

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ELÉTRICA NO SETOR INDUSTRIAL  
BRASILEIRO: IMPACTOS NO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL E  
NAS METAS DEFINIDAS PELO PLANO NACIONAL DE ENERGIA**

***ELECTRICITY EFFICIENCY IN THE BRAZILIAN INDUSTRIAL  
SECTOR: EFFECTS ON THE BRAZILIAN NATIONAL ELECTRIC  
SYSTEM AND THE OBJECTIVES SET BY BRAZIL'S NATIONAL  
ENERGY PLAN***

**Arthur Rangel Laureano**

Mestre em Energia e Sustentabilidade – Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: [arthurrl@gmail.com](mailto:arthurrl@gmail.com)

**Katia Cilene Rodrigues Madruga**

Professora adjunta da Universidade Federal de Santa Catarina, Mestre em Administração – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Doutora em Administração de Empresas – Universität Bremen, e-mail: [katiamadruga08@gmail.com](mailto:katiamadruga08@gmail.com)

**RESUMO**

As ações de eficiência energética se apresentam como uma ótima alternativa para garantir o suprimento de eletricidade com maior confiabilidade e de maneira mais rápida, gerando economia de recursos, diminuição da poluição e postergando a necessidade de expansão do sistema energético. Nas nações mais desenvolvidas, as indústrias são priorizadas nos programas governamentais de eficiência energética, o que não ocorre no Brasil. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto dos projetos industriais de eficiência energética no sistema elétrico brasileiro e nas metas definidas no Plano Nacional de Energia 2030 através de levantamento e análise dos projetos executados no âmbito do Programa de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica entre 2009 e 2019. Os resultados obtidos evidenciam o grande potencial das ações de eficiência energética no setor industrial para melhorar os resultados obtidos com a eficiência energética no Brasil.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética; Economia de Energia; Expansão Energética; Políticas Públicas; Indústria; Planejamento Energético.

**ABSTRACT**

Energy efficiency measures are an excellent alternative to ensure a more reliable and faster supply of electricity, to conserve resources, to reduce pollution and to postpone the need to expand the energy system. In more developed countries, industry is prioritized in government energy efficiency programs, which is not the case in Brazil. The objective of this study was to evaluate the impact of industrial energy efficiency



projects on the Brazilian electricity system and on the objectives defined in the National Energy Plan 2030, through a survey and analysis of the projects carried out under the Energy Efficiency Program of the National Electric Energy Agency between 2009 and 2019. The results obtained show the great potential of energy efficiency actions in the industrial sector to improve the results obtained with energy efficiency in Brazil.

**Keywords:** Energy Efficiency; Energy Economics; Energy Expansion; Public Policies; Industry; Energy Planning.

## 1 INTRODUÇÃO

Durante o século XX, o Brasil focou o desenvolvimento de sua matriz de energia elétrica na hidroeletricidade. A abundância dos recursos hídricos no Brasil foi um dos principais motivos para a expansão da hidroeletricidade e não da termoeletricidade. Crises no setor elétrico entre a metade da década de 1980 e o início da década de 1990 fizeram com que o Governo Brasileiro considerasse a privatização como uma solução para obter os investimentos necessários para a expansão que o sistema elétrico brasileiro demandava. Os investimentos daquele período já não eram suficientes para acompanhar as necessidades de crescimento da demanda no país (PAVANELLI; IGARI, 2019).

Fuchs (2016) coloca que mesmo com a privatização, o aumento da capacidade instalada de eletricidade foi insuficiente para atender a expansão do mercado brasileiro e da demanda industrial. Os limites naturais impostos pelos períodos de seca afetaram a capacidade de geração das hidrelétricas e a situação precária do setor culminou na primeira grande crise na oferta de energia elétrica entre 2001 e 2002, o chamado “Apagão”. Para Pavanelli e Igari (2019) a crise energética de 2001/2002 consolidou o papel das termoelétricas no sistema elétrico brasileiro e abriu espaços para outras fontes de energia elétrica, como a energia eólica e a geração de eletricidade por meio da biomassa.

De acordo com os dados publicados no Balanço Energético Nacional (BEN), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2022), a participação da geração hidráulica na matriz de energia elétrica brasileira diminuiu de 87,24% em 2000 para 63,04% em 2020, enquanto a geração térmica aumentou de 12,76% para 25,3% nesse mesmo período, com um pico de 34,69% em 2014. Mesmo com o aumento da participação de outras fontes de energia, a geração de energia elétrica



no Brasil continua altamente dependente dos recursos hídricos disponíveis, sendo diretamente afetada pelos períodos de seca cada vez maiores e mais frequente.

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (2021) informa que a precipitação observada em algumas das principais bacias hidrográficas do Sistema Integrado Nacional (SIN) ao longo dos últimos anos tem sido significativamente abaixo das médias históricas. O período de setembro de 2020 a julho de 2021 configurou-se a pior condição hidrológica já observada para as vazões de todo o SIN para esse período em todo histórico de monitoramento (de 1931 a 2021). E o impacto dessa crise hídrica pode ser percebida no BEN, no qual o percentual de geração de energia elétrica por fontes hidráulicas caiu de 63,04% em 2020 para 55,30% em 2021, enquanto a geração por fontes térmicas subiu de 26,18% para 31,13% em 2021 (EPE, 2022).

De acordo com os dados disponibilizados no Relatório de Acompanhamento da Expansão da Oferta de Geração de Energia Elétrica pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2021a), as ações de expansão do sistema elétrico nacional atualmente planejadas e em execução no Brasil apresentam uma previsão de implantação de 44,7 GW na sua capacidade de geração até 2028. Desses, 15,1 GW são de projetos que se encontravam atrasados. Esse cenário exige que novas alternativas para atender a esse crescimento no consumo de energia elétrica sejam criadas e incentivadas, para que assim seja possível minimizar o risco de um colapso no sistema elétrico do Brasil nos próximos anos. Dentre as possíveis alternativas que podem ser implantadas e incentivadas, está a eficiência energética.

A eficiência energética pode ser definida como um conjunto de ações que resultam na diminuição do consumo de energia na sua utilização para atender as demandas da sociedade sob a forma de luz, calor/frio, movimentação, transporte, entre outros (MME, 2011). O *National Action Plan for Energy Efficiency* (2009), iniciativa público-privada norte-americana desenvolvida para criar um forte compromisso com a eficiência energética dentro dos Estados Unidos entre concessionárias de energia, órgãos reguladores e outras organizações, informa que ações de eficiência energética possuem um potencial de redução na ordem de 20% do uso final de energia. Ademais, essas ações podem apresentar custos substancialmente menores que a implementação de novas fontes de fornecimento de energia. A energia economizada por essas ações pode ser disponibilizada a novos



consumidores, sem a necessidade de expansão do sistema elétrico, como uma espécie de “usina virtual” (MME, 2011).

No Brasil, a principal fonte de recursos para implementação de ações de eficiência energética voltadas para os usos finais de energia elétrica é o Programa de Eficiência Energética da ANEEL (PEE ANEEL) (MME, 2011). Esse Programa é executado pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica, como parte de suas obrigações legais presentes em seus contratos de concessões, onde as mesmas devem investir parte de sua receita operacional líquida em projetos de eficiência energética que beneficiem seus consumidores (ANEEL, 2021c).

Os projetos executados dentro do PEE ANEEL são classificados de acordo com as características da ação implantada, forma de contratação, maneira de prospecção e a classe de consumo dos consumidores beneficiados. As tipologias de projetos de eficiência energética consideradas pela ANEEL são: industrial; comércio e serviços; poder público; serviços públicos; rural; residencial; baixa renda; gestão energética municipal; educacional; e iluminação pública (ANEEL, 2021b; MAGINADOR, 2017).

Silva (2018) avaliou os projetos submetidos ao PEE ANEEL no período de 2008 a 2016 para verificar o desempenho e eficiência por tipologia existente, identificando apenas as tipologias industrial e cogeração como eficientes. Os resultados obtidos por Silva (2018) revelaram ainda que as tipologias industrial e cogeração, mesmo sendo as que alcançaram os melhores desempenhos, responderam por apenas 5,28% dos investimentos aplicados pelo programa no período avaliado. A maior parte dos recursos financeiros do PEE ANEEL é utilizada basicamente em projetos que beneficiam clientes residenciais e/ou em projetos que beneficiem consumidores sem fins lucrativos (ANEEL, 2021c; SILVA, 2018).

O setor industrial é o maior consumidor de eletricidade no Brasil e um dos que apresentam o maior potencial de conservação de energia elétrica. O BEN informa que o setor industrial consumiu 213,33 TWh no ano de 2021, se considerarmos a importação de energia elétrica e desconsiderarmos as perdas do sistema elétrico nacional e a exportação de energia elétrica, esse consumo representa 37,37% da eletricidade consumida no Brasil (EPE, 2022). O PNE 2030 informa que o setor industrial brasileiro possui um potencial de conservação de energia elétrica de 12%, quando analisadas as medidas de eficiência energética que seriam introduzidas “por si mesmas”. Essas ações seriam aquelas cuja adoção traria redução de custos ao



usuário, analisadas, portanto, pela sua ótica, em particular a taxa de desconto praticada e a tarifa de eletricidade a que está submetido (MME; EPE, 2007a).

