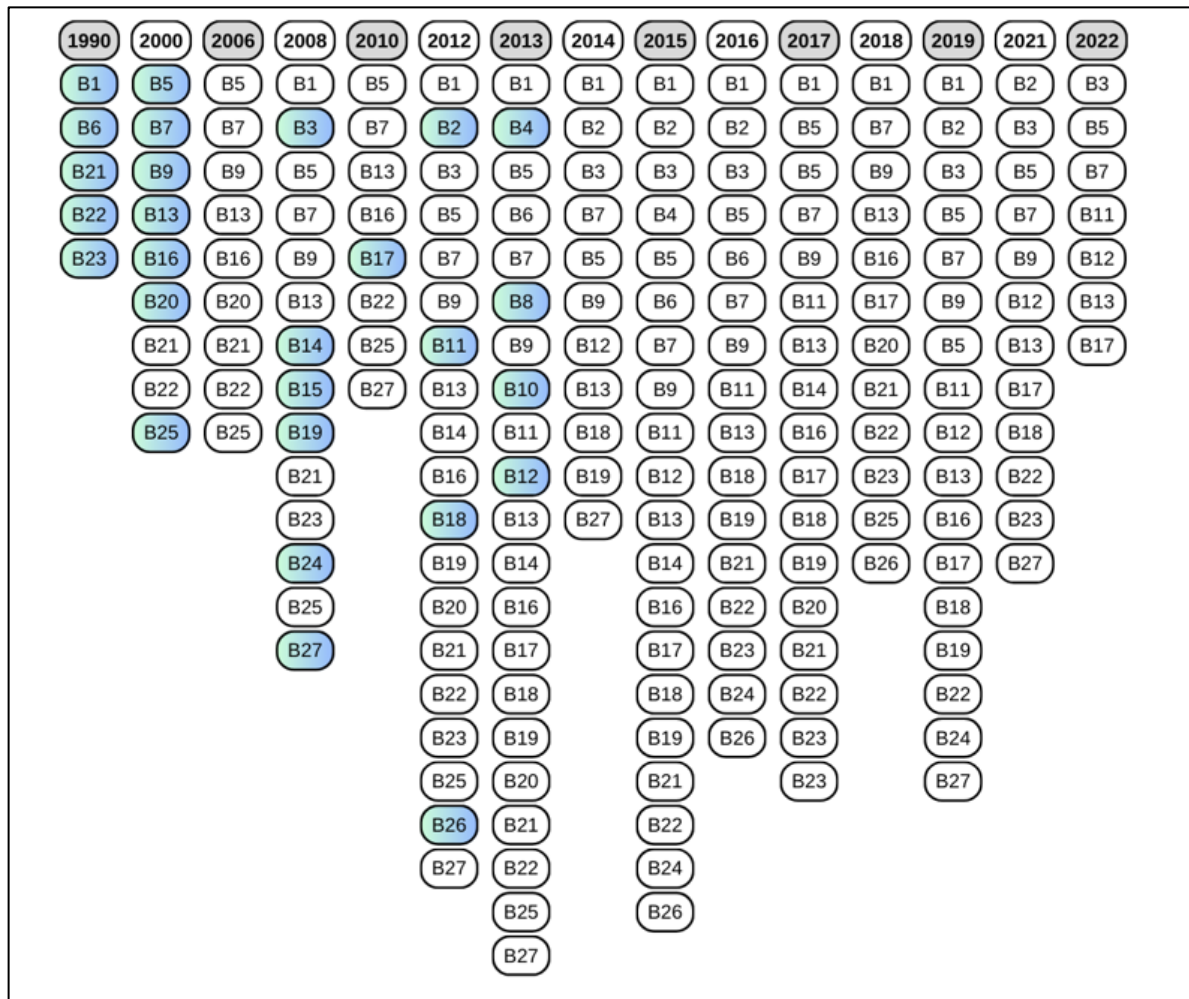
BARREIRA	NOME	APARIÇÕES
B11	Baixa disponibilidade de capital para investimentos em eficiência energética.	11
B17	Cadeia de decisões gerenciais complexa.	11
B3	Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia.	10
B6	Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética.	9
B12	Custos dos diagnósticos energéticos.	9
B27	Falta de poder e influência dos gestores da área de energia.	9
B14	Critérios imperfeitos para a avaliação da viabilidade do investimento.	8
B23	Falta de políticas governamentais.	8
B25	Divulgação inadequada das TEEs.	8
B26	Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética.	8
B2	Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto.	7
B20	Racionalidade limitada.	6
B24	Resistência em substituir equipamentos em bom estado.	6
B4	Baixa difusão das TEEs.	4
B8	Preço elevado das TEEs.	3
B10	Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs.	3
B15	Risco em aumentar o preço do produto.	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.2 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS BARREIRAS

A distribuição temporal das barreiras pode ser vista na Figura 6, onde se destaca em azul a primeira aparição de cada uma na literatura, bem como a evolução dessas aparições ao longo dos anos.

Figura 6 - Distribuição temporal das barreiras



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A primeira aparição de cada uma dessas barreiras na literatura (células em destaque na Figura 6) pode ser visto em detalhe no Quadro 3.

Quadro 3 - Primeira aparição de cada uma das barreiras

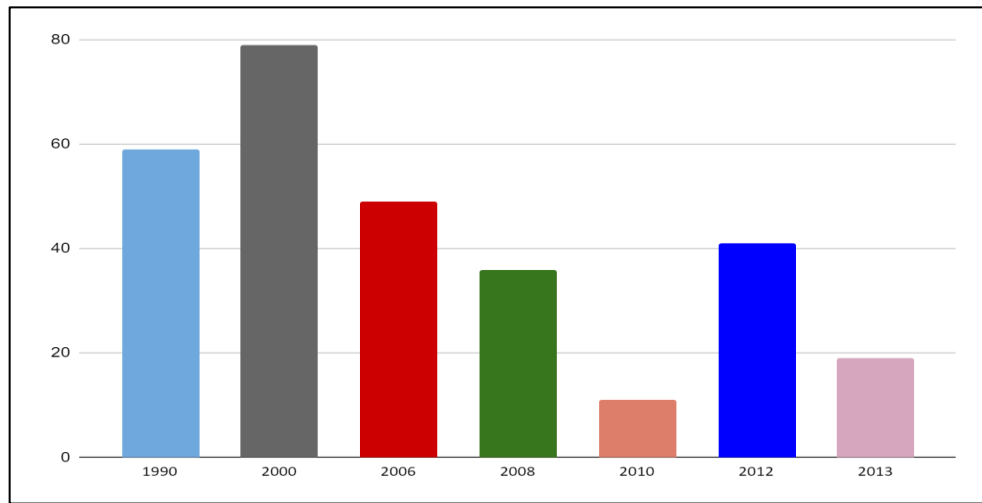
Ano	Barreira	Descrição
1990	B1	Incerteza sobre o preço futuro da energia.
	B6	Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética.
	B21	Incentivos contraditórios.
	B22	Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs.
	B23	Falta de políticas governamentais.
2000	B5	Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficientes os benefícios decorrentes a sua adoção.
	B7	As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações.
	B9	Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria.
	B13	Dificuldade em obter financiamento.
	B16	Inércia comportamental dos funcionários.
	B20	Racionalidade limitada.
	B25	Divulgação inadequada das TEEs.
2008	B3	Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia.
	B14	Critérios imperfeitos para a avaliação da viabilidade do investimento.
	B15	Risco de aumentar o preço do produto.
	B19	Falta de competência técnica em eficiência energética.
	B24	Resistência em substituir equipamentos em bom estado.
	B27	Falta de poder e influência dos gestores da área de energia.
2010	B17	Cadeia de decisões gerenciais complexa.
2012	B2	Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto.
	B11	Baixa disponibilidade de capital para investimentos em eficiência energética.
	B18	Outras prioridades para investimentos.
	B26	Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética.
2013	B4	Baixa difusão das TEEs.
	B8	Preço elevado das TEEs.
	B10	Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs.
	B12	Custos dos diagnósticos energéticos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Figura 7b apresenta um sumário da distribuição temporal das barreiras.

Pode-se observar que mais de 50% das aparições das barreiras na literatura ocorreram nos anos 1990, 2000, 2006 e 2008. Também é possível analisar que o ano de 2013 foi o último a registrar o surgimento de novas barreiras (B4 – “Baixa difusão das TEEs”; B8 – “Preço elevado das TEEs”; B10 – “Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs”; B12 – “Custos dos diagnósticos energéticos”). A partir de então, as barreiras foram se repetindo ao longo dos demais anos.

Figura 7 - Sumário da distribuição temporal das barreiras



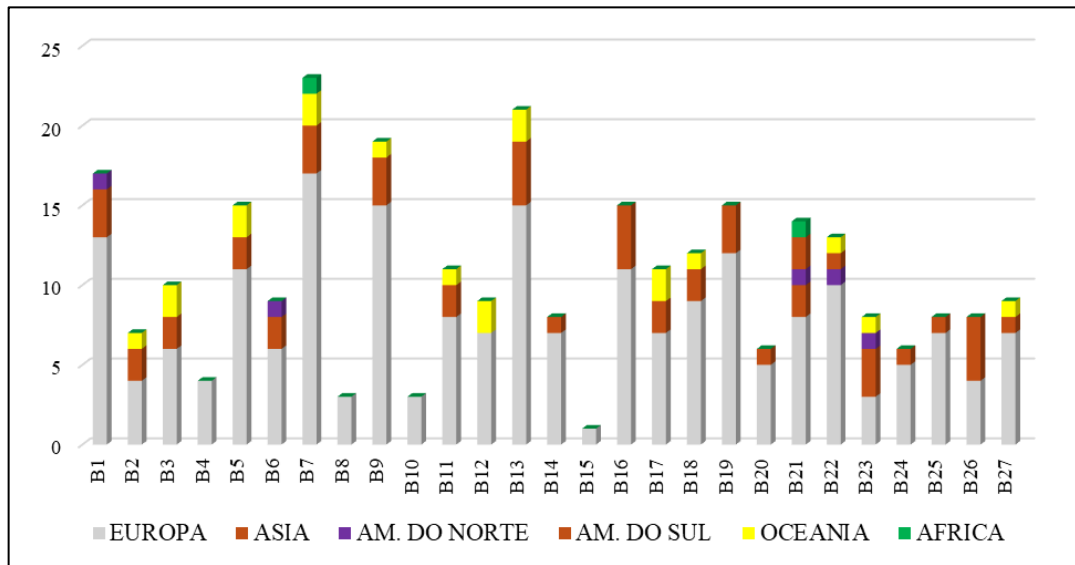
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Cabe destacar que é somente no ano de 2008 que a barreira B15 (“Risco de aumentar o preço do produto”) é encontrada. No caso da barreira B10 (“Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs”) é encontrada somente no ano de 2013. Já o ano de 2010 registra o surgimento de uma única nova barreira, a B17 (“Cadeia de decisões gerenciais complexa”) que acaba por ser novamente encontrada em mais sete ocasiões nos anos de 2013, 2015, 2017, 2018, 2019, 2021 e 2022.

3.3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS BARREIRAS

Na Figura 8 é apresentada a distribuição geográfica das barreiras, na qual é possível observar que o continente europeu se destaca devido a sua maior incidência de barreiras.

Figura 8 - Distribuição geográfica das barreiras



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Tabela 1 detalha a distribuição das aparições das barreiras em estudos realizados nas Américas no Norte e do Sul; na Europa; na Ásia; na Oceania e na África.

É possível observar que a Europa é o continente que mais tem se interessado pelo estudo das barreiras. Observa-se que as barreiras B8 (“Preço elevado das TEEs”), B10 (“Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs”), B15 (“Risco em aumentar o preço do produto”) são encontradas somente nesse continente e junto à barreira B23 (“Falta de políticas governamentais”) foram as barreiras menos estudadas.

O segundo continente em volume de estudos é o continente asiático onde é possível notar que a barreira B26 (“Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética”) aparece 4 vezes.

O continente Africano é o que apresenta a menor quantidade de estudos sobre essas barreiras. Apenas a barreira B7 (“As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações”) e a barreira B21 (“Incentivos contraditórios”) foram estudadas, ambas, uma única vez.

Tabela 1 - Ocorrência das barreiras por continente

Barreira	Europa	Asia	A. Do Norte	A. Do Sul	Oceania	África
B1	13	3	1	1	0	0
B2	4	2	0	0	1	0
B3	6	2	0	0	1	0
B4	4	0	0	0	0	0
B5	11	2	0	0	2	0
B6	6	2	1	0	0	0
B7	17	3	0	0	2	1
B8	3	0	0	0	0	0
B9	15	2	0	1	1	0
B10	3	0	0	0	0	0
B11	8	2	0	0	1	0
B12	7	0	0	0	2	0
B13	15	3	0	1	2	0
B14	7	1	0	0	0	0
B15	1	0	0	0	0	0
B16	11	3	0	1	0	0
B17	7	2	0	0	2	0
B18	9	2	0	0	1	0
B19	12	2	0	1	0	0
B20	5	0	0	1	0	0
B21	8	2	1	2	0	1
B22	10	0	1	1	1	0
B23	3	3	1	0	1	0
B24	5	1	0	0	0	0
B25	7	0	0	1	0	0
B26	4	4	0	0	0	0
B27	7	1	0	0	1	0
Variação de barreiras	27	19	5	9	13	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na tabela 2 é possível observar o consumo anual médio de energia primária no período que compreende os anos de 1965 a 2021. Também são apresentados o consumo anual médio de energia elétrica, o número de publicações sobre eficiência energética e dentre essas, o número de publicações tratando das barreiras à adoção das TEEs no período entre os anos de 2000 e 2021 por continente. O continente asiático responde pelo maior consumo médio de energia e pelo número de publicações (597).

Tabela 2 - Consumo de energia por continente

	Continente					
	Europa	Ásia	Oceania	Am. do Norte	Am. do Sul	África
Consumo anual médio (1965-2021) de Energia Primária (TWh)	30523	35926	1288	27755	4089	2880
Consumo anual médio (2000-2021) de Energia Elétrica (TWh)	4677	9516	285	5025	967	653
Publicações em Eficiência Energética	442	597	36	127	25	15
Publicações de onde foram extraídas as 27 barreiras	60	17	2	13	3	1

Fonte: Adaptado de IEA (2024)

Observa-se que há uma correlação muito forte entre o consumo de energia e o número de publicações relativas à eficiência energética.

3.4 DISTRIBUIÇÃO DAS BARREIRAS NOS DIVERSOS SEGMENTOS INDUSTRIAIS

É interessante investigar se há algum segmento industrial, particularmente, relacionado a uma ou a um grupo de barreiras, bem como a intensidade desse relacionamento.

Entender como as barreiras dificultam à adoção de TEEs pelos diversos segmentos industriais é extremamente importante para o desenvolvimento de ações e políticas para sua superação (TRIANNI; CAGNO; WORREL, 2013).

Assim, na Tabela 2 apresenta a distribuição das barreiras nos diversos segmentos industriais. Nas colunas vê-se o número de vezes (ou o número de artigos) que a respectiva barreira (B1...B27) é tratada dentro de um segmento específico (metalurgia...iluminação). A linha “Segmentos influenciados pela barreira” relaciona, dentre os 19 segmentos estudados pela literatura, quantos segmentos a barreira atinge. Mais à direita vê-se a coluna “#barreiras” que informa, dentre as 27 barreiras, quantas foram citadas em conjunto no segmento industrial. É importante notar que os segmentos industriais foram apresentados em ordem decrescente dos valores dessas duas colunas.

A última linha da Tabela 2 (Total de aparições da barreira) apresenta o número total de vezes que uma barreira foi encontrada, independentemente do segmento industrial. Com base nesta linha, as barreiras foram ordenadas em ordem decrescente, da esquerda para a direita.

De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética, no Brasil, o consumo de energia pelos setores de alimentos e bebidas (30%), metalurgia (26%) e papel e celulose (16%) representam 72% de toda a energia utilizada pelo setor no ano de 2020 (EPE, 2021).

O setor de metalurgia é o que sofre com o maior número de barreiras à adoção das TEEs, com 24 barreiras identificadas como visto na Tabela 2 na coluna “#barreiras”. As principais barreiras são: B9 (“Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria”), B13 (“Dificuldade em obter financiamento”), B19 (“Falta de competência técnica em eficiência energética”) e B7 (“As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações”) que são citadas por quatro artigos.

Tabela 3 - Segmentos industriais e suas respectivas barreiras

Barreiras Segmentos Industriais	B9	B13	B19	B7	B1	B27	B24	B3	B21	B5	B18	B16	B17	B11	B12	B14	B26	B22	B23	B6	B15	B25	B20	B2	B8	B4	B10	#barreiras
Metalurgia	4	4	4	4	3	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	0	0	0	1	1	1	24
Alimentos e Bebidas	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	21
Manufatura	3	2	2	3	2	0	2	2	3	3	2	2	1	2	0	1	2	2	1	1	0	1	1	1	0	0	0	21
Fundição	2	2	1	3	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	18
Movelaria	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	18
Textil	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	17
Papel e Celulose	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	14
Cerâmica	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13
Vidro	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13
Alumínio	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
Aço	1	0	1	2	2	1	0	1	0	0	0	1	3	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Maquinário	1	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	11
Plástico	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Químico	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	9
Ferro	1	0	1	1	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Fertilizantes	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	7
Cal e Cimento	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Serviços de energia	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5
Iluminação	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Segmentos que citaram barreiras	16	15	17	15	15	14	12	13	10	10	10	8	8	9	8	8	8	7	8	7	6	4	4	2	1	1	1	
Total de aparições da barreira	27	27	25	25	22	17	16	15	14	13	13	11	11	11	9	9	9	9	8	8	6	5	4	2	1	1	1	319

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Conclui-se que o setor de metalurgia sofre pela falta de interesse por parte da indústria e as dificuldades com a obtenção de financiamento e de pessoal com competência técnica, bem como a inadequação das tecnologias leva ao desinteresse por parte das firmas na adoção das TEEs e pode levá-las a optarem por investir os recursos em outras áreas (TRIANNI; CAGNO; WORREL, 2013).

Pode-se identificar que essas mesmas barreiras encontradas em maior frequência no setor de metalurgia também exercem influência sobre o setor de alimentos e bebidas. Esse setor, por sua vez, tem 21 barreiras relacionadas a ele sendo o segundo setor com maior influência das barreiras.

O terceiro setor observado com maior influência das barreiras é o setor de manufatura. É possível destacar as barreiras B21 (Incentivos contraditórios) e B5 (“Os fornecedores de tecnologias energeticamente eficientes não divulgam de forma eficientes os benefícios decorrentes da ação dessas tecnologias”) as mais encontradas nesse segmento industrial, junto às já citadas barreiras B9 e B7. De acordo com as barreiras encontradas é possível analisar que o setor tem dificuldade em receber informações adequadas sobre as tecnologias e os benefícios advindos dos investimentos realizados na adoção de TEEs não são compartilhados dentro da empresa

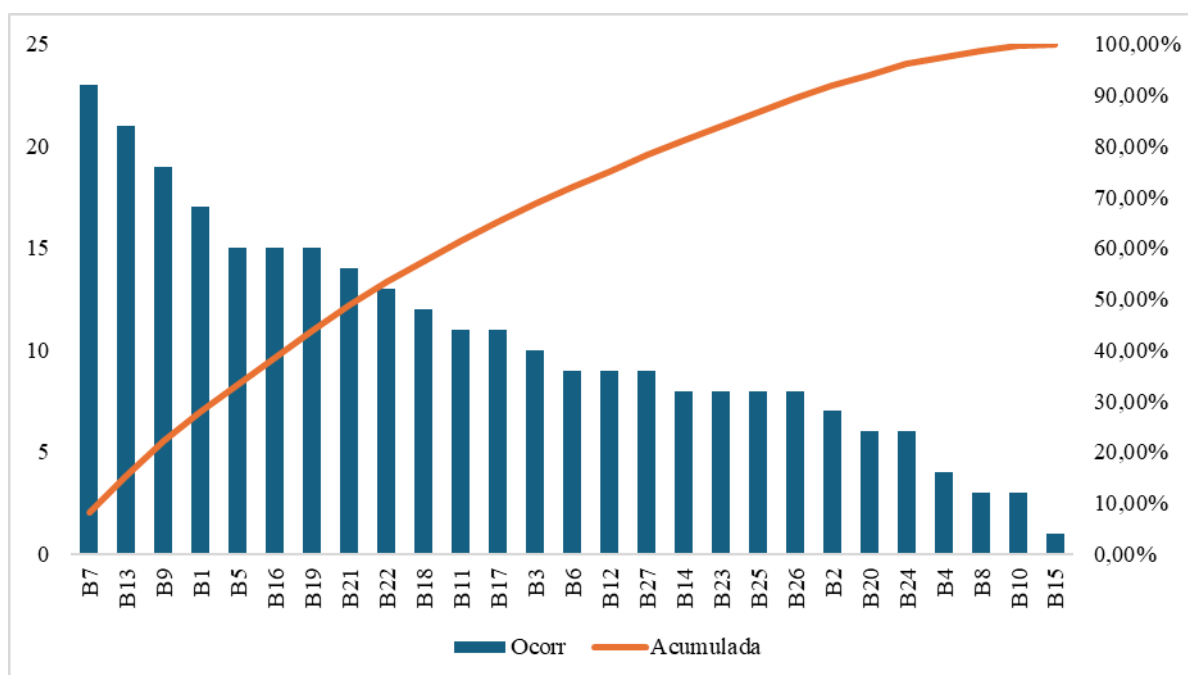
No que diz respeito aos grandes consumidores de energia, o setor de papel e celulose é o terceiro em consumo no Brasil e quarto do mundo, utilizando de 5% de toda a energia consumida pela indústria globalmente (LAWRENCE; THOLLANDER; KARLSSON, 2018). Este setor sofre a influência de 14 barreiras com destaque para as barreiras B9 (“Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria”) e B13 (“Dificuldade em obter financiamento”), com duas aparições cada.

Cabe destacar a barreira B7 (“As características técnicas da TEEs não são adequadas a determinadas instalações”) que é um indicativo que um setor altamente consumidor de energia não tem a sua disposição tecnologias que permitam melhorar sua eficiência em termos do uso da energia.

Nota-se ainda que a barreira B9 está presente em 16 dos 19 segmentos estudados pelos artigos e o setor de iluminação é impactado somente pela barreira B7.

Para efeito de análise e verificação das barreiras que exercem maior influência sobre os segmentos, um Diagrama de Pareto foi elaborado com a intenção de realizar tal análise, conforme apresentado na Figura 9. O princípio de Pareto é reconhecido por identificar e priorizar problemas ou causas dos problemas onde uma maioria desses problemas ocorre devido a uma minoria de causas.

Figura 9 - Gráfico de Pareto



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Como observado na Figura 9, realizando a avaliação pela quantidade total de barreiras (27 barreiras), 20% destas barreiras equivalem a um total de seis barreiras (B7; B13; B9; B1; B5; B16) representando 38% das ocorrências.

Avaliando pelo total de ocorrências (285) 17 barreiras (B7; B13; B9; B1; B5; B16; B19; B21; B22; B18; B11; B17; B3; B6; B12; B27; B14) representarem 81,05% destas ocorrências correspondendo a 62% do total de barreiras.

