

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS LITORAL NORTE
DEPARTAMENTO INTERDISCIPLINAR
ENGENHARIA DE GESTÃO DE ENERGIA

LARISSA ANANDA HANSEN

**TANGIBILIDADE DO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA
UNIDADES CONSUMIDORAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE:
UMA FERRAMENTA DE SENSIBILIZAÇÃO E
QUANTIFICAÇÃO**

Tramandaí

2023

LARISSA ANANDA HANSEN

**TANGIBILIDADE DO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA
UNIDADES CONSUMIDORAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE:
UMA FERRAMENTA DE SENSIBILIZAÇÃO E
QUANTIFICAÇÃO**

Este trabalho foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da atividade de ensino “Trabalho de Conclusão de Curso”, do Departamento Interdisciplinar e aprovado em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora.

Orientador(a): Profa. Dra. Aline Cristiane Pan, UFRGS.

Doutora pela Universidade Politécnica de Madri – Espanha.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Juliana Klas, UFRGS.

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brasil.

Me. Eberson José Thimmig Silveira, Departamento de Energia da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura RS.

Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brasil.

Coordenadora COMGRAD-EGE: _____
Profa. Dra. Gabriela Pereira da Silva Maciel

TANGIBILIDADE DO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE: UMA FERRAMENTA DE SENSIBILIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO

Larissa Ananda Hansen¹ – larissa.hansen@ufrgs.br
Aline Cristiane Pan¹ – aline.pan@ufrgs.br

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento Interdisciplinar – Engenharia de Gestão de Energia.

Resumo. Nações em desenvolvimento aumentam a demanda por energia à medida que sua economia se desenvolve. No entanto, atender a demanda com recursos energéticos necessários para o crescimento econômico está cada vez mais difícil. Diante dessa necessidade, atrelada à diminuição de emissões de gases de efeito estufa, a eficiência energética torna-se um pilar fundamental. A gestão de energia já está inserida no contexto da maioria das instalações dos grandes consumidores de energia, visando o melhor gerenciamento da energia elétrica através de medidas de eficiência energética. Entretanto, consumidores de energia de pequeno e de médio porte na maioria das vezes não dispõem de conhecimento e/ou recursos financeiros para efetuar tais medidas, que demandam investimentos com retorno de médio a longo prazo e profissionais qualificados. Frente a esse cenário, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma ferramenta que apresente a viabilidade do diagnóstico energético para consumidores pessoa jurídica de pequeno e de médio porte de consumo de eletricidade. Além disso, este trabalho irá apresentar um panorama do uso de energia elétrica no Brasil, com o consumo atual e projeções futuras de demanda de eletricidade e medidas de eficiência energética que devem ser implementadas para alcançar os patamares de conservação de energia necessários para as próximas décadas. A ferramenta proposta está disponível em formato online para que consumidores de energia elétrica das classes comercial, industrial, poder público, serviço público e rural possam preencher informações de consumo, tipo de cargas presentes na instalação, o estado atual e de que forma são utilizadas diariamente. Após preencher todas as informações o usuário obtém a estimativa de economia na fatura de energia elétrica mensal e anual para cada tipo de uso energético presente na sua instalação.

Palavras-chave: Diagnóstico Energético, Eficiência Energética, Unidades Consumidoras de Pequeno e Médio Porte.

Abstract. Developing nations increase the demand for energy as their economy develops. However, meeting demand with energy resources necessary for economic growth is increasingly difficult. Faced with this need, linked to the reduction of greenhouse gas emissions, energy efficiency becomes a fundamental pillar. Energy management is already inserted in the context of most installations of large energy consumers, aiming at better management of electrical energy through energy efficiency measures. However, small and medium-sized energy consumers most often do not have the knowledge and/or financial resources to carry out such measures, which require investments with a medium to long-term return and qualified professionals. Faced with this scenario, this work aims to develop a tool that presents the feasibility of energy diagnosis for small and medium-sized corporate consumers of electricity consumption. In addition, this work will present an overview of the use of electricity in Brazil, with current consumption and future projections of electricity demand and energy efficiency measures that must be implemented to reach the levels of energy conservation necessary for the coming decades. The proposed tool is available in an online format so that electric energy consumers from the commercial, industrial, public power, public service and rural classes can fill in consumption information, type of loads present in the installation, the current state and how they are used daily. After filling in all the information, the user obtains the estimated savings in the monthly and annual electricity bill for each type of energy use present in his installation.

Keywords: Energy Diagnosis, Energy Efficiency, Small and Medium-sized Consumer Units.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o consumo de energia apresenta-se como um importante indicador para o desenvolvimento de um país. De modo geral, nações desenvolvidas aumentam a demanda por energia à medida que sua economia se desenvolve [1]. No entanto, atender a demanda com recursos energéticos necessários para o crescimento econômico está cada vez mais difícil [2]. Diante dessa necessidade, atrelada à diminuição de emissões de gases de efeito estufa, a eficiência energética tornou-se um pilar fundamental para se alcançar o sétimo objetivo dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

das Nações Unidas, que trata da Energia Limpa e Acessível [3]. Os ODS compõem uma agenda global que possui 17 objetivos e 169 metas, que visam à construção de um mundo mais justo, próspero, sustentável e igualitário, até 2030.

Para a Associação Brasileira de Conservação de Energia (Abesco), a definição de eficiência energética é “fazer mais com menos energia”. Em outras palavras, compreende a atividade que melhora o uso dos recursos energéticos de forma racional e eficiente, para obter um determinado resultado [4]. Diante dessa definição notou-se que era possível produzir a mesma quantidade e o mesmo produto com menos energia e, conseqüentemente, com menores impactos econômicos e ambientais. Dessa forma, percebeu-se que a execução de atividades de eficiência energética é, na maioria das vezes, mais vantajosa e viável, em termos econômicos, do que o custo de produção para atender a demanda de energia [5].

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), a eficiência energética é essencial para garantir a segurança energética, acessível e sustentável para as futuras gerações. Além disso, apresenta-se como o caminho menos oneroso para garantir a crescente demanda de energia das populações. A IEA também destaca que a eficiência energética é uma solução disponível para todos, afirmando que os governos podem criar iniciativas e desenvolver estratégias para diminuir o consumo de energia, garantindo a disponibilidade de recursos energéticos para o atendimento das demandas da sociedade [5].

Segundo o Conselho Americano para uma Economia Energeticamente Eficiente (*American Council for an Energy-Efficient Economy* - ACEEE), em um estudo realizado no ano de 2022, o Brasil ficou em 19º lugar entre os 25 países que mais consomem energia, onde foram avaliadas as políticas e o desempenho energético em quatro categorias: Esforço Nacional, Edificações, Indústria e Transportes. Este estudo comprova que, mesmo o Brasil sendo conhecido mundialmente como referência no fomento e na utilização de fontes renováveis de energia, no ramo de eficiência energética tem progredido pouco em termos de políticas públicas com resultados bem sucedidos, em comparação com países desenvolvidos e em desenvolvimento [6].

As iniciativas de conservação de energia têm evoluído de forma lenta no Brasil, na maioria das vezes, devido a dificuldades econômicas em se tornar atrativa a compra e/ou melhoria de equipamentos e processos produtivos. Na maior parte dos casos, os consumidores não estão dispostos a investir economicamente nas mudanças, mesmo sendo atrativas, a problemática reside na ausência de profissionais capacitados para apontar melhorias na otimização do consumo de energia e elucidar as informações contidas nos produtos e/ou processos e a vida útil dos equipamentos existentes [7].

É importante salientar que ações de eficiência energética não dependem somente de grandes investimentos, mas da aplicação de um conjunto de medidas de menor investimento, que se executadas de forma correta e bem administradas podem trazer economia significativa às empresas. Estudos de eficiência energética apontam que melhores níveis de consumo e de demanda podem ser atingidos com mudança de hábitos e tecnologias mais avançadas, e ainda, de acordo com a IAE, a eficiência energética tem o maior potencial para a diminuição das emissões de gás carbônico com menor custo, se comparado com outras intervenções [8].

Para tornar uma instalação energeticamente eficiente é necessária a realização de um diagnóstico energético, o qual consiste no levantamento de dados e informações sobre o uso de recursos energéticos no processo produtivo de uma empresa, com o intuito de avaliar a situação atual, pontos positivos e negativos, o que permitirá a definição objetiva de ações de melhoria a serem implementadas. Um diagnóstico energético nada mais é do que um prontuário de um empreendimento, em que é possível analisar e apontar as condições das instalações, o que resulta em uma base de dados em formato de planilhas e relatórios, para finalmente definir um plano de ação para corrigir os pontos ineficientes do processo produtivo [8].

Para aquelas empresas que já reconhecem a necessidade de tornar seus empreendimentos mais sustentáveis e tem interesse em investir em projetos de eficiência energética ainda existem dois empecilhos: a correta identificação dos investimentos para conservação de energia e a avaliação do risco para estes investimentos [9]. Quanto à correta identificação dos investimentos, as empresas geralmente não possuem acesso a ferramentas para a identificação correta dos projetos. Isso significa que os projetos apontam somente a simples troca de equipamentos, sem levar em consideração fatores como a relação produção-consumo, energia não associada à produção e indicadores de consumo que refletem os verdadeiros custos energéticos, o que significa que as empresas não atendem ao real sentido da eficiência energética [10]. Quanto à avaliação dos riscos, todo investimento está condicionado à disponibilidade de capital e seu retorno é, conseqüentemente, afetado pelo risco. No entanto, a falta de conhecimento na análise de investimentos em eficiência energética e a adoção de critérios não apropriados para levar em conta o risco têm levado investidores a rejeitar propostas de investimento que trariam benefícios para a conservação de energia de empreendimentos [11].