Se o potencial de conservação de energia elétrica do setor industrial apontado pelo PNE 2030 for aplicado na energia total que esse setor consumiu no ano de 2021, verifica-se que a eficiência energética no setor industrial poderia ter fornecido até 25,60 TWh ao sistema elétrico nacional, ou 3,90% da eletricidade total gerada no Brasil nesse ano. Comparando esse potencial às demais fontes existentes no sistema elétrico nacional, a eficiência energética elétrica nas indústrias poderia ser a 5ª maior fonte de energia na matriz elétrica brasileira, atrás da biomassa, com 52,42 TWh/ano, da energia eólica, com 72,29 TWh/ano, do gás natural, com 86,96 TWh/ano e da energia hidráulica, com 362,82 TWh/ano (EPE, 2022; MME; EPE, 2007a).

Entretanto, mesmo sendo o setor que mais consome energia elétrica no Brasil e possuindo um grande potencial de efficientização energética, o setor industrial não possui nenhuma política pública de longo prazo específica para o uso eficiente da energia em suas instalações (EPE, 2022; MME; EPE, 2007a). Existe, então, um grande potencial de economia de energia a ser explorado no setor industrial, que poderá apresentar grandes resultados não só para o sistema elétrico nacional, como também para o próprio setor industrial e para a economia brasileira. Diante disso, entende-se como oportuno e necessário analisar a eficiência energética no consumo de energia elétrica pelo setor industrial, seu potencial e seus impactos no sistema elétrico nacional.

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da energia elétrica conservada resultante dos projetos de eficiência energética no setor industrial brasileiro executados no período 2009-2019 nas metas definidas para a eficiência energética no Plano Nacional de Energia 2030 e no Sistema Elétrico Brasileiro.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PLANO NACIONAL DE ENERGIA (PNE)

O PNE é o responsável por comunicar e debater com a sociedade as estratégias energéticas nacionais de longo prazo, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão do segmento energético nas próximas décadas (EPE,



2021a; MME; EPE, 2007b; TOLMASQUIM, 2016). Nele são examinadas com mais detalhamento as questões tecnológicas, com atenção especial para aquelas que se caracterizam como vetores portadores de alterações no futuro. O objetivo não é prever o futuro e sim auxiliar os tomadores de decisão na análise dos impactos de longo prazo das diferentes escolhas de política energética tomadas hoje (MME; EPE, 2020; TOLMASQUIM, 2016).

Os Planos Nacionais de Energia incorporaram a Eficiência Energética em seus estudos, estabelecendo metas de conservação de energia a serem alcançadas dentro dos seus respectivos horizontes. Como parte das estratégias para a eficiência energética no Brasil, o PNE 2030 menciona a necessidade de se detalhar as estratégias e medidas de fomento para essa área e mecanismos, infraestrutura e orçamentos necessários para garantir a meta prevista para o horizonte de 2030 (MME; EPE, 2007b).

## 2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

As pessoas não consomem energia, mas sim serviços de energia. Logo pode ser possível fornecer o mesmo nível de serviço de energia com um menor consumo de energia. A eficiência energética pode então ser definida como um aumento na eficiência com a qual a energia é usada para fornecer um determinado produto ou serviço ou ainda pode ser definida como o uso de menos energia para o mesmo ou um número maior de bens e serviços (BROWN, 2015; LINARES; LABANDEIRA, 2010; FARREL, 1957 apud MARQUES; FUINHAS; TOMÁS, 2019).

Linares & Labandeira (2010) colocam que para muitos defensores da eficiência energética o uso vigoroso de políticas que incentivam os consumidores e fabricantes a usar menos energia poderia gerenciar de forma eficaz as necessidades de energia com pouco ou nenhum custo. Para Brown (2015), a eficiência energética é frequentemente o recurso de energia mais rápido, mais barato e mais limpo. Jannuzzi, Swisher e Redlinger (2018) informam que na maioria das vezes o custo para se conservar 1 kWh é menor do que o valor necessário para a sua produção.

Cada país possui sua própria política e legislação sobre energia e eficiência energética. Como colocado por Brown (2015), o estudo e análise das políticas públicas já desenvolvidas evitam que falhas anteriores sejam repetidas e os sucessos sejam replicados e expandidos.



### 2.2.1 Principais Políticas Públicas Internacionais

A *American Council for a Energy-Efficient Economy* (ACEEE) é responsável pela elaboração do *International Energy Efficiency Scorecard*, um relatório que classifica os 25 maiores países consumidores de energia em suas políticas e programas de eficiência energética. Juntas essas nações representaram 78% de toda a energia consumida no planeta e 80% do Produto Interno Bruto mundial em 2014 (CASTRO-ALVAREZ *et al.*, 2018). Por meio desse relatório é possível identificar os países com as melhores práticas em políticas públicas voltadas para a eficiência energética e utilizar os mesmos como referências internacionais.

Nas nações mais desenvolvidas e industrializadas, como Estados Unidos, China, Japão, Reino Unido e países da União Europeia, o setor industrial é priorizado nos programas governamentais de eficiência energética. Essas nações são também os que apresentam as melhores classificações no *International Energy Efficiency Scorecard* publicado em 2018. Destacam-se nessas políticas ações como financiamentos a juros baixos e subsídios para implantação de projetos de eficiência energética, comercialização de metas absolutas de redução da demanda de energia, através dos chamados Certificados Brancos, padrões mínimos obrigatórios de eficiência energética para os principais equipamentos de uso final de energia e a implantação de taxas ou encargos sobre a venda de energia para financiar programas de eficiência energética. O México foi o país com a maior evolução no ranking, saindo da 19ª colocação na edição de 2016 para a 12ª colocação nessa edição, reflexo das ações e políticas de eficiência energética voltadas para as grandes instalações industriais 2014 (CASTRO-ALVAREZ *et al.*, 2018).

### 2.2.2. Principais Políticas Públicas Nacionais

O Brasil aparece na 20ª colocação do *International Energy Efficiency Scorecard de 2018*, à frente de apenas outras 5 nações 2014 (CASTRO-ALVAREZ *et al.*, 2018). Isso demonstra que ainda existem muitas oportunidades a serem exploradas no país para que o mesmo possa vir a estar entre os países que melhor utilizam a energia. Apenas no Plano Nacional de Energia (PNE) 2030, publicado em 2007, a eficiência energética foi incorporada ao planejamento energético nacional a longo prazo,



estabelecendo metas de conservação de energia a serem alcançadas dentro dos seus respectivos horizontes (MME; EPE, 2007b).

Para atender essas metas o Ministério de Minas e Energia (MME) publicou em 2011 o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf). O objetivo deste instrumento é orientar as ações a serem implantadas no âmbito da eficiência energética, de modo que as mesmas possam se articular e ganhar volume e efetividade, tornando mais fácil a utilização dos recursos disponíveis e a ação integrada dos diversos agentes envolvidos (MME, 2011; SANTOS; HADDAD; BAJAY, 2021). O PNEf ainda não se traduziu em novas ações e políticas de eficiência energética. O principal obstáculo se deve justamente a falta de articulação do poder público no desenvolvimento de frentes de trabalho em parcerias com os diversos ministérios e secretarias (ALTOÉ *et al.*, 2017; ASSUNÇÃO; SCHUTZE; BROLHATO, 2018).

Além do PNEf, o Brasil apresenta ainda outras políticas que se destacam dentre os diversos programas e legislações promovidos pelo governo brasileiro para o uso eficiente de energia elétrica. O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é um programa de etiquetagem energética de produtos com papel fundamental na implementação da Lei de Eficiência Energética (padrões mínimos de eficiência para equipamentos). O Programa de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) possui ações voltadas para capacitação, disseminação de informações e boas práticas energéticas, regulamentação e critérios para etiquetagem de edificações e assessoria e apoio na implantação de projetos de eficiência energética. E o Programa de Eficiência Energética da ANEEL (PEE ANEEL) é o programa com o maior volume de recursos, oriundo de encargos sobre a venda de energia elétrica, executados pelas distribuidoras de energia elétrica de todo o Brasil como obrigação legal prevista em seus contratos de concessão (MME, 2011; SILVA, 2018).

O PEE ANEEL foi criado oficialmente no ano de 2000, com a publicação da Lei nº 9.991. Através dessa lei, foi consolidada a destinação de recursos para as ações de eficiência energética por parte das concessionárias de distribuição de energia elétrica. Entretanto, os primeiros contratos de concessão das distribuidoras de energia elétrica assinados a partir de 1995 já traziam cláusulas específicas para o investimento em eficiência energética pelas concessionárias. A partir da criação da ANEEL houve o aprimoramento dessas cláusulas contratuais, tornando obrigatório o investimento de uma parte da Receita Operacional Líquida (ROL) anual dessas empresas em projetos de eficiência energética. Dessa forma, desde 1998 a ANEEL



realiza a regulamentação desse investimento, buscando maximizar os resultados obtidos com os recursos disponíveis (ANEEL, 2018; SANTOS *et al.*, 2015).