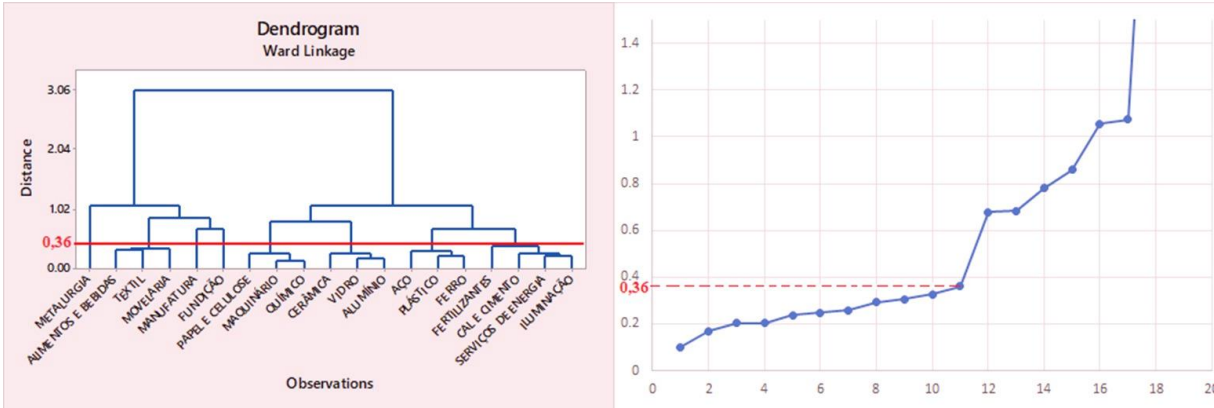
Isso demonstra que as barreiras estão bem distribuídas na literatura e, pelo fato de as barreiras ocorrerem de forma similar, não obedecem ao princípio 80/20

3.4.1 Análise segundo a perspectiva dos segmentos industriais

Observando a Tabela 2, percebe-se que as barreiras são discutidas no contexto de todos os segmentos industriais coletados nas referências desta pesquisa. Contudo, nota-se que algumas das barreiras aparecem mais frequentemente em alguns segmentos do que em outros. Reconhecer os segmentos semelhantes, segundo a presença de determinadas barreiras, pode ser importante na formulação de estratégias para a sua superação.

A Figura 10 apresenta um dendrograma construído a da Tabela 3.

Figura 10 - Dendrograma dos segmentos industriais



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio da ferramenta de análise Minitab (Ward Linkage, 2024)

O dendrograma da Figura 10 agrupou 19 segmentos industriais em 8 grupos, conforme o Quadro 4

Quadro 4 – Grupos formados pela análise de *clustering*

Grupo	Segmentos	Grupo	Segmentos
1	Metalurgia	5	Papel e celulose Maquinário Químico
2	Alimentos e bebidas Têxtil Moveleira	6	Cerâmica Vidro Alumínio
3	Manufatura	7	Aço Plástico Ferro
4	Fundição	8	Fertilizantes Cal e cimento Serviços de energia Iluminação

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4 TAXONOMIA DAS BARREIRAS

4.1 DESCRIÇÃO DAS TAXONOMIAS

Na literatura, é possível encontrar uma série de publicações que tratam de barreiras que dificultam a adoção das TEEs no setor industrial à luz de diferentes aspectos. Por exemplo, quando este tema é abordado do ponto de vista econômico, surgem várias barreiras em relação a esta questão. Da mesma forma, estas barreiras devem ser classificadas a partir de outros aspectos, como governo, mercado, técnicas e assim por diante. Tal categorização é conhecida na literatura como taxonomia e é valiosa pois permite uma ampla compreensão das barreiras identificadas (CHAI ;YOE, 2012) (CAGNO *et al.*, 2013) (SORREL *et al.*, 2000). Segundo Trianni *et al.*, (b2013, p. 445), a classificação das barreiras à adoção de TEEs no setor industrial é essencial, por permitir “entender e classificar o amplo espectro de questões com as quais as empresas têm de lidar quando decidem realizar investimentos em eficiência energética”. Além disso, essa compreensão é um passo importante nos estudos das barreiras, uma vez que a classificação das barreiras contribui para sua posterior superação (CAGNO *et al.*, 2013) (TRIANNI; CAGNO; WORREL, 2013).

Assim é possível identificar diversas taxonomias já propostas ao longo dos anos na literatura para a classificação das barreiras que impedem a adoção das TEEs no segmento industrial. O Quadro 4 apresenta as principais classificações identificadas na literatura desde 1980 a 2022.

Quadro 5 - Evolução das taxonomias ao longo do tempo

(Continua)

Ano	Autor	Taxonomia
1980	Blumstein (1980)	Hábitos; Financeiro; Falta de informação; Estrutura de mercado; Incentivos divididos; Regulações
1990	Hirst; Brown (1990)	Estrutural ;Comportamental
2000	Sorrel <i>et al.</i> (2000)	Econômico; Comportamental; Organizacional
2005	Rohdin;Thollander (2006)	Falhas econômicas não relacionadas ao mercado ou barreiras de mercado; Falhas econômicas de mercado; Comportamental; Organizacional

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 5 - Evolução das taxonomias ao longo do tempo

(Continuação)

Ano	Autor	Taxonomia
2007	Thollander; Ottosson (2007)	Barreiras relacionadas ao mercado; Barreiras relacionadas ao comportamento e a organização
2008	Sardianou (2008)	Financeiras e barreiras de mercado; Organizacional e barreiras de fatores humanos
2010	Palm; Thollander (2010)	Falhas econômicas de mercado; Comportamental; Organizacional
2012	Trianni; Cagno (2012)	Falhas econômicas de não-mercado ou barreiras de mercado; Falhas econômicas de mercado; Comportamental; Organizacional.
	Chai; Yeo (2012)	Falhas econômicas não relacionadas ao mercado ou barreiras de mercado; Falhas econômicas de mercado; Comportamental; Institucional; Organizacional; Restrições físicas
2013	Trianni <i>et al.</i> (2013)	Mercado; Governo/políticas; Tecnologia/fornecedores de serviços; Desing e manufatura; Fornecedores de energia; Fornecedores de capital; Econômico; Comportamental; Organizacional; Barreiras relacionadas a competências; Conscientização
	Cagno <i>et al.</i> (2013)	Econômico; Comportamental; Organizacional; Mercado; Governo/políticas; Tecnologia/fornecedores de serviços; Desing e manufatura; Fornecedores de energia; Fornecedores de capital; Econômico; Comportamental; Organizacional; Barreiras relacionadas a competências; Conscientização
	Trianni; Cagno; Worrel (2013)	Mercado; Governo/políticas; Tecnologia/fornecedores de serviços; Desing e manufatura; Fornecedores de energia; Fornecedores de capital; Econômico; Comportamental; Organizacional; Conscientização
2014	Venmans (2014)	Informação; Disponibilidade de capital; Riscos e incertezas; Incentivos; Organizacional; Tecnologia embarcada
	Brunke;Johansson; Thollander (2014)	Mercado; Mercado/governo; Conscientização Comportamental; Competências; Econômico; Organizacional
	Olsthoorn; Scheleich; Klobasa (2014)	Tecnologia; Informação; Regulatório; Econômico; Comportamental; Organizacional; Competências
2015	Catarino; Igreja; Henriques (2015)	Organizacional; Gerência; Finanças; Políticas governamentais; Econômico; Comportamental; Treinamento e conhecimento; Técnico
	Cagno <i>et al.</i> (2015)	Tecnologia; Informação; Econômico; Comportamental; Organizacional; Competências; Conscientização
2016	Hrovatin;Dolsak;Zoric (2016)	Falhas econômicas não relacionadas ao mercado; Falhas de mercado; Comportamental; Organizacional
	Timilsina; Hochman; Fedets (2016)	Econômico e financeiro; Informação; Técnico; Institucional; Incentivos divididos
	Henriques; Catarino (2016)	Organizacional; Gerencial; Financeiro; Políticas governamentais; Econômico; Comportamental; Treinamento e conhecimento; Técnico

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 5 - Evolução das taxonomias ao longo do tempo

(Conclusão)

Ano	Autor	Taxonomia
2017	Dong; Huo (2017)	Políticas e regulações; Mercado; Instituições financeiras; Comportamento; Econômicas – não relacionadas ao mercado
	Stede (2017)	Financeiro; Informação/comportamental; Institucional; Barreiras externas
	Trianni <i>et al.</i> , (2017)	Tecnologia; Informação; Econômico; Comportamental; Organizacional; Competências; Conscientização
	Hochman; Timilsina (2017)	Barreiras econômicas; Barreiras comportamentais e de informação; Barreiras institucionais
	Arens; Warrens (2017)	Mercado; Governo; Econômico; Organizacional
2018	Soepardi <i>et al.</i> , (2018)	Políticas governamentais; Financeiro e econômico; Gerencial e organizacional; Tecnológico; Força de trabalho; Qualidade e tipo da matéria-prima e combustível usados
	Lopes <i>et al.</i> , (2018)	Falhas de mercado/imperfeição de mercado; Falhas econômicas não relacionadas ao mercado; Barreiras comportamentais; Barreiras organizacionais
	Cagno; Neri; Trianni (2018)	Organizacional; Comportamento gerencial; Comportamento dos trabalhadores; Informação; Serviço de tecnologia; Econômico
2019	Haraldsson; Johansson (2019)	Tecnologia; Econômico; Organização; Informação e comportamento
2021	Smith; Wilson; Hassal (2021)	Conscientização; Comportamental; Competências; Econômico; Governamental; Informação; Organizacional; Tecnologia
2022	Smith; Wilson; Hassal (2022)	Acesso à tecnologia; Informações externas; Mercado externo; Governo; Estado da tecnologia; Manutenção; Cultural; Conhecimento e tecnologia; Informações internas; Risco; Restrições operacionais; Prioridades; Projeto econômico; Custos econômicos internos

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

É possível perceber no Quadro 4 que a primeira classificação das barreiras foi proposta por Blumstein (1980). Nesse estudo, seis grupos distintos de barreiras foi apresentado, no entanto, não houve detalhamento das barreiras de forma individual. A partir desse período, as barreiras começaram a ser detalhadas e também houve um crescimento no número de grupos apresentados. Como exemplo, pode-se observar nas publicações de Trianni *et al.* (2013) que classificou 33 barreiras em 11 grupos e Cagno *et al.* (2013) que propôs 14 grupos de barreiras para categorizar as 27 barreiras estudadas. Essa evolução sugere que novas barreiras foram surgindo ao longo dos anos, e as classificações propostas foram estudadas com maior detalhe à medida que tais barreiras foram identificadas na literatura.

Em uma visão geral, é possível perceber que alguns nomes de categorias variam apenas de autor para autor, porém, na maioria dos casos as diferenças são pequenas, facilitando sua comparação. Vale ressaltar ainda que, ao longo dos anos, alguns novos grupos foram sendo incorporados às taxonomias já existentes, como por exemplo, os grupos “Força de Trabalho” e “Qualidade e tipo de matéria-prima e combustível usados” citados por Soepardi *et al.* (2018).

Isso mostra que não existe uma taxonomia ou abordagem melhor para a classificação de barreiras. No entanto, pode-se perceber que tais classificações aprofundam o entendimento sobre as barreiras estudadas. Sendo assim, organizar as 27 barreiras identificadas anteriormente em uma taxonomia é necessária para melhor compreendê-las. Portanto, o Quadro 5 apresenta cada uma dessas barreiras e sua classificação de acordo com os artigos mais citados dentre as taxonomias já propostas anteriormente na literatura

Quadro 6- Taxonomias propostas na literatura para cada barreira

(continua)

Barreira	Classificação utilizada na literatura	Referência
B1 Incerteza sobre o preço futuro da energia	Barreira de Mercado	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013)
B2 Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto	Barreira Organizacional	Chai ;Yoe (2012)
B3 Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia	Barreira Técnica	Hrovatin;Dol; Zori (2016; Henriques;Catarino (2016); Thollander; Ottosson (2008);)
B4 Baixa difusão das TEEs	Barreiras de Informação	Cagno <i>et al.</i> (2013); Olsthoorn; Schlerich; Klobasa (2015);
B5 Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção	Barreiras de Informação	Rohdin, Thollander (2006); Cagno <i>et al.</i> (2015)
B6 Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética	Barreira Governamental	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013)
B7 As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações	Barreira Tecnológica	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013)
B8 Preço elevado das TEEs	Barreira Econômica	Henriques and Catarino (2016); Cagno <i>et al.</i> (2015); Trianni; Cagno;Worrel (2013)
B9 Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria	Barreira Comportamental	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013) Sorrel <i>et al</i> (2000)
B10 Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs	Barreira Tecnológica	Trianni <i>et al</i> (2013); Cagno <i>et al.</i> (2013)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 6 – Taxonomias propostas na literatura para cada barreira

(conclusão)

Barreira	Classificação utilizada na literatura	Referência
B11 Baixa disponibilidade de capital para investimentos em eficiência energética	Barreira Econômica	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013)
B12 Custos dos diagnósticos energéticos	Barreira Econômica	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013)
B13 Dificuldade em obter financiamento	Barreira Econômica	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013) Sorrel <i>et al.</i> (2000)
B14 Critérios imperfeitos para a avaliação da viabilidade do investimento	Barreira Econômica	Cagno <i>et al.</i> (2013); Henriques and Catarino (2016); Cagno <i>et al.</i> (2015); Trianni; Cagno;Worrel (2013)
B15 Risco de aumentar o preço do produto	Barreira Econômica	Sardianou (2008)
B16 Inércia comportamental dos funcionários	Barreira Comportamental	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013); Rohdin, Thollander (2006); Palm;Thollander (2010) ; Sorrel <i>et al.</i> (2000)
B17 Cadeia de decisões gerenciais complexas	Barreira Organizacional	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Cagno <i>et al.</i> (2015) Trianni <i>et al.</i> (2017); Soepardi <i>et al.</i> (2018);
B18 Outras prioridades para investimentos	Barreira Organizacional	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013); Cagno, <i>et al.</i> (2015); Trianni <i>et al.</i> (2017)
B19 Falta de competência técnica em eficiência energética	Barreira Técnica	Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013); Cagno, <i>et al.</i> (2015)
B20 Racionalidade limitada	Barreira Comportamental	Sorrel <i>et al.</i> , (2000); Rohdin, Thollander (2006); Trianni; Cagno (2012); Trianni <i>et al.</i> (2013)
B21 Incentivos contraditórios	Barreira Comportamental	Hirst; Brown (1990) ; Cagno <i>et al.</i> (2013); Trianni; Cagno;Worrel (2013); Trianni <i>et al.</i> (b2013)
B22 Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs	Barreira de Informação	Smith; Wilson;Hassal (2021); Cagno;Neri;Triani (2018)
B23 Falta de políticas governamentais	Barreira Governamental	Chai ;Yoe (2012); Timilsina; Hochman; Fedets (2016); Ding;Huo (2017)
B24 Resistência em substituir equipamentos em bom estado	Barreira Comportamental	Hrovatin;Dol; Zori (2016)
B25 Divulgação inadequada das TEEs	Barreira de Informação	Sorrel <i>et al.</i> , (2000); Thollander; Ottosson (2008); Trianni; Cagno (2012); Cagno <i>et al.</i> (2013)
B26 Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética	Barreira Econômica	Sorrel <i>et al.</i> , (2000); Henriques;Catarino (2015); Henriques;Catarino (2016)
27 Falta de poder e influência dos gestores da área de energia.	Barreira Organizacional	Cagno <i>et al.</i> (2013); Palm;Thollander (2010); Sardinou (2008)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.1 Barreiras Econômicas

O Quadro 6 apresenta o grupo de barreiras econômicas. Este grupo contém sete das 27 barreiras abordadas neste estudo. É possível perceber que tais barreiras estão relacionadas a questões econômicas que podem impedir a adoção das TEEs no setor industrial, como por exemplo, o elevado custo dessas tecnologias e o difícil acesso a linhas de financiamento para esse tipo de projeto.

Quadro 7 - Barreiras Econômicas

Barreiras Econômicas	B8 Preço elevado das TEEs
	B11 Baixa disponibilidade de capital para investimentos em eficiência energética
	B12 Custos dos diagnósticos energéticos
	B13 Dificuldade em obter financiamento
	B14 Critérios imperfeitos para a avaliação da viabilidade do investimento
	B15 Risco de aumentar o preço do produto
	B26 Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.2 Barreiras Comportamentais

O Quadro 7 apresenta as cinco barreiras que foram classificadas como comportamentais. Essas barreiras estão relacionadas as questões comportamentais que podem influenciar a conduta ou atitudes dos envolvidos na tomada de decisão por TEEs nas indústrias, ou seja, são barreiras que podem interferir na motivação em se adotar tais tecnologias, como por exemplo, a falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria e a inércia comportamental dos funcionários

Quadro 8 - Barreiras Comportamentais

Barreiras Comportamentais	B9 Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria
	B16 Inércia comportamental dos funcionários
	B20 Racionalidade limitada
	B21 Incentivos contraditórios
	B24 Resistência em substituir equipamentos em bom estado

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.3 Barreiras de Informação

Quatro barreiras foram classificadas como barreiras de informação, conforme apresentado no Quadro 8. Essas barreiras estão ligadas a problemas relacionados a falta de

divulgação e entrega de informações que podem ser divulgadas a fim ampliar o conhecimento sobre as TEEs e incentivar os envolvidos no setor industrial em adotá-las.

Quadro 9 - Barreiras de Informação

Barreiras de Informação	B4 Baixa difusão das TEEs
	B5 Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção
	B22 Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs
	B25 Divulgação inadequada das TEEs

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.4 Barreiras Organizacionais

O grupo de barreiras organizacionais é apresentado no Quadro 9. Esse grupo descreve as barreiras ligadas a adoção das TEEs no setor industrial que podem interferir no processo produtivo, na qualidade de seus produtos, bem como em sua estrutura organizacional interna da indústria em relação a hierarquia entre gestores e tomadores de decisão

Quadro 10 - Barreiras Organizacionais

Barreiras Organizacionais	B2 Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto
	B17 Cadeia de decisões gerenciais complexas
	B18 Outras prioridades para investimentos
	B27 Falta de poder e influência dos gestores da área de energia

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.5 Barreiras Governamentais

O Quadro 10 apresenta duas barreiras ligadas a questões governamentais que inibem o progresso da adoção das TEEs no setor industrial, como por exemplo, a falta de políticas específicas para promover a adoção de tais tecnologias no neste setor.

Quadro 11 - Barreiras Governamentais

Barreiras Governamentais	B6 Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética
	B23 Falta de políticas governamentais

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.6 Barreiras Técnicas

O Quadro 11 agrupo duas barreiras técnicas. Essas barreiras estão relacionadas a falta de conhecimento e competências técnicas necessárias tanto para a avaliação dos padrões de consume de energia da indústria para identificar áreas que precisam adotar tais tecnologias, quanto à necessidades de especialistas em eficiência energética para atuar nas indústrias

Quadro 12 - Barreiras Técnicas

Barreiras Técnicas	B3 Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia
	B19 Falta de competência técnica em eficiência energética

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.7 Barreiras Tecnológicas

O Quadro 12 apresenta as duas barreiras categorizadas como tecnológicas. Essas barreiras estão ligadas diretamente a questões relacionadas as características técnicas das TEEs e também ao baixo interesse dos fornecedores em desenvolver esse tipo de tecnologias.

Quadro 13 - Barreiras Tecnológicas

Barreiras Tecnológicas	B7 As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações
	B10 Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.1.8 Barreiras de Mercado

Apenas uma barreira foi classifica como barreira de mercado, conforme apresenta no Quadro 13. Essa barreira apresenta ao preço futuro de energia e seu impacto na adoção das TEEs, o que pode travar a expansão do mercado de eficiência energética no setor industrial.

Quadro 14 - Barreiras de Mercado

Barreira de Mercado	B1 Incerteza sobre o preço futuro da energia
---------------------	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A partir do mapeamento das taxonomias apresentadas na literatura foi possível observar um panorama multifacetado, uma vez que diferentes grupos de barreiras foram identificados.

A partir disso, foi possível classificar as 27 barreiras em oito grupos distintos, cada um com suas características e nuances. Esses resultados permitiram compreender tais barreiras de uma forma mais clara e profunda, a partir das características de cada grupo apresentado.

5 PESQUISA QUANTITATIVA

Um questionário estruturado (Quadro 4) foi elaborado para capturar a percepção de profissionais brasileiros que atuam no setor industrial em relação a relevância das 27 barreiras que impedem a adoção das TEEs na indústria.