Segundo HÄRUS (2009), as barreiras que impedem os investimentos em eficiência energética se originam da falta de ferramentas adequadas de análise. Por esse motivo, destaca-se a necessidade da compreensão dos benefícios desses investimentos, para que não sejam rejeitados apesar de rentáveis [12]. Dessa forma, é fundamental a existência de ferramentas que permitam fazer um correto diagnóstico energético, para obtenção de valores confiáveis de economia de energia que podem ser alcançadas.

Pequenas e médias empresas apresentam mais dificuldades para implementar medidas de eficiência energética e reduzir os custos com recursos energéticos se comparadas às empresas de grande porte. Muitas dessas empresas carecem de recursos para investir em tecnologias com menor impacto ambiental, bem como equipes capacitadas para criar estratégias para promover alterações significativas na execução de suas atividades, a fim de evitar o desperdício de energia.

Nesse sentido, considerando o alto custo de energia no Brasil, aliado a baixos índices de desenvolvimento em eficiência energética, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma ferramenta que mostrará ao consumidor pessoa jurídica de pequeno e de médio porte a viabilidade de realizar um diagnóstico energético em sua instalação, através da

apresentação de uma estimativa de economia na fatura de energia elétrica com base nas informações que o consumidor irá preencher na ferramenta. Além disso, este trabalho irá apresentar uma revisão do uso de energia elétrica no Brasil, com o consumo atual e projeções futuras de demanda de eletricidade e eficiência energética.

2. PANORAMA DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Após uma longa pandemia do Coronavírus (COVID-19), o mundo inteiro se depara diante do desafio de retomar as atividades econômicas ao mesmo passo que estava até o início de 2020. Nesse panorama, um dos pilares fundamentais para se alcançar o patamar de crescimento anterior à pandemia está associado à expansão energética. Pelo fato de a energia elétrica ser um produto essencial para o crescimento do Brasil, é importante acompanhar o aumento de consumo, para assim estabelecer objetivos para aumentar a oferta de energia elétrica no país. De acordo com FINKLER *et al* (2016), “quanto maior o crescimento econômico de determinada região, maior será sua necessidade de demanda de energia elétrica” [13]. Logo, torna-se essencial a previsibilidade, transparência e racionalidade para delinear as perspectivas de investimentos do setor elétrico brasileiro para os próximos anos [14], tanto no quesito de construção de novas usinas, como também na criação de estratégias para combater o desperdício de energia através da eficiência energética.

2.1 Consumo de energia elétrica

A matriz energética representa todos os tipos de energia gerada em um país, desde os combustíveis para automóveis, até a eletricidade para atender residências, e dentro dessa matriz está a elétrica, que representa 18,72% de toda energia consumida no Brasil no ano de 2021, o equivalente a 1/5 de toda produção de energia do país. O Brasil possui uma matriz elétrica majoritariamente renovável, com destaque para a fonte hídrica que corresponde a 53,4% da oferta interna do país. As fontes renováveis representam 78,1% da oferta interna de eletricidade no Brasil, em que, além da fonte hídrica se destacam a biomassa, eólica e solar [15].

Dentre todas as classes consumidoras de energia elétrica no Brasil destacam-se a Industrial, Residencial e a Comercial, conforme mostra a Tab. 1. Juntas representam 83,8 % de toda eletricidade consumida no país no ano de 2021. Em relação à tensão de fornecimento de energia elétrica destacam-se as classes Residencial e Comercial na Baixa Tensão, representando respectivamente 30,1% e 8,1% do consumo de eletricidade, conforme mostra na Tab. 2. Já na Alta Tensão destacam-se as classes Industrial e Comercial, representando respectivamente 11,3% e 8,1% do consumo de eletricidade. Os percentuais apresentados na Tab. 2 derivam do consumo total apresentado na Tab. 1. Vale ressaltar que no grupo de Alta Tensão foram apresentadas somente as unidades consumidoras que pertencem ao grupo A4 de tensão de fornecimento, que são aquelas que possuem transformador próprio conectado a rede elétrica que vai de 2,3 kV até 25 kV.

Tabela 1 – Consumo por classe em 2021
(Adaptado de [16]).

Classe	Consumo (GWh)	Percentual
Residencial	149798	30,1%
Rural	32772	6,6%
Industrial	180366	36,3%
Comercial	86807	17,4%
Poder Público	13710	2,8%
Serviço Público	16668	3,4%
Iluminação Pública	14034	2,8%
Consumo Próprio	3348	0,7%
Total	497503	100,0%

Tabela 2 – Consumo por tensão de fornecimento em 2021
(Adaptado de [16]).

Entrada de energia	Grupo	Classe	Consumo (GWh)	Percentual	Total
Alta Tensão	A-4 - 2,3 a 25 kV	Rural	8311	1,7%	24,4%
		Industrial	56464	11,3%	
		Comercial	40517	8,1%	
		Poder Público	6730	1,4%	
		Serviço Público	8745	1,8%	
		Consumo Próprio	395	0,1%	
Baixa Tensão	B1	Residencial	149723	30,1%	47,7%
	B2	Rural	17763	3,6%	
	B3	Industrial	5422	1,1%	
		Comercial	40476	8,1%	
		Poder Público	5273	1,1%	
		Serviço Público	2395	0,5%	
	-	Iluminação Pública	14034	2,8%	
	-	Consumo Próprio	1907	0,4%	

2.1.1 Classificação dos usos energéticos

Em um estudo realizado pela Eletrobras em parceria com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) foram definidos sete tipos de uso final de energia, correspondendo às formas energéticas de efetiva utilidade para a economia e a sociedade. A seguir são listados todos os tipos de usos energéticos [17]:

- Força motriz: energia mecânica produzida em motores elétricos ou máquinas térmicas, utilizada em equipamentos como máquinas operatrizes, bombas centrífugas, compressores, ventiladores e veículos de transporte individual ou coletivo e de carga, entre outros;
- Aquecimento indireto (calor de processo): energia térmica usada mediante caldeira e aquecedores de água ou fluidos térmicos, para processos de aquecimento, cozimento, secagem, entre outros, sob temperaturas inferiores a 300 °C;
- Aquecimento direto: energia térmica usada em fornos elétricos, fornalhas e fornos em indústrias de processos, sistemas de aquecimento por indução e condução, geralmente em temperaturas elevadas;
- Produção de frio (refrigeração e climatização): energia térmica em temperaturas abaixo da temperatura ambiente, usada em refrigeradores, congeladores e equipamentos de climatização (ar condicionado), operando em ciclos de compressão ou de absorção;
- Iluminação: energia elétrica utilizada em iluminação de interiores e externa;
- Eletroquímica: energia química obtida a partir de energia elétrica em células eletrolíticas, processos de eletroforese, eletrodeposição e galvanoplastia;
- Outros usos: energia elétrica usada em computadores, telecomunicações, impressão e equipamentos eletrônicos de controle, bem como sistemas de som e imagem para informação e entretenimento.

Estes usos energéticos podem ser encontrados em praticamente todos os setores socioeconômicos, com maior diversidade especialmente no setor industrial, único setor que possui consumo de equipamentos classificados como eletroquímicos. Por mais que a eletricidade possa ser utilizada para atender a todos os usos finais, alguns deles são predominantes dessa forma final de energia: iluminação, eletroquímica e produção de frio. A força motriz estacionária é fornecida em grande parte por motores elétricos, enquanto aplicações móveis são predominantemente máquinas térmicas [17].

2.1.2 Balanço de Energia Útil

O Balanço de Energia Útil (BEU) é uma ferramenta que permite analisar o consumo final por setor e por fonte, mediante informações que estão disponíveis no Balanço Energético Nacional (BEN), em que são estruturadas em energia útil por setor, fonte e uso energético (força motriz, aquecimento indireto, aquecimento direto, produção de frio, iluminação, eletroquímica e outros). A partir das informações de rendimento atual e potencial, o BEU permite a estimativa do potencial de eficiência energética no período que se deseja saber, mesmo sem uma entrevista com todos os consumidores de energia do país.

O último BEU realizado no Brasil foi no ano de 2005, com informações do BEN ano base 2004. Com o intuito de atualizar o BEU a Eletrobras, em parceria com o PROCEL, utilizou dados do BEN 2020 (ano base 2019) para caracterizar melhor as perdas e apresentar potenciais de ganhos de desempenho e racionalização energética. Cabe destacar que o objetivo da atualização do BEU está voltado principalmente para os tópicos relacionados à eficiência energética [17].

Além de discriminar os fluxos de energia final entregues aos setores consumidores o BEU compreende: (a) a identificação dos coeficientes de destinação, correspondente à parcela de energia final entregue a cada setor de atividade que é destinada a cada uso final; (b) o estabelecimento de rendimentos da conversão das diversas formas de energia final nas formas de energia útil em cada setor, esses rendimentos devem representar as condições existentes no ano de referência do balanço ou corresponder a condições prospectivas [17].

Para a atualização do BEU foram considerados dois cenários: a situação atual é o “Cenário A” e a situação de referência (*benchmark*) é o “Cenário B”, o qual inclui a incorporação de medidas de eficiência energética. Para os cenários descritos se assumiu que a energia útil permanece a mesma e como as perdas reduzem de um cenário para outro, o efeito se traduz diretamente na redução de consumo final de cada setor [17]. A Tab. 3 apresenta os resultados do BEU atualizado referente ao consumo de energia elétrica, em que são apresentadas as energias finais, úteis e perdidas. A Tab. 4 apresenta os resultados do consumo de energia elétrica divididos por usos energéticos para cada setor.

Tabela 3 – Consumo de energia elétrica por setores em 2019
(Adaptado de [17]).