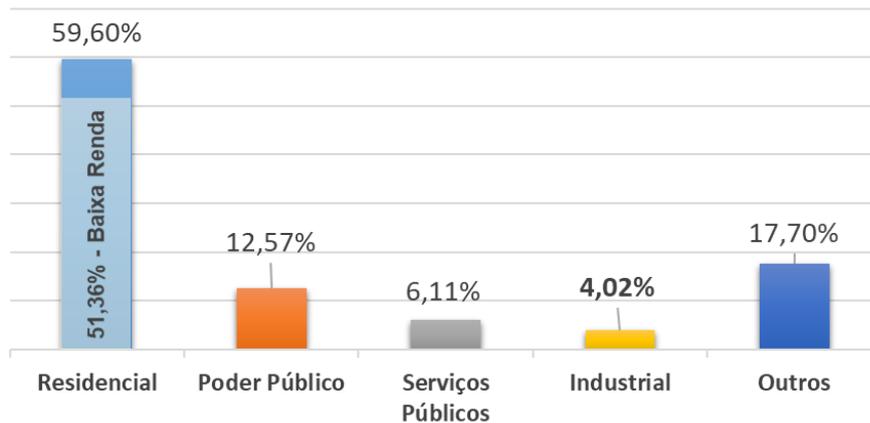
O PEE ANEEL inclui projetos em todos os setores da economia, classes de consumos e usos finais, e não limita as ações que podem ser desenvolvidas no seu âmbito. Entre 1998 e 2007 ocorreu a primeira fase do programa, marcada principalmente por mudanças excessivas nos regulamentos, demasiada burocracia e controle de prazos e ausência de uma análise sistemática dos resultados obtidos. Neste período, o PEE ANEEL investiu um total de R\$ 1,9 bilhões, sendo que os projetos executados nesse período geraram uma economia de energia de 5,56 TWh/ano e uma demanda evitada no horário de ponta de 1,67 GW. As tipologias com maiores investimentos foram a iluminação pública, residencial e industrial (CARRASCO; MARIOTONI; NATURESA, 2012; MAGINADOR, 2017).

A Resolução Normativa ANEEL nº 176, de 28 de novembro de 2005, instituiu a obrigatoriedade de destinar pelo menos 50% da obrigação legal de investimento em eficiência energética para projetos voltados a comunidades de baixa renda. A Lei nº 12.212 aumentou esse percentual para 60%, que se manteve vigente até o ano de 2016, quando essa obrigatoriedade foi revogada pela Lei nº 13.280. O reflexo dessa obrigatoriedade foi a concentração dos investimentos em projetos de eficiência energética que beneficiavam consumidores residenciais de baixa renda a partir de 2005 (ANEEL, 2005, 2020; BRASIL, 2010, 2016; SANTOS *et al.*, 2015).

Entre 2008 e 2019 foram investidos R\$ 2,3 bilhões no PEE ANEEL, gerando uma economia de 2,13 TWh/ano e uma demanda evitada no horário de ponta de 1,13 GW. Desse total investido, 59,60% foram destinados a projetos residenciais (51,36% para a tipologia baixa renda e 8,24% para a tipologia residencial), 12,57% para projetos do poder público, 6,11% para projetos voltados para serviços públicos e 4,02% para projetos do setor industrial, conforme apresentado no Gráfico 1 (ANEEL, 2021c).

Gráfico 1 – Investimento PEE ANEEL 2008 – 2019

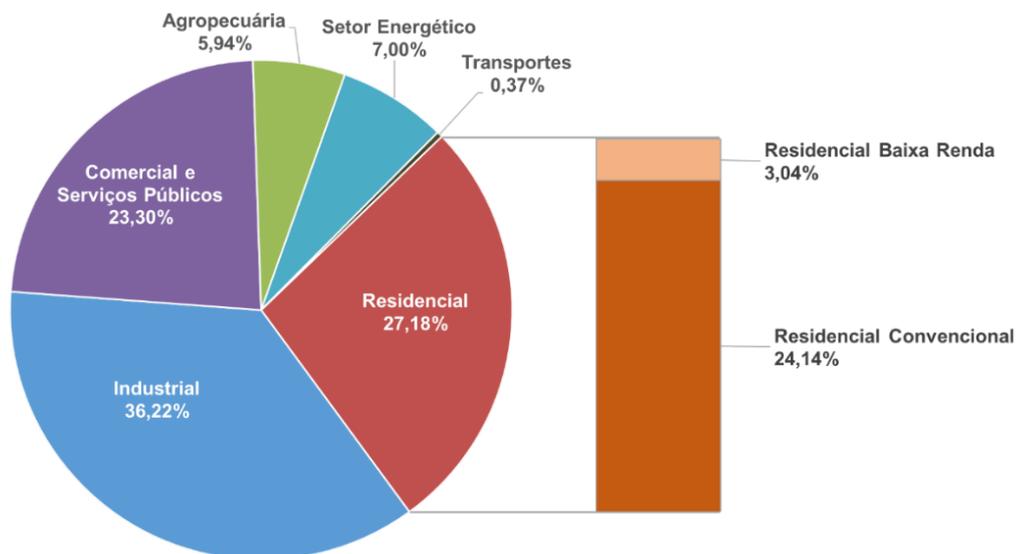




Fonte: Adaptado de ANEEL (2021c)

Os consumidores residenciais de baixa renda foram responsáveis por 11,18% do total de eletricidade consumida pelo setor residencial no Brasil em 2020. Isso corresponde a pouco mais de 3% do total de energia elétrica consumida no país, conforme apresentado no Gráfico 2 (EPE, 2021b, 2022).

Gráfico 2 – Consumo estratificado do setor residencial em 2020



Fonte: Adaptado de EPE (2021b, 2022)

### 3 METODOLOGIA

Para obter os resultados e respostas acerca da problematização apresentada neste estudo, foi utilizada a pesquisa aplicada. Esse tipo de pesquisa tem como objetivo a aplicação prática dos conhecimentos gerados, dirigidos à solução de problemas específicos (CIRIBELLI, 2003; SILVA; MENEZES, 2005).



Com relação à abordagem, a pesquisa foi do tipo quantitativa. Silva e Menezes (2005) colocam que a pesquisa quantitativa busca traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, utilizando-se de recursos e técnicas estatísticas. Já do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa foi do tipo exploratória. Para Gil (GIL, 2002), a pesquisa exploratória tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições e na maioria dos casos assume a forma de pesquisa bibliográfica ou de estudo de caso. O estudo foi dividido em 5 etapas, conforme apresentado nas subseções a seguir.

### 3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL

A revisão bibliográfica foi realizada através de pesquisa bibliográfica sobre o planejamento energético nacional, a eficiência energética e as principais políticas públicas internacionais e nacionais de eficiência energética. Ciribelli (2003) descreve a pesquisa bibliográfica como aquela desenvolvida com base em livros e documentos, isto é, fontes primárias ou secundárias já existentes. Nesse estudo foram consultados teses, dissertações, livros, artigos científicos e documentos públicos.

Além dessa pesquisa bibliográfica, foi realizada também pesquisa documental visando obter os dados necessários para realizar a análise dos projetos executados com foco no setor industrial dentro do PEE ANEEL e estudar a contribuição desses projetos no alcance das metas definidas no PNE 2030. Os dados obtidos ainda auxiliaram a determinar o impacto da energia conservada desses projetos nos resultados obtidos pela eficiência energética no Brasil e a fornecer subsídios para o desenvolvimento de ações de eficiência energética no setor industrial dentro do PEE ANEEL.

Através desse tipo de pesquisa foram obtidos os dados sobre os projetos de eficiência energética executados no âmbito do Programa de Eficiência Energética da ANEEL. A consulta foi realizada junto ao banco de dados fornecido pela Agência em seu site na internet. Os dados sobre o consumo de energia elétrica no Brasil da matriz elétrica nacional foram adquiridos através de consulta ao banco de dados do Balanço Energético Nacional disponibilizado pela Empresa de Pesquisa Energética em seu site na internet. Além disso, as metas de eficiência energética no setor elétrico foram obtidas através de consulta aos Planos Decenais de Energia e aos Planos Nacionais de Energia.



### 3.2 ANÁLISE DOS PROJETOS EXECUTADOS PELO PEE ANEEL

Para realizar a análise dos projetos executados dentro do PEE ANEEL, foram avaliados os dados disponibilizados pela ANEEL em seu Observatório do Programa de Eficiência Energética (OPEE), uma plataforma desenvolvida pela agência nacional reguladora para auxiliar a própria entidade, as empresas distribuidoras de energia e demais interessados no acompanhamento e na gestão do PEE (ANEEL, 2022). Essa ferramenta disponibiliza, além de outras funcionalidades, um meio de consulta a todos os projetos cadastrados e aos indicadores usados como suporte na tomada de decisões pela ANEEL.