Quadro 15 - Questionário da pesquisa (Google Forms)

(Continua)

Pesquisa sobre barreiras à adoção de tecnologias energeticamente eficientes na indústria. O setor industrial é responsável por cerca de 56% do consumo de energia e por 25% das emissões dos gases do efeito estufa (GEE). Assim, devido ao seu excessivo consumo e impactos ambientais atrelados a isso, é importante encontrar caminhos para melhorar o desempenho energético desse setor. E o melhor caminho para isso é a adoção de tecnologias energeticamente e cientes. No entanto, apesar de sua importância, essas tecnologias não tem sido amplamente adotadas, devido a existência de barreiras. A partir de uma revisão da literatura foi possível identificar os itens abaixo como sendo as principais barreiras à adoção de tais tecnologias no setor industrial. Indique, segundo sua percepção, a relevância para a realidade brasileira, de cada uma das barreiras listadas abaixo, numa escala de 0 (sem importância) a 10 (muito importante).	
Existem distorções nos preços da energia causadas pelas incertezas políticas econômicas o que pode diminuir artificialmente o preço da energia. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	A implantação de novas tecnologias pode impor riscos ligados à diminuição da capacidade e do volume de produção, impactando na qualidade do produto. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Falta de conhecimento sobre os padrões internos de consumo de energia podem dificultar diagnósticos energéticos. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	As tecnologias de eficiência energética estão restritas a um nicho, por isso são mais caras pouco difundidas. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Faltam informações, por parte dos fabricantes e distribuidores, sobre os custos relacionados ao consumo, instalação e manutenção, e ainda sobre os benefícios decorrentes da adoção das tecnologias 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	Falta de regulamentação adequada relacionada aos padrões de eficiência energética dos equipamentos 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
As características técnicas das tecnologias energeticamente eficientes atualmente disponíveis são inadequadas. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	As tecnologias energeticamente eficientes são mais caras quando comparadas as convencionais. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 15 - Questionário da pesquisa (Google Forms)

(Continua)

A indústria não tem interesse em adotar as tecnologias energeticamente eficientes devido ao baixo impacto que a energia tem no preço final do produto, ou ainda porque a empresa já se considera energeticamente eficiente 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	Falta de interesse, por parte dos fornecedores de tecnologias, em desenvolver equipamentos energeticamente eficientes, pois consideram as tecnologias convencionais mais lucrativas. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Falta de capital interno que possa ser destinado especificamente para o investimento em tecnologias energeticamente eficientes. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	Os custos para a realização de auditorias energéticas e estudos de viabilidade de investimento em eficiência energética são altos. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
É difícil contratar financiamento externo para a adoção de tecnologias inovadoras em eficiência energética. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	Existem critérios inadequados utilizados pelos tomadores de decisão para a avaliação dos investimentos em tecnologias energeticamente eficientes. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Há uma necessidade de treinamento pessoal e desenvolvimento de novos procedimentos de manutenção e operação da fábrica para a adoção de novas tecnologias, o que pode impactar no preço final do produto. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	Os profissionais são inertes à adoção das tecnologias energeticamente eficientes, ou seja, se negam a aceitar e experimentar essas alternativas na indústria. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
A estrutura/procedimento organizacional e o fluxo de informações confusos interferem na tomada de decisão em favor da adoção de tecnologias energeticamente eficientes. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	Falta de intervenção governamental para a criação de incentivos e subsídios fiscais para a adoção de tecnologias de eficiência energética. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
É dada uma baixa importância a gestão de energia e há escassez de recursos financeiros o que leva a empresa a priorizar outros investimentos. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	Falta de um quadro técnico composto por profissionais com conhecimento na área de eficiência energética. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Os indivíduos e as empresas tendem a tomar decisões satisfatórias, em vez de buscar decisões ótimas por conta de restrições de tempo, atenção, recursos e capacidade de processar informações. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	Os gestores se sentem incomodados por não receber o reconhecimento devido, uma vez que a adoção de tecnologias envolve a participação de vários departamentos. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 15 - Questionário da pesquisa (*Google Forms*)

(Continua)

Faltam informações confiáveis, o que leva a indústria a não acreditar nos benefícios advindos da adoção de tecnologias energeticamente eficientes 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	Há uma resistência à substituição de equipamentos antigos que ainda são produtivos por novos equipamentos com tecnologias energeticamente eficientes. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
O pessoal encarregado do gerenciamento de energia não tem poder e influência para decidir a favor da adoção de tecnologias energeticamente eficientes 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	As informações divulgadas pelos fornecedores sobre as tecnologias energeticamente eficientes não são claras e objetivas, impactando negativamente na tomada de decisão. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
O longo tempo de retorno sobre o investimento realizado não torna as tecnologias energeticamente eficientes atraentes. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	Existe alguma barreira ou obstáculo que você gostaria de incluir nessa relação? R. _____
Qual sua formação acadêmica? ☐ Engenharia Elétrica/Eletrônica. ☐ Engenharia Mecânica ☐ Engenharia de Produção ☐ Outra Engenharia ☐ Curso Técnico. ☐ Outro: _____	Onde você exerce sua atividade profissional? ☐ Indústria - linha de produção ☐ Indústria - gerência de produção ☐ Indústria - manutenção ☐ Órgão governamental ☐ Universidade ☐ Centro de pesquisa ☐ Outro: _____
Quando foi a última vez que você leu ou estudou sobre eficiência energética na indústria? ☐ A menos de 6 meses. ☐ Entre 6 meses e 1 ano. ☐ Entre 1 ano e 5 anos. ☐ mais de 5 anos.	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 15 - Questionário da pesquisa (*Google Forms*)

(Conclusão)

Você adquiriu seus conhecimentos em tecnologias energeticamente eficientes na indústria por meio de: (assinale mais de uma alternativa se achar necessário) ☐ Palestras. ☐ Treinamentos. ☐ Revistas técnicas. ☐ Revistas informativas. ☐ Livros ☐ Internet ☐ Durante sua formação acadêmica. Outro: _____																					
Em qual Estado está localizada a indústria que você trabalha/trabalhou? _____																					
Em qual segmento industrial sua empresa atua <table border="0"> <tr> <td>☐ Metalurgia</td> <td>☐ Ferro</td> </tr> <tr> <td>☐ Alimentos e bebidas</td> <td>☐ Indústria manufatureira</td> </tr> <tr> <td>☐ Cerâmico</td> <td>☐ Químico</td> </tr> <tr> <td>☐ Fundição</td> <td>☐ Fertilizantes</td> </tr> <tr> <td>☐ Aço</td> <td>☐ Maquinário</td> </tr> <tr> <td>☐ Textil</td> <td>☐ Plásticos</td> </tr> <tr> <td>☐ Movelaria</td> <td>☐ Cal e cimento</td> </tr> <tr> <td>☐ Papel e celulose</td> <td>☐ Açúcar</td> </tr> <tr> <td>☐ Alumínio</td> <td>☐ Petroquímico</td> </tr> <tr> <td>☐ Vidro</td> <td>☐ Outro: _____</td> </tr> </table>		☐ Metalurgia	☐ Ferro	☐ Alimentos e bebidas	☐ Indústria manufatureira	☐ Cerâmico	☐ Químico	☐ Fundição	☐ Fertilizantes	☐ Aço	☐ Maquinário	☐ Textil	☐ Plásticos	☐ Movelaria	☐ Cal e cimento	☐ Papel e celulose	☐ Açúcar	☐ Alumínio	☐ Petroquímico	☐ Vidro	☐ Outro: _____
☐ Metalurgia	☐ Ferro																				
☐ Alimentos e bebidas	☐ Indústria manufatureira																				
☐ Cerâmico	☐ Químico																				
☐ Fundição	☐ Fertilizantes																				
☐ Aço	☐ Maquinário																				
☐ Textil	☐ Plásticos																				
☐ Movelaria	☐ Cal e cimento																				
☐ Papel e celulose	☐ Açúcar																				
☐ Alumínio	☐ Petroquímico																				
☐ Vidro	☐ Outro: _____																				
Quantos funcionários possui a indústria que você trabalha/trabalhou * ☐ 1 a 50 ☐ 51 a 100 ☐ 101 a 200 ☐ 200 a 500 ☐ acima de 500 ☐ Não trabalho/trabalhei na indústria.																					

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No questionário estruturado, primeiramente, um texto introdutório foi apresentado para contextualizar o assunto aos respondentes. Posteriormente, 27 perguntas foram apresentadas para que os respondentes pudessem apontar, de acordo com a sua percepção, a relevância para cada uma das barreiras identificadas na literatura para a realidade brasileira em uma escala de 0 a 10. Por fim, outras sete questões foram apresentadas a fim de caracterizar os respondentes.

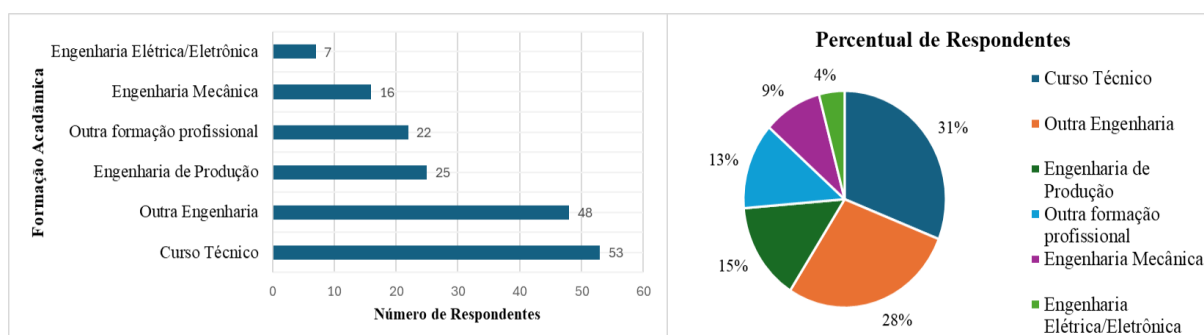
Vale ressaltar que o questionário foi formulado no *Google Forms* e enviado aos respondentes pela rede social LinkedIn ou por e-mail.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESPONDENTES

O questionário foi disponibilizado pelo *Google Forms* entre os meses de Dezembro de 2023 e Abril de 2024. Durante esse período o questionário foi enviado para 387 pessoas ligadas à indústria sendo que um total de 171 retornaram com respostas, correspondendo assim uma taxa de resposta de 44,18%.

A Figura 11 mostra a formação acadêmica dos respondentes. Nota-se que 56% estão ligados às áreas de Engenharia Elétrica (4%), Engenharia Mecânica (9%), Engenharia de Produção (15%), e outras áreas da Engenharia (28%). Vale destacar que 31 % dos respondentes possuem formação técnica.

Figura 11 - Formação acadêmica

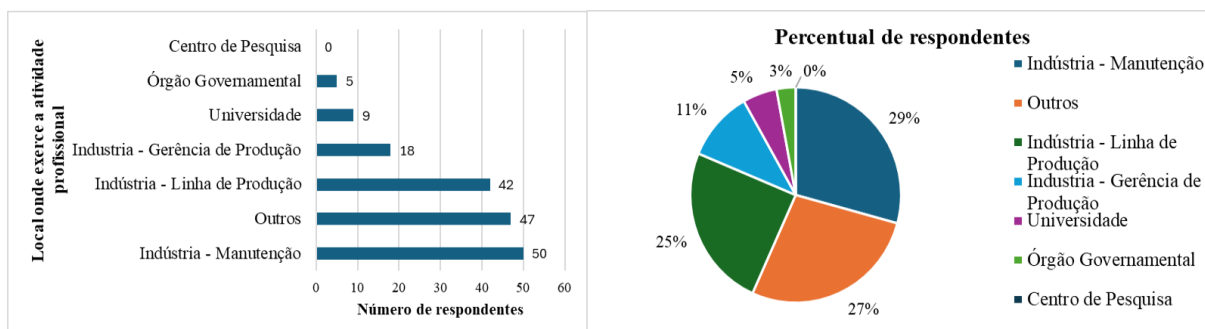


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Figura 12, é possível observar que 65% dos respondentes atuam na indústria desenvolvendo atividades profissionais ligadas às áreas de Manutenção (29%), Linha de Produção (25%) e Gerência de Produção (11%) da indústrias.

Vale ressaltar ainda que 27% do total de respostas indicou outras áreas de atuação tais como: área administrativa/contábil (10%), serviços (13%) e informática e apoio (4%). Um pequeno percentual de respondentes atua em Universidades (5%) e Órgãos Governamentais (3%). E nenhum respondente atua em Centro de Pesquisa.

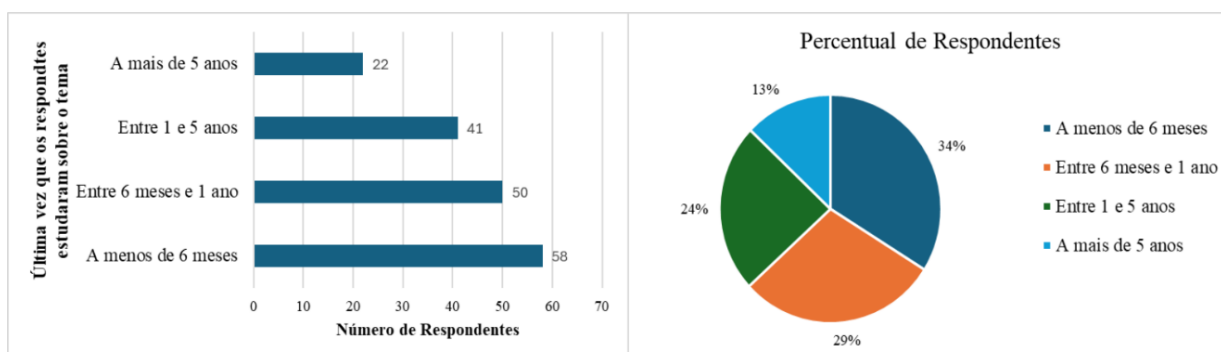
Figura 12 - Áreas de exercício da atividade profissional



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Figura 13 é possível observar que 34% dos respondentes recentemente se aprofundaram no tema (últimos seis meses), enquanto 29% o estudaram entre seis meses e um ano. Esses resultados sugerem que os respondentes têm conhecimento atualizado sobre o assunto.

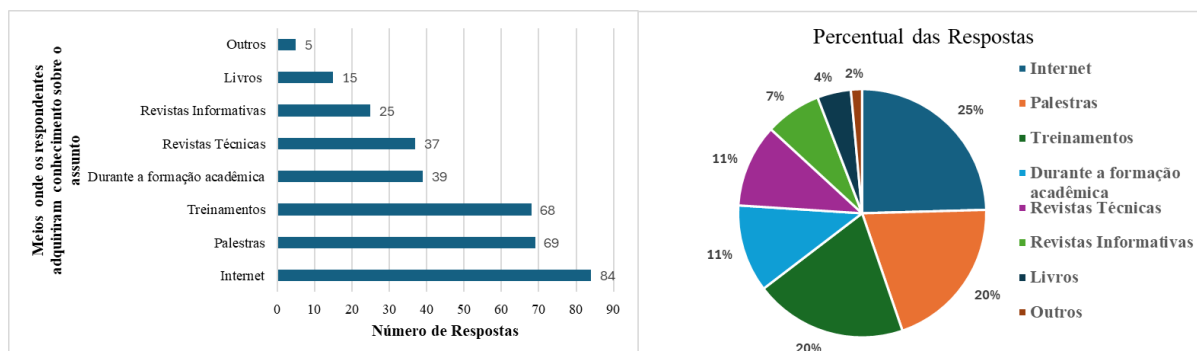
Figura 13 - Conhecimento sobre as TEEs no setor industrial



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Figura 14 ilustra os principais meios pelos quais os respondentes adquiriram conhecimento sobre o assunto. Assim, com o intuito de coletar informações mais abrangentes, os respondentes tiveram a opção de assinalar mais de uma resposta, o que explica o número total de respostas coletadas ser maior do que o de questionários respondidos.

Figura 14 - Meios onde adquiriu conhecimento sobre o assunto

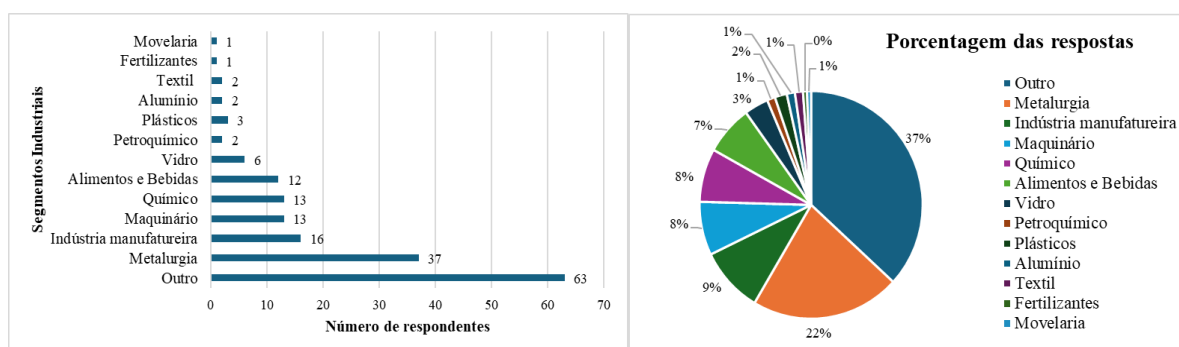


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Como pode ser visto na Figura 14, a Internet é a principal fonte de aquisição de conhecimento sobre o assunto (25%), seguido por palestras e treinamentos com percentuais iguais (20%).

A Figura 15 apresenta os segmentos industriais que os respondentes atuam. É possível perceber que a 37% dos respondentes atuam em segmentos diferentes daqueles apontados objetivamente no questionário, como por exemplo em Instituições de Ensino Universitário, Indústrias Aeronáutica, Indústrias Automobilística e Indústrias de Petróleo e Gás. Dentre os segmentos apresentados no questionário, 22% dos respondentes trabalham em indústrias de Metalurgia, outros 9% atuam em indústrias Manufatureiras e 8% desenvolvem suas atividades profissionais em indústrias de Maquinário e Química.

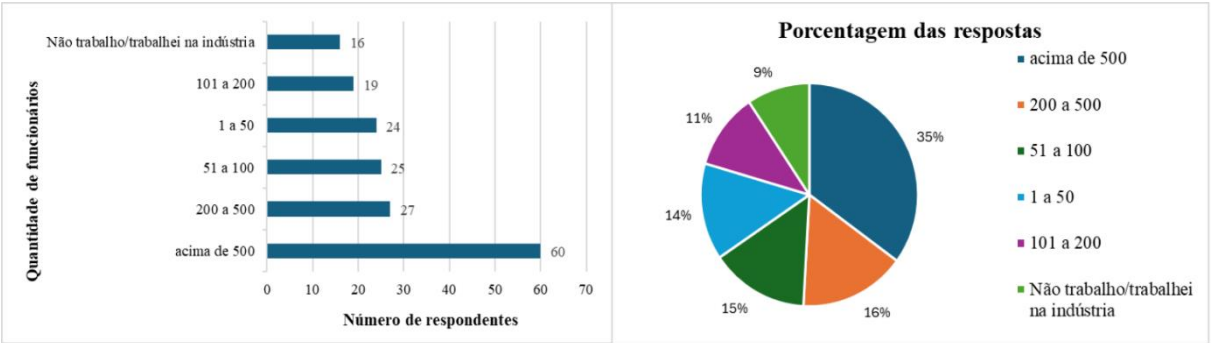
Figura 15 - Segmentos Industriais



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Além disso, como pode ser visto na Figura 16, a maioria dos respondentes (35%) atuam em empresas com mais de 500 funcionários, e um pequeno número de respondentes (9%) não atua ou nunca trabalhou na indústria.

Figura 16 - Quantidade de funcionários



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

5.2 PERCEPÇÃO DA IMPORTÂNCIA DAS 27 BARREIRAS DE ACORDO COM OS ESPEACILISTAS BRASILEIROS

No questionário, os respondentes avaliaram a importância das 27 barreiras, utilizando uma escala de 11 pontos (0 a 10), considerando o contexto brasileiro. Assim, o objetivo dessa seção é analisar esses dados coletados por meio da aplicação do questionário. Para facilitar a visualização dos resultados nesta etapa da análise, as barreiras foram nomeadas utilizando a codificação apresentada no Quadro 15.

Quadro 16 - Codificação o das barreiras por grupo

(continua)

Grupo de Barreiras	Codificação	Barreira
Barreiras Econômicas	B8	Preço elevado das TEEs
	B11	Baixa disponibilidade de capital para investimentos em eficiência energética
	B12	Custos dos diagnósticos energéticos
	B13	Dificuldade em obter financiamento
	B14	Critérios imperfeitos para a avaliação da viabilidade do investimento
	B15	Risco de aumentar o preço do produto
	B26	Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética
Barreiras Comportamentais	B9	Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria
	B16	Inércia comportamental dos funcionários
	B20	Racionalidade limitada
	B21	Incentivos contraditórios
	B24	Resistência em substituir equipamentos em bom estado
Barreiras de Informação	B4	Baixa difusão das TEEs
	B5	Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção
	B22	Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs
	B25	Divulgação inadequada das TEEs

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quadro 16 – Codificação das barreiras por grupo

(conclusão)

Grupo de Barreiras	Codificação	Barreira
Barreiras Governamentais	B6	Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética
	B23	Falta de políticas governamentais
Barreiras Técnicas	B3	Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia
	B19	Falta de competência técnica em eficiência energética
Barreiras Tecnológicas	B7	As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações
	B10	Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs
Barreiras de Mercado	B1	Incerteza sobre o preço futuro da energia

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Além disso, ainda com o objetivo de simplificar a visualização dos resultados analisados foi importante codificar a escala utilizada no questionário para um formato nominal. Isso torna mais conveniente a classificação das barreiras por importância. O Quadro 16 apresenta a conversão da escala numérica do questionário para sua forma nominal.

Quadro 16 - Escala de importância utilizada na análise dos dados

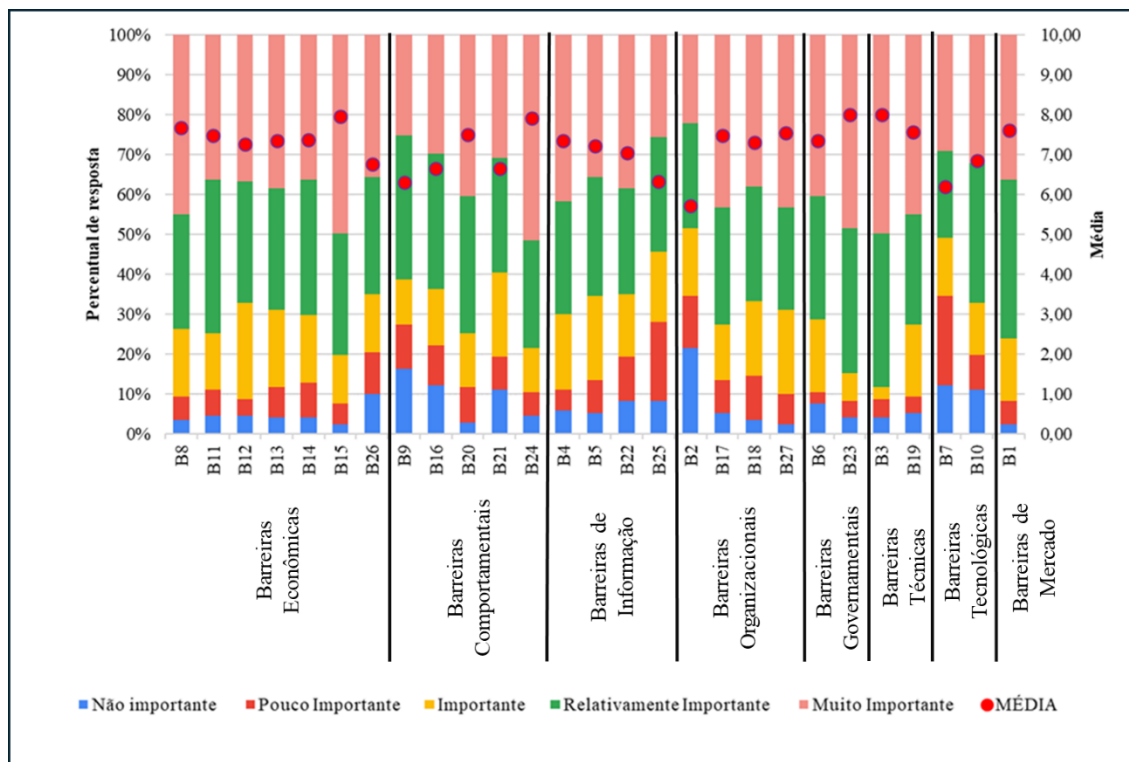
Escala Numérica	Escala Nominal
0 ...3	Sem Importância
3 ...5	Pouco Importante
5 ...7	Razoavelmente Importante
7 ...9	Importante
9 ...10	Muito Importante

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

É possível perceber no Quadro 16 que as notas atribuídas que variavam no questionário de 0 a 3 pontos foram codificadas como “Sem Importância”, enquanto aquelas entre 3 e 5 foram designadas como “Pouco Importante”. As pontuações entre 5 e 7 foram convertidas nominalmente como “Razoavelmente Importante”, e aquelas entre 7 e 9 categorizadas como “Importante”. Por fim, as notas entre 9 e 10 foram consideradas “Muito Importante”.

A partir disso, foi possível conduzir algumas análises. A Figura 17 apresenta a distribuição das respostas coletadas considerando a escala nominal que varia de “Sem Importância” a “Muito importante”. O “Percentual de Resposta” representa a taxa de respostas coletadas para cada item da escala em relação à importância de cada barreira. Além disso, é fornecida a “Média” da importância atribuída a cada uma das barreiras.

Figura 17 - Distribuição da importância das barreiras de acordo com a percepção de especialistas brasileiros



Considerando a Figura 17, é importante ressaltar que:

- Analisando cada grupo de barreira, é possível perceber que a maioria das barreiras (19 das 27 barreiras) foram consideradas como “Muito importante”;
- Entre 45-50% do percentual de respostas atribuiu maior importância as barreiras B8 (“Preço elevado das TEEs”) e B15 (“Risco de aumentar o preço do produto”) que fazem parte do grupo de barreiras econômicas; B3 (“Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia”) e B19 (“Falta de competência técnica em eficiência energética”) que são barreiras técnicas; B23 (“Falta de políticas governamentais”) agrupada como barreira governamental; e a barreira B24 (“Resistência em substituir equipamentos em bom estado”) classificada como uma barreira comportamental;
- Sete barreiras (B1, B2, B9, B10, B11, B16, e B25) foram consideradas “Importante”, sendo que a B1 (“Incerteza sobre o preço futuro da energia”) e B11 (“Baixa disponibilidade de capital para investimentos em eficiência energética”) agrupadas como barreiras de mercado

e econômicas, respectivamente, apresentam um percentual maior de respostas nessa categoria da escala de importância;

- Nenhuma barreira teve um percentual maior de respostas nas atribuições de “Sem Importância”, “Pouco Importante” e “Razoavelmente Importante”, ou seja, todos os respondentes consideram as 27 barreiras relevantes para o cenário brasileiro;
- Ao analisar a Média calculada, observa-se que o valor médio de notas atribuídas está predominantemente na faixa entre 6,0 e 8,0 para a maioria das barreiras (26 das 27). Com exceção da B2 (“Risco de afetar o processo produtivo e a qualidade do produto”) que apresentou a menor média (5,73), o que pode ser explicado pela distribuição mais ampla das respostas na escala de importância para essa barreira.