Setor	Cenário A (ktep ¹)				Cenário B (ktep ¹)			
	Final	Útil	Perdida		Final	Útil	Perdida	
Industrial	16845	13825	3020	17,9%	15879	13826	2053	12,9%
Residencial	12262	8061	4201	34,3%	11729	8062	3667	31,3%
Comercial	8147	3987	4160	51,1%	7609	3988	3621	47,6%
Público	3983	1876	2107	52,9%	3687	1876	1811	49,1%
Agropecuário	2677	2224	453	16,9%	2541	2222	319	12,6%
Transporte (ferroviário)	194	178	16	8,2%	188	178	10	5,3%

Nota: (1) tep = tonelada equivalente de petróleo.

Tabela 4 – Consumo de energia elétrica por usos energéticos em 2019
(Adaptado de [17]).

Uso energético	Setor											
	Industrial		Residencial		Comercial		Público		Agropecuário		Transporte (ferroviário)	
Força motriz	1201	71,3%	368	3,0%	118	14,6%	111	27,9%	227	85,1%	19	100,0
	6				9		0		9		4	%
Iluminação	322	1,9%	2943	24,0%	340	41,8%	198	49,7%	99	3,7%	0	0,0%
					8		0					
Produção de frio	1019	6,0%	3924	32,0%	271	33,3%	717	18,0%	268	10,0%	0	0,0%
					4							
Aquecimento indireto	59	0,4%	3188	26,0%	46	0,6%	10	0,3%	5	0,2%	0	0,0%
Aquecimento direto	1248	7,4%	981	8,0%	634	7,8%	86	2,2%	21	0,8%	0	0,0%
Eletroquímica	2171	12,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Outros	10	0,1%	858	7,0%	156	1,9%	80	2,0%	5	0,2%	0	0,0%
Total	1684	100,0	1226	100,0	814	100,0	398	100,0	267	100,0	19	100,0
	5	%	2	%	7	%	3	%	7	%	4	%

Nota-se que, em comparação com as informações da Tab.1, os maiores consumidores de energia elétrica continuam sendo os setores Industrial, Residencial e Comercial. Vale destacar que as maiores perdas de energia estão nos setores Público, Comercial e Residencial. Ambas as constatações ocorrem na mesma proporção nos dois cenários, porém no Cenário B em valores menores, devido à adição de novas tecnologias nos rendimentos potenciais.

2.2 Projeções de demanda de eletricidade e eficiência energética

As crises energéticas na maioria das vezes são reflexo da ausência ou incapacidade de executar o planejamento do uso dos recursos energéticos em longo prazo, gerando dificuldades severas de abastecimento de energia junto às populações [18]. Para tanto, é necessário que o poder público identifique o comportamento dos consumidores para criar estratégias que promovam o uso racional de energia nos diferentes setores e, assim, otimizar o uso dos recursos energéticos pela sociedade [19].

Ao longo dos últimos anos o governo brasileiro vem construindo uma estrutura de ações e programas voltados à eficiência energética, além de alguns instrumentos legais e regulatórios. Também procurou inserir a pauta eficiência energética no planejamento do setor energético por meio dos planos decenais, tais como: Plano Decenal de Expansão de

Energia 2031 (PDE 2031) e os Planos Nacionais de Energia (PNE 2030 e PNE 2050). Ao fazer essa inclusão, o governo brasileiro passa a estabelecer metas de economia em longo prazo e, pressupõe-se, que ações deverão ser desenvolvidas para que sejam alcançadas.

2.2.1 Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2031)

O PDE possibilita uma visão da expansão da oferta e da demanda para os recursos energéticos por um período de 10 anos. Os PDEs são apresentados em forma de relatórios, os quais são disponibilizados e atualizados anualmente pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o que permite que as inovações tecnológicas, o cenário econômico e outros fatores importantes para o aumento da demanda de energia sejam contemplados nos estudos. Apesar de apresentar indicadores estimados, esse plano é fundamental para criação de estratégias para os próximos anos, pois permite extrair importantes elementos para o planejamento do setor de energia, com benefícios em termos de confiabilidade e otimização dos custos de produção e dos impactos ambientais [14].

No capítulo de Eficiência Energética e Recursos Energéticos Distribuídos (RED), são apresentados os resultados de energia conservada. Tal indicador é obtido pela diferença entre o consumo caso fossem mantidos os padrões tecnológicos observados no ano base e a projeção do consumo final de energia, levando em consideração os ganhos de eficiência energética por um período de 10 anos.

De acordo com os estudos do PDE 2031, estima-se que a contribuição de eficiência energética possa chegar a 4% do consumo total de energia elétrica, esse percentual corresponde a cerca de 32 TWh em 2031 (Tab. 5). Para fins de comparação, o valor estimado de eficiência elétrica para 2031 corresponde ao consumo anual de eletricidade do estado do Rio Grande do Sul no ano de 2021. A energia solar térmica, através da utilização de sistemas de aquecimento solar, está incluída nas perspectivas de conservação de eletricidade pelo fato de substituir chuveiros elétricos, principalmente na classe residencial [14].

Tabela 5 – Perspectivas de consumo e conservação de eletricidade no Brasil (Adaptado de [14]).

Energia elétrica (GWh)	2021	2026	2031
Consumo potencial de eletricidade ¹	562.758	683.638	826.153
Energia solar térmica	147	981	1.960
Eficiência elétrica	0	13.462	32.336
Consumo com conservação	562.611	669.195	791.857

Nota: (1) Foi incluída a parcela de energia solar térmica.

No que diz respeito aos ganhos de eficiência no consumo de eletricidade destaca-se o setor de edificações, representando 62% dos ganhos de eficiência elétrica, sendo 42% do setor de serviços e 20% do setor residencial, conforme ilustra a Fig. 1.

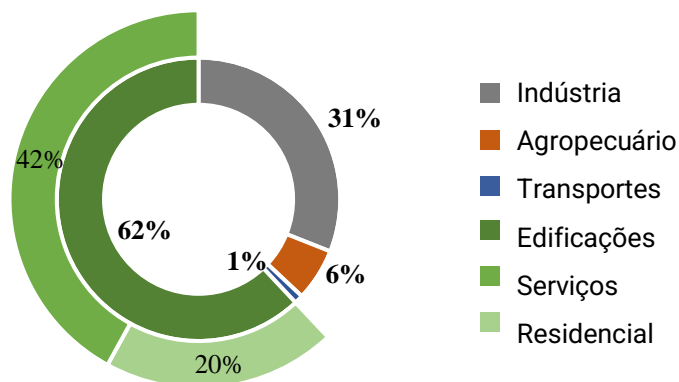


Figura 1 – Contribuição setorial nos ganhos de eficiência elétrica em 2031 (Fonte: PDE 2031 [14]).

O setor de serviços considera as edificações comerciais e públicas, além dos serviços públicos de iluminação pública, água, esgoto e saneamento. A representatividade desse setor é cerca de 25% de toda eletricidade demandada no Brasil, tendo significativa relevância na matriz de consumo elétrica. Isso ocorre devido à grande participação de eletricidade nesse setor, que representa 92% de todo o consumo energético, tendo boa parte do seu consumo através de iluminação, refrigeração e força motriz. Para o setor industrial, que tem estimativa de 31% de economia, a contribuição da eficiência energética compreende a união de mecanismos de políticas existentes, ações autônomas das próprias indústrias, através da troca de equipamentos antigos por tecnologias atuais e eficientes energeticamente, além de ações de gestão de uso de energia [14].

Também cabe destacar a distribuição do consumo final de energia para este setor na Fig. 2. Considerando as informações contidas na Tab. 4, tudo leva a crer que para o ano de 2031 a maior parcela de eficiência elétrica irá ocorrer em medidas aplicadas aos usos energéticos Iluminação e Produção de frio.

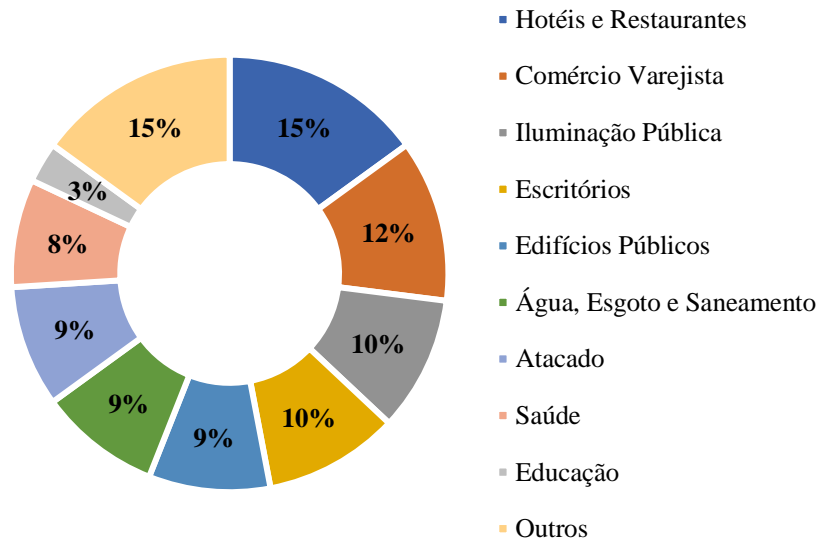


Figura 2 – Distribuição do consumo final de energia no setor de serviços em 2031 (Fonte: PDE 2031 [14]).

2.2.2 Plano Nacional de Energia (PNE 2030)

No ano de 2007 foi publicado o primeiro estudo elaborado pelo governo brasileiro com o intuito de traçar o planejamento energético do país em longo prazo. O objetivo do PNE 2030 é apresentar o potencial do país para ampliação da oferta de energia de maneira sustentável, somado a estratégias para aplicação de medidas de eficiência energética, além de fornecer insumos para elaboração de políticas energéticas [20].

O PNE 2030 foi elaborado a partir de um conjunto de estudos que buscam fornecer informações e análises para formulação de políticas energéticas de acordo com a perspectiva integrada dos recursos disponíveis. Dentre o conjunto de estudos desse plano está o volume cujo tema é Eficiência Energética. Nele é apresentada uma série de ações com estratégias para a conservação de energia para os setores agropecuário, comercial, industrial, público e residencial [20].