Os dados no OPEE utilizados nesta análise foram atualizados no dia 02 de novembro de 2022. A ANEEL disponibiliza nessa ferramenta apenas os projetos executados a partir de 2008, sendo que todos os projetos aprovados tiveram sua conclusão de execução entre os anos de 2009 e 2019.

Foram considerados apenas os projetos já avaliados e aprovados pela ANEEL, sendo que os projetos que apareceram com o status de aprovado, mas não possuíam todos os dados finais necessários para este estudo foram excluídos da análise. Com isso, esta avaliação contou com um total de 174 projetos avaliados, executados entre 2009 e 2019.

Os dados obtidos do OPEE da ANEEL e utilizados nesta análise foram o código do projeto, o status de avaliação do projeto, o ano de conclusão do projeto, a tipologia, custo da energia evitada (CEE) do projeto, o custo evitado da demanda (CED) do projeto, a relação custo-benefício (RCB) total do projeto, a energia evitada (EE) total do projeto, a redução de demanda na ponta (RDP) total do projeto e o investimento realizado (IR) total do projeto.

Com base nos dados obtidos, ainda foram calculadas as seguintes informações:

Benefício Anualizado Total do Projeto: Essa informação foi calculada conforme a equação (1).

$$BA_T = (EE_T \times CEE) + (RDP_T \times CDP) \quad (1)$$

Onde:

**BA<sub>T</sub>** = Benefício anualizado total do projeto (R\$/ano)

**EE<sub>T</sub>** = Energia anual evitada total do projeto (MWh/ano)



**RDP<sub>T</sub>** = Demanda total evitada na ponta do projeto (kW ano)  
**CEE** = Custo unitário da energia evitada do projeto (R\$/MWh)  
**CDP** = Custo unitário evitado da demanda do projeto (R\$/kW ano)

- Custo Anualizado Total do Projeto: Essa informação foi calculada conforme a equação (2).

$$CA_T = RCB \times BA_T \quad (2)$$

Onde:

**CA<sub>T</sub>** = Custo anualizado total do projeto (R\$/ano)  
**RCB** = Relação custo-benefício total do projeto  
**BA<sub>T</sub>** = Benefício anualizado total do projeto (R\$/ano)

- Fator de Recuperação de Capital (FRC) do Projeto: Essa informação foi calculada conforme a equação (3).

$$FRC = \frac{CA_T}{IR_T} \quad (3)$$

Onde:

**FRC** = Fator de recuperação de capital do projeto (1/ano)  
**CA<sub>T</sub>** = Custo anualizado total do projeto (R\$/ano)  
**IR<sub>T</sub>** = Investimento realizado total do projeto (R\$)

- Vida Útil Média do Projeto: Essa informação foi calculada conforme a equação (4).

$$VU_M = \log_{(1+0,08)} \frac{FRC}{(FRC-0,08)} \quad (4)$$

Onde:

**VU<sub>M</sub>** = Vida útil média do projeto (ano)  
**FRC** = Fator de recuperação de capital do projeto (1/ano)  
**0,08** = taxa de desconto aplicada no PEE ANEEL (1/ano)

- Valor da Energia Evitada (VEE) pelo projeto: esta informação corresponde ao valor médio gasto no projeto para cada unidade de energia (MWh) economizada. Foi calculada conforme a equação (5).

$$VEE = \frac{CA_{nT}}{EE_T} \quad (5)$$

Onde:

**VEE** = Valor da energia evitada do projeto (R\$/MWh)  
**CA<sub>nT</sub>** = Custo anualizado total do projeto (R\$/ano)  
**EE<sub>T</sub>** = Energia anual evitado total do projeto (MWh/ano)

Todos os dados monetários foram também corrigidos monetariamente considerando para isso o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e adotado como o índice de preços oficial pelo governo federal. Para a realização dessa correção, os dados monetários foram multiplicados por um índice de atualização, calculado conforme a equação (6), considerando sempre o índice do IPCA em dezembro do ano de

conclusão do projeto, atualizado para outubro de 2022, conforme dados disponibilizados pelo IBGE (IBGE, 2022).

$$IAM = \frac{IPCA_0}{IPCA_f} \quad (6)$$

Onde:

**IAM** = Índice de Atualização Monetária

**IPCA<sub>0</sub>** = Índice básico vigente no mês de dezembro do ano de conclusão do projeto

**IPCA<sub>f</sub>** = Índice básico vigente no mês de outubro de 2022

Os projetos foram ainda classificados conforme o valor total investido, número de projetos executados, a energia total economizada e o valor médio de energia evitada. Os resultados desta análise e classificação são apresentados no subitem 4.1 da seção 4 deste estudo.

### 3.3 CONTRIBUIÇÃO DOS PROJETOS INDUSTRIAIS DO PEE ANEEL NAS METAS DEFINIDAS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Com os resultados obtidos através da análise dos projetos do PEE ANEEL, foi realizada uma avaliação entre os valores de energia evitada alcançados pelos projetos do PEE ANEEL em geral e no setor industrial e as metas definidas para a eficiência energética no setor elétrico pelos planejamentos energéticos nacionais de médio e longo prazo. Para calcular o percentual de consumo atendido por meio das ações de eficiência energética do PEE ANEEL, foi utilizada a equação (7), tanto para a tipologia industrial quanto para o PEE ANEEL total. Os resultados desta avaliação são apresentados no subitem 4.2 da seção 4 deste estudo.

$$\%EE = \frac{EE_T}{(EE_T + CE_T)} \quad (7)$$

Onde:

**%EE** = Percentual da energia evitada

**CE<sub>T</sub>** = Consumo total de energia (MWh/ano)

**EE<sub>T</sub>** = Energia anual evitada total (MWh/ano)

### 3.4 IMPACTOS DOS PROJETOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL NO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Os impactos dos projetos industriais do PEE ANEEL no sistema elétrico brasileiro foram identificados por meio da comparação do valor médio da energia evitada nestes projetos com o custo médio para a geração de energia elétrica. Os custos de geração foram obtidos por meio dos valores disponibilizados pela Câmara



de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), em seu Relatório de Resultados Consolidados dos Leilões para o mês de novembro de 2022 (CCEE, 2022).

Os valores médios de venda da energia foram calculados conforme a equação (8), sendo que a CCEE atualizou os valores monetários com base no IPCA de outubro de 2022. Os resultados são apresentados no subitem 4.3 da seção 4 deste estudo.

$$VEG = \frac{VN_T}{EC_T} \quad (8)$$

Onde:

**VEG** = Valor da energia gerada (R\$/MWh)

**EC<sub>T</sub>** = Energia total comercializada (MWh)

**VN<sub>T</sub>** = Valor total negociado (R\$)

O valor médio da energia evitada pelos projetos industriais do PEE ANEEL foi apurado conforme já informado no subitem 3.2 deste estudo.

A economia média anual gerada para o sistema elétrico nacional com esses projetos foi calculada conforme a equação (9) e os resultados também são apresentados no subitem 4.3 da seção 4 deste estudo.

$$EA = EE_{ind} \times (VEG_{med} - VEE_{ind}) \quad (9)$$

Onde:

**EA** = Economia média anual (R\$/ano)

**EE<sub>ind</sub>** = Energia anual evitada em projetos da tipologia industrial (MWh/ano)

**VEG<sub>med</sub>** = Valor médio da energia gerada (R\$/MWh)

**VEE<sub>ind</sub>** = Valor médio da energia evitada em projetos da tipologia industrial (R\$/MWh)

### 3.5 VIABILIDADE E POTENCIAL DOS PROJETOS DO PEE ANEEL NO SETOR INDUSTRIAL

A viabilidade dos projetos industriais do PEE ANEEL foi avaliada comparando o valor médio da energia evitada por esses projetos com aqueles do PEE ANEEL executados nos demais setores da economia e também com os custos médios atuais para a geração de energia elétrica no Brasil. Foram utilizados os valores apurados neste estudo conforme já apresentados nos subitens 3.2 e 3.4 desta seção.

Para avaliar o potencial desses projetos voltados para o setor industrial, tanto sob a ótica do sistema elétrico nacional quanto sob a ótica das metas previstas para a eficiência energética nos planejamentos energéticos a médio e longo prazo, foram considerados dois cenários. O Cenário 1 considerou a aplicação de 100% da verba do PEE ANEEL em projetos industriais. Já o Cenário 2 considerou a aplicação da verba do PEE ANEEL nos setores econômicos conforme suas parcelas no consumo total de energia elétrica no Brasil, seguindo os valores disponíveis no BEN (EPE, 2022).