Esses resultados sugerem que os especialistas brasileiros atribuíram uma alta importância às barreiras a adoção de TEEs no segmento industrial devido a algumas razões. Um dos motivos pode ser a falta de clareza sobre a existência das 27 barreiras identificadas na literatura. Uma outra possibilidade é que eles reconhecem a existência dessas barreiras, porém ainda não têm uma compreensão clara do grau de importância delas para o contexto brasileiro. Também é possível que a falta de conhecimento sobre o contexto específico das barreiras tenha levado os especialistas a atribuírem uma importância mais alta por precaução, sem compreender completamente o impacto prático dessas barreiras.

O Quadro 17 apresenta um comparativo entre as notas médias atribuídas pelos profissionais e o número de aparições das barreiras na literatura.

É possível identificar que os profissionais atribuem maior importância a barreira B23 (“Falta de políticas governamentais”) que na literatura é a 18ª que mais aparece na literatura. De modo semelhante, a barreira B3 (“Desconhecimento dos padrões internos do consumo de energia”) tem significativa importância na percepção dos profissionais, mas é encontrada por 10 vezes na literatura a deixando como 13ª no número de aparições.

A barreira B15 (“Risco de aumentar o preço do produto”) é a terceira mais importante de acordo com a percepção dos profissionais já literatura é a menos encontrada, com somente uma aparição.

Quadro 17 – Comparativo de importância

N. º	ORDEM DE IMPORTÂNCIA NA PERCEPÇÃO DOS ESPECIALISTAS			ORDEM DE IMPORTÂNCIA DE ACORDO COM A LITERATURA		
	Codificação	Nome	Média	Codificação	Nome	Número de aparições
1	B23	Falta de políticas governamentais	7,99	B7	As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações	23
2	B3	Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia	7,99	B13	Dificuldade em obter financiamento	21
3	B15	Risco de aumentar o preço do produto	7,96	B9	Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria	19
4	B24	Resistência em substituir equipamentos em bom estado	7,90	B1	Incerteza sobre o preço futuro da energia	17
5	B8	Preço elevado das TEEs	7,66	B5	Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção	15
6	B1	Incerteza sobre o preço futuro da energia	7,60	B16	Inércia comportamental dos funcionários	15
7	B19	Falta de competência técnica em eficiência energética	7,56	B19	Falta de competência técnica em eficiência energética	15
8	B27	Falta de poder e influência dos gestores da área de energia	7,55	B21	Incentivos contraditórios	14
9	B20	Racionalidade limitada	7,49	B22	Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs	13
10	B17	Cadeia de decisões gerenciais complexas	7,49	B18	Outras prioridades para investimentos	12
11	B11	Baixa disponibilidade de capital para investimentos em eficiência energética	7,47	B11	Baixa disponibilidade de capital para investimentos em eficiência energética	11
12	B14	Critérios imperfeitos para a avaliação da viabilidade do investimento	7,36	B17	Cadeia de decisões gerenciais complexas	11
13	B13	Dificuldade em obter financiamento	7,35	B3	Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia	10
14	B6	Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética	7,35	B6	Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética	9
15	B4	Baixa difusão das TEEs	7,35	B12	Custos dos diagnósticos energéticos	9
16	B18	Outras prioridades para investimentos	7,30	B27	Falta de poder e influência dos gestores da área de energia	9
17	B12	Custos dos diagnósticos energéticos	7,27	B14	Critérios imperfeitos para a avaliação da viabilidade do investimento	8
18	B5	Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção	7,22	B23	Falta de políticas governamentais	8
19	B22	Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs	7,04	B25	Divulgação inadequada das TEEs	8
20	B10	Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs	6,84	B26	Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética	8
21	B26	Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética	6,75	B2	Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto	7
22	B16	Risco de aumentar o preço do produto	6,66	B20	Racionalidade limitada	6
23	B21	Incentivos contraditórios	6,64	B24	Resistência em substituir equipamentos em bom estado	6
24	B25	Divulgação inadequada das TEEs	6,33	B4	Baixa difusão das TEEs	4
25	B9	Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria	6,29	B8	Preço elevado das TEEs	3
26	B7	As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações	6,19	B10	Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs	3
27	B2	Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto	5,73	B15	Risco de aumentar o preço do produto	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando que a importância de uma barreira possa ser estimada pelo número de vezes que ela aparece na literatura conclui-se, observando o Quadro 17, que a importância atribuída às barreiras pelos profissionais brasileiros não se alinha àquela atribuída pela comunidade

acadêmica. Por exemplo, os profissionais brasileiros, a barreira mais importante é a B23 (“Falta de políticas governamentais”), enquanto que na literatura ela aparece apenas em 18º lugar.

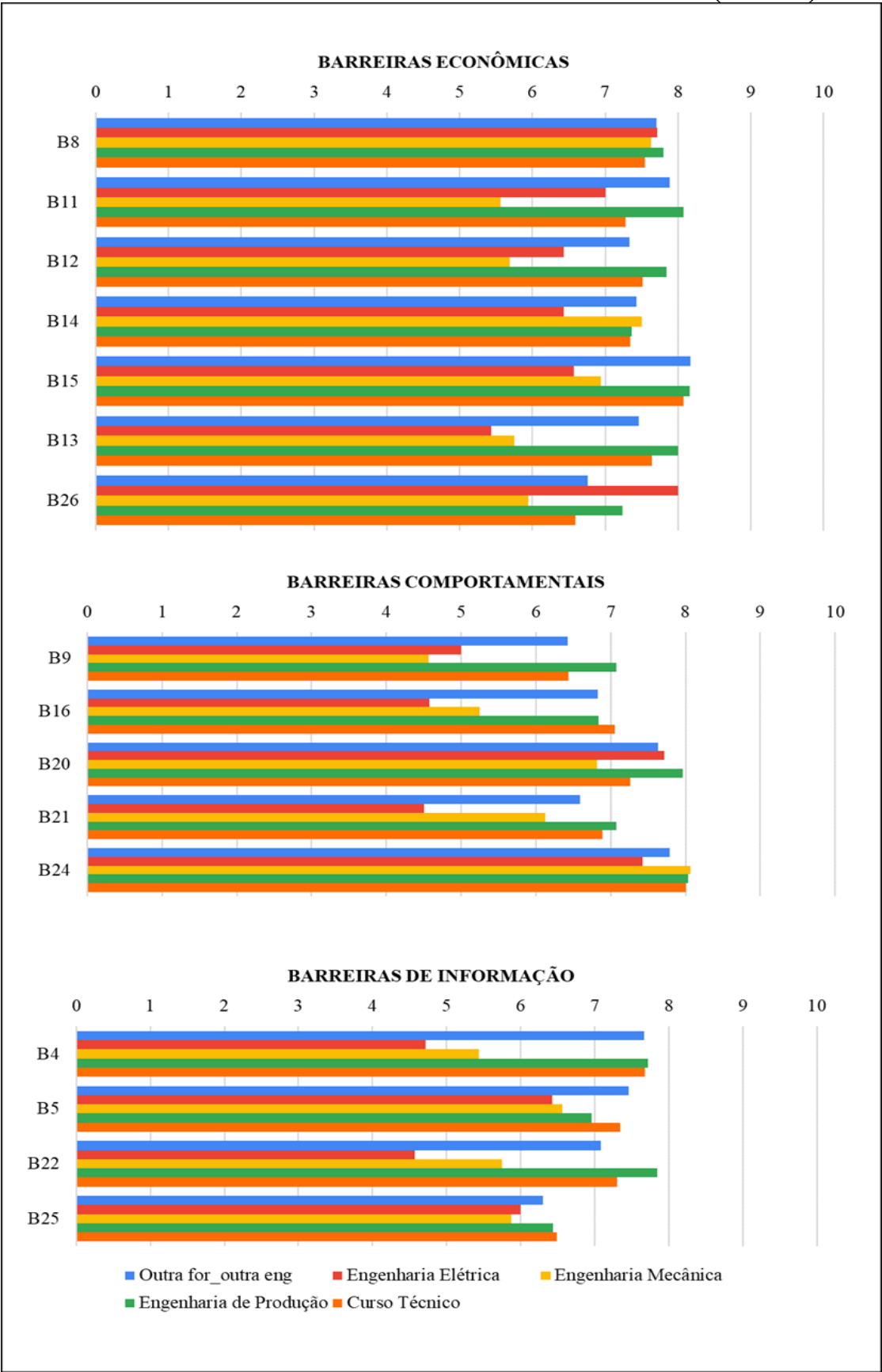
Já a barreira B7 (“As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações”), os profissionais brasileiros atribuíram o penúltimo lugar de importância, enquanto que na literatura ela aparece em primeiro lugar. Infelizmente, esta pesquisa não traz elementos que permitam explicar esse desalinhamento.

5.2.1 Análise da importância das barreiras em relação a formação acadêmica dos respondentes

A Figura 18 apresenta visão abrangente em relação a importância das barreiras, a partir da percepção dos respondentes com diferentes níveis de formação acadêmica. Vale ressaltar que as barreiras foram organizadas conforme os grupos propostos na taxonomia.

Figura 18 - Formação acadêmica

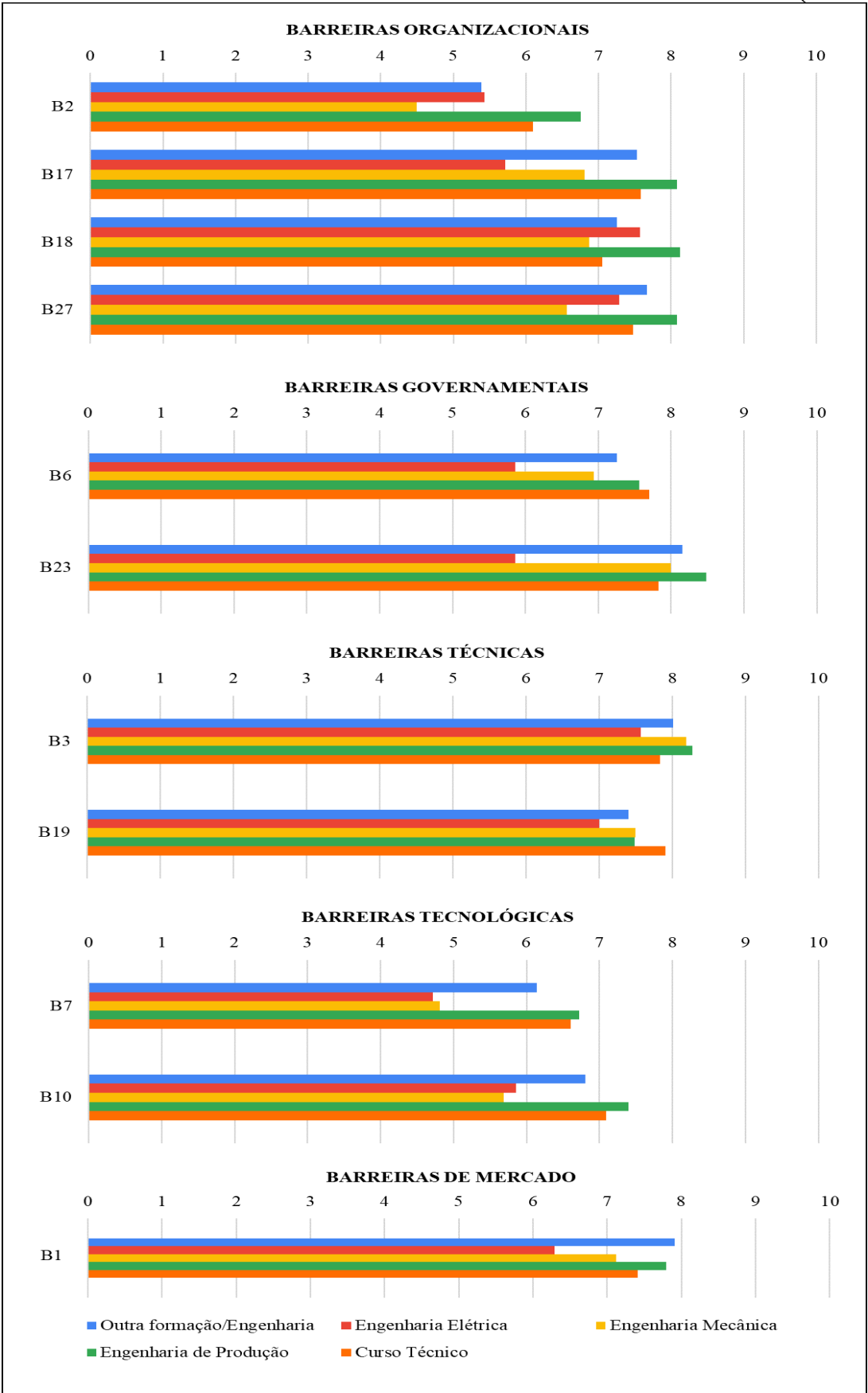
(continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 18 – Formação acadêmica

(conclusão)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao analisar a percepção dos respondentes com diferentes níveis de formação acadêmica, em relação as barreiras econômicas, observou-se que os profissionais com Formação Técnica, Engenheiros de Produção e aqueles com outra formação em Engenharia compartilharam uma percepção semelhante. Todos consideraram as barreiras econômicas relativamente importantes, com notas atribuídas em torno das médias 7,0 e 8,5. No entanto, vale ressaltar que as barreiras B11 (“Baixa disponibilidade de capital para investimentos em eficiência energética”) e B15 (“Risco de aumentar o preço do produto”) foram as que obtiveram maior nota (acima da média 8,0) de acordo com a percepção desses grupos de respondentes. Além disso, os Engenheiros Elétricos destacaram as barreiras B8 (“Preço elevado das TEEs”) e B26 (“Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética”) como as mais importantes. Por outro lado, os profissionais com formação em Engenharia Mecânica também destacaram a barreira B14 (“Critérios imperfeitos para a avaliação da viabilidade do investimento”) como sendo importante. Por fim, esses profissionais atribuíram as menores notas, particularmente às barreiras B5, B11, B12 e B26.

Já no grupo de barreiras comportamentais foi possível observar que profissionais tem a mesma percepção em relação a barreira B24 (“Resistência em substituir equipamentos em bom estado”) e B20 (“Racionalidade limitada”) foram as que obtiveram as pontuações mais altas. Além disso, foi possível observar que profissionais têm a uma percepção semelhante em relação a importância dessas barreiras, já que as notas atribuídas ficaram em torno da média de 7,0 e 8,0 (consideradas importantes). Por outro lado, as demais barreiras (B9, B16 e B21) embora tenham sido consideradas razoavelmente importantes pela maioria dos respondentes, receberam notas mais baixas por parte dos profissionais com formação em Engenharia Mecânica e Elétrica (médias em torno de 4,0 e 6,0). Isso sugere que esses profissionais consideram essas barreiras menos significativas dentro deste grupo.

No grupo de Barreiras de Informação, as barreiras B4 (“Baixa difusão das TEEs”), B5 (“Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção”) e B22 (“Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs”) foram as que obtiveram as maiores notas, de acordo com a percepção dos respondentes com Formação Técnica, os Engenheiros de Produção e aqueles com outra formação em Engenharia. As pontuações atribuídas por esses grupos situaram-se em torno da média 7,0 e 8,0, indicando que essas três barreiras foram consideradas importantes. É importante notar que os profissionais com formação em Engenharia Mecânica e Elétrica consideraram essas barreiras menos cruciais. No geral, houve uma percepção comum entre os profissionais em relação a importância da B25, uma vez que as notas atribuídas variaram entre as médias 5,5 e 6,0.

No contexto das barreiras organizacionais, as barreiras B17 (“Cadeia de decisões gerenciais complexas”), B18 (“Outras prioridades para investimentos”) e B27 (“Falta de poder e influência dos gestores da área de energia”) apresentaram um perfil de importância semelhante entre os grupos de respondentes estudados, já que a maioria as considerou importantes, com uma média de notas atribuídas entre 7,0 e 8,5. No entanto, pode-se perceber que os Engenheiros Elétricos atribuíram uma importância menor à B17 em comparação a percepção dos demais respondentes. Já a barreira B2 obteve a menor nota entre os profissionais, sendo considerada pouco importante pelos formados em Engenharia Mecânica e razoavelmente importante pelos demais profissionais.

No grupo de barreiras governamentais, as barreiras B6 (“Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética”) e B23 (“Falta de políticas governamentais”) foram consideradas importantes pela maioria dos respondentes, exceto pelos Engenheiros Elétricos que atribuíram uma pontuação média menor que 6,0, o que classifica essas barreiras como razoavelmente importantes.

As duas barreiras técnicas foram consideradas importantes de acordo a percepção dos respondentes. Além disso, foi possível perceber uma consistência na percepção da importância dessas barreiras entre as diferentes formações acadêmicas. No entanto, é relevante apontar que a barreira B3 (“Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia”) foi considerada mais importante (média em torno de 7,5 e 8,5) em comparação a barreira B19 (“Falta de competência técnica em eficiência energética”) que apresentou pontuações ligeiramente inferiores (média de notas entre 7,0 e 7,9).

No grupo de barreiras tecnológicas, os Engenheiros Elétricos e Mecânicos classificaram a barreira B7 (“As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações”) como pouco importante (com média em torno de 4,5), enquanto os demais profissionais a consideraram razoavelmente importante. Já a barreira B10 (“Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs”) foi percebida como importante (com média em torno de 7,0) pela maioria dos respondentes, exceto pelos Engenheiros Elétricos e Mecânicos que a pontuaram com uma menor importância.

Já a barreira B1 (“Incerteza sobre o preço futuro da energia”), agrupada como barreira de mercado, foi considerada relativamente importante (resposta média em torno de 7,0 e 8,0_ pela maioria os respondentes, exceto pelos Engenheiros Elétricos que a classificaram como importante.

A partir desses resultados, foi possível perceber uma diferença significativa entre as percepções dos profissionais com formação acadêmica em Engenharia Elétrica ou Mecânica

em relação aos demais respondentes. Essa disparidade sugere que tais profissionais têm uma compreensão mais ajustada da importância das barreiras identificadas, o que reflete em uma opinião, em sua maioria, mais distinta dos demais respondentes.

5.2.2 Análise da importância das barreiras em relação ao local onde os respondentes exercem sua atividade profissional

A Figura 19 apresenta as pontuações atribuídas às barreiras, considerando a percepção dos respondentes com base em suas áreas de atuação profissional.

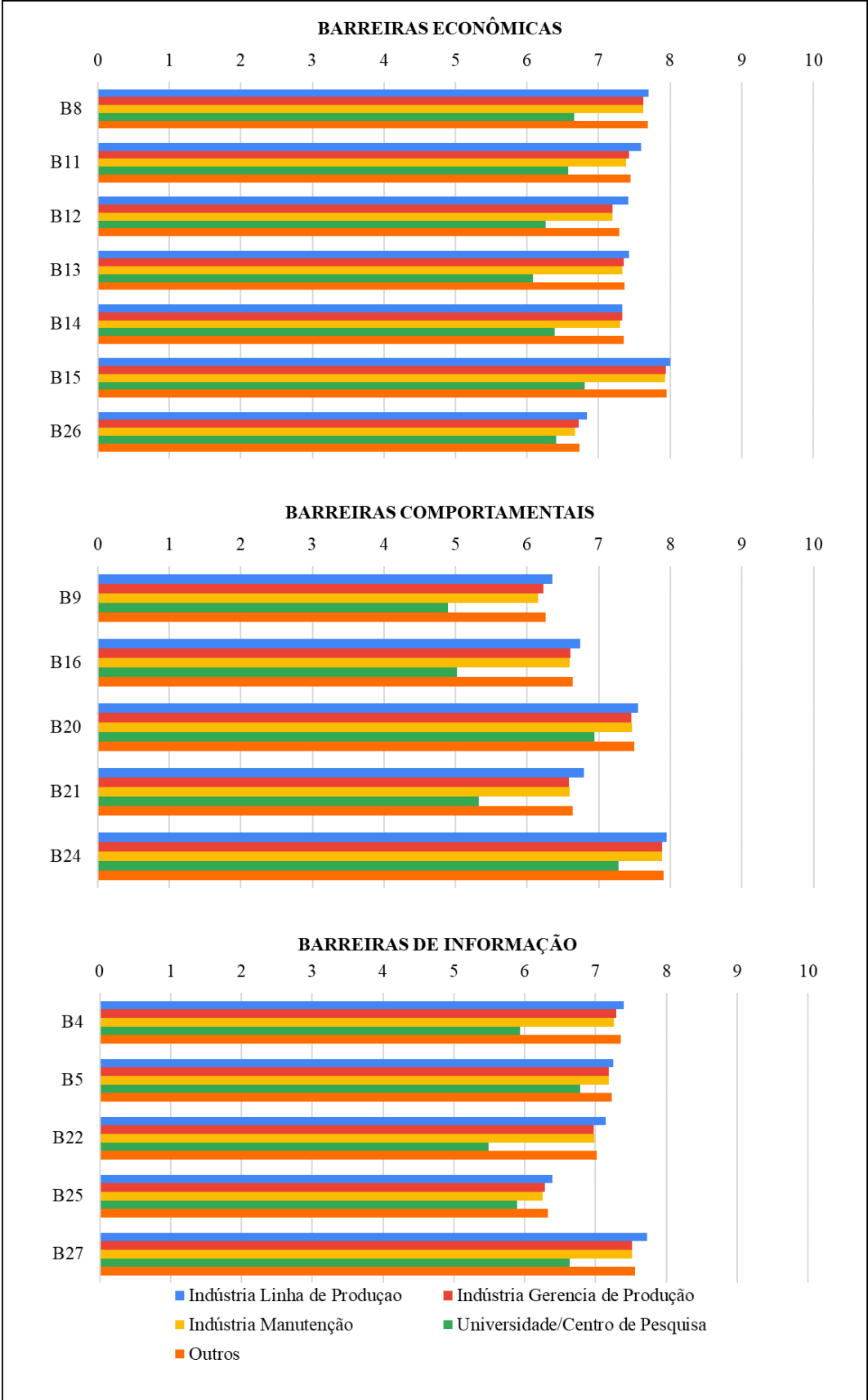
No grupo de barreiras econômicas pode-se perceber uma opinião uniforme entre os profissionais que atuam nos diferentes setores da indústria quanto à importância das barreiras. As barreiras B8, B11, B12, B13, B14 e B15 foram consideradas importantes por esses profissionais. Destaca-se que, entre essas barreiras, a B15 (“Risco de aumentar o preço do produto”) foi percebida como a mais importante, com uma média em torno de 8,0. A única discrepância identificada foi em relação a percepção dos profissionais que trabalham em Universidades e Centros de Pesquisa, que consideraram essas barreiras como razoavelmente importantes. Adicionalmente, é importante ressaltar que a B26 (“Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética”) foi considerada razoavelmente importante por todos os respondentes.