Em um estudo que deseja apresentar um potencial de conservação de energia, costuma-se analisar três cenários para introduzir medidas de eficiência energética: técnico, econômico e mercado. O cenário técnico leva em conta a substituição de máquinas/processos antigos e/ou ineficientes pela tecnologia mais eficiente disponível, sem considerar os custos ou qualquer outro impedimento de absorção da tecnologia. O cenário econômico considera o subconjunto do cenário técnico cujas medidas têm viabilidade econômica de implementação. O cenário mercado engloba medidas cuja adoção traga redução de custos ao usuário, analisadas a partir da taxa de desconto praticada e da tarifa de eletricidade a que está submetido. É importante ressaltar que os três cenários evoluem continuamente ao longo do tempo, visto que novas tecnologias ampliam o cenário técnico, enquanto a sua evolução e a contínua penetração de novas tecnologias diminuem o seu custo, ampliando os cenários econômico e de mercado [20].

O potencial de redução de consumo de energia é um valor que pode ser economizado através do emprego de medidas de eficiência energética, normalmente apresentado em termos percentuais do seu consumo original. As medidas existentes para reduzir o consumo de energia elétrica são inúmeras, desde aquelas com muito potencial técnico que ainda são caras perante o mercado, até as que são viáveis nos três cenários discutidos. Na Tab. 6 são apresentadas medidas para os três principais usos energéticos de consumo de eletricidade e sua economia estimada, a qual considera o cenário de mercado, sendo facilmente alcançada caso a empresa ou organização se encaixa na descrição da medida [20].

Estimar o alcance de medidas de eficiência energética no Brasil não é simples, devido à falta de dados, tanto no uso da energia quanto nos custos e possível penetração de cada medida. Grande parte dos dados estimados apresentados na Tab. 6 baseia-se em referências internacionais e estudos já publicados, sendo necessária revisão e atualização dessas informações com o passar dos anos [20].

Tabela 6 – Potencial de eficiência energética no uso de energia elétrica (Adaptado de [20]).

Uso energético	Equipamento	Medidas para reduzir o consumo	Descrição	Economia
Força motriz	Motores elétricos em geral	Redução e/ou controle de velocidade	Uso de acionadores de velocidade ajustável (AVAs) (inversor de frequência e/ou soft starter) em motores acima de 10 CV com no mínimo 2000 h/ano de funcionamento anual	20%
	Bombas	Redução e/ou controle de velocidade	Reduzir a velocidade para cargas constantes Trocar válvula de controle por controladores de velocidade	10%
	Ventiladores	Tornar o sistema mais eficiente Redução e/ou controle de velocidade	Reduzir os efeitos de sistema através de melhores projetos de entrada e saída de ar Trocar <i>dampers</i> ou palhetas por AVAs	20%
	Compressor de ar	Programa de manutenção preventiva	Reduzir vazamentos por um programa contínuo de manutenção de reguladores, engates-rápidos, tubulações, flexíveis e outros pontos de conexão	20%
Produção de frio	Refrigeração (Câmara fria, refrigeradores e congeladores)	Tornar o sistema mais eficiente	Reduzir a ocorrência de refrigerados à temperatura menor que a exigida, espaços refrigerados com baixo aproveitamento, vedações insuficientes e equipamentos próximos a fontes de calor Operar adequadamente, ajustando variáveis às condições de momento e manter programas de manutenção, com limpeza de filtros e serpentinas, recomposição da isolamento, recuperação de vazamentos e umidade refrigerante	20%
		Programa de manutenção preventiva		
Iluminação	Lâmpadas e Luminárias	Tornar o sistema mais eficiente	Evitar que o ambiente climatizado sofra com a incidência de raios solares ou isolamento deficiente, adequar as vedações de portas e cortinas	20%
		Programa de manutenção preventiva	Operar adequadamente, realizar limpeza dos filtros e serpentinas para evitar obstrução dos filtros, turbinas e serpentinas e garantir um ambiente livre de ácaros e bactérias	
		Iluminação natural	Aproveitar a iluminação natural no processo de efficientização da iluminação	30%
		Controle de acendimento	Dividir o circuito de iluminação em mais disjuntores ou aumentar o número de interruptores na instalação	
	Uso de lâmpadas, reatores e luminárias eficientes	Realizar um <i>retrofit</i> na instalação, substituindo a tecnologia antiga por equipamentos mais eficientes		
	Uso de sensores	Utilizar sensores de presença em ambientes pouco utilizados e sensores de luminosidade em locais que são providos de luz solar em determinados horários do dia		

2.2.3 Plano Nacional de Energia (PNE 2050)

Da mesma forma que o PNE 2030, a segunda edição com perspectivas para o ano de 2050 busca atualizar as perspectivas futuras com base nas informações atuais do setor energético, visto que o primeiro plano foi elaborado em 2005-2006, enquanto o plano para 2050 foi elaborado em 2020-2021. O PNE é essencial para a criação de estratégias para o planejamento energética brasileiro e no amparo ao mercado e ao governo em relação às medidas que devem ser tomadas em médio e longo prazo, e assim, definir as demandas energéticas do país. A inserção da eficiência energética e de novas tecnologias no planejamento energético influenciam diretamente os estudos de projeção. Nessa condição, é possível considerar nos cenários de médio e longo prazo, a diminuição das emissões causadoras do efeito estufa, a diminuição da oferta interna de energia e a redução das perdas nos processos de transmissão de energia do país [21].

O foco do relatório do PNE 2050 está voltado para o cenário “Desafio de Expansão”, o qual reflete requisitos de expansão do setor de energia que busca atender a um crescimento da demanda de energia mais expressivo. Segundo estudos do PNE, estima-se que os ganhos de eficiência elétrica contribuam para reduzir a necessidade de 321 TWh de consumo de eletricidade (cerca de 17% do consumo total) em 2050. Para alcançar tais valores estimados para 2050, a promoção de estratégias voltadas à eficiência energética exigirá o contínuo processo de melhoria dos mecanismos vigentes no país, a atenção à governança do setor energético, a coordenação entre várias políticas setoriais nas diversas esferas institucionais, o engajamento dos consumidores finais e a existência de um ambiente regulatório e financeiro para seu efetivo funcionamento. Portanto, são necessários diversos agentes, públicos e privados, para promover um ambiente de aproveitamento acelerado dos ganhos de eficiência energética em todos os setores da economia [21].

É notório que oportunidades de aproveitamento dos potenciais de eficiência energética existem para todos os setores da economia, e tal ponto de vista é demonstrado em estudos de longo prazo, os quais indicam forte contribuição da indústria, transportes e edificações em termos de volume total de ganhos de eficiência energética. Para usufruir destas oportunidades é necessário à elaboração de planos de ação que contemplem as diversas facetas pertinentes à aceleração do uso deste recurso, passando tanto pelo fortalecimento de mecanismos existentes bem-sucedidos, quanto pela promoção de novos mecanismos de política pública no Brasil na área de conservação de energia. Algumas ações e medidas que podem contribuir com o potencial de eficiência energética [21]:

- Nas edificações, através da definição de índices mínimos de eficiência energética, englobando equipamentos, envoltórias e índices de desempenho operacional;
- Na indústria, através de penetração de equipamentos e processos mais eficientes, além de sistemas de gestão de energia;
- Em transportes de carga e passageiros, através de incentivo a sistemas de tração mais eficientes, redução de demanda por mobilidade e transformação da estrutura modal de transportes;
- Na promoção de instrumentos transversais, como leilões de eficiência energética e revisão de estrutura de remuneração de ativos de distribuição de eletricidade que incentivem a promoção de projetos voltados a conservação de energia.

Também vale destacar o potencial de automatização do setor energético, através do uso massivo de sensores em pontos específicos de instalações residenciais, comerciais e industriais, disponibilizando grande quantidade de dados e informações relevantes sobre o uso de energia nas diferentes classes consumidoras. O processamento dessas informações, permitirá extrair insumos para melhor gerenciamento do consumo, informando a possibilidade de melhoria para cada tipo de empreendimento [21].

2.2.4 Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf)

Publicado em 2011, o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) aponta propostas de ações para solucionar problemas relacionados a utilização de recursos energéticos. Este plano busca pela conservação de energia nos setores industrial, transportes, edificações, iluminação pública, saneamento, educação, entre outros, e tem como objetivo apresentar um conjunto de medidas para a promoção da eficiência energética e conscientização da população para o consumo consciente [22].

O PNEf evidencia a necessidade de inserir o tema eficiência energética na educação, nos diferentes níveis de ensino, visto que grande parte dos resultados em longo prazo dependem de mudanças substanciais na consciência dos indivíduos que utilizam os recursos energéticos. São apresentados planos para promoção de ações integradas em escolas e comunidades sobre o combate ao desperdício de energia, com o intuito que o conhecimento seja compartilhado com o restante da população. Também é destacada a necessidade de difundir os conhecimentos sobre conservação de energia na formação profissional de arquitetos e engenheiros, e da mesma forma, consolidar os laboratórios de certificação e centros de pesquisa em eficiência energética no Brasil [22].

2.3 Diagnóstico energético

Para definição das medidas a serem tomadas a fim de melhorar a eficiência energética de uma instalação e atingir a redução de gastos com recursos energéticos é necessária à realização de um diagnóstico energético, que consiste em um levantamento de dados e informações sobre a situação do consumo de energia de um empreendimento e, a partir disso, estudar e propor medidas para evitar desperdícios e gastos indesejados [8]. O diagnóstico energético nada mais é do que uma ferramenta utilizada para levantar e estimar como e em que proporções às diversas formas de energia estão sendo utilizadas em uma edificação, em seus sistemas (iluminação, ar condicionado, motores elétricos, entre outros), ou em aplicações industriais, em seus processos (vapor, bombeamento, ar comprimido, entre outros). A partir desse levantamento, são realizados estudos que possibilitam avaliar perdas e seus custos decorrentes, para então indicar medidas corretivas, avaliar investimentos, calcular o *payback* (retorno do investimento), a fim de orientar os gestores do empreendimento na tomada de decisões [23].