Nos dois cenários primeiramente foram realizados os cálculos para anualizar os valores investidos a serem simulados, conforme a fórmula apresentada na equação (10). Foram considerados os fatores de recuperação de capital médio dos projetos do PEE ANEEL por setor econômicos e os valores atualizados monetariamente, calculados conforme subitem 3.2 desta seção.

$$VA_{sim} = FRC_{méd} \times VI_{sim} \quad (10)$$

Onde:

**VA<sub>sim</sub>** = Valor anualizado simulado (R\$/ano)

**FRC<sub>méd</sub>** = Fator de recuperação de capital médio do setor avaliado (1/ano)

**VI<sub>sim</sub>** = Valor investido simulado (R\$)

Após o cálculo dos valores anualizados, foram realizados os cálculos da energia evitada resultante nos dois cenários, conforme a equação (11). Nesses cálculos foram considerados os valores médios da energia evitada por setor econômico, também calculados conforme subitem 3.2 desta seção.

$$EE_{sim} = \frac{VA_{sim}}{VEE} \quad (11)$$

Onde:

**EE<sub>sim</sub>** = Energia evitada simulada (MWh/ano)

**VA<sub>sim</sub>** = Valor anualizado simulado (R\$/ano)



**VEE** = Valor médio da energia evitada do setor avaliado (R\$/MWh)

Além da energia evitada, foram calculados para os dois cenários simulados a suas economias médias anuais. Nesses cálculos foram consideradas as diferenças entre o valor médio da energia evitada por setor econômico e o valor médio da energia gerada no Brasil. A equação (12) apresenta a fórmula utilizada para esses cálculos.

$$EA_{sim} = EE_{sim} \times (VEG_{med} - VEE) \quad (12)$$

Onde:

**EA<sub>sim</sub>** = Economia média anual simulada (R\$/ano)

**EE<sub>sim</sub>** = Energia anual evitada simulada por setor econômico (MWh/ano)

**VEG<sub>med</sub>** = Valor médio da energia gerada (R\$/MWh)

**VEE** = Valor médio da energia evitada por setor econômico (R\$/MWh)

Os resultados destas análises e avaliações são apresentados no subitem 4.4 da seção 4 desta pesquisa e deverão servir como subsídios para o desenvolvimento de ações de eficiência energética no setor industrial brasileiro pelo PEE ANEEL, demonstrando se esses possuem viabilidade e eficácia para melhorar os resultados desse Programa.

## 4 ANÁLISE E RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE GERAL DOS PROJETOS DO PEE ANEEL

A análise dos projetos executados dentro do PEE ANEEL foi realizada conforme metodologia já descrita no subitem 3.2 da seção 3 deste estudo. Os projetos foram agrupados conforme o setor econômico que suas ações beneficiam. Os projetos das tipologias residencial e baixa renda foram agrupadas no setor residencial, das tipologias poder público e iluminação foram agrupadas no setor poder público. As demais tipologias foram agrupadas conforme seus respectivos setores econômicos: industrial, serviços públicos e comércio e serviços.

A mia.

Tabela 1 e a Tabela 2 apresentam os valores referentes ao investimento total realizado (IR<sub>T</sub>), custo anualizado total (CA<sub>T</sub>), benefício anualizado total (BA<sub>T</sub>), energia evitada total (EE<sub>T</sub>), quantidade total de projetos, RCB média, valor médio da energia evitada (VEE), o FRC médio e a vida útil média (VU<sub>M</sub>) dos projetos por setor da economia.



Tabela 1 – Dados dos projetos do PEE ANEEL por setor econômico

Setor Econômico	IR <sub>T</sub> Atualizado	CAn <sub>T</sub> Atualizado	BA <sub>T</sub> Atualizado	EE <sub>T</sub> (MWh/ano)
Comércio e Serviços	R\$ 22.886.183,66	R\$ 2.678.827,99	R\$ 4.228.301,92	9.575,99
Industrial	R\$ 29.806.427,20	R\$ 4.420.163,96	R\$ 9.674.155,01	28.661,28
Poder Público	R\$ 126.257.596,40	R\$ 17.989.903,33	R\$ 28.024.093,64	66.966,44
Residencial	R\$ 415.860.132,44	R\$ 73.631.018,19	R\$ 156.526.563,95	271.993,01
Serviços Públicos	R\$ 2.760.638,64	R\$ 380.112,38	R\$ 600.382,40	1.098,26
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 597.570.978,34</b>	<b>R\$ 99.100.025,86</b>	<b>R\$ 199.053.496,92</b>	<b>378.294,98</b>

Fonte: Adaptado de ANEEL (2022)

Tabela 2 – Dados dos projetos do PEE ANEEL por setor econômico – cont.

Setor Econômico	Quantidade de Projetos	RCB média	VEE Atual. (R\$/MWh)	FRC médio	VU <sub>M</sub> (anos)
Comércio e Serviços	32	0,63	279,74	0,1171	14,95
Industrial	10	0,46	154,22	0,1483	10,07
Poder Público	56	0,64	268,64	0,1425	10,71
Residencial	70	0,47	270,71	0,1771	7,81
Serviços Públicos	6	0,63	346,10	0,1377	11,30
<b>TOTAL</b>	<b>174</b>	<b>0,50</b>	<b>261,96</b>	<b>0,1658</b>	<b>8,56</b>

Fonte: Adaptado de ANEEL (2022)

Os dados analisados comprovam o forte impacto que a Resolução Normativa ANEEL nº 176 e a Lei nº 12.212 tiveram sobre os investimentos realizados nesse programa pelas concessionárias de distribuição de energia, conforme apontado no estudo de Santos, Astorga, Vieira, Reis & Haddad (2015). Diferentemente do que é observado nas nações mais desenvolvidas e industrializadas, onde conforme Brown (2015), Castro-Alvarez, Vaidyanathan, Bastian & King (2018) e Marques, Fuinhas & Tomás (2019) o setor industrial é priorizado nos programas governamentais de eficiência energética, no Brasil o setor residencial acabou recebendo o maior aporte financeiro do seu principal programa de eficiência energética. Mais de 69% do total desses investimentos foi destinados a projetos que beneficiaram consumidores residenciais, principalmente de baixa renda, seguidos pelos projetos no setor poder público, com 21,13%, e pelos projetos no setor industrial, com 4,99%.



Esses resultados apontam ainda que, conforme indicado pelos estudos de Silva (2018), o valor médio da energia evitada por projetos de eficiência energética no setor industrial é o menor dentre todos os setores avaliados. A tipologia industrial foi a única a apresentar um valor abaixo da média apurada para todos os projetos do PEE ANEEL. Esses dados comprovam o forte impacto que as ações de eficiência energética nas indústrias podem ter nos resultados alcançados pela eficiência energética no Brasil, mesmo com o baixo percentual de investimento da verba do PEE ANEEL no setor industrial.

#### 4.2 CONTRIBUIÇÃO DOS PROJETOS INDUSTRIAIS DO PEE ANEEL NAS METAS DEFINIDAS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O PNE 2030 foi o primeiro planejamento energético nacional de longo prazo a incluir a eficiência energética como uma “fonte energética” e prever que um percentual da energia consumida no país seria atendido por ela. Esse documento projeta que, em 2030, 10% de toda energia consumida no Brasil será atendida por ações de eficiência energética. Considerando apenas o progresso induzido, ou seja, aquele ocasionado por ações adicionais a serem adotadas por meio de programas e políticas públicas de eficiência energética, a projeção é de 5,30% da energia total consumida (MME; EPE, 2007a).

Em 2009 foi publicado o PDE 2019, documento com o planejamento energético a médio prazo que apresentava as metas de consumo de energia elétrica para o ano de 2019, bem como o percentual a ser atendido através de ações de eficiência energética. Esse documento previu um total de 23.324 GWh conservados para o ano de 2019, 3,2% do consumo total previsto de eletricidade no país sem considerar as ações de eficiência energética. Considerando apenas as ações de eficiência energética voltadas para o setor industrial, o PDE 2019 previu uma economia de 1,26% (MME; EPE, 2010).

O percentual de consumo atendido por meio de ações de eficiência energética do PEE ANEEL foi calculado conforme metodologia informada no subitem 3.3 da seção 3 deste estudo, utilizando os dados de energia evitada apresentados na mia.

Tabela 1 e os dados de energia total consumida apresentados na série histórica do BNE disponibilizada pela EPE (2021a). De acordo com a EPE (2021a), no ano de 2019 o consumo total de energia elétrica no Brasil foi de 552.362 GWh/ano. O ano de



2019 foi utilizado como referência por ser o último ano de dados disponibilizados pelo OPEE para os projetos do PEE ANEEL.

A energia evitada no PEE ANEEL atendeu apenas 0,068% da energia consumida no Brasil, enquanto o PNE 2030, elaborado pelo MME e EPE (2007a), previu para a ações adotadas através de programas e políticas públicas de eficiência energética um valor de 5,30% e o PDE 2019, também elaborado pelo MME e EPE (2010), previu um valor de 3,2%. O PDE 2019 ainda previa que 39,28% da meta prevista para eficiência energética fosse atendida por ações de eficiência energética no setor industrial, mas nos resultados obtidos pelo PEE ANEEL no período analisado, o setor industrial foi responsável por apenas 7,35% da energia total evitada pelo programa.