Entre as barreiras comportamentais as barreiras B20 (“Racionalidade limitada”) e B24 (“Resistência em substituir equipamentos em bom estado”) foram percebidas como as mais importantes, com uma média de respostas entre 7,0 e 8,0. As demais barreiras (B9, B16 e B21) foram consideradas razoavelmente importantes. É interessante notar que as menores médias de respostas foram apontadas pelos profissionais que atuam em Universidades e Centros de Pesquisa.

No grupo de barreiras de informação, as barreiras B4, B5 e B27 foram predominantemente consideradas importantes. Entre elas, a barreira B27 (“Falta de poder e influência dos gestores da área de energia”) foi percebida como a mais importante com uma média de resposta próximo de 8,0. E ainda foi possível observar uma discrepância na percepção dos profissionais vinculados a Universidades e Centros de Pesquisa, já que essas barreiras receberam uma pontuação inferior em comparação a opinião dos demais respondentes. Além disso, é relevante apontar que as barreiras B22 e B25 foram classificadas como razoavelmente importante por todos os respondentes.

Figura 19 - Área de atuação profissional

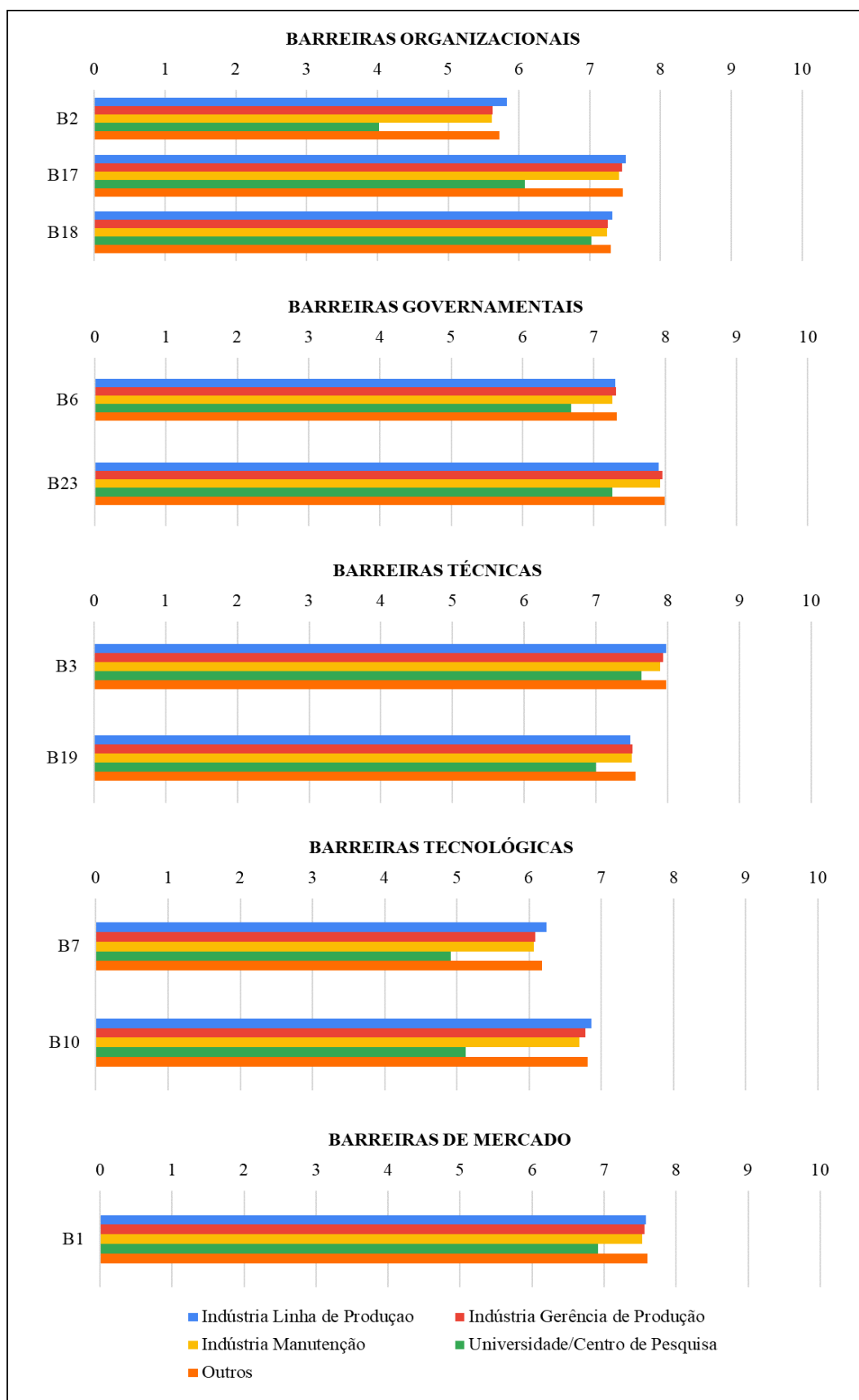
(continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 19 – Área de atuação profissional

(continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As barreiras organizacionais apresentaram, em sua maioria, o mesmo grau de importância entre os grupos de atuação profissional, exceto em relação a opinião dos profissionais envolvidos em Universidades e Centros de Pesquisa. Notavelmente neste grupo, as barreiras B17 (“Cadeia de decisões gerenciais complexas”) e B18 (“Outras prioridades para investimentos”) foram as mais significativas (com média em torno de 7,5), enquanto a B2 foi considerada a menos relevante.

No grupo que compõe as barreiras governamentais, as barreiras B6 (Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética”) e B23 (“Falta de políticas governamentais”) se destacaram como importantes, recebendo notas médias entre 7,0 e 8,0. No entanto, vale considerar que a barreira B23 assume um papel ligeiramente mais significativo, com uma resposta média mais próxima de 8,0. As médias mais baixas para essas barreiras foram atribuídas pelos profissionais que atuam em Universidades e Centros de Pesquisa.

No contexto das barreiras técnicas, pode-se observar uma consistência significativa na percepção dos grupos de respondentes, uma vez que as barreiras B3 (“Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia”) e B19 (“Falta de competência técnica em eficiência energética”) foram consideradas importantes por todos, e obtendo uma resposta média em torno de 7,0 e 8,0.

De modo geral, ao analisar o grupo de barreiras tecnológicas observou-se que as barreiras B7 (“As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações”) e B10 (“Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs”) foram consideradas razoavelmente importantes, uma vez que a maioria das notas atribuídas pelos grupos de respondentes variou entre 5,0 e 7,0. Vale destacar que as menores médias refletem a opinião dos profissionais que trabalham em Universidade e Centros de Pesquisa.

No grupo de barreiras de mercado, a barreira B1 (“Incerteza sobre o preço futuro da energia”) foi classificada como importante (com nota média em torno de 7,5) pela maioria dos profissionais, somente os respondentes que atuam em Universidade/Centro de Pesquisa têm a percepção ligeiramente inferior a nota 7,0.

A partir dessa análise, observou-se que os respondentes que exercem suas atividades profissionais em Universidades e Centros de Pesquisa apresentam uma percepção distinta em comparação aos demais respondentes. Essa discrepância sugere que esses profissionais estão mais familiarizados com as questões atuais de eficiência energética no segmento industrial, o que lhes confere uma percepção mais clara sobre a importância das barreiras para o cenário brasileiro.

5.2.3 Análise da importância das barreiras em relação ao segmento industrial em que os respondentes atuam

A Figura 20 apresenta as distribuições das pontuações atribuídas às barreiras, considerando os segmentos industriais estudados.

Ao analisar o grupo de barreiras econômicas, é possível destacar que a maioria dos respondentes dos diferentes segmentos industriais demonstram uma percepção semelhante em relação a importância das barreiras desse grupo, uma vez que a maioria delas foi classificada como importante (nota média entre 7,0 e 9,0). No entanto, destaca-se que as barreiras B13 (“Dificuldade em obter financiamento”) e B26 (“Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética”) foram consideradas muito importantes pelos profissionais que atuam no segmento de fertilizantes, com pontuação média igual a 10,0. Por um outro lado, essas barreiras foram consideradas razoavelmente importantes (média igual a 5,0) pelos profissionais que atuam na indústria de plástico. Esses profissionais ainda consideraram a barreira B8 (“Preço elevado das TEEs”) pouco importante, com uma pontuação média igual a 4,

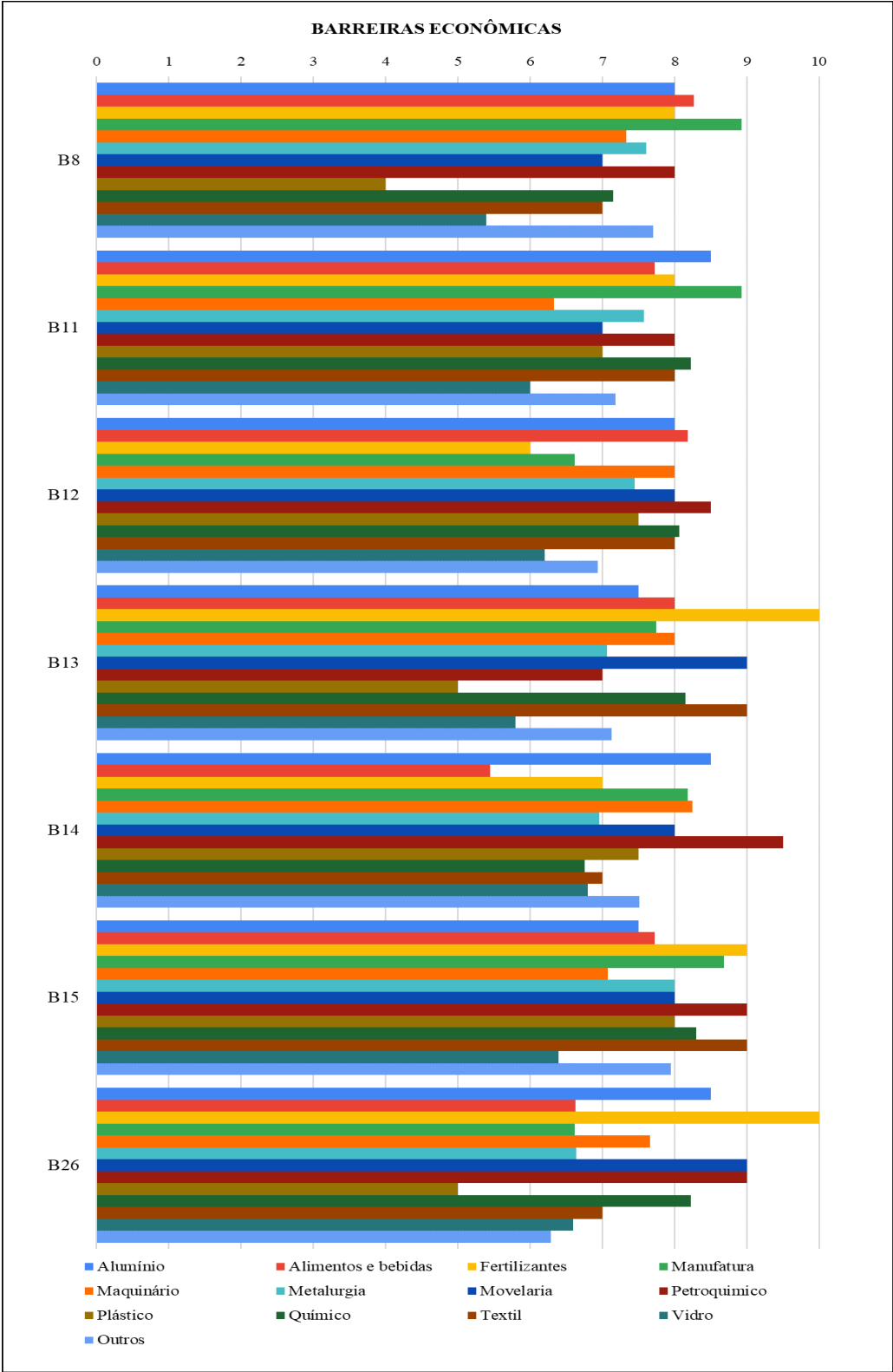
De semelhante modo, os respondentes têm percepção semelhante dos respondentes em relação ao grupo de barreiras comportamentais, uma vez que a maioria das barreiras foram consideradas importantes por eles. No entanto, cabe destacar que a barreira B24 (“Resistência em substituir equipamentos em bom estado”) foi considerada a mais importante desse grupo, de acordo com a percepção dos profissionais que trabalham nas indústrias de plástico, registrando uma pontuação média em torno de 9,5. As notas mais baixas foram atribuídas às barreiras B9 (“Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria”) e B16 (“Inércia comportamental dos funcionários”). Essas barreiras foram consideradas pouco importantes, ambas com uma nota média menor que 4,0, de acordo a percepção dos respondentes que atuam na indústria de vidro. Além disso, a B16 também foi considerada pouco importante para os profissionais das indústrias de maquinário e plástico.

Dentre as cinco barreiras que compõem o grupo de Barreiras de Informação, foi possível perceber que embora a maioria das barreiras têm sido classificadas como importantes (notas médias entre 7,0 e 9,0), houve algumas diferenças das percepções dos profissionais dos diferentes segmentos industriais. Por exemplo, as barreiras B4, B22, B25 e B27 foram classificadas como muito importantes pelos profissionais das indústrias de fertilizante, petroquímica, química e têxtil, respectivamente, com pontuações médias acima de 9,0. Por outro lado, alguns grupos de profissionais elencaram essas barreiras como razoavelmente importante, como por exemplo, a B25 (“Divulgação inadequadas das TEEs”) e B27 (“Falta de

poder e influência dos gestores da área de energia”) que receberam uma pontuação média igual a 5,0 dos profissionais que atuam nas indústrias de plástico.

Figura 20 - Segmento Industrial

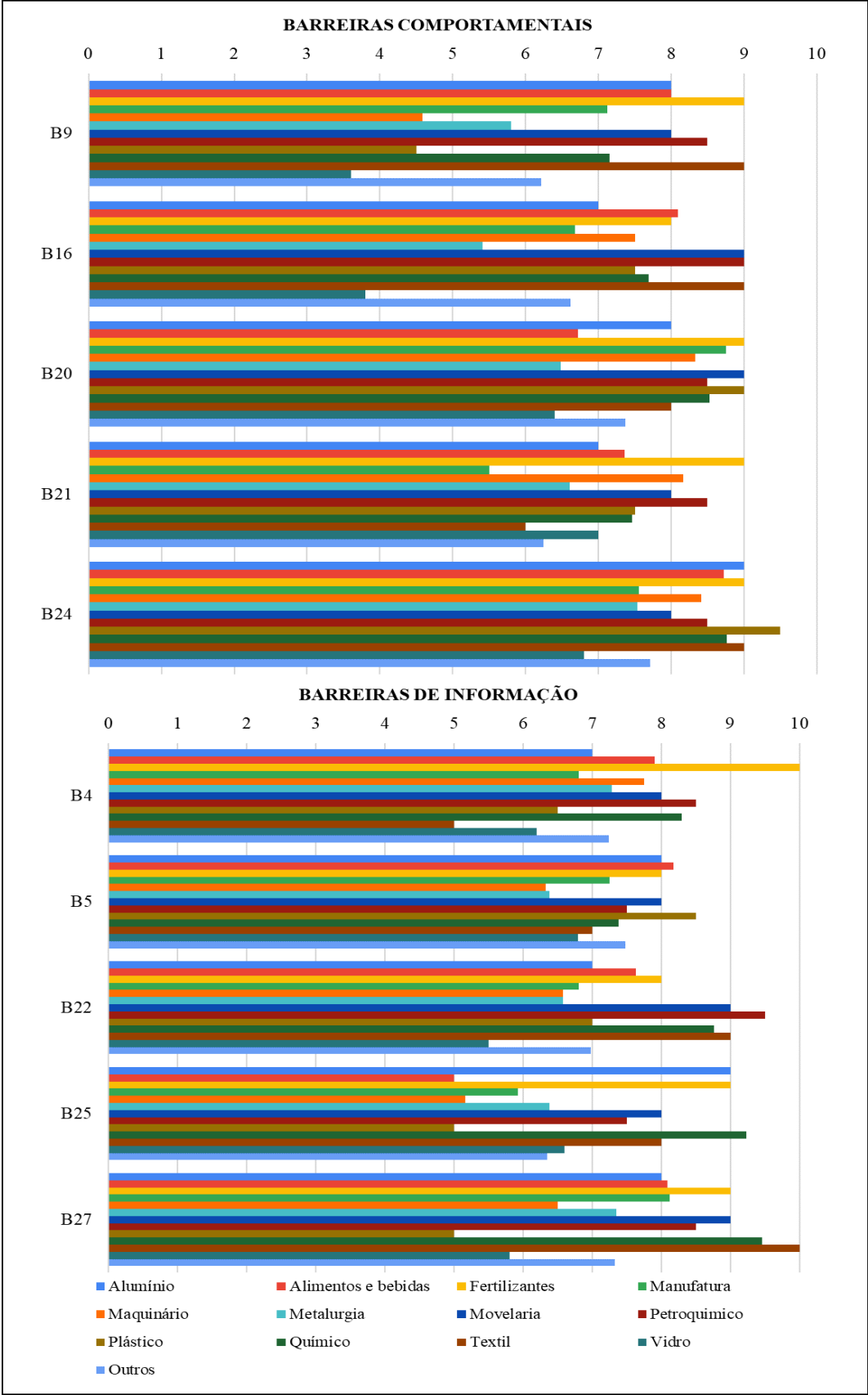
(continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 20 – Segmento Industrial

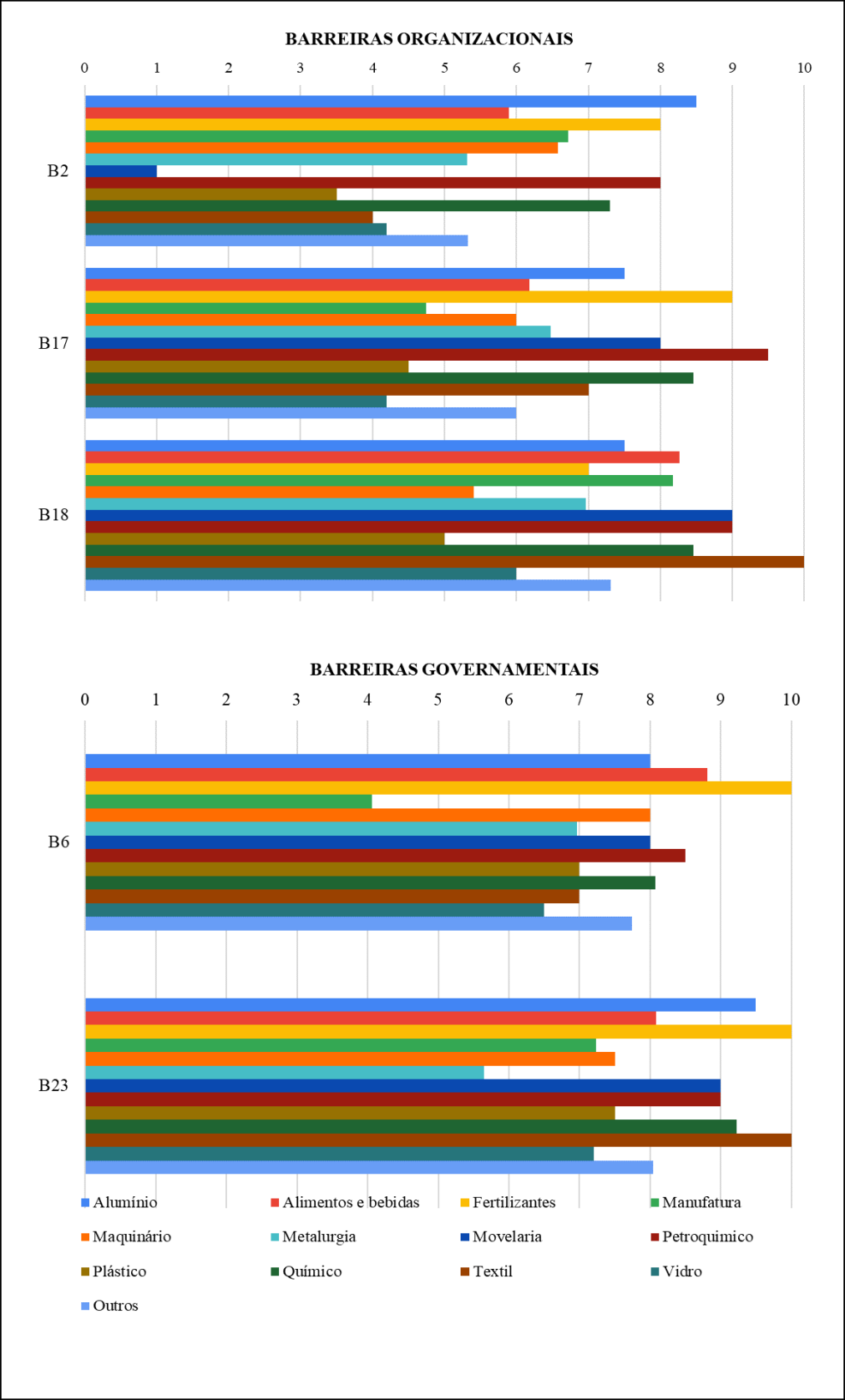
(continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 20 – Segmento Industrial

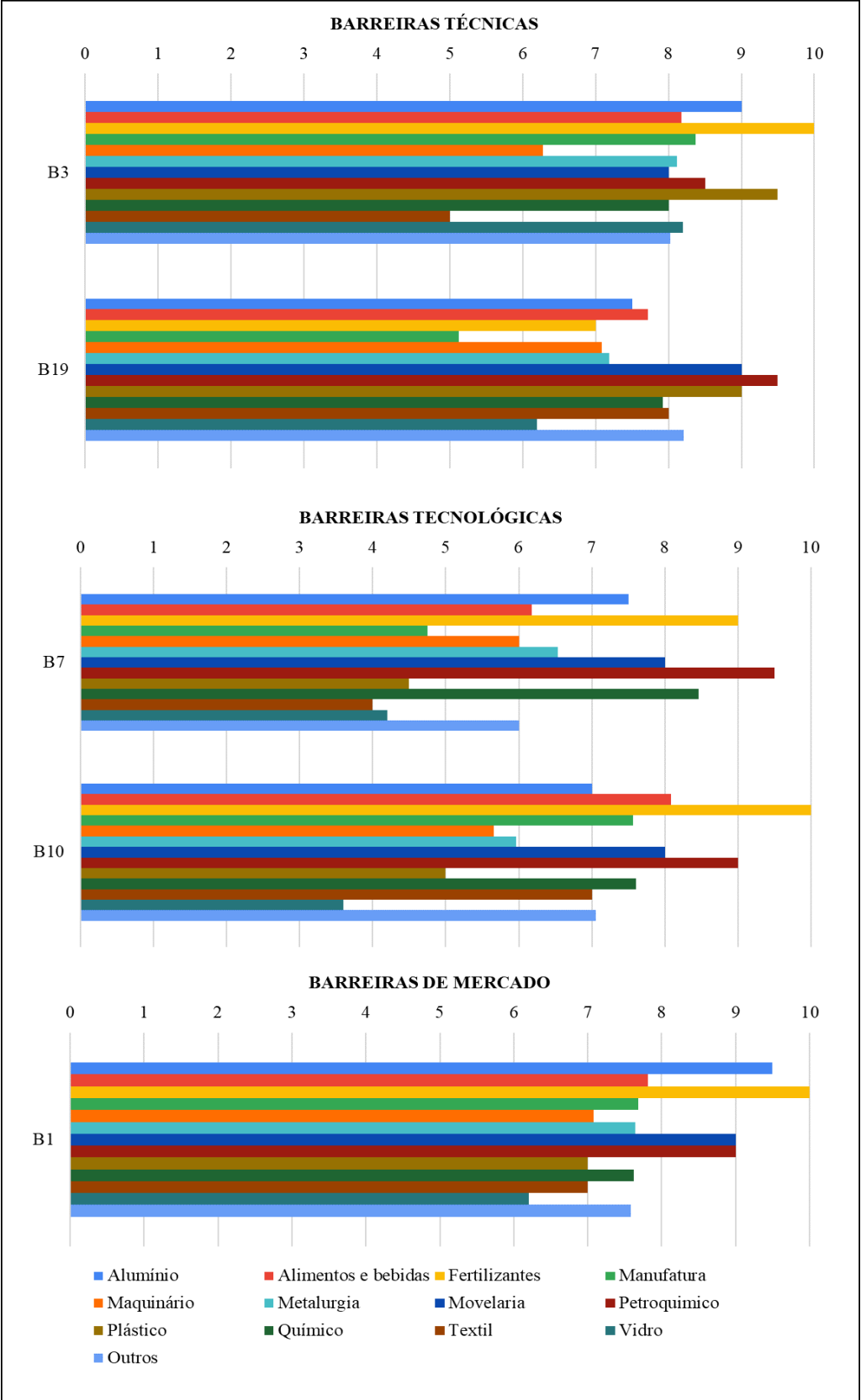
(continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 20 – Segmento Industrial

(conclusão)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As respostas médias atribuídas as três barreiras que pertencem ao grupo barreiras organizacionais ficaram bem distribuídas na escala de importância. Vale destacar que para os profissionais da indústria de movelaria, a barreira B2 (“Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto”) foi classificada como “Sem Importância” sendo avaliada com uma pontuação média igual a 1,0. Já para os profissionais dos segmentos da indústria de alumínio, fertilizantes, petroquímico e químico, essa barreira foi categorizada como importante com notas superiores a 7,0. Nesse mesmo grupo a barreira B17 (“Cadeia de decisões gerenciais complexas”) foi classificada como muito importante para os profissionais que atuam na indústria de fertilizantes e no setor petroquímico. Já barreira B18 (“Outras prioridades para investimentos”) recebeu pontuação média igual a 10,0 (muito importante) da parte dos respondentes que atuam na indústria têxtil, os demais respondentes classificam essas barreiras com notas entre 7,0 e 8,0 (importante). É importante considerar que os profissionais atuam na indústria de plástico e de vidro classificam as barreiras B2 e B18 como razoavelmente importante recebendo notas 5,0 e 6,0, respectivamente.