Os relatórios obtidos a partir do diagnóstico energético não devem conter apenas soluções de caráter técnico, como a troca de equipamentos antigos e ineficientes por tecnologias modernas e eficientes, no sentido da redução do consumo, mas também devem apresentar medidas comportamentais e administrativas, através da mudança de comportamento dos usuários das instalações e da análise de contratação de energia elétrica, a fim de evitar multas e/ou superdimensionamento de demanda contratada [8, 23].

De acordo com a ABNT NBR ISO 50.002:2014, intitulada Diagnósticos energéticos – Requisitos com orientação para uso, um diagnóstico energético é planejado e conduzido como parte da identificação de priorização de oportunidades de melhoria no desempenho energético, na redução do desperdício e na obtenção de benefícios ambientais relacionados ao consumo de energia. Esta norma especifica os requisitos de processo para a realização de um diagnóstico energético em relação ao desempenho energético, sendo aplicável a todos os tipos de estabelecimentos e organizações, e todas as formas de energia e tipos de uso [24]. O processo de diagnóstico energético consiste nas seguintes etapas, conforme ilustra a Fig. 3:

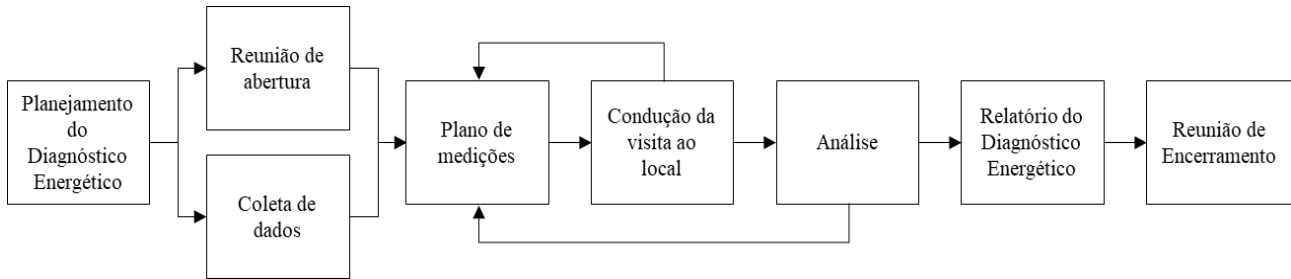


Figura 3 - Fluxograma do processo de diagnóstico energético (Fonte: ABNT NBR ISO 50.002:2014 [24]).

Dentre todas as etapas do processo de um diagnóstico energético executado de acordo com a ABNT NBR ISO 50.002:2014 cabe ressaltar a etapa Coleta de dados. O consultor de energia deve coletar, conferir e registrar as seguintes informações [24]:

- Uma lista de sistemas, processos e equipamentos que consomem energia;
- Características detalhadas dos usos de energia, incluindo variáveis relevantes e como a organização acredita que estas influenciam no desempenho energético;
- Dados de desempenho energético passados e atuais, que incluem: consumo de energia, variáveis relevantes, medições relevantes relacionadas e histórico operacional e eventos passados que poderiam ter afetado o consumo de energia no período em que os dados foram coletados;
- Equipamento de monitoramento, informações de configuração e análise;
- Planos futuros que podem afetar o desempenho energético;
- Documentos de projeto, operação e manutenção;
- Diagnósticos energéticos ou estudos anteriores relacionados ao desempenho energético;
- Tabela de preços de energia atual ou um preço de referência para ser usado na análise financeira;
- Outros dados econômicos relevantes;
- Conhecimento de como a organização gerencia seu uso e consumo de energia;
- O sistema de distribuição de energia e sua gestão.

Um diagnóstico energético bem executado permite minimizar os riscos tecnológicos, de medição, operação e verificação ao permitir fazer a caracterização energética que vai mostrar as reais oportunidades de economia de energia com os recursos disponíveis, o que demonstra que uma correta análise de engenharia vai proporcionar dados confiáveis para a análise de viabilidade econômica, visto que uma estimativa incorreta da economia pode subestimar ou sobrestimar uma medida de eficiência energética [9].

3. METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho foi dividida em três etapas: coleta de dados, estruturação das informações advindas dos dados coletados e desenvolvimento da ferramenta. A coleta de dados foi realizada por meio de revisão bibliográfica, através de documentos publicados pela EPE e Eletrobras, que tem como tema central o consumo atual e a demanda futura de energia elétrica, perspectivas de eficiência energética e medidas a serem praticadas para alcançar as estimativas propostas para os próximos anos, além da definição e importância do diagnóstico energético. A estruturação das informações foi desenvolvida a partir dos principais usos de energia a fim de demonstrar a importância da realização do diagnóstico energético para consumidores de pequeno e de médio porte de consumo de energia elétrica. Para tanto, foram apresentadas informações de consumo de energia elétrica no Brasil, assim como ações de eficiência energética para mitigar os desperdícios existentes nos empreendimentos que se pretendem analisar com a ferramenta proposta. A ferramenta foi desenvolvida com base nas oportunidades apontadas na estruturação das informações, tanto na parte de identificação de setores da economia que mais consomem e desperdiçam energia elétrica, como também no quesito de estimativas de economia de acordo com as soluções propostas para cada problema.

A ferramenta foi criada pela autora através do software Excel da Microsoft®, onde foram utilizadas planilhas eletrônicas para desenvolver os cálculos para estimar a economia de energia elétrica, mediante informações apresentadas no referencial teórico deste trabalho. Após a simulação e validação dos resultados obtidos através do croqui desenvolvido no Excel, a ferramenta foi criada em uma versão beta para ser disponibilizada em formato *online* de forma acessível,

intuitiva e de fácil entendimento de todos os usuários. A versão *online* foi desenvolvida por um profissional desenvolvedor de software, podendo ser utilizado tanto em notebooks e desktops, como também em *smartphones*.

A versão beta atende os consumidores de energia elétrica classificados como: comercial, industrial, rural, poder público e serviço público, sendo esses consumidores de Baixa ou Alta Tensão de fornecimento de energia elétrica, conforme apresentado na Tab. 2. A ferramenta está dividida em estágios, os quais seguem:

1. Classificação tarifária: seleção da classe consumidora e do grupo consumidor;
2. Consumo de energia elétrica: preenchimento do histórico de consumo dos últimos 12 meses em kWh e do valor pago em R\$ no último mês;
3. Usos energéticos: seleção dos tipos de equipamentos presentes no empreendimento, classificados em força motriz, produção de frio, iluminação e outros, conforme descrito no item 2.1.1 deste trabalho;
4. Classificação dos usos energéticos: preenchimento da divisão de consumo estimada para cada tipo de equipamento presente no empreendimento. Devido a complexidade de estimar o percentual de consumo de cada equipamento, a ferramenta sugere uma classificação de acordo com a média de consumo por setor, conforme mostrado na Tab. 4;
5. Questionário: no questionário aparecem perguntas apenas para os equipamentos selecionados no estágio 3. Cada pergunta é feita de acordo com as medidas de eficiência energética apresentadas na Tab. 6;
6. Resultados: apresentação das economias estimadas mensal e anual. A economia mensal é apresentada em percentual, valor monetário em R\$ e kWh evitado, valores estes divididos por uso energético (força motriz, produção de frio e iluminação). A economia anual apresenta a redução de custos total em R\$ e a redução de consumo total em kWh evitado.

Os estágios 1 e 2 devem ser respondidos com as informações presentes na fatura da concessionária de energia elétrica. Os estágios 3, 4 e 5 devem ser respondidos com informações do cenário atual, em relação ao tipo, quantidade e consumo de todos os equipamentos presentes no empreendimento ou organização. Os resultados são apresentados em formato de tabela na tela da ferramenta e também possui a opção de emitir um relatório com todas as respostas e o resultado final.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Composição do objeto de estudo

Com o intuito de evidenciar a proporção dos consumidores de pequeno e de médio porte, perante todos os consumidores de energia elétrica do país, foi criada a Tab. 7, a partir das informações contidas nas Tab. 1 e 2. Nesta tabela é apresentado o consumo de energia elétrica para as classes compostas somente por pessoa jurídica, não sendo considerada a classe rural de pequeno porte, pelo fato da grande maioria ser pessoa física. Nota-se que, somados os empreendimentos de pequeno e de médio porte ultrapassam 1/3 de toda energia elétrica consumida no país no ano de 2021. Os maiores consumidores são as classes industrial e comercial, representando juntas 28,6% do consumo de energia elétrica, sendo estas as classes com maior perspectiva de conservação de eletricidade para a próxima década, conforme apresentado no item 2.2.1.

Tabela 7 – Consumo de energia elétrica por porte e classe em 2021
(Elaborado pela autora).