#### 4.3 IMPACTOS DOS PROJETOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL NO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

A análise dos impactos dos projetos do PEE ANEEL possibilita a avaliação da viabilidade do investimento em projetos de eficiência energética frente aos investimentos em expansão do sistema elétrico nacional. Esta análise seguiu a metodologia apresentada no subitem 3.4 da seção 3 desta pesquisa.

A



Tabela 3 apresenta os dados de geração de energia elétrica referentes à energia contratada total ( $EC_T$ ), ao valor total negociado ( $VN_T$ ) e ao valor médio da energia gerada (VEG) por fonte energética, considerando apenas os contratos de comercialização de energia elétrica com vigência ativa.



Tabela 3 – Valores médios de geração de energia elétrica

Fonte Energética	EC <sub>T</sub> (MWh)	VN <sub>T</sub> (R\$ milhões)	VEG (R\$/MWh)
Biomassa	465.472.683,00	139.066,16	298,76
Carvão	294.906.180,00	92.281,48	312,92
Eólica	1.426.171.722,81	300.679,25	210,83
Gás de Processo	26.299.200,00	8.920,18	339,18
Gás Natural	1.864.719.740,61	665.196,89	356,73
Hidráulica	3.444.212.521,50	728.851,33	211,62
Derivados Petróleo	698.575.128,05	235.574,15	337,22
Resíduo Sólido Urbano	2.314.224,00	1.388,07	599,80
Solar Fotovoltaica	225.344.587,20	65.910,58	292,49
<b>TOTAL</b>	<b>8.448.015.987,17</b>	<b>2.237.868,09</b>	<b>264,90</b>

Fonte: Adaptado de CEEE (2022)

Conforme os valores acima apresentados, o custo médio para geração de energia elétrica dos contratos com vigência ativa no SIN foi de R\$ 264,90 por MWh, um valor 1,12% acima do valor médio da energia evitada pelos projetos do PEE ANEEL, que foi de R\$ 261,96 por MWh conforme já apresentado na Tabela 2 do subitem 4.1 desta seção. O valor médio da energia evitada do PEE ANEEL ficou acima dos valores de geração apurados para as fontes eólicas e hidráulicas e abaixo dos valores de geração para as demais fontes energéticas.

A economia média anual advinda dos projetos executados dentro do PEE ANEEL para o SIN foi calculada conforme a metodologia apresentada no subitem 3.4 da seção 3 desse estudo. A Tabela 4 apresenta os valores referentes a energia evitada total (EE<sub>T</sub>), o valor médio da energia evitada (VEE) e a economia média anual (EA) advinda dos projetos do PEE ANEEL por setor econômico e no total.

Tabela 4 – Economia média anual do PEE ANEEL no SIN

Setor Econômico	EE <sub>T</sub> (MWh/ano)	VEE (R\$/MWh)	EA (mil R\$/ano)
Comércio e Serviços	9.575,99	279,74	-142,11
Industrial	28.661,28	154,22	3.172,23
Poder Público	66.966,44	268,64	-250,45
Residencial	271.993,01	270,71	-1.580,28
Serviços Públicos	1.098,26	346,10	-89,18
<b>TOTAL</b>	<b>378.294,98</b>	<b>261,96</b>	<b>1.110,21</b>

Fonte: Elaboração do autor

Os valores aqui apresentados estão alinhados com o que Brown (2015), Jannuzzi, Swisher e Redlinger (2018) e o *National Action Plan for Energy Efficiency* (2009) afirmam sobre a eficiência energética, demonstrando que o investimento em



ações dessa área é mais viável do que o investimento na expansão do sistema de geração e transmissão de energia.

Avaliando os resultados da economia média anual do PEE ANEEL, verifica-se que o único setor em que os investimentos em ações de eficiência energética geraram economia do ponto de vista do sistema elétrico nacional foi o industrial. Todos os demais, por possuírem seu valor médio de energia evitada acima do valor médio da energia gerada no Brasil, não geraram economia nesse sentido, apresentando valores negativos para esse item calculado.

A economia média anual advinda dos projetos do PEE ANEEL no setor industrial foi de R\$ 3.172,23 mil por ano. Como a economia média dos projetos nos demais setores foi negativa, a economia média anual advinda do PEE ANEEL foi de R\$ 1.110,21 mil por ano, ainda sim positiva.

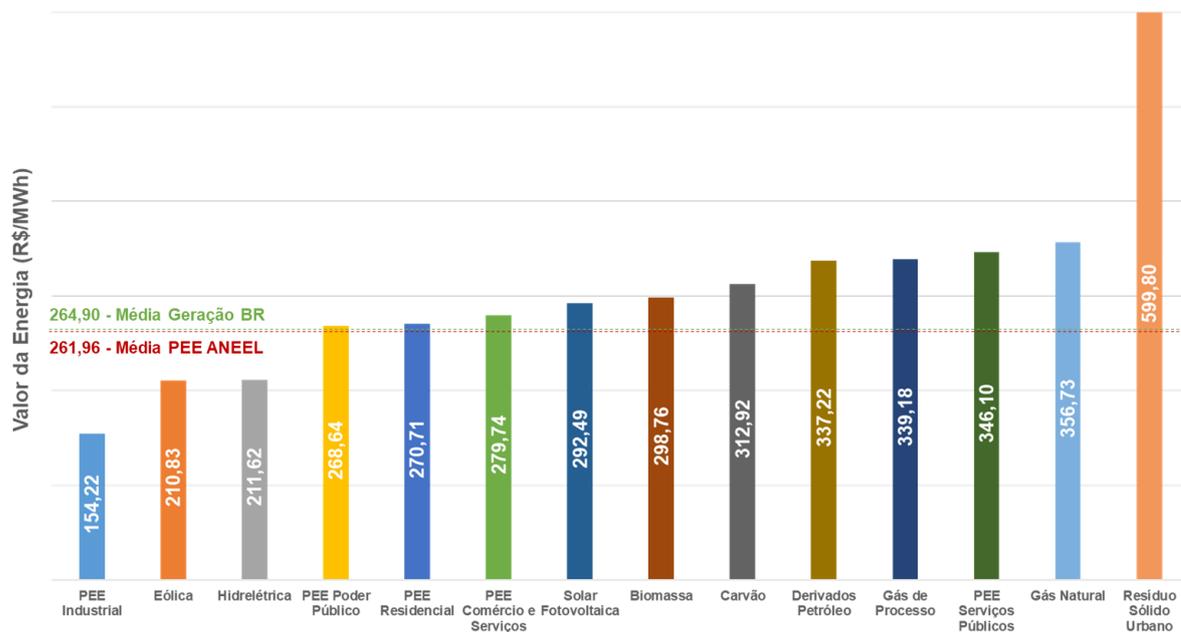
#### 4.4 VIABILIDADE E POTENCIAL DOS PROJETOS DO PEE ANEEL NO SETOR INDUSTRIAL

A avaliação da viabilidade e potencial dos projetos de eficiência energética no setor industrial do PEE ANEEL podem servir como subsídios para o desenvolvimento de ações de eficiência energética no setor industrial brasileiro pelo PEE ANEEL, demonstrando se os mesmos possuem viabilidade e eficácia para melhorar os resultados desse Programa.

A análise da viabilidade dos projetos industriais do PEE ANEEL foi realizada conforme a metodologia apresentada no subitem 3.5 da seção 3 desta pesquisa, comparado o valor da energia evitada por esses projetos com os projetos do PEE ANEEL executados nos demais setores da economia e também com os custos médios atuais para a geração de energia elétrica no Brasil. O Gráfico 4 apresenta os valores médios da energia evitada dos projetos do PEE ANEEL por setores econômicos e os valores médios de geração de energia para as principais fontes energéticas.

Gráfico 4 - Valor da energia evitada PEE ANEEL e energia gerada no Brasil





Fonte: Adaptado de CEEE (2022) e ANEEL (2022)

Verifica-se por meio desse gráfico que o valor médio de energia evitada nos projetos industriais de eficiência energética é o menor tanto no comparativo com os valores dos projetos nos demais setores quanto aos valores de geração por qualquer fonte energética. Esses resultados indicam que, conforme apontado pelos estudos de Silva (2018), as ações de eficiência energética no setor industrial são as que apresentam maior viabilidade e eficiência. O custo médio para se economizar 1 MWh com os projetos no setor industrial do PEE ANEEL, é 41,78% menor do que o custo médio para geração de energia elétrica dos contratos com vigência ativa no SIN.

A análise dos valores investidos e resultados obtidos pelos projetos de eficiência energética executados dentro do PEE ANEEL também permite avaliar o potencial desses projetos voltados para o setor industrial, tanto sob a ótica do sistema elétrico nacional quanto sob a ótica das metas previstas para a eficiência energética nos planejamentos energéticos a médio e longo prazo.