Em relação, as duas barreiras que compõem o grupo de barreiras governamentais, foi possível perceber que a maioria dos respondentes considerou as duas barreiras importantes. No entanto, ressalta-se que os profissionais que atuam na indústria de fertilizantes avaliaram com nota máxima (10,0) a barreira B6 (“Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética”). Já a barreira B23 (“Falta de políticas governamentais”) também foi considerada muito importante por esses profissionais, e ainda por aqueles que trabalham nas indústrias de alumínio, química e têxtil. Na percepção dos respondentes que atuam na indústria de manufatura, a barreira B6 foi classificada como pouco importante, recebendo nota média igual a 4,0. E os respondentes que atuam no setor de metalurgia consideraram razoavelmente importante a barreira B23, assinalando nota média próxima de 5,0.

No grupo de barreiras técnicas, a barreira B3 (“Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia”) foi classificada, pela maioria dos respondentes, como uma barreira importante. No entanto, essa barreira é razoavelmente importante para os profissionais que atuam na indústria de maquinário e têxtil (pontuações médias em torno de 5,0 e 6,5). Destaca-se ainda a percepção dos profissionais da indústria de fertilizantes e plástico que consideraram a barreira B3 como muito importante. A outra barreira desse grupo, B19 (“Falta de competência técnica em eficiência energética”), foi classificada como razoavelmente importante pelos respondentes que trabalham na indústria de manufatura e de vidro. E como muito importante para os da indústria petroquímica.

As respostas médias atribuídas as barreiras tecnológicas ficaram bem distribuídas na escala de importância. A barreira B7 “(As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações)” obteve nota média ligeiramente superior a 4,0 pelos respondentes que atuam nos segmentos de manufatura, plástico, têxtil e vidro, o que a classifica como pouco importante por esses profissionais. Para a barreira B10 (“Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs”), os respondentes que atuam na indústria de vidro atribuíram pouca importância a essa barreira (pontuação média em torno de 3,5). Para os profissionais que atuam no segmento de metalurgia, maquinário e plástico a classificação atribuída foi “Razoavelmente Importante” (nota média em torno de 6,0) para os demais sua classificação é “Importante” com notas entre 7,0 e 9,0. Vale ressaltar que os profissionais das indústrias de fertilizantes e petroquímicas consideraram essas duas barreiras como muito importantes, atribuindo uma nota média entre 9,0 e 10,0.

A única barreira pertencente ao grupo de barreiras de mercado (B1 Incerteza sobre o preço futuro da energia) foi considerada importante pela maioria dos respondentes, exceto pelos profissionais da indústria de vidro que a consideraram razoavelmente importante, e pelos que atuam nas indústrias de alumínio e fertilizantes que a apontaram como uma barreira muito importante.

A partir desses resultados, observou-se uma diferença mais significativa nas percepções dos profissionais que atuam em oito dos segmentos industriais analisados, sendo que quatro desses segmentos (químico, têxtil, plástico, alimentos e bebidas) representam 32% do consumo de energia no Brasil (EPE, 2021). Notavelmente, as notas atribuídas para as barreiras apresentaram uma distribuição mais ampla na escala de importância em comparação aos demais respondentes. Essa disparidade sugere que os profissionais desses segmentos têm uma compreensão mais precisa da importância das barreiras identificadas em relação a percepção dos demais participantes da pesquisa.

5.2.4 Análise da importância das barreiras em relação a forma como adquiriu conhecimento

A Figura 21 apresenta a grau de importância das barreiras levando em consideração o meio pelo qual os respondentes adquiriram conhecimento sobre as TEEs.

No grupo de Barreiras Econômicas a classificação feita pelos respondentes foi bastante homogênea, apresentando poucas variações na avaliação de importância de cada barreira. Observa-se que todas as barreiras, exceto a B26 (“Longo tempo de retorno para investimentos em eficiência energética”), foram consideradas importantes, com pontuações entre 7,0 e 8,0. A

barreira B26, por sua vez, foi considerada razoavelmente importante, com média em torno de 6,5. É importante destacar que as menores notas obtidas para as barreiras desse grupo foram atribuídas pelos profissionais que adquiriram conhecimento por outros meios diferentes das opções apresentadas.

A percepção dos respondentes em relação à importância das barreiras comportamentais foi semelhante para todas as barreiras desse grupo. No entanto, cabe destacar que as barreiras B20 (“Racionalidade limitada”) e B24 (“Resistência em substituir equipamentos em bom estado”) foram consideradas particularmente importantes, com notas médias entre 7,0 e 8,0. As demais barreiras foram consideradas razoavelmente importantes por todos os respondentes. As respostas mais discrepantes vieram dos profissionais que adquiriram conhecimento por outros meios distintos das opções apresentadas; no entanto, essas ainda se mantiveram na mesma faixa de importância apontada pelos demais respondentes.

No grupo de barreiras de informação, as percepções também foram semelhantes. As barreiras B4 (“Baixa difusão das TEEs”) e B5 (“Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção”) foram consideradas importantes, enquanto as demais foram consideradas razoavelmente importantes, sem exceção. Vale ressaltar os profissionais que adquiriram conhecimento por outros meios atribuíram menor importância às barreiras desse grupo em comparação aos demais respondentes. Especificamente, esses respondentes classificaram a B4 como pouco importante.

As respostas médias atribuídas pelos respondentes às barreiras organizacionais concentraram-se na mesma faixa da escala de importância. A barreira B2 (Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto”) foi considerada razoavelmente importante por todos os respondentes (nota média inferior a 6,0), exceto por aqueles que adquiriram conhecimento por outros meios, que a classificaram como razoavelmente importante. As demais barreiras desse grupo foram consideradas importantes pela maioria dos respondentes, com pontuação média em torno de 7,5.

As duas barreiras do grupo de barreiras técnicas, B3 (“Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia”) e B19 (“Falta de competência técnica em eficiência energética”) foram avaliadas como importantes por todos os respondentes. Ambas receberam notas médias entre 7,5 e 8,0.

No grupo de barreiras governamentais, as barreiras B23 (“Falta de políticas governamentais”) e B6 (Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética”) receberam classificações de importância semelhantes. Ambas foram consideradas importantes, com pontuações médias entre 7,2 e 8,0. A única diferença ligeiramente significativa nas

percepções foi observada entre os profissionais que adquiriram conhecimento por outros meios, que consideraram a B6 como razoavelmente importante, atribuindo-lhe uma nota média inferior a 7,0.

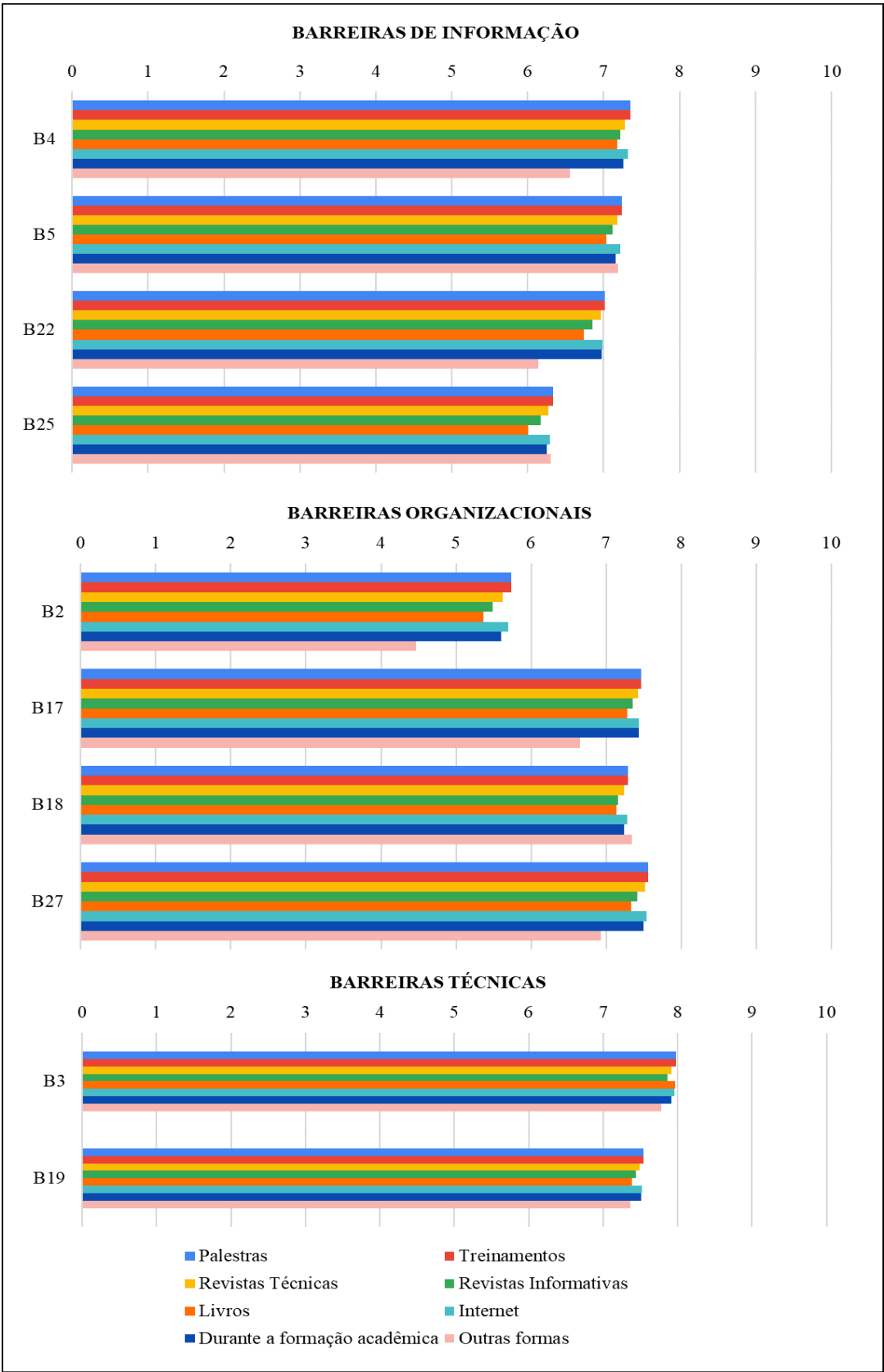
Figura 21 - Forma como adquiriu conhecimento

(continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

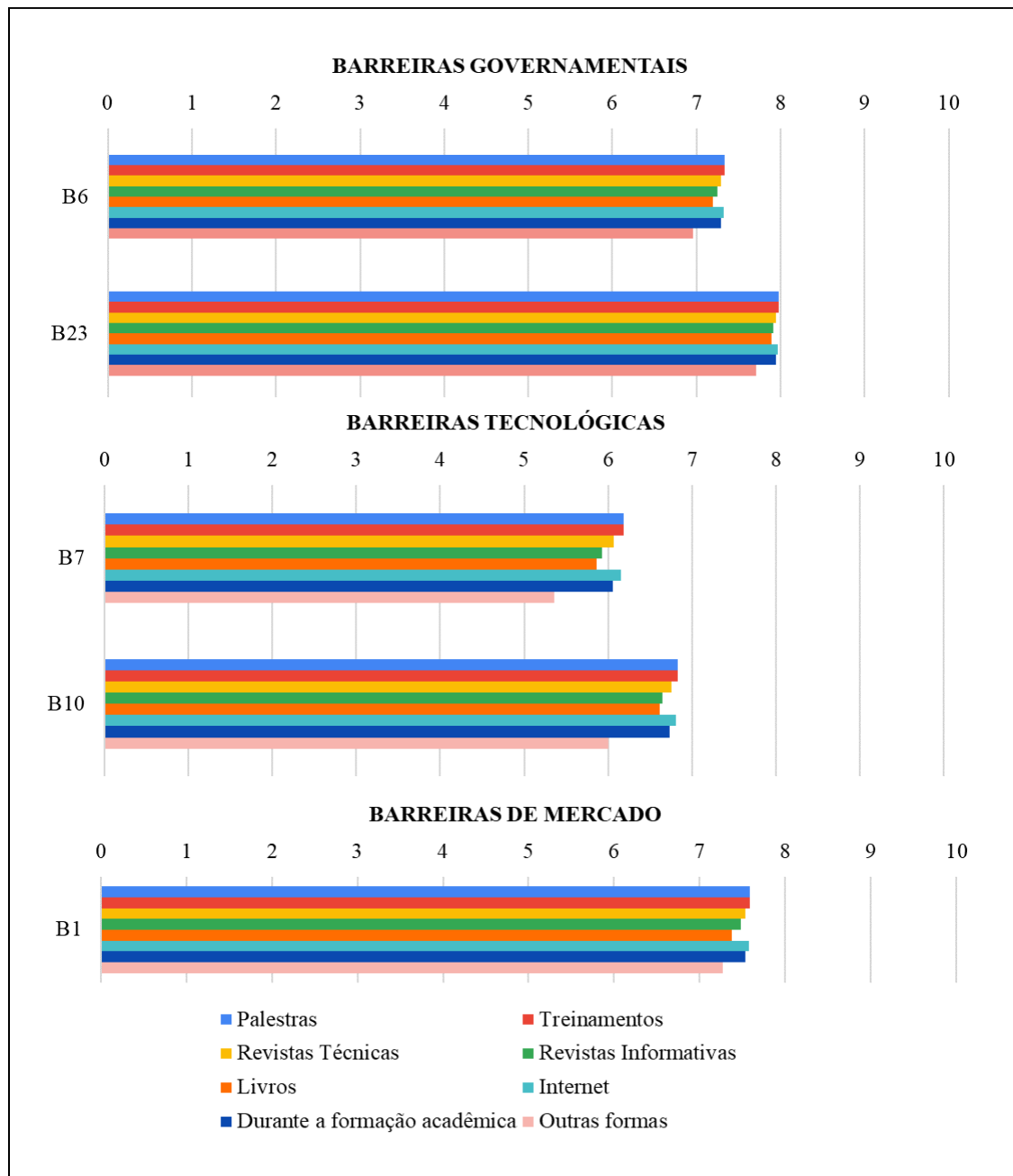
Figura 21 – Forma como adquiriu conhecimento (continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 21 – Maneira que adquiriu conhecimento

(conclusão)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No grupo de barreiras tecnológicas, as barreiras B10 (“Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs”) e B6 (“Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética”) foram consideradas razoavelmente importantes, com notas médias atribuídas entre 5,5 e 7,0. Apenas os profissionais que adquiriram conhecimento

por outros meios apontaram menor importância a essas barreiras, ainda permanecendo dentro dessa faixa de importância.

Já a barreira B1 (Incerteza sobre o preço futuro da energia “) pertencente ao grupo de Barreiras de Mercado, foi avaliada como muito importante de acordo com a percepção de todos os respondentes, recebendo pontuação média em torno de 7,5 na escala de importância.

A partir desses resultados, observou-se que não houve uma diferença significativa nas percepções dos profissionais, independentemente do meio pelo qual adquiriram conhecimento. Isso sugere uma consistência nas percepções em relação à importância de cada barreira. Notavelmente, as notas mais discrepantes foram atribuídas pelos profissionais que adquiriram conhecimento por meios não especificados no questionário. Essas fontes de conhecimento não identificadas podem explicar, mesmo que de forma superficial, as diferenças na percepção desses profissionais em relação são as demais percepções.

5.2.5 Análise da importância das barreiras em relação à última vez que estudou sobre TEEs

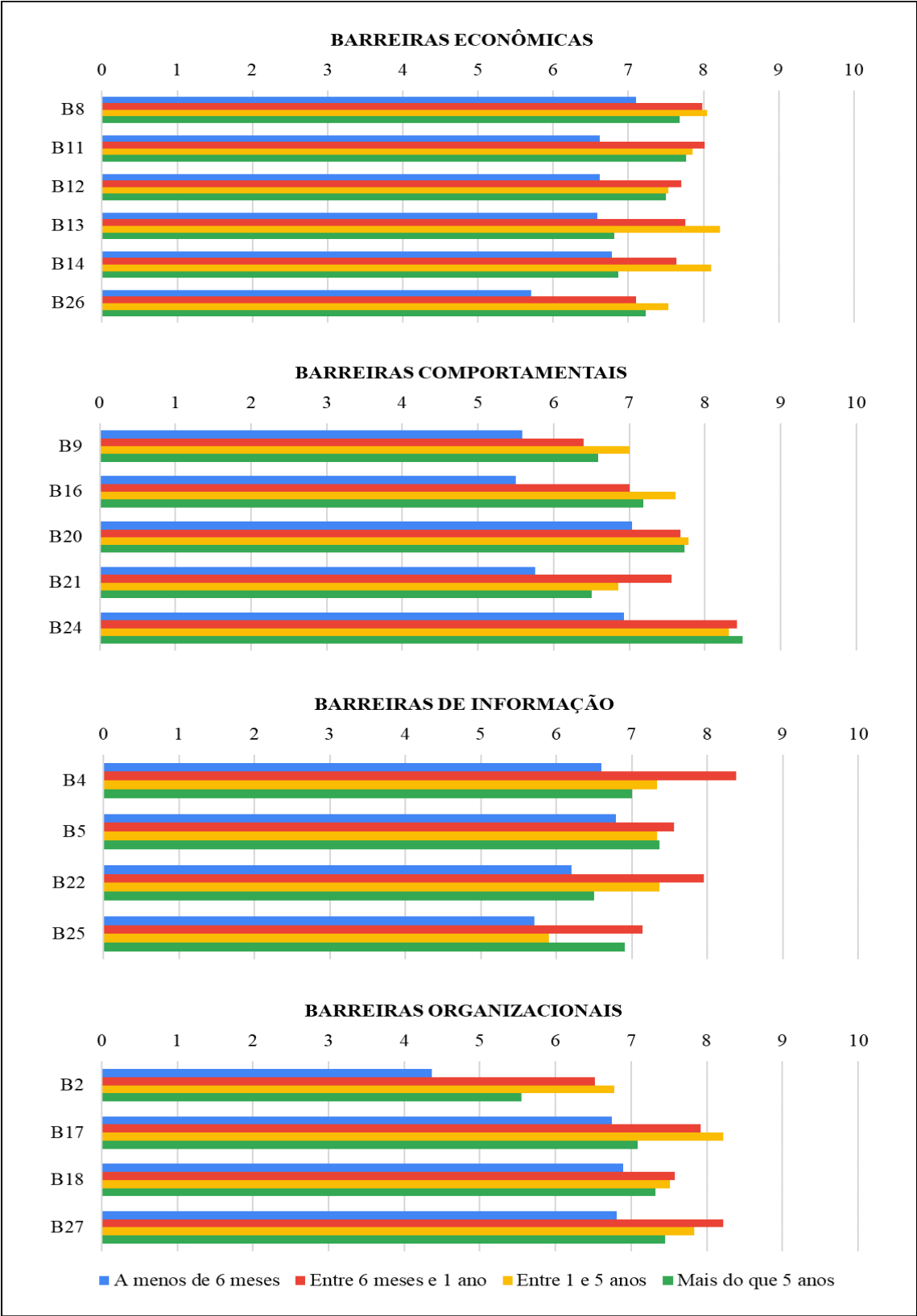
A Figura 22 apresenta a distribuição média das respostas considerando a última vez em que os respondentes estudaram sobre a adoção das TEEs no segmento industrial.

No grupo das barreiras econômicas, todas as barreiras foram consideradas razoavelmente importantes pelos profissionais que estudaram sobre o assunto há menos de 6 meses, atribuindo uma nota média entre 5,5 e 7,0. Por outro lado, os demais respondentes consideraram a maioria das barreiras econômicas como importantes. No entanto, é importante notar que os profissionais que estudaram o assunto há mais de cinco anos também consideraram as barreiras B13 (“Dificuldade em obter financiamento”) e B14 (“Critérios imperfeitos para a avaliação da viabilidade do investimento “) como razoavelmente importantes.

Em relação às barreiras comportamentais, é possível observar que as barreiras B9 (“Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria”) e B21 (“Incentivos contraditórios”) foram consideradas razoavelmente importantes pela maioria dos respondentes, especialmente pelos profissionais com conhecimento atualizado sobre o assunto (nota média em torno de 5,5). Por outro lado, as barreiras B16, B20 e B24 foram predominantemente consideradas importantes pela maioria dos respondentes. Notavelmente, a percepção dos profissionais com conhecimento mais recente sobre o assunto considerou as barreiras deste grupo como razoavelmente importantes, divergindo levemente da opinião dos demais respondentes.