Porte	Grupo	Classe	Consumo de Energia Elétrica (GWh)	Percentual	Total
Pequeno	B3	Industrial	5422	1,1%	10,8%
		Comercial	40476	8,1%	
		Poder Público	5273	1,1%	
		Serviço Público	2395	0,5%	
Médio	A4	Industrial	56464	11,3%	24,3%
		Comercial	40517	8,1%	
		Rural	8311	1,7%	
		Poder Público	6730	1,4%	
		Serviço Público	8745	1,8%	
Total					35,0%

Da mesma forma que a Tab. 7, a Tab. 8 foi criada para dar destaque aos principais usos energéticos. Derivada das Tab. 3 e 4, esta tabela procura salientar as proporções dos usos energéticos mais significativos no consumo de energia elétrica no país. A força motriz, a iluminação e a produção de frio são os maiores consumidores de eletricidade e também possuem as maiores estimativas de economia caso medidas de eficiência energética sejam implementadas. De todo consumo de eletricidade, a força motriz representou 39%, enquanto a iluminação e a produção de frio representaram 20% cada uma, totalizando juntas cerca de 80% do consumo total no ano de 2019. Os percentuais totais apresentados na

horizontal se referem à eletricidade consumida pelos três principais usos energéticos para cada setor socioeconômico, já os percentuais totais apresentados na vertical se referem à eletricidade consumida por uso energético pelos quatro setores principais. O percentual destacado em cinza significa a abrangência do consumo de eletricidade levando em conta os principais usos energéticos (força motriz, iluminação e produção de frio) e setores socioeconômicos (industrial, comercial, público e agropecuário).

Tabela 8 – Consumo de energia elétrica por uso energético e setor em 2019
(Elaborado pela autora).

Uso energético	Consumo de Energia Elétrica por Setor (ktep)				Total
	Industrial	Comercial	Público	Agropecuário	
Força motriz	12016	1189	1110	2279	96,7%
Iluminação	322	3408	1980	99	66,4%
Produção de frio	1019	2714	717	268	54,6%
Total	79,3%	89,7%	95,6%	98,8%	61,5%

Efetuada a multiplicação dos percentuais totais das Tab. 7 e 8, 35,0% e 61,5%, respectivamente, chega-se ao resultado de 21,5%. Este valor significa toda eletricidade consumida pelos empreendimentos de pequeno e de médio porte pessoa jurídica, considerando somente os usos energéticos força motriz, iluminação e climatização. Considerando as informações dispostas nas Tab. 7 e 8, as perspectivas de conservação de eletricidade apresentadas na Tab. 5 e levando em conta as devidas proporções no horizonte de 10 anos (2021-2031), estima-se que os usos energéticos força motriz, iluminação e produção de frio dentro dos setores industrial, comercial, público e agropecuário de pequeno e médio porte de consumo sejam responsáveis por 5,5 TWh da conservação de eletricidade para o ano de 2031, o que representa 17% da economia total estimada.

4.2 Resultados da ferramenta proposta

Para demonstrar o desempenho da ferramenta foi realizada uma simulação de uma instalação fictícia. O empreendimento escolhido foi uma das filiais de uma rede de supermercados que está procurando por formas de minimizar os gastos e aumentar a competitividade perante as demais filiais da rede. Com o intuito de encontrar meios para diminuir os gastos com energia elétrica o gerente da filial procurou por uma profissional da área de gestão de energia para identificar possíveis desperdícios no consumo de energia elétrica.

A direção da rede de supermercados não está sensibilizada em relação aos ganhos de eficiência energética e não aprova serviços sem valores previstos de economia financeira. Pelo fato da profissional da área de gestão de energia não poder acessar as dependências da filial, para realizar o levantamento das condições da instalação elétrica, máquinas/equipamentos e do consumo mensal de energia elétrica, foi disponibilizada ao gerente a ferramenta Viabilidade do Diagnóstico Energético para que ele mesmo possa coletar todas as informações e preencher no aplicativo.

Com a ferramenta em mãos, o gerente visualiza a tela inicial ilustrada na Fig. 4, onde estão disponíveis três botões de acesso. O primeiro botão apresenta uma breve descrição do que é um diagnóstico energético e o que a ferramenta é capaz de calcular. O segundo botão esclarece quais os meios para obter as informações para preencher na ferramenta. O terceiro botão é a calculadora, onde são feitas perguntas a fim de definir quais serão as estimativas de economia caso um diagnóstico energético seja feito na instalação, o qual irá propor medidas de eficiência energética para diminuição do consumo de energia elétrica.

Ao acessar o botão “Calculadora” o gerente se depara com a tela ilustrada na Fig. 5, onde ele deve definir a classe e o grupo consumidor, que neste exemplo serão “Comercial” e “Grupo B3 (Baixa Tensão)”, respectivamente. O próximo passo é o Consumo de energia elétrica, onde devem ser preenchidos os valores consumidos nos últimos 12 meses e o valor pago no último mês de consumo, os quais estão dispostos na Fig. 6. Vale ressaltar que a classificação tarifária e o consumo de energia elétrica são encontrados na fatura da concessionária de energia elétrica.

As Fig. 7 e 8 apresentam os equipamentos presentes no supermercado, bem como a classificação dos mesmos em relação à proporção do consumo de energia elétrica da instalação. Na Fig. 8 é apresentada uma tabela com uma classificação sugerida de consumo de cada setor socioeconômico, estes valores percentuais derivam da Tab. 4 e servem para auxiliar o gerente na estimativa de consumo de cada tipo de equipamento, visto que, para ter informações mais precisas é necessário que um profissional da área de gestão de energia analise a instalação e faça medições de consumo de energia in loco. Vale destacar, que os percentuais sugeridos resultam da média brasileira de consumo de energia elétrica por setor e por tipo de uso energético.



Figura 4 – Tela inicial da ferramenta (Elaborado pela autora).

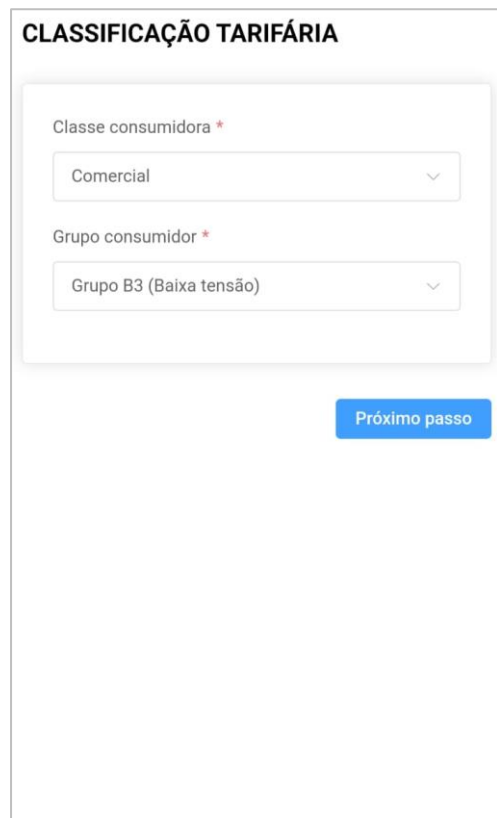


Figura 5 – Estágio 1: Classificação tarifária (Elaborado pela autora).

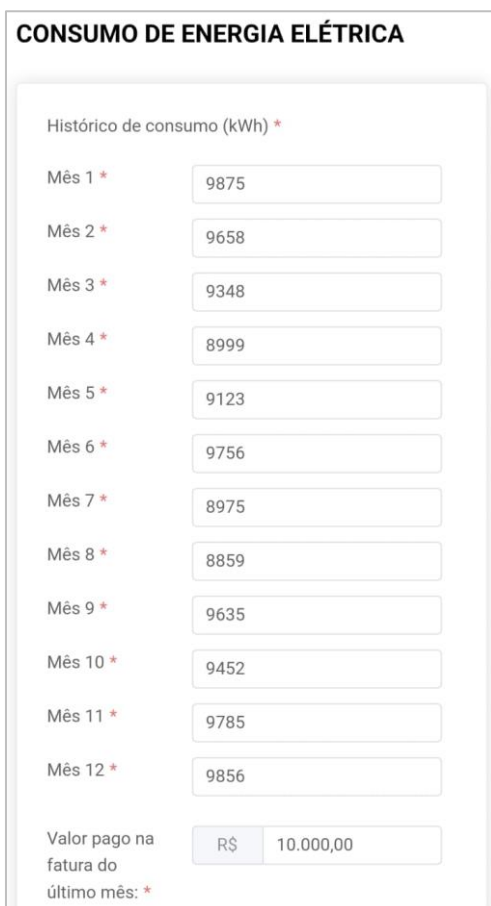


Figura 6 – Estágio 2: Consumo de energia elétrica (Elaborado pela autora).

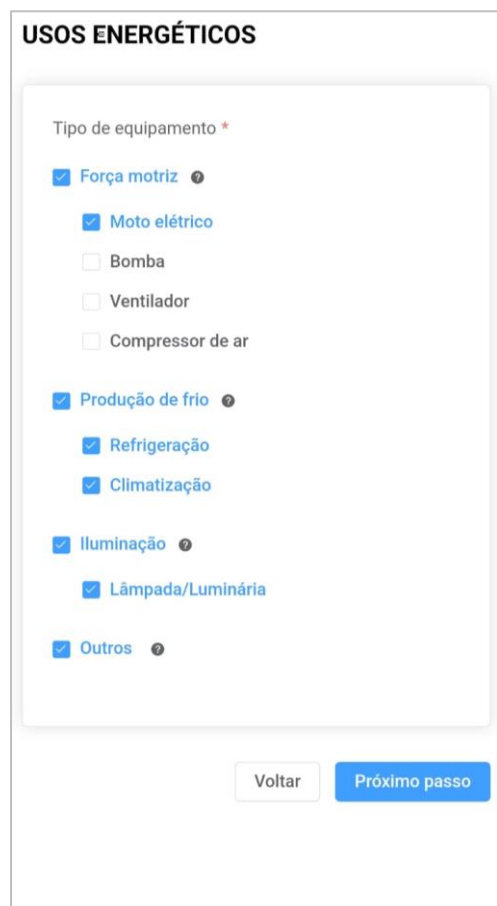


Figura 7 – Estágio 3: Usos energéticos (Elaborado pela autora).