Conforme já apresentado no subitem 3.5 da seção 3 deste estudo, a metodologia utilizada para a avaliação desse potencial considerou dois cenários, um cenário onde 100% da verba do PEE ANEEL é aplicada em projetos da tipologia industrial, chamado de Cenário 1, e um outro cenário onde a aplicação da verba do PEE ANEEL nos setores econômicos é realizada conforme suas parcelas no consumo total de energia elétrica no Brasil, chamado de Cenário 2.

A Tabela 5 apresenta os resultados simulados referentes ao valor investido ( $VI_{sim}$ ), FRC médio, valor anualizado ( $VA_{sim}$ ), valor médio da energia evitada (VEE), energia total evitada ( $EE_{sim}$ ) e a economia anual ( $EA_{sim}$ ) para o Cenário 1.

Tabela 5 – Potencial PEE setor industrial: Cenário 1

Setor Econômico	$VI_{sim}$ (R\$)	FRC médio	$VA_{sim}$ (R\$/ano)	VEE (R\$/MWh)	$EE_{sim}$ (MWh/ano)	$EA_{sim}$ (R\$/ano)
Industrial	597.570.978,34	0,1483	88.617.185,94	154,22	574.612,62	63.597.696,26

Fonte: Elaboração do autor

No Cenário 1, com todo o valor do PEE sendo investido no setor industrial, a energia evitada anual simulada foi de 574.612,62 MWh/ano, 51,90% maior do que o que foi obtido com os projetos executados entre 2009 e 2019. Nesse cenário, a economia anual potencial para o sistema elétrico nacional é de R\$ 63.597.696,26.

Considerando a energia evitada anual do Cenário 1 e o consumo de energia elétrica no Brasil no ano de 2019, as ações de eficiência energética no setor industrial poderiam ter atendido 0,104% desse consumo. Um valor ainda bem abaixo das metas de médio e longo prazo estipuladas no PDE 2019 e PNE 2030, mas maior do que os 0,068% atendidos pelos projetos executados pelo PEE ANEEL entre 2009 e 2019.

A ) para o Cenário 2.

Tabela 6 apresenta os resultados simulados referentes ao valor investido ( $VI_{sim}$ ), FRC médio, valor anualizado ( $VA_{sim}$ ), valor médio da energia evitada (VEE), energia total evitada ( $EE_{sim}$ ) e a economia anual ( $EA_{sim}$ ) para o Cenário 2.



Tabela 6 – Potencial PEE setor industrial: Cenário 2

Setor Econômico	Consumo Energia BR	Vi <sub>sim</sub> (mil R\$)	FRC médio	VA <sub>sim</sub> (mil R\$/ano)	VE <sub>sim</sub> (R\$/MWh)	EE <sub>sim</sub> (MWh/ano)	EA <sub>sim</sub> (mil R\$/ano)
Residencial	27,18%	162.419,79	0,1771	28.757,59	270,71	106.230,54	-617,12
Poder Público	7,82%	46.730,05	0,1425	6.658,36	268,64	24.785,40	-92,71
Comércio e Serviços	21,42%	127.999,70	0,1171	14.982,37	279,74	53.557,37	-795,02
Industrial	36,22%	216.440,21	0,1483	32.097,14	154,22	208.124,69	23.035,09
Serviços Públicos	7,37%	44.040,98	0,1377	6.064,00	346,10	17.520,75	-1.422,76
<b>TOTAL</b>		<b>597.630,73</b>	<b>0,1482</b>	<b>88.559,47</b>	<b>215,88</b>	<b>410.218,75</b>	<b>20.107,48</b>

Fonte: Elaboração do autor

No Cenário 2, com os investimentos do PEE ANEEL seguindo as parcelas de consumo de energia elétrica no Brasil por setor da economia, a energia evitada anual simulada foi de 410.218,75 MWh/ano, 8,4% maior do que o que foi obtido com os projetos executados entre 2009 e 2019, apresentando assim uma economia anual potencial para o sistema elétrico nacional de R\$ 20.107.480,09.

Nesse cenário o único setor em que os investimentos geram economia do ponto de vista do sistema elétrico nacional é o industrial. Todos os demais, por possuírem seu valor médio de energia evitada acima do valor médio da energia gerada no Brasil, não geram economia nesse sentido, apresentando valores negativos para esse item calculado.

Quando é considerado a energia evitada anual do Cenário 2 e o consumo de energia elétrica no Brasil no ano de 2019, as ações de eficiência energética do PEE ANEEL em geral poderiam ter atendido 0,074% desse consumo e as ações no setor industrial atenderiam 0,038%. Esses valores são mais baixos que os simulados no Cenário 1 e também estão bem abaixo das metas de médio e longo prazo estipuladas no PDE 2019 e PNE 2030, mas ainda maior do que os 0,068% atendidos pelos projetos executados pelo PEE ANEEL entre 2009 e 2019.

## 6 CONCLUSÕES



Este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto dos projetos de eficiência energética no setor industrial executados dentro do PEE ANEEL no Sistema Elétrico Brasileiro e nas metas definidas para a eficiência energética no PNE 2030 e no PDE 2019, através de uma revisão bibliográfica e documental e também da análise dos resultados obtidos pelos projetos executados dentro do PEE ANEEL entre os anos de 2009 a 2019.

Como demonstrado na revisão bibliográfica e nas análises realizadas, a eficiência energética possui uma viabilidade técnica e econômica melhor do que a expansão do sistema energético. A revisão bibliográfica realizada ainda demonstra que as nações mais desenvolvidas e industrializadas priorizam o setor industrial nos seus programas governamentais de eficiência energética. Essas nações são também as que apresentam as melhores classificações no principal ranking internacional de eficiência energética, o *International Energy Efficiency Scorecard*, elaborado e publicado pela ACEEE.

Os resultados apurados pelas análises dos projetos executados dentro do PEE ANEEL, bem como a revisão bibliográfica e documental realizada, apontam que o setor industrial brasileiro, setor que mais consome energia elétrica e que possui um dos maiores potenciais de eficiência energética, é um dos que recebe o menor aporte financeiro dos programas de eficiência energética brasileiros existentes. Em nenhuma das políticas governamentais brasileiras voltadas a eficiência energética, a indústria é priorizada. Como reflexo de sua política energética, o país aparece nas últimas colocações no *International Energy Efficiency Scorecard* da ACEEE.

A obrigação legal de investimento em eficiência energética para projetos do PEE ANEEL voltados a comunidades de baixa renda entre 2005 e 2016 concentrou a principal fonte de investimentos em ações de eficiência energética no Brasil no setor residencial, principalmente nos projetos voltados para consumidores de baixa renda. Mesmo com o final dessa obrigação legal a regulamentação atual desse programa ainda dificulta a destinação de uma parte maior de sua verba para consumidores com fins lucrativos, como o setor industrial.

De acordo com as análises realizadas, os projetos industriais de eficiência energética foram os que apresentaram maior viabilidade e potencial frente aos projetos nos demais setores da economia e frente também a geração de energia elétrica por qualquer que seja a sua fonte energética. Nos dois cenários de investimentos simulados neste estudo, os resultados foram melhores do que os que



foram apurados com os dados do PEE ANEEL. Os dois cenários também comprovam o potencial existente para as ações de eficiência energética no setor industrial, demonstrando que quanto maior o investimento destinado aos projetos industriais de eficiência energética, melhores poderão ser os resultados obtidos para o sistema elétrico. Os resultados destas simulações ainda demonstram que apenas o setor industrial apresenta potencial de economia sob o ponto de vista do sistema elétrico nacional.

O setor industrial possui um grande potencial para a execução de ações de eficiência energética, que podem gerar uma grande economia para o setor elétrico nacional como também auxiliar no atendimento a demanda prevista para os próximos anos, que anda deve sofrer um aumento significativo dentro do cenário de pós-pandemia da COVID-19. São necessárias ainda pesquisas, a fim de identificar quais as melhores ações a serem adotadas no Brasil para uma maior exploração do potencial de eficiência energética no setor industrial, visando otimizar seus resultados para o setor energético nacional. Essas pesquisas devem buscar identificar as principais barreiras que a regulamentação atual dos programas de eficiência energética existentes, principalmente o PEE ANEEL, apresentam para que mais projetos do setor industrial sejam beneficiados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTOÉ, L.; COSTA, J. M.; OLIVEIRA FILHO, D.; MARTINEZ, F. J. R.; FERRAREZ, A. H.; VIANA, L. de A. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 285–297, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890022>

ANEEL. **Resolução Normativa nº 176, de 28 de Novembro de 2005**. Estabelece critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656831/14944470/REN+176-2005.pdf/105589d8-8dc4-4807-93d6-3c9f0ea7c5da>. Acesso em: 30 jan. 2022.

ANEEL. **Regulamentações Anteriores - Programa de Eficiência Energética - ANEEL**. [s. l.], 2018. Disponível em: [https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset\\_publisher/94kK2bHDLPmo/content/regulamentacoes-antteriores/656831?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-eficiencia-energetica%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_94kK2bHDLPmo%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_pos%3D1%26p\\_p\\_col\\_count%3D2](https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset_publisher/94kK2bHDLPmo/content/regulamentacoes-antteriores/656831?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-eficiencia-energetica%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_94kK2bHDLPmo%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2). Acesso em: 9 jan. 2022.