Figura 22 - Última vez que estudou sobre o assunto

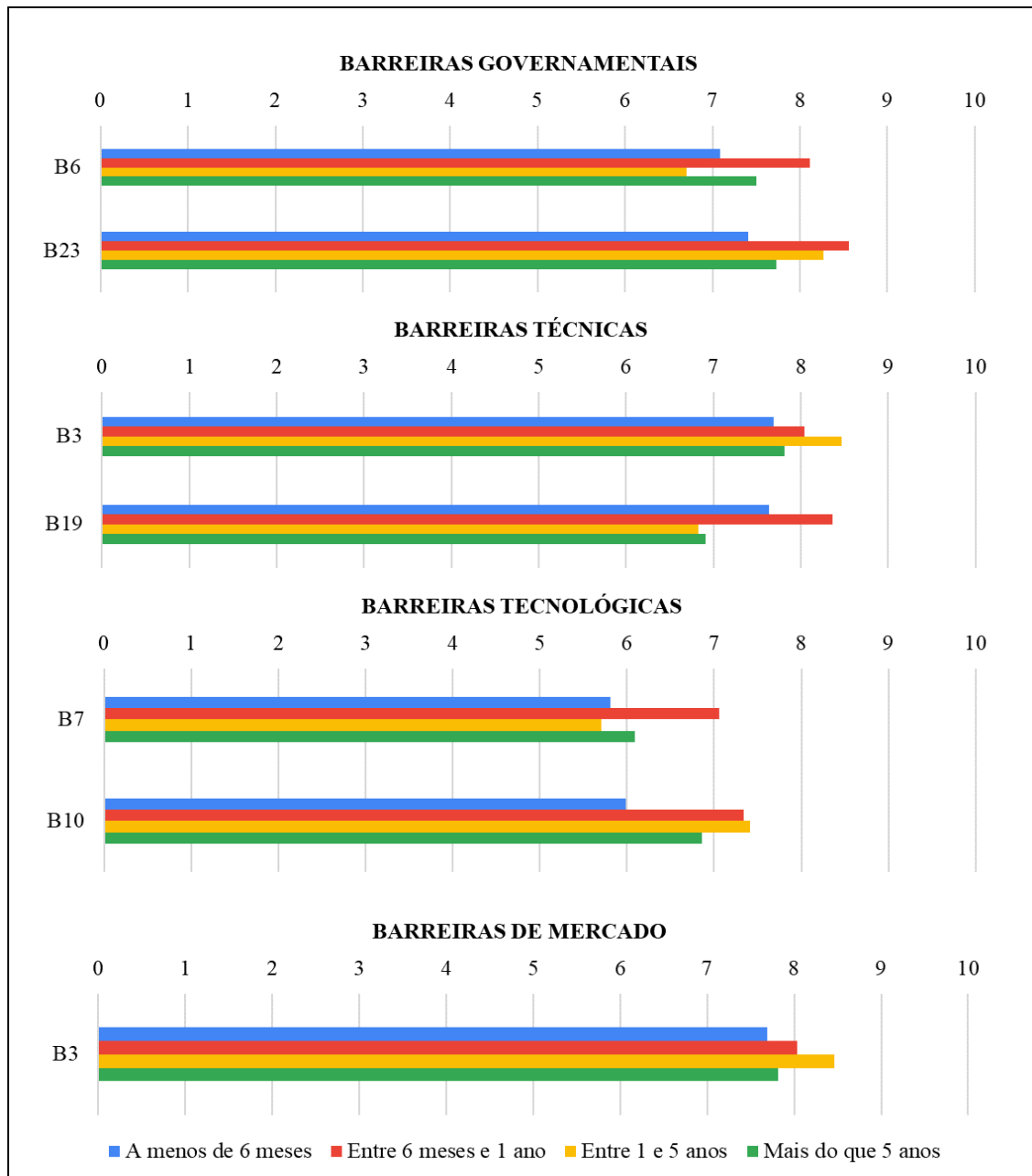
(continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 22 – Última vez que estudou sobre o assunto

(conclusão)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando o grupo de barreiras de informação, pode-se perceber que as barreiras B4 (“Baixa difusão das TEEs”) e B5 (“Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção”) foram avaliadas como importantes pela maioria dos respondentes, enquanto as barreiras B22 (“Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs”) e B25 (“Divulgação inadequada das TEEs”) consideradas razoavelmente importantes por eles. É importante destacar que os profissionais que adquiriram conhecimento

sobre o assunto hão menos de seis meses classificaram todas as barreiras desse grupo como razoavelmente importantes, com uma nota média em entre 5,5 e 7,0.

No grupo de barreiras organizacionais, as barreiras B17 (“Cadeia de decisões gerenciais complexas”), B18 (“Outras prioridades para investimentos”) e B27 (Falta de poder e influência dos gestores da área de energia”) foram amplamente consideradas importantes pela maioria dos respondentes, exceto por aqueles que estudaram o assunto há menos de 6 meses, os quais a classificaram como razoavelmente importante (nota média em torno de 7,5). Por outro lado, B2 recebeu a menor nota dentre as percepções dos grupos de respondentes (pontuação atribuída em torno 4,5), sendo considerada pouco importante pelos profissionais mais atualizados sobre o assunto, enquanto os demais a consideraram razoavelmente importante.

Em relação às barreiras governamentais, percebeu-se que as duas barreiras desse grupo foram consideradas importantes pela maioria dos respondentes. Uma exceção a essa análise é feita pelos profissionais que estudaram o tema pela última vez entre 1 e 5 anos, os quais classificaram a barreira B6 (“Falta de regulação adequada de padrões de eficiência energética”) como razoavelmente importante, atribuindo uma nota ligeiramente superior a 6,0.

No grupo de barreiras técnicas, a barreira B3 (“Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia”) foi classificada como importante por todos os respondentes, recebendo notas em torno de 8,0. Já a outra barreira desse grupo, B19 (“Falta de competência técnica em eficiência energética”) foi categorizada como importante por aqueles que estudaram o tema a menos de 1 ano. Os demais respondentes consideraram essa barreira razoavelmente importante.

As duas barreiras do grupo de barreiras técnicas, B3 (“Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia”) e B19 (“Falta de competência técnica em eficiência energética”) foram avaliadas como importantes por todos os respondentes. Ambas receberam notas médias entre 7,5 e 8,0.

No grupo de barreiras tecnológicas, a barreira B7 (“As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações”) foi considerada como razoavelmente importante pela maioria dos respondentes, com uma nota média em torno de 6,0. Já a outra barreira desse grupo, B10 (Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs”) também recebeu classificação como razoavelmente importante por todos os respondentes, com notas variando de 6,0 a 7,5.

A barreira B3 (Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia”), pertencente ao grupo barreiras de mercado, foi classificada como importante por todos os respondentes, sendo que aqueles que estudaram o tema pela última vez há 1 a 5 anos atribuíram a melhor nota, em torno de 8,5.

A partir dessa análise, observou-se que, embora a maioria das barreiras tenha sido considerada importante, as notas mais distribuídas em torno dessas classificações foram atribuídas pelos profissionais que possuem um conhecimento mais recente sobre o assunto (últimos 6 meses). Essa percepção sugere que esses profissionais por estarem mais familiarizados com o tema, conseguem apontar de forma mais clara na escala a importância de cada barreira.

5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da importância das barreiras, de acordo com a percepção dos respondentes, permitiu destacar algumas considerações significativas. Na análise geral da importância das barreiras segundo a percepção dos especialistas brasileiros, destacou-se os seguintes pontos:

- **Importância geral das barreiras:** Ao analisar a média das notas atribuídas, foi possível identificar que os especialistas brasileiros consideraram todas as barreiras a adoção de TEEs no segmento industrial altamente importantes. A ausência de diferenças significativas entre as pontuações atribuídas sugere que existem razões subjacentes que impactam nas opiniões apontadas.

- **Barreiras mais importantes:** Apesar das similaridades nas percepções, foi possível identificar que as barreiras B3 (“Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia”) e B23 (“Falta de políticas governamentais”) obtiveram as maiores notas, indicando uma maior preocupação com questões relacionadas às políticas públicas e os processos internos da indústria.

- **Barreiras menos preocupantes:** As barreiras que receberam as menores pontuações foram B2 (“Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto”) com nota média 5,73 e B7 (“As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações”) com pontuação média de 6,19, sugerindo que questões técnicas e tecnológicas são consideradas menos importantes, de acordo com a percepção dos respondentes.

A partir das similaridades nas percepções, foi possível desenvolver uma análise mais aprofundada com base nas características dos entrevistados, que permitiu identificar algumas diferenças nas percepções dos respondentes:

- **Formação acadêmica:** Os profissionais formados em Engenharia Elétrica ou Mecânica têm uma percepção significativamente distinta em relação aos demais respondentes, possivelmente devido a um maior envolvimento com o tema.

- **Ramo de atividade profissional:** Os respondentes que exercem suas atividades profissionais em Universidades e Centros de Pesquisa apresentam uma percepção mais clara sobre a importância das barreiras, provavelmente devido ao conhecimento acadêmico específico sobre a adoção das TEEs no segmento industrial.

- **Segmento industrial:** Os profissionais que atuam nos segmentos industriais de fertilizantes, manufatura, maquinário, plástico, petroquímica, química, têxtil e vidro têm percepções distintas em comparação aos outros segmentos, o que pode estar ligado ao fato de que esses segmentos são grandes consumidores de energia.

- **Meio de aquisição de conhecimento:** Independentemente da fonte de conhecimento, os respondentes indicaram a importância das barreiras de forma similar. No entanto, as avaliações mais divergentes vieram de profissionais que adquiriram conhecimento por diferentes fontes de informação.

- **Atualização recente sobre o tema:** Os respondentes que estudaram o assunto nos últimos 6 meses conseguiram apontar de forma mais clara a importância de cada barreira, sugerindo uma maior familiaridade com o tema.

Esses resultados são úteis uma vez que fornecem uma base para entender melhor os desafios na adoção de TEEs, e assim orientar medidas futuras para superar essas barreiras específicas que impedem a adoção das TEEs no segmento industrial.

6 CONCLUSÃO

Este capítulo discute os resultados da pesquisa e suas contribuições. Além disso, as principais limitações do estudo também são apresentadas em forma de propostas para estudos futuros.

6.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E SUAS CONTRIBUIÇÕES

Esta dissertação de mestrado foi desenvolvida com a intenção de responder a seguinte pergunta de pesquisa: Quais as barreiras à adoção de tecnologias energeticamente eficientes pela indústria brasileira?

Para responder essa questão, a pesquisa realizou um levantamento bibliográfico em 96 artigos que permitiu coletar 27 barreiras na literatura. Entre elas, identificou-se que as barreiras B7 (“As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações”), B13 (“Dificuldade em obter financiamento”) e B9 (“Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústrias”) e B1 (“Incerteza sobre o preço futuro da energia”) foram citadas em maior frequência na literatura, o que sugere um grau de importância maior para estas barreiras quando comparadas a frequência de aparição das demais.

A análise temporal identificou as barreiras B4 (“Baixa difusão das TEEs”); B8 (“Preço elevado das TEEs”); B10 (“Falta de interesse por parte dos fornecedores em desenvolver equipamentos com TEEs”); e B12 (“Custos dos diagnósticos energéticos”) como sendo as mais recentemente mencionadas na literatura. Geograficamente, o continente europeu demonstrou maior interesse pelo estudo das barreiras devido ao seu volume de publicações, seguido pela Ásia, enquanto a África apresentou o menor número de estudos.

A investigação sobre a relação entre segmentos industriais específicos e as barreiras à adoção de TEEs revelou que as 27 barreiras identificadas estão interligadas a 19 segmentos industriais. O setor de metalurgia enfrenta o maior número de barreiras, com destaque a falta de interesse por eficiência energética (B9), dificuldade em obter financiamento (B13), falta de competência técnica (B19) e inadequação técnica das TEEs (B7). Vale ressaltar que essas barreiras ainda foram identificadas como aquelas que afetam significativamente o setor de alimentos e bebidas, que enfrenta 21 barreiras, tornando-se o segundo mais impactado. O setor de manufatura foi considerado o terceiro mais influenciado, com destaque para as barreiras relacionadas a incentivos contraditórios (B21) e divulgação ineficiente dos benefícios das TEEs (B5), além das já mencionadas B9 e B7.

Esses resultados contribuíram não apenas com a identificação das principais barreiras enfrentadas, mas também destacam aquelas de maior relevância e as tendências emergentes ao

longo do tempo. Além disso, a análise da distribuição geográfica e setorial das barreiras também ofereceram uma visão abrangente das áreas onde as barreiras identificadas são mais impactantes.

Após a revisão bibliográfica, foi possível classificar as 27 barreiras identificadas na literatura em oito grupos distintos (Econômico, Comportamental, Organizacional, Informação, Técnico, Tecnológico, Governamental, e de Mercado), seguindo taxonomias dos artigos mais citados na literatura. Esses resultados contribuíram para a organização sistemática das barreiras identificadas, proporcionando uma compreensão mais aprofundada e estruturada dos desafios enfrentados na adoção de TEEs.

Na etapa final da pesquisa, uma análise da importância das barreiras à adoção de TEEs no segmento industrial, conforme a percepção dos especialistas brasileiros, foi desenvolvida por meio da aplicação de um questionário estruturado. Como resultado, percebeu-se que os respondentes atribuíram alta importância a todas as barreiras, sem grandes diferenças significativas nas pontuações. No entanto, coube destacar que as barreiras B3 (“Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia”) e B23 (“Falta de políticas governamentais”) obtiveram as maiores notas médias, mostrando assim que há uma maior preocupação com questões relacionadas às políticas públicas e processos internos da indústria. Em contraste, as barreiras B2 (“Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto”) e B7 (“As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações”) receberam as menores pontuações, sugerindo que questões técnicas e tecnológicas são consideradas menos importantes pelos respondentes.

A partir das similaridades nas percepções, foi possível desenvolver uma análise mais aprofundada com base nas características dos entrevistados que revelou diferenças significativas nas percepções dos respondentes. Como resultado, percebeu-se que os Profissionais formados em Engenharia Elétrica ou Mecânica apresentaram percepções distintas, possivelmente devido ao maior envolvimento com o tema. Aqueles que atuam em Universidades e Centros de Pesquisa têm uma percepção mais clara sobre as barreiras, provavelmente devido ao conhecimento acadêmico específico. Profissionais dos segmentos industriais de fertilizantes, manufatura, maquinário, plástico, petroquímica, química, têxtil e vidro, grandes consumidores de energia, também demonstraram percepções diferenciadas. Independentemente da fonte de conhecimento, a importância das barreiras foi similarmente reconhecida, embora as avaliações mais divergentes viessem de profissionais com múltiplas fontes de informação. Além disso, os que estudaram o tema nos últimos seis meses identificaram as barreiras com mais clareza, indicando maior familiaridade. Esses resultados

contribuem significativamente para a compreensão das barreiras à adoção de TEEs no segmento industrial, principalmente em relação a sua importância para o cenário brasileiro.

Assim, os resultados dessa pesquisa oferecem uma base sólida para direcionar políticas e medidas específicas para superar as barreiras identificadas, promovendo assim uma adoção mais ampla e eficaz das TEEs no segmento industrial do Brasil.

6.2 RESULTADOS ACADÊMICOS DA PESQUISA

O resultado acadêmico parcial desta pesquisa foi a publicação de um artigo em uma revista científica nacional:

SILVA, M.B.; CRISTINO, T.M; NETO, A.F.; LOTUFO, F.A. Barreiras a aplicação de medidas de conservação de energia no setor industrial: uma revisão de literatura. **SODEBRAS**, v. 19, p. 34-41, 2024. Disponível em DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.2024.01.217.34>

6.3 SUGESTÕES DE ESTUDOS FUTUROS

Apesar da riqueza desta pesquisa, algumas sugestões podem ser consideradas para estudos futuros:

- Desenvolver uma análise aprofundada das descrições e definições das barreiras identificadas, uma vez que pode haver relações entre si que permitem que elas sejam classificadas como uma mesma barreira;
- Analisar individualmente as barreiras B5 (“Os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes a sua adoção”), B22 (“Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs”) e B25 (“Divulgação inadequadas das TEEs”), uma vez que suas descrições apresentaram semelhanças, com o objetivo de esclarecer as dúvidas levantadas em relação a essas barreiras;
- Ampliar a aplicação do questionário elaborado na pesquisa para uma amostra maior de respondentes, visando aprofundar a análise das percepções coletadas;
- Avaliar os dados coletados utilizando ferramentas de análise de dados para obter um resultado com maior precisão;

- Identificar na literatura medidas para a superação das barreiras apontadas nessa pesquisa;
- Propor estratégias para que as medidas de superação identificadas na literatura sejam propostas para o cenário brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ARENS, M.; WORRELL, E.; EICHHAMMER, W. Drivers and barriers to the diffusion of energy-efficient technologies — a plant-level analysis of the German steel industry. **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 10, p. 441-457, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305926709_Drivers_and_barriers_to_the_diffusion_of_energy-efficient_technologies-a_plant-level_analysis_of_the_German_steel_industry. Acesso em : 03 mar. 2018.
- BELL, M.; CARRINGTON, G.; LAWSON, R.; STEPHENSON, J. Socio-technical barriers to the use of energy-efficient timber drying technology in New Zealand. **Energy policy**, Guildford, v. 67, p. 747-755, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421513012548>. Acesso em: 03 mar. 2018.
- BLASS, V.; CORBETT, C.J.; DELMAS, M.A.; MUTHULINGAM, S. Top management and the adoption of energy efficiency practices: Evidence from small and medium-sized manufacturing firms in the US. **Energy**, Amsterdam, v. 65, p. 560-571, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544213009924>. Acesso em: 03 mar. 2018.
- BLUMSTEIN, C.: Overcoming social and institutional barriers to energy conservation. **Energy**, Amsterdam, v. 5, p. 355-371, 1980. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0360544280900365>. Acesso em: 03 mar. 2018.
- BRUNKE, J. C.; JOHANSSON, M.; THOLLANDER, P. Empirical investigation of barriers and drivers to the adoption of energy conservation measures, energy management practices and energy services in the Swedish iron and steel industry. **Journal of cleaner production**, Amsterdam, v. 84, p. 509-535, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619308340>. Acesso em: 03 mar. 2018.
- CAGNO, E.; WORRELL, E.; TRIANNI, A.; PUGLIESE, G. A novel approach for barriers to industrial energy efficiency. **Renewable and sustainable energy reviews**, Belfast, v. 19, p. 290-308, 2013. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v19y2013icp290-308.html>. Acesso em: 03 mar. 2018.
- CAGNO, E.; TRIANNI, A.; SPALLINA, G. Drivers for energy efficiency and their effect on barriers: empirical evidence from Italian manufacturing enterprises. **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 10, p. 855-869, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309436000_Drivers_for_energy_efficiency_and_their_effect_on_barriers_empirical_evidence_from_Italian_manufacturing_enterprises. Acesso em: 03 mar. 2018.
- CAGNO, E.; NERI, A.; TRIANNI, A. Broadening to sustainability the perspective of industrial decision-makers on the energy efficiency measures adoption: some empirical evidence. **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 11, p. 1193-1210, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-018-9621-0>. Acesso em: 03 mar. 2018.
- CANTORE, N. Factors affecting the adoption of energy efficiency in the manufacturing sector of developing countries. **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 10, p. 743-752, 2017.

Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-016-9474-3>. Acesso em: 03 mar. 2018.

CATTANEO, C. Internal and external barriers to energy efficiency: which role for policy interventions? **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 12, p. 1293-1311, 2019. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/ags/feemci/269536.html>. Acesso em: 10 abr. 2020

CHAI, K. H.; YOE, C. Overcoming energy efficiency barriers through systems approach—A conceptual framework. **Energy policy**, Guildford, v. 46, p. 460-472, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512003126>. Acesso em: 03 mar. 2018.

DING, J.; HUO, H. Identification of Financing Barriers to Energy Efficiency in Small and Medium-Sized Enterprises by Integrating the Fuzzy Delphi and Fuzzy DEMATEL Approaches. **Energies**, Basel, v. 10, p. 1172, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222670404_Financing_energy_efficiency_in_developing_countries_Lessons_learned_and_remaining_challenges. Acesso em: 03 mar. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA **Relatório Síntese 2022 ano base 2021**. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 03 mar. 2023.

FLEITER, T.; SCHLEICH, J.; RAVIVANPONG, P. Adoption of energy-efficiency measures in SMEs—An empirical analysis based on energy audit data from Germany. **Energy policy**, Guildford, v. 51, p. 863-875, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512008166>. Acesso em: 03 mar. 2018.

FLEITER, T.; WORRELL, E.; EICHHAMMER, W. Barriers to energy efficiency in industrial bottom-up energy demand models—A review. **Renewable and sustainable energy reviews**, Belfast, v. 15, p. 3099-3111, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111001286>. Acesso em: 03 mar. 2018.

GAWIN, B; MARCINKOWSKI, B. Setting up Energy Efficiency Management in Companies: Preliminary Lessons Learned from the Petroleum Industry. **Energies**, Basel, v. 12, p. 5604, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/21/5604>. Acesso em: 10 jan. 2021

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HÄCKELB, B.; PFOSSERA, S.; TRÄNKLER, T. Explaining the energy efficiency gap - Expected Utility Theory versus Cumulative Prospect Theory. **Energy policy**, Guildford, v. 111, p. 414–426, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517305876>. Acesso em: 03 mar. 2021.

HARALDSSON, J.; JOHANSSON, M. T. Barriers to and Drivers for Improved Energy Efficiency in the Swedish Aluminium Industry and Aluminium Casting Foundries. **Sustainability**, Basel, v. 11, p. 2043, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/7/2043>. Acesso em: 10 jan. 2021.

HASAN, A. S. M. M.; ROKONUZZAMAN, M.; TUHIN, R.A.; SALIMULLAH, S.; ULLAH, M.; SAKIB, H.T.; THOLLANDER, P. Drivers and Barriers to Industrial Energy

Efficiency in Textile Industries of Bangladesh. **Energies**, Basel, v. 12, p. 1775, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/9/1775>. Acesso em: 10 jan 2021.

HASANBEIGI, A; MENKE, C; DU PONT, P. Barriers to energy efficiency improvement and decision-making behavior in Thai industry. **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 3, p. 33-53, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-009-9056-8>. Acesso em: 03 mar. 2018

HENRIQUES, J.; CATARINO, J. Motivating towards energy efficiency in small and medium enterprises. **Journal of cleaner production**, Amsterdam, V. 139, p. 42-50, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616311519>. Acesso em: 03 mar. 20218.

HENRIQUES, J.; CATARINO, J.; EGREJA, F. Portuguese SME toward energy efficiency improvement. **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 8, p. 995–1013, 2015. Disponível em: <https://www.springerprofessional.de/en/portuguese-sme-toward-energy-efficiency-improvement/11803244>. Acesso em: 03 mar. 2018.

HERRERA, B.; AMELL, A.; CHEJNE, F.; CACUA, K.; MANRIQUE, R.; HENAO, W.; VALLEJO, G. Use of thermal energy and analysis of barriers to the implementation of thermal efficiency measures in cement production: Exploratory study in Colombia. **Energy**, [S.l.], v. 140, p. 1047-1058, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320902019_Analysis_of_barriers_to_the_implementation_of_energy_efficiency_actions_in_the_production_of_ceramics_in_Colombia. Acesso em: 03 mar 2018.

HIRST, E; BROWN, M. Closing the efficiency gap: barriers to the efficient use of energy. **Resources, conservation and recycling**, [S.l.], v. 3, p. 267-281, 1990. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/6573975>. Acesso em: 03 mar. 2018.

HOCHMAN, G.; TIMILSINA, G. R. Energy efficiency barriers in commercial and industrial firms in Ukraine: An empirical analysis. **Energy economics**, [S.l.], v. 63, p. 22-30, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988317300233>. Acesso em: 03 mar. 2018.