CLASSIFICAÇÃO DOS USOS ENERGÉTICOS

Classificação sugerida, caso não saiba estimar a divisão dos usos energéticos da instalação

Usos energéticos	Setor			
	Industrial	Comercial	Público	Agropecuário
Força motriz	70%	14%	28%	28%
Produção de frio	7%	34%	18%	18%
Iluminação	3%	42%	50%	50%
Outros	20%	10%	4%	4%

Escolha de que forma serão classificados os usos energéticos *

Aderir a divisão sugerida (com todos os usos energéticos inclusos)

Preencher manualmente a classificação dos usos energéticos

Força motriz * %

Produção de frio * %

Iluminação * %

Outros * %

Soma %

Os equipamentos específicos de cada uso energético devem ser preenchidos manualmente

Motor elétrico * %

Soma %

Refrigeração * %

Climatização * %

Soma %

Figura 8 – Estágio 4: Classificação dos usos energéticos (Elaborado pela autora).

Conforme ilustrado na Fig. 8, o gerente optou por aderir à sugestão dada pela ferramenta. Pelo fato de haver somente “Motor elétrico” em força motriz o gerente teve que preencher 100%, visto que existe somente um equipamento marcado neste uso energético. Já no caso da produção de frio o gerente informou que 50% do consumo deste uso energético é refrigeração (refrigeradores, congeladores e câmara fria) e 50% é climatização (condicionador de ar).

Após preencher os estágios de 1 a 4 chega-se ao questionário da ferramenta. Para responder aos questionamentos quanto à quantidade e as condições das máquinas/equipamentos é necessário conhecer minimamente as cargas presentes na instalação. As Fig. de 9 a 13 compõem todas as respostas que o gerente respondeu para obter o resultado final.

Motor elétrico

O regime de trabalho é superior a 2000 h/ano? * ⓘ

Sim Não

Existem motores acima de 10 CV? Se sim, indique o percentual destes perante todos os motores da instalação. *

Sim Não

A partida dos motores é mecânica ou eletrônica? Caso possua ambas indique o % das mesmas. *

mecânica ⓘ

eletrônica ⓘ

Figura 9 – Estágio 5: Perguntas Motor elétrico (Elaborado pela autora).

Refrigeração (Câmara fria)

A instalação possui câmara fria? *

Sim Não

O regime de trabalho é superior a 2000 h/ano? * ⓘ

Sim Não

Existem motores acima de 10 CV? Se sim, indique o percentual destes perante todos os motores de câmara fria da instalação *

Sim Não

A partida dos motores é mecânica ou eletrônica? Caso possua ambas indique o % das mesmas. *

mecânica ⓘ

eletrônica ⓘ

Figura 10 – Estágio 5: Perguntas Refrigeração (Câmara fria) (Elaborado pela autora).

Refrigeração (Refrigeradores e congeladores)

Os equipamentos são antigos (fabricados a mais de 10 anos)? Se sim, indique o percentual destes perante todos os equipamentos de refrigeração da instalação. *

Sim Não

Os equipamentos possuem Selo PROCEL? Se sim, qual a eficiência? *

Sim Não

Os equipamentos são totalmente ocupados? Caso não, qual a ocupação? *

Sim Não

As vedações dos equipamentos estão em bom estado? Se não, indique o percentual destes perante todos os equipamentos de refrigeração da instalação. *

Sim Não

Os equipamentos estão dentro da faixa ideal de temperatura? *

Sim

Maioria sim

Maioria não

Não

Existe manutenção preventiva para os equipamentos de refrigeração? *

Sim Não

Os equipamentos estão posicionados em locais próximos a fontes de calor? *

Sim Não

Figura 11 – Estágio 5: Perguntas Refrigeração (Refrigeradores e congeladores) (Elaborado pela autora).

Climatização (Condicionador de ar)

Os equipamentos são usados com que frequência? *

Diariamente

Em dias quentes e frios

Somente em dias frios

Somente em dias quentes

Os equipamentos são antigos (fabricados a mais de 10 anos)? Se sim, indique o percentual destes perante todos os equipamentos de climatização da instalação. *

Sim Não

Os equipamentos possuem Selo PROCEL? Se sim, qual a eficiência? *

Sim Não

Os ambientes climatizados ficam isolados (portas e janelas fechadas)? *

Totalmente isolado

Parcialmente isolado

Não

Os ambientes climatizados ficam expostos a luz solar? *

Sim Não

Os ambientes climatizados possuem cortinas/toldos para impedir a luz solar? *

Sim Não

Os equipamentos trabalham dentro da temperatura ideal (22 a 24 °C)? *

Sim

Maioria sim

Maioria não

Não

Figura 12 – Estágio 5: Perguntas Climatização (Condicionador de ar) (Elaborado pela autora).

Iluminação (Lâmpada/Luminária)

Qual(ais) a(s) tecnologia(s) de iluminação existente(m) na sua instalação? *

LED

Incandescente

Fluorescente

Halógena

Vapor metálico

Vapor de mercúrio

Vapor de sódio

O regime de trabalho é superior a 2000 h/ano? *

Sim Não

O pé direito das lâmpadas/luminárias é muito elevado? *

Sim Não

Existe sensor de presença em locais pouco utilizados? *

Sim Não

Existe sensor de luminosidade em locais que são providos pela luz solar? *

Sim Não

Como está dividido o circuito da iluminação? *

Diversos interruptores na instalação

Somente um ponto (disjuntor)

Figura 13 – Estágio 5: Perguntas Iluminação (Lâmpada/Luminária)
(Elaborado pela autora).

Após responder a todas as perguntas do Estágio 5 o gerente tem acesso aos resultados, conforme ilustrado na Fig. 14. Além da tabela apresentada na tela de resultados é possível gerar um relatório que será disponibilizado em .pdf, dessa forma o gerente pode apresentar a direção da rede de supermercados os problemas da sua filial (através das respostas das perguntas) e a estimativa de economia mensal e anual em cada tipo de uso energético, podendo implementar medidas de eficiência energética nos processos e/ou equipamento que apresentaram maior perspectiva de economia.

Os resultados obtidos através da simulação feita pelo gerente da filial apresentam uma estimativa genérica e conservadora a respeito da diminuição do consumo de energia elétrica do empreendimento. Os 12,91% poderão se tornar 15%, 20% ou até mesmo 25% após a realização do diagnóstico energético in loco por um profissional da área de gestão de energia. Tal afirmação pode ser feita, pois existem muito mais itens analisados em um diagnóstico feito presencialmente, como tarifação inadequada, multas na fatura de energia elétrica, sobrecarga dos circuitos da instalação, entre outros.

Com o resultado final em mãos, o gerente da filial apresenta as estimativas de economia para a direção, a qual permite a entrada da profissional da área de gestão de energia nas dependências do supermercado. Para iniciar o diagnóstico energético é necessário o histórico de consumo de energia elétrica de pelo menos um ano, sendo o ideal três anos para entender a demanda de energia do estabelecimento. Também é necessária a planta arquitetônica do local, juntamente com a elétrica, caso houver, para verificação da distribuição dos circuitos. Além dos documentos já citados serão feitas visitas para o levantamento de todas as cargas instaladas e também dos processos que ocorrem no local, como hábitos de uso por parte dos usuários da instalação. Com todas as informações coletadas, é possível realizar o estudo que irá definir qual o diagnóstico energético da instalação, o qual será apresentado em forma de relatório com todas as soluções propostas para alcançar as estimativas de conservação de energia apresentadas pela ferramenta.

Em um cenário em que uma empresa da área de gestão de energia tem a pretensão de convencer o futuro cliente da necessidade de otimizar o consumo de energia elétrica, a ferramenta proposta será oferecida de forma gratuita a fim de cativar o cliente quanto à necessidade da realização de um futuro diagnóstico energético in loco. Assim que o diagnóstico energético é iniciado já será cobrado como um serviço de consultoria. Por fim, as soluções apresentadas pelo diagnóstico final da instalação poderão ser desenvolvidas através de projetos de eficiência energética, que também são feitos pela empresa de gestão de energia.

Da mesma forma que um gerente fictício de uma das filiais de uma rede de supermercados utilizou a ferramenta de sensibilização para descobrir o quão viável pode ser a realização de um diagnóstico energético em sua instalação, outros gerentes de diversas áreas, donos de empresa, servidores públicos, agricultores, entre outras pessoas que desejam minimizar os custos de seu empreendimento ou organização, vão poder utilizar a ferramenta para estimar a viabilidade de um diagnóstico energético in loco.

Em uma pesquisa *online* não foi possível encontrar uma ferramenta capaz de sensibilizar gestores sobre a importância da realização de um diagnóstico energético. Ferramentas que são utilizadas em diagnóstico energético presentes no mercado atuam em formato pós-venda, sendo disponibilizadas após a contratação e/ou execução do serviço, com o intuito de monitorar a situação atual da instalação, sendo este um serviço pago.

RESULTADOS

Economia estimada mensal		
12.91 %	Força Motriz	0.98 %
	Produção de frio	2.62 %
	Iluminação	9.32 %
R\$ 1.290,91	Força Motriz	R\$ 97,59
	Produção de frio	R\$ 261,67
	Iluminação	R\$ 931,65
1.219,028 kWh	Força Motriz	92,156 kWh
	Produção de frio	247,102 kWh
	Iluminação	879,77 kWh
Economia estimada anual		
Redução de custos	R\$ 15.490,92	
Redução de consumo	14.628,333 kWh	

Figura 14 – Estágio 6: Resultados
(Elaborado pela autora)

4.3 Discussões sobre a viabilidade do diagnóstico energético

O estabelecimento de políticas públicas governamentais é um dos fatores capaz de estimular a introdução de medidas de eficiência energética nos empreendimentos e organizações do país. Porém, para ter impacto efetivo na redução dos desperdícios de energia elétrica, essas políticas devem estar acompanhadas de incentivos fiscais e financeiros. Além disso, a centralização das políticas públicas na área de planejamento e regulação do setor energético brasileiro, por parte do governo federal, tem impedido a atuação dos governos estaduais e municipais, os quais poderiam atuar na fiscalização, cobrando ações de conservação de energia nos empreendimentos. A fim de aprimorar o que já existe e também criar novas

políticas públicas torna-se de extrema importância à criação de parcerias com governos estaduais e municipais, universidades, instituições de pesquisa, empresas e demais associações interessadas, tendo em vista alcançar as metas de eficiência energética propostas pelos planos governamentais para as próximas décadas.