ANEEL. **Programa de Eficiência Energética - ANEEL.** [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>. Acesso em: 9 jan. 2022.

ANEEL. **Acompanhamento da Expansão da Oferta de Energia Elétrica.** [s. l.], 2021a. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/acompanhamento-da-expansao-da-oferta-de-geracao-de-energia-eletrica>. Acesso em: 11 ago. 2021.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 920, de 23 de fevereiro de 2021.** Aprova os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética - PROPEE e revoga a Resolução Normativa nº 556, de 18 de junho de 2013, o art. 1º da Resolução Normativa nº 830, de 23 de outubro de 2018, e a Resolução Normativa nº 892, de 11 de agosto de 2020. Brasília: ANEEL, 2021b. Disponível em: [https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-920-de-23-de-fevereiro-de-2021-\\*-306209537](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-920-de-23-de-fevereiro-de-2021-*-306209537). Acesso em: 8 jan. 2022.

ANEEL. **Gestão do Programa - Programa de Eficiência Energética - ANEEL.** [s. l.], 2021c. Disponível em: [https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset\\_publisher/94kK2bHDLPmo/content/gestao-do-programa/656831?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-eficiencia-energetica%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_94kK2bHDLPmo%26](https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset_publisher/94kK2bHDLPmo/content/gestao-do-programa/656831?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-eficiencia-energetica%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_94kK2bHDLPmo%26). Acesso em: 6 set. 2021.

ANEEL. **OPEE.** [s. l.], 2022. Disponível em: <https://siase.aneel.gov.br/WebOpee/>. Acesso em: 22 nov. 2021.

ASSUNÇÃO, J.; SCHUTZE, A.; BROLHATO, S. **Panorama e Desafios da Eficiência Energética no Brasil.** Rio de Janeiro: [s. n.], 2018. Disponível em: [https://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2018/08/Sumario\\_Panorama\\_Desafios\\_Eficiencia\\_Energetica\\_Brasil.pdf](https://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2018/08/Sumario_Panorama_Desafios_Eficiencia_Energetica_Brasil.pdf). Acesso em: 6 mar. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.212 de 20 de janeiro de 2010.** Dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica; altera as Leis nos 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.925, de 23 de julho de 2004, e 10.438, de 26 de abril de 2002; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12212.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12212.htm). Acesso em: 9 jan. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.280, de 3 de maio de 2016.** Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, para disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética. Brasília: Presidência da República, 2016. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/l13280.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13280.htm). Acesso em: 9 jan. 2022.

BROWN, M. Innovative energy-efficiency policies: an international review. **WIRES Energy Environ**, v. 4, p. 1–25, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wene.125>

CARRASCO, J. C.; MARIOTONI, C. A.; NATURESA, J. S. Influences of economic development in the Brazilian energy efficiency projects. **Revista Labor & Engenho**, v. 6, n. 3, p. 92–104, 2012. Disponível em:



<https://doi.org/https://doi.org/10.20396/lobore.v6i3.8634437>

CASTRO-ALVAREZ, F.; VAIDYANATHAN, S.; BASTIAN, H.; KING, J. **The 2018 International Energy Efficiency Scorecard**. Washington: [s. n.], 2018. Disponível em: <https://www2.aceee.org/l/310911/2018-06-25/2v164b>. Acesso em: 16 ago. 2021.

CCEE. **Relatório de Resultados Consolidados dos Leilões - Novembro de 2022**. São Paulo: [s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/acervo-ccee?especie=38753&assunto=39056&keyword=consolidado&periodo=1825>.

CIRIBELLI, M. C. **Como elaborar uma dissertação de mestrado através da pesquisa científica**. Rio de Janeiro: 7Letras, 2003.

EPE. **Planejamento Energético - Planejamento de Longo Prazo**. [s. l.], 2021a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/planejamento-energetico/planejamento-de-longo-prazo>. Acesso em: 6 mar. 2022.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021: ano base 2020**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2021 b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>.

EPE. **Balço Energético Nacional - BEN**. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acesso em: 23 abr. 2023.

FUCHS, V. B. Blaming the weather, blaming the people: Socio-environmental governance and a crisis attitude in the Brazilian electricity sector. **Ambiente e Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 221–246, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC0260R1V1922016>

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

IBGE. **Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) - Série histórica**. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1737>. Acesso em: 19 nov. 2022.

JANNUZZI, G. de M.; SWISHER, J.; REDLINGER, R. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: oferta, demanda e suas interfaces**. 2ª ed. Campinas: IEI Brasil, 2018. *E-book*. Disponível em: <https://iei-brasil.org/livro-pir/>

LINARES, P.; LABANDEIRA, X. Energy efficiency: Economics and policy. **Journal of Economic Surveys**, v. 24, n. 3, p. 573–592, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2009.00609.x>

MAGINADOR, J. A. G. **Análise dos impactos dos programas de eficiência energética e proposições de melhorias dos programas nacionais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/150931>. Acesso em: 10 ago. 2021.

MARQUES, A. C.; FUINHAS, J. A.; TOMÁS, C. Energy efficiency and sustainable growth in industrial sectors in European Union countries: A nonlinear ARDL approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 239, 2019. Disponível em:



<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118045>

MME. **Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas**. Brasília: [s. n.], 2011. Disponível em: [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br). Acesso em: 24 out. 2020.

MME; EPE. **Plano Nacional de Energia 2030. Vol. 11 - Eficiência Energética**. Brasília: [s. n.], 2007 a. v. 11 *E-book*. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE 2030 - Eficiência Energética.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%2030%20-%20Eficiencia%20Energetica.pdf). Acesso em: 25 ago. 2021.

MME; EPE. **Plano Nacional de Energia 2030. Vol.2 Projeções**. Brasília: MME; EPE, 2007 b. v. 2 *E-book*. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE 2030 - Projeções.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%2030%20-%20Projecoes.pdf). Acesso em: 6 out. 2021.

MME; EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2019>. Acesso em: 22 nov. 2022.

MME; EPE. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: [s. n.], 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio Final do PNE 2050.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio_Final_do_PNE_2050.pdf). Acesso em: 5 mar. 2022.

NATIONAL ACTION FOR ENERGY EFFICIENCY. **Energy Efficiency as a Low-Cost Resource for Achieving Carbon Emissions Reductions**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/ee\\_and\\_carbon.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/ee_and_carbon.pdf).

ONS. **Avaliação das Condições de Atendimento Eletroenergético do Sistema Interligado Nacional - Estudo Prospectivo agosto a novembro de 2021**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2021. Disponível em: [http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/NT-ONS DGL 0093-2021 - Estudo Prospectivo Agosto-Novembro\\_VF %281%29.pdf](http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/NT-ONS_DGL_0093-2021_-_Estudo_Prospectivo_Agosto-Novembro_VF_%281%29.pdf). Acesso em: 6 set. 2021.

PAVANELLI, J. M. M.; IGARI, A. T. Institutional reproduction and change: An analytical framework for brazilian electricity generation choices. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 9, n. 5, p. 252–263, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.32479/ijeep.8056>

SANTOS, A. H. M.; HADDAD, J.; BAJAY, S. V. Eficiência energética e sua inserção no planejamento energético brasileiro. **Revista Brasileira de Energia**, v. 27, n. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47168/RBE.V27I3.643>

SANTOS, R. E. R. dos; ASTORGA, O. A. M.; VIEIRA, N. D. B.; REIS, K. F. dos; HADDAD, J. Análise do Desempenho Energético do Programa de Eficiência Energética (PEE) da Aneel. **The XI Latin-American Congress Electricity Generation and Transmission – CLAGTEE 2015**, n. November, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/283901778\\_Analise\\_do\\_desempenho\\_energetico\\_do\\_Programa\\_de\\_Eficiencia\\_Energetica\\_PEE\\_da\\_ANEEL](https://www.researchgate.net/publication/283901778_Analise_do_desempenho_energetico_do_Programa_de_Eficiencia_Energetica_PEE_da_ANEEL)



SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. *E-book*. Disponível em: [https://tccbiblio.paginas.ufsc.br/files/2010/09/024\\_Metodologia\\_de\\_pesquisa\\_e\\_elaboracao\\_de\\_teses\\_e\\_dissertacoes1.pdf](https://tccbiblio.paginas.ufsc.br/files/2010/09/024_Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes1.pdf). Acesso em: 1 maio. 2022.

SILVA, R. D. de S. e. **Modelo para Tomada de Decisão em Programas de Eficiência Energética no Setor de Distribuição de Eletricidade**. 2018. Tese (Doutor em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=6327389#](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6327389#). Acesso em: 10 ago. 2021.

TOLMASQUIM, M. T. (coord). **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, 2016. *E-book*. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia\\_Renovavel\\_Online\\_16maio2016.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia_Renovavel_Online_16maio2016.pdf)