JALO, N.; JOHANSSON, I.; KANCHIRALLA, F.G.; THOLLANDER, P. Do energy efficiency networks help reduce barriers to energy efficiency? -A case study of a regional Swedish policy program for industrial SMEs. **Renewable and sustainable energy reviews**, Belfast, v. 151, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403212100856X>. Acesso em: 20 nov. 2023.

JOHANSSON, I.; MARDAN, N.; CORNELIS, E.; KIMURA, O.; THOLLANDER, P. Designing Policies and Programmes for Improved Energy Efficiency in Industrial SMEs. **Energies**, Basel, v. 12, p. 1338, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/7/1338>. Acesso em: 20 nov. 2023.

KALANGOS, C. Barriers and Policy Drivers to Energy Efficiency in Energy Intensive Turkish Industrial Sectors. **International journal of energy economics and policy**, Emirados Árabes Unidos, v. 7, n. 3, p. 110-120, 2017. Disponível em: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/4627>. Acesso em: 20 nov. 2023.

KONG, L ; ZHAO, J.; LI, J.; LOU, R.; ZHANG, Y. Evaluating energy efficiency improvement of pulp and paper production: Case study from factory level. **Journal of cleaner production**,

Amsterdam, v. 277, 2020. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/347560603_Evaluating_energy_efficiency_improvement_of_pulp_and_paper_production_Case_study_from_factory_level. Acesso em: 20 nov. 2023.

KOTHARI, C. **Research methodology: methods and techniques**. 2 ed. New Delhi: New Age International, 2013. 418 p. Disponível em:

<https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1285422>. Acesso em: 03 mar. 2018.

LAWRENCE, A.; THOLLANDER, P; KARLSSON, M. Drivers, Barriers, and Success Factors for Improving Energy Management in the Pulp and Paper Industry. **Sustainability**, Basel, v. 10, p. 1851, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619308340>. Acesso em: 10 nov. 2020.

LOPES, J. R.; ÁVILA, S.; KALID, R.; RODRÍGUEZ, J.L.M. Energy Efficiency Improvement in Non-Intensive Energy Enterprises: A Framework Proposal. **Energies**, Basel, v. 11, p. 1271, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/5/1271>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MALINAUSKAITE, J.; JOUHARA, H.; AHMAD, L.; MILANI, M.; MONTORSI, L.; VENTURELLI, M. Energy efficiency in industry: EU and national policies in Italy and the UK. **Energy**, [S.l], v. 172, p. 255-269, 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421930146X>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MANRIQUE, R.; VASQUEZ, D.; VALLEJO, G.; CHEJNE, F.; AMELL, A.A.; HERRERA, B. Analysis of barriers to the implementation of energy efficiency actions in the production of ceramics in Colombia. **Energy**. [S.l], v. 143, p. 575 e 584, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036054421731873X>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MIGUEL, P. A. C. (coord.) **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 280 p.

PALM, J.; BACKMAN, F. Energy efficiency in SMEs: overcoming the communication barrier. **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 13, p. 809-821, 2020. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-020-09839-7>. Acesso em: 10 jan. 2023.

PALM, J; THOLLANDER, P. An interdisciplinary perspective on industrial energy efficiency. **Applied energy**, [S.l], v. 87, p. 3255-3261, 2010. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261910001261>. Acesso em: 03 mar. 2018.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. E. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROHDIN, P.; THOLLANDER, P. Barriers to and driving forces for energy efficiency in the non-energy intensive manufacturing industry in Sweden. **Energy**, [S.l], v. 31, p. 1836-1844, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544205002136>. Acesso em: 03 mar. 2018.

SARDIANOU, E.: Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece. **Journal of cleaner production**, Amsterdam, v. 16, p. 1416-1423, 2008. Disponível em:

<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3056669>. Acesso em: 03 mar. 2018.

SARKER, R.; AHMED, F.; DEB, A.K.; CHOWDHURY, M. Identifying barriers for implementing green supply chain management (gscm) In footwear industry of bangladesh: a delphi study approach. **Revista de pielarie incaltaminte**, Bucureste, v. 18, p. 3, 2018. Disponível em: <https://journals.indexcopernicus.com/publication/2019273>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SMITH, K. M; WILSON, S.; HASSALL, M. E. Could focusing on barriers to industrial energy efficiency create a new barrier to energy efficiency? **Journal of cleaner production**, , Amsterdam, v. 310, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/351529266_Could_focusing_on_barriers_to_industrial_energy_efficiency_create_a_new_barrier_to_energy_efficiency. Acesso em: 10 jan. 2023.

SMITH, K. M.; WILSON, S.; HASSALL, M. E. Barriers and drivers for industrial energy management: The frontline perspective. **Journal of cleaner production**, Amsterdam, v. 335, 2022. Disponível em: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/96REvZd9/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SOEPARDI, A.; PRATIKTO, P.; SANTOSO, P.B.; TAMA, I.P.; THOLLANDER, P. Linking of Barriers to Energy Efficiency Improvement in Indonesia's Steel Industry. **Energies**, Basel, v. 11, p. 234, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/1/234>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SOEPARDI, A.; THOLLANDER, P. Analysis of Relationships among Organizational Barriers to Energy Efficiency Improvement: A Case Study in Indonesia's Steel Industry. **Sustainability**, Basel, v. 10, p. 216, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/1/216>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SOLNØRDAL, M. T.; FOSS, L. Closing the Energy Efficiency Gap—A Systematic Review of Empirical Articles on Drivers to Energy Efficiency in Manufacturing Firms. **Energies**, Basel, v. 11, p. 518, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/3/518>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SOLNØRDAL, M. T.; THYHOLDT, S. B. Absorptive capacity and energy efficiency in manufacturing firms – An empirical analysis in Norway. **Energy policy**, Guildford, v. 132, p. 978-990, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421519304392>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SORREL, S.; SCHLEICH, J.; SCOTT, S.; O'MALLEY, E.; TRACE, F.; BOEDE, U.; KOEWENER, D.; MANNSBART, W.; OSTERTAG, K.; RADGEN, P. **Reducing barriers to energy efficiency in public and private organizations energy research centre**. Brighton: Science and technology policy research (SPRU), University of Sussex, 2000. Disponível em: <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/290677>. Acesso em: 10 jan. 2023.

THOLLANDER, P.; OTTOSSON, M. An energy efficient Swedish pulp and paper industry – exploring barriers to and driving forces for cost-effective energy efficiency investments. **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 1, p. 21-34, 2008. Disponível em: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2%3A329/FULLTEXT03.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2018.

TRIANNI, A. CAGNO, E.; MARCHESANI, F.; SPALLINA, G. Classification of drivers for industrial energy efficiency and their effect on the barriers affecting the investment decision-

making process. **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 10, p. 199-215, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-016-9455-6>. Acesso em: 10 jan. 2023.

TRIANNI, A.; CAGNO,E.; THOLLANDER,P.; BACKLUND,S. Barriers to industrial energy efficiency in foundries: a European comparison. **Journal of cleaner production**, Amsterdam, v. 40, p. 161-176, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-016-9455-6>. Acesso em: 10 jan. 2023

TRIANNI, A.; CAGNO,E.; WORRELL,E.; PUGLIESE,G. Empirical investigation of energy efficiency barriers in Italian manufacturing SMEs. **Energy**, [S.l],v. 49, p. 444-458, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544212007748>. . Acesso em: 10 jan. 2023.

TRIANNI, A.; CAGNO, E.; FARNÉ, S. Barriers, drivers and decision-making process for industrial energy efficiency: A broad study among manufacturing small and medium-sized enterprises. **Applied energy**, [S.l], v. 162, p. 1537–1551, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915002639>. . Acesso em: 10 jan. 2023

VENMANS, F.: Triggers and barriers to energy efficiency measures in the ceramic, cement and lime sectors. **Journal of cleaner production**, Amsterdam, v. 69, p. 133-142, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261185584_Triggers_and_barriers_to_energy_efficiency_measures_in_the_ceramic_cement_and_lime_sectors. . Acesso em: 10 jan. 2023

VIESI, E.; POZZAR,F.; FEDERICI, A.; CREMA,L.; MAHBUB,S. Energy efficiency and sustainability assessment of about 500 small and medium-sized enterprises in Central Europe region. **Energy police**, Guildford, v. 105, p. 363-374, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421517301295>. Acesso em 10 nov. 2020.

WALSH, C.; THORNLEY, P. Barriers to improving energy efficiency within the process industries with a focus on low-grade heat utilization. **Journal of cleaner production**, Amsterdam, v. 23, p. 138-146, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652611004240>. Acesso em: 10 nov. 2020

WOHLFARTH, K.; EICHHAMMER,W.; SCHLOMANN,B.; MIELICKE,U. Learning networks as an enabler for informed decisions to target energy-efficiency potentials in companies. **Journal of cleaner production**, Amsterdam, v. 163, p. 118-127, 2017. Disponível em: https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/355239/1_s2.0_S0959652616319801_main_1_.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 nov. 2020.

ZUBERI, M. J. S.; PATEL, M. K. Cost-effectiveness analysis of energy efficiency measures in the Swiss chemical and pharmaceutical industry. **International journal energy research**, Ontário, v. 43, p. 313-336, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/er.4267>. . Acesso em: 10 jan. 2023

BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

APEANING, R. W.; THOLLANDER, P. Barriers to and driving forces for industrial energy efficiency improvements in African industries e a case study of Ghana's largest industrial area. **Journal of cleaner production**, Amsterdam, v. 53, p. 204-213, 2013. Disponível em: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:640815/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 10 mar 2020.

CAGNO, E.; TRIANNI, A. Evaluating the barriers to specific industrial energy efficiency measures: an exploratory study in small and medium-sized enterprises **Journal of cleaner production**, Amsterdam v. 82, p. 70-83, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652614006453>. Acesso em: 10 mar. 2020.

CAGNO, E.; TRIANNI, A.; ABELEN, C.; WORRELL, E.; MIGGIANO, F. Barriers and drivers for energy efficiency: Different perspectives from an exploratory study in the Netherlands. **Energy conversion and management**, Oxford, v. 102, p. 26-38, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890415003660>. Acesso em: 10 mar. 2020.

CHAI, K; BAUDELAIRE, C. Understanding the energy efficiency gap in Singapore: a Motivation, Opportunity, and Ability perspective. **Journal of cleaner production**, Amsterdam, v. 100, p. 224-234, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615002954>. Acesso em: 10 mar. 2020.

HROVATIN, N.; DOL, N.; ZORI, J. Factors impacting investments in energy efficiency and clean technologies: empirical evidence from Slovenian manufacturing firms. **Journal of cleaner production**, Amsterdam v. 127, p. 475-486, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301760058_Factors_impacting_investments_in_energy_efficiency_and_clean_technologies_Empirical_evidence_from_Slovenian_manufacturing_firms. Acesso em: 10 mar. 2020.

OLSTHOORN, M.; SCHLERICH, J.; KLOBASA, M. Barriers to electricity load shift in companies: A survey-based exploration of the end-user perspective. **Energy policy**, Guildford, v. 76, p. 32-42, 2015. Disponível em: <https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/1970c785-5268-4774-acdb-098e93718680/download>. Acesso em: 10 mar. 2020.

SARDIANOU, E. Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece. **Journal of cleaner production**, Amsterdam. v. 16, p. 1416-1423, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652607001783>. Acesso em: 10 mar. 2020.

SATHITBUN-ANAN, S.; FUNGTAMMASAN, B.; BARZ, M.; SAJJAKULNUKIT, B.: An analysis of the cost-effectiveness of energy efficiency measures and factors affecting their implementation: a case study of Thai sugar industry. **Energy efficiency**, Amsterdam, v. 8, p. 141-153, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217351512/pdf?md5=b1f99269f1f7a35fa7e424eac190fea7&pid=1-s2.0-S1876610217351512-main.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.

STEDE, J. Bridging the industrial energy efficiency gap – Assessing the evidence from the Italian white certificate scheme. **Energy policy**, Guildford, v. 104, p. 112-123, 2017.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421517300423>.

Acesso em: 10 mar. 2020.

TIMILSINA, G. R.; HOCHMAN, G.; FEDETS, I. Understanding energy efficiency barriers in Ukraine: Insights from a survey of commercial and industrial firms. **Energy**, [S.l], v. 106, p. 203-211, 2016. Disponível em: [https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v106y2016icp203-](https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v106y2016icp203-211.html)

211.html. Acesso em: 10 mar. 2020.

TRIANNI, A.; CAGNO, A. Dealing with barriers to energy efficiency and SMEs: Some empirical evidences. **Energy**, [S.l], v.37, p 494 - 504, 2012. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544211007237>. Acesso em: 10 mar.

2020.

TRIANNI, A; CAGNO, E; WORREL, E. Innovation and adoption of energy efficient technologies: an exploratory analysis of Italian primary metal manufacturing SMEs. **Energy policy**, Guildford, v. 61, p. 430-440, 2013. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513005193>. Acesso em: 10 mar.

2020.

APÊNDICE A – Query de pesquisa

```
( TITLE-ABS ( "energy conservation" OR "energy analysis" OR "energy
consumption" OR "energy efficiency" OR "reduction energy" OR "energy
management" OR "energy-management" OR "energy performance" OR "energy
regulation" OR "energy-consumption" OR "energy saving" OR "energy-
saving" OR "Energy use" OR "Energy- efficiency" OR "energy-efficient" OR "life cycle
energy" OR "Low Consumption" OR "low-consumption" OR "Low energy" OR "Low-
energy" OR "Power management" OR "electricity consumption" OR "electricity-
consumption" OR "electricity usage" OR "energy assessment" OR "Energy
audit" OR "Energy balance" OR "Energy benchmark" OR "energy economy" OR "energy
education" OR "retrofit" OR "energy label certification" OR "Energy
utilization" ) OR AUTHKEY ( "energy conservation" OR "energy analysis" OR "energy
consumption" OR "energy efficiency" OR "reduction energy" OR "energy
management" OR "energy-management" OR "energy performance" OR "energy
regulation" OR "energy-consumption" OR "energy saving" OR "energy-
saving" OR "Energy use" OR "Energy- efficiency" OR "energy-efficient" OR "life cycle
energy" OR "Low Consumption" OR "low-consumption" OR "Low energy" OR "Low-
energy" OR "Power management" OR "electricity consumption" OR "electricity-
consumption" OR "electricity usage" OR "energy assessment" OR "Energy
audit" OR "Energy balance" OR "Energy benchmark" OR "energy economy" OR "energy
education" OR "retrofit" OR "energy label certification" OR "Energy utilization" ) AND
NOT TITLE-ABS ( "building" ) AND
NOT AUTHKEY ( "building" ) AND SRCTYPE ( j ) AND PUBYEAR < 2022 ) AND (
TITLE-
ABS ( "barrier" OR "obstacle" OR "drivers" ) AND AUTHKEY ( "barrier" OR "obstacle
" OR "drivers" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-
TO ( DOCTYPE , "re" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "English" ) ) AND ( LIMIT-
TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENER" ) )
```

APÊNDICE B – Similaridade das barreiras

BARREIRA	BARREIRAS SIMILARES ENCONTRADAS NA LITERATURA
01 INCERTEZA SOBRE O PREÇO FUTURO DA ENERGIA	Distortion and uncertainty about fuel prices
	Energy price fluctuations
	Uncertainty about future energy price
	Distortion in energy polices
	Uncertainties regarding future energy prices and economic policies
	Policy intervention
	Unofficial payments demanded to receive government permits
	Distortion in energy efficiency policy
	Regulatory uncertainty
	Market Risks
02 RISCO DE AFETAR O PROCESSO PRODUTIVO OU A QUALIDADE DO PRODUTO	Risk of lower product quality
	Production type
	Higher probability of malfunction or poor performance, thereby disrupting production processes
	Technical risk of disruption of the production process
	Intervention-related risks
	Risk of production disruption
	Risk of poor performance of purchased equipment or after changed working routines
	Technical risk such as risk of production disruption
03 DESCONHECIMENTO DOS PADRÕES INTERNOS DE CONSUMO DE ENERGIA	Plant data energy use
	Lack of information
	Lack of sub-metering of energy at site
	Lack of information either at consumption patterns and efficiency measures levels
	Lack of reliable information about the measure
	Lack of energy metering
	Lack of sub-metering of energy at site
	Lack of sub-metering
	Lack of sub-metering
	Lack of information about allocation of energy costs
04 BAIXA DIFUSÃO DAS TECNOLOGIAS ENERGETICAMENTE EFICIENTES	Low diffusion of thechnologies
	Technological measures unknown

05 OS FORNECEDORES DE TEEs NÃO DIVULGAM DE FORMA EFICIENTE OS BENEFÍCIOS DECORRENTES DA ADOÇÃO DESSAS TECNOLOGIAS.	Asymmetric information
	Inadequate information
	Imperfect Information
	Information not clear by technology providers
	Suppliers of EE technologies are not being able to provide relevant information
	Difficulties in obtaining necessary information about energy consumption of purchased equipment
	Lack of information on costs and benefits
06 FALTA DE REGULAÇÃO ADEQUADA DE PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	Existing rules and regulations.
	Lack of proper regulation
	Inadequate legislation and/or enforcement
	Government fiscal and regulatory policies, codes and standards
	Restrictive regulatory framework; Complex regulatory framework
	Codes and standards
07 AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS TECNOLOGIAS ENERGETICAMENTE EFICIENTES NÃO SÃO ADEQUADAS A DETERMINADAS INSTALAÇÕES	Non-availability of technology in the market
	No cost-effective technological ECM available
	Technologies not available
	Technologies not available and adequate
	Lack of availability of suitable technology
	Heterogeneity
	Lack of physical space
	Technical characteristics not adequate
	Technology is inappropriate at this site
08 PREÇO ELEVADO DAS TECNOLOGIAS ENERGETICAMENTE EFICIENTES	Hidden Cost
	High initial cost

09 FALTA DE INTERESSE POR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARTE DA INDÚSTRIA	DE POR POR DA	Low status of energy efficiency
		Low influence of energy efficiency
		Lack of time
		Awareness
		Lack of awareness of the availability and/or benefits of deploying energy efficient processes and devices
		Lack of awareness
		Lack of awareness or ignorance
		Commitment/awareness
		Lack of staff awareness
		Lack of staff awareness regarding energy issues
		Lack of awareness or motivation
		Lack of employees' knowledge or aptitude
		Lack of interest in energy efficiency
		Power
10 FALTA DE INTERESSE POR PARTE DOS FORNECEDORES DE TECNOLOGIAS EM DESENVOLVER EQUIPAMENTOS ENERGETICAMENTE EFICIENTES		Lack of interest in energy efficiency by technology supplier
11 BAIXA DISPONIBILIDADE DE CAPITAL PARA INVESTIMENTOS EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA		Insufficient internal capital
		Low capital availability
		lack of investment capability
		Lack of budget funding for energy efficiency
		Lack of budget funding
		Lack of Internal capital allocation
12 CUSTOS DOS DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS.		Uncertainties regarding hidden cost
		High cost
		Hidden cost
		Uncertainties regarding hidden or indirect costs
		Cost of identifying opportunities, analysing effectiveness

13 DIFICULDADE EM OBTER FINANCIAMENTO	Access to capital
	Difficulty in identifying the quality of the investments
	Financing Risks (RISK)
	Difficulty of access to capital
	Lack of access to capital
	Difficulties in finding financing for investments
	Low capital availability
	Higher costs of capital as financial institutions perceive energy efficiency investment as risk
	Insufficient internal capital
	Limited access to capital
14 CRITÉRIOS IMPERFEITOS PARA A AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO INVESTIMENTO	Reluctant to invest because of high risk
	Imperfect evaluation criteria
	Payback time
	Capital rationing
15 RISCO EM AUMENTAR O PREÇO DO PRODUTO	Increasing products price
16 INÉRCIA COMPORTAMENTAL DOS FUNCIONÁRIOS	Inertia
	Resistance to change
	Resistance to update
17 CADEIA DE DECISÕES GERENCIAIS COMPLEXA	Management practices
	Complex decision chain
	Organizational system
	Long decision chain
	Number of people involved in decision
18 OUTRAS PRIORIDADES PARA INVESTIMENTOS	Competition from other projects
	Divergent interest
	Other priorities for capital investment
	Low opportunity costs as the energy efficiency investment would produce a higher return elsewhere.-38
19 FALTA DE COMPETÊNCIA TÉCNICA EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	Lack of staff time
	Employees lack the right skills
	Not trained/skilled
	Lack of internal/external expertise
	Lack of skilled personnel to handle the efficient devices and processes
	Lack of Technical skills
	Lack of skilled personnel
	Lack of employees' knowledge or aptitude
	Lack of skilled technical personnel

20 RACIONALIDADE LIMITADA	Bounded rationality
21 INCENTIVOS CONTRADITÓRIOS	Principal-agent relationship
	Split incentives
	Incentive division
	Misplaced incentives
	Misplaced incentives for the implementation of energy efficiency measur - 34;42
22 FALTA DE CREDIBILIDADE E CONFIANÇA NAS INFORMAÇÕES SOBRE AS TEEs	Lack of confidence in energy efficient devices and processes as firms do not deliver the services at the level their promoters advocate
	Information gaps
	Difficulty of obtaining information on the energy use of purchased equipment
	Credibility and thrust
	Trustworthiness of the information source
	Trust
23 FALTA DE POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS	Lack of effective government policies to facilitate energy efficiency programs
	Lack of government incentive
	Slight fiscal incentives
	Government fiscal and regulatory policies
	Government initiatives or government policy
	Absence of economic incentive regulation
	Lack of financial incentives
24 RESISTÊNCIA EM SUBSTITUIR EQUIPAMENTOS EM BOM ESTADO	Bureaucratic procedures to get governmental financial support
	Equipment not old enough
	Having old machines or secondhand machines - 70
	Technical lifetime of equipment decides when energy efficiency measures are implemented - 94
	Resistance to replace existing machinery 34;42
25 DIVULGAÇÃO INADEQUADA DAS TEEs	Zero or very small monetary value of replaced appliances that still have a long operational life - 38
	Form Information
26 LONGO TEMPO DE RETORNO PARA INVESTIMENTOS EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	Imperfect Information
	Reluctant to invest because of the risk
	Long payback periods
	Long return on Investments
	Cost saving too far in the future
	Slow rate of investment return
	Slow returns of energy efficiency investments
	Short Payback time

27 FALTA DE PODER E INFLUÊNCIA DOS GESTORES DA ÁREA DE ENERGIA.	Communication
	Lack of power and/or influence by people in charge of energy management
	Energy manager lacks influence
	Managerial attitude
	Lack power and influence
	Limited authority of energy manager

IDENTIFICAÇÃO	
	MAURÍCIO BUENO DA SILVA 14/03/1978
Nacionalidade	brasileira
Nome em citações bibliográficas:	Silva, Maurício Silva, M.B.
Currículo Lattes	https://lattes.cnpq.br/2075784057639014
ORCID	URL
outro identificador	URL
FORMAÇÃO ACADÊMICA	
12/2004	Graduação em Administração de Empresas (Bacharelado) Universidade de Ribeirão Preto
12/2016	Pós-graduação em Consultoria Empresarial (Especialização) Universidade Pitágoras
PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA	
SILVA, M.B.; CRISTINO, T.M; NETO, A.F.; LOTUFO, F.A. Barreiras a aplicação de medidas de conservação de energia no setor industrial: uma revisão de literatura. SODEBRAS, v. 19, p. 34-41, 2024. Disponível em DOI: https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.2024.01.217.34	