Entre as medidas que precisam ser tomadas para aumentar a conservação de energia, destacam-se: a implementação de políticas de combate ao desperdício de energia e normas mais rigorosas de eficiência energética. Para tanto é imprescindível à realização de diagnóstico energético nos empreendimentos, para garantir o desenvolvimento sustentável, confiabilidade e qualidade do setor elétrico, e assim reduzir o risco de uma escassez de energia no país, como já ocorrido no passado.

Como visto nos itens 4.1 e 4.2 deste trabalho, as perspectivas de conservação de energia para consumidores de pequeno e de médio porte de consumo de energia elétrica são promissoras. Considerando a simulação feita na ferramenta proposta, é possível concluir que aplicando medidas simples de eficiência energética na iluminação, como troca de equipamentos antigos (fluorescente e vapor de sódio) por novos (LED), instalação de sensores e redistribuição dos circuitos, é possível alcançar quase 10% de economia na fatura de energia elétrica. E, apenas respondendo algumas perguntas, considerando o consumo médio, os equipamentos e processos, chega-se a conclusão de que 20% do esforço resulta em 80% do resultado, característica do Princípio de Pareto.

Após concluir que é possível alcançar ótimos resultados com a aplicação de medidas de eficiência energética, sugeridas a partir de um diagnóstico energético, é necessário à existência de linhas de financiamento atrativas. Conforme destaca o Plano Nacional de Eficiência Energética [22], existem inúmeras formas de financiar projetos de eficiência energética, das quais se destacam: o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDS), a Caixa Econômica Federal e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

Por fim, a realização de um diagnóstico energético e posterior execução das soluções propostas pode trazer numerosos benefícios para os empreendimentos ou organizações como: redução do consumo de energia elétrica e do custo operacional, modernização dos equipamentos e otimização dos processos, diminuição de emissão de gases poluentes e sustentabilidade econômica, social e ambiental.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho buscou-se tangibilizar a necessidade da realização do Diagnóstico Energético, o qual deve ser aplicado não apenas por grandes consumidores, mas também pelos consumidores de pequeno e de médio porte, visando atingir uma maior eficiência no uso da energia elétrica, maior compreensão das características do empreendimento ou organização e conseqüentemente, evitar gastos desnecessários. O Diagnóstico Energético prova-se como uma ferramenta de baixo custo, eficiente e de fácil aplicação. Através do diagnóstico é possível conhecer as principais características de uma instalação, identificar pontos positivos e negativos e sugerir ações para corrigir os erros apontados. Além disso, a ferramenta proposta foi criada para atender um dos problemas do mercado, que é a falta de meios para apontar os desperdícios existentes em empreendimentos, em que os responsáveis se querem sabem que necessitam do serviço de Diagnóstico Energético.

Atualmente a eficiência energética é um recurso efetivo e prioritário para atender a demanda futura de energia, tanto pelos benefícios de aumento da competitividade e da redução do uso de recursos naturais e de emissões de gases de efeito estufa, quanto pelo fato de ser um dos pilares fundamentais para a transição do setor energético mundial, em conjunto com as fontes renováveis de energia, mudança no padrão de consumo e tecnologias de captura e uso de CO₂. Apesar dos diversos benefícios da eficiência energética, sejam eles econômicos, sociais e/ou ambientais, existem obstáculos que dificultam a sua ampla adesão no que se refere às tecnologias das máquinas e equipamentos, processo produtivo e nas ações diárias do consumidor. Um dos obstáculos, sendo este o mais relevante, se deve a falta de conhecimento quanto aos potenciais da eficiência energética. Esse obstáculo, por sua vez, se subdivide em desconhecimento quanto a relação direta entre economia de energia, rendimento econômico e benefícios ao meio ambiente e a inexistência de indicadores e processos de mensuração confiáveis e difundidos para verificação da eficiência energética. Além disso, existe o obstáculo financeiro, devido ao preconceito enraizado de que os custos iniciais para implementar processos e tecnologias mais eficientes são elevados e inviabilizam o investimento para economizar energia. Todos esses obstáculos combinados dificultam o entendimento dos benefícios e retornos econômicos no longo prazo de empreendimentos.

O aumento da preocupação em relação ao meio ambiente e fontes renováveis de energia faz com que a mobilidade de energia seja cada vez mais competitiva, devido à baixa dos preços dos equipamentos conforme aumentam os incentivos por processos mais eficientes, por mais que os retornos financeiros ainda sejam caros e os investimentos de longo prazo. Tornando-se evidente a importância de incentivos do governo para o fortalecimento de medidas de eficiência energética através de ações que partem do macro até o micro.

Por fim, por meio desse trabalho foi possível verificar que o Brasil tem um importante desafio pela frente na área de implementação de ações de eficiência energética. Para o público em geral o benefício econômico deste estudo vem em primeiro lugar, devido à redução de desperdícios que acarreta na diminuição de custos e aumento da competitividade, porém o que gerou a motivação para realização de toda pesquisa e desenvolvimento da ferramenta foi à busca por um mundo melhor, que pense no futuro e na sustentabilidade do planeta em primeiro lugar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho. Agradeço a minha família e amigos mais próximos que sempre me apoiaram de todas as formas para que a conclusão desta etapa fosse possível.

Agradeço a professora Aline Pan, orientadora do meu TCC, por todo ensinamento, dedicação e incentivo para a conclusão deste trabalho.

Agradeço ao Pablo Dalla Rosa, desenvolvedor de software, pela dedicação e trabalho excepcional no desenvolvimento da ferramenta em formato online.

Por fim, agradeço a todos os professores (as) pelos ensinamentos dados e experiências trocadas ao longo da graduação.

REFERÊNCIAS

- [1] DOS SANTOS COSTA, Juliana; DE ANDRADE JUNIOR, Luiz Mauricio Lopes. Eficiência energética aplicada ao consumo de eletricidade: Um estudo de revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e26210414085-e26210414085, 2021.
- [2] ALTOÉ, Leandra et al. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos Avançados**, v. 31, p. 285-297, 2017.
- [3] THORSTENSEN, Vera Helena; ARIMA JÚNIOR, Mauro Kiithi. Eficiência energética: situação do Brasil em relação aos padrões da OCDE. 2021.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. (2015). **O que é Eficiência Energética?** Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>. Acesso em: 01 mar. 2023.
- [5] SOARES, Joyce Aristércia Siqueira et al. Política e planejamento energético no Brasil: uma análise do setor elétrico brasileiro a partir de um conjunto de indicadores de sustentabilidade energética. 2020.
- [6] SANTOS, Afonso Henriques Moreira; HADDAD, Jamil; BAJAY, Sérgio Valdir. Eficiência energética e sua inserção no planejamento energético brasileiro. **Revista Brasileira de Energia**, n. 27, p. 2, 2021.
- [7] SANTOS, Jamila Monteiro dos. Avaliação Histórica do Planejamento Energético Brasileiro e Considerações Sobre a Introdução de Novas Tecnologias. 2017.
- [8] SANTOS, Eduardo Nunes dos et al. A importância da gestão energética em empresas e o diagnóstico energético como ferramenta de gestão (estudo de caso). 2019.
- [9] ARAGÓN, Carolina Salazar; PAMPLONA, Edson; VIDAL MEDINA, Juan Ricardo. Identificação de investimentos em eficiência energética e sua avaliação de risco. **Gestão & Produção**, v. 20, p. 525-536, 2013.
- [10] CAMPOS, Juan Carlos. Caracterización Energética: el primer paso hacia el uso racional de la energía. **Publicaciones Científicas. Revista Ciencias. com**, v. 6, 2004.
- [11] JACKSON, Jerry. Promoting energy efficiency investments with risk management decision tools. **Energy policy**, v. 38, n. 8, p. 3865-3873, 2010.
- [12] HÄRUS, Niklas Christian et al. Analyzing energy efficiency investments in the process industry-Case Sachtleben Pigments Oy. 2009.
- [13] FINKLER, Alessandro et al. Relação do Crescimento Econômico e Consumo de Energia Elétrica. **Salão do Conhecimento**, 2016.
- [14] MME, EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2031. 2022.
- [15] EPE-EMPRESA, DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional, Relatório Síntese 2022. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2022.
- [16] MME, EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022 – Workbook. 2022.
- [17] ELETROBRAS. Proposta do Plano Decenal de Eficiência Energética (PDEf). **Produto 8 - Atualização do Balanço de Energia Útil – BEU. 2022.** Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/PlanoDecenalEficienciaEnergetica.aspx>>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- [18] BORGES, Fabricio Quadros. Crise de energia elétrica no Brasil-uma breve reflexão sobre a dinâmica de suas origens e resultados. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 2, n. 10, p. e210809-e210809, 2021.
- [19] JANNUZZI, Gilberto De Martino. Power sector reforms in Brazil and its impacts on energy efficiency and research and development activities. **Energy Policy**, v. 33, n. 13, p. 1753-1762, 2005.
- [20] DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE-Empresa. Plano Nacional de Energia 2030-Eficiência Energética. **Ministério de Minas e Energia**, 2007.
- [21] EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2050. 2020. 2021.
- [22] MME. Plano Nacional de Eficiência Energética. Brasília, 2011.
- [23] ZANARDO, Rafael Petri et al. Modelo de diagnóstico energético com base em um sistema de avaliação de desempenho. 2016.
- [24] ABNT NBR ISO 50.002: 2014 – Diagnósticos energéticos – Requisitos com orientação para uso.