UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CECILIA DE ALMEIDA OLIVEIRA

ANÁLISE DOS PROCESSOS DE IMPLANTAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DOS SEUS IMPACTOS EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR

JUIZ DE FORA
2022

CECILIA DE ALMEIDA OLIVEIRA

ANÁLISE DOS PROCESSOS DE IMPLANTAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DOS SEUS IMPACTOS EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientadora: D.Sc. Cristina Marcia Barros de Castro

JUIZ DE FORA

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Oliveira, Cecilia de Almeida.
ANÁLISE DOS PROCESSOS DE IMPLANTAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DOS SEUS IMPACTOS EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR / Cecilia de Almeida Oliveira. -- 2022.
55 f. : il.

Orientadora: Cristina Márcia Barros de Castro
Coorientadores: Roberta Cavalcanti Pereira Nunes, Bruno Milanez
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2022.

1. Eficiência Energética. 2. Tecnologias eficientes. I. Castro, Cristina Márcia Barros de , orient. II. Nunes, Roberta Cavalcanti Pereira , coorient. III. Milanez, Bruno , coorient. IV. Título.

CECILIA DE ALMEIDA OLIVEIRA

ANÁLISE DOS PROCESSOS DE IMPLANTAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DOS SEUS IMPACTOS EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 10 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

D.Sc., Cristina Márcia Barros de Castro

Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc., Roberta Cavalcanti Pereira Nunes

Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc., Bruno Milanez

Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Tudo o que sou hoje é graças à minha mãe e ao meu pai, Leila e Márcio. Desde pequena, cuidaram e acreditaram em mim mesmo quando eu mesma não acreditei. Devo tudo a eles, por isso primeiramente agradeço aos dois, minha base de tudo.

Agradeço aos meus irmãos Thiago e Beatriz, que cresceram comigo e fazem parte de mim. Ao meu irmão que fez da minha infância uma das melhores e minha irmã que sempre foi amiga, companheira e que dividiu comigo momentos que marcaram minha história.

Agradeço aos meus avós que me deixaram com uma saudade eterna, mas que me mostraram a parte boa da vida e me ensinaram diariamente o que era o amor.

Agradeço aos meus tios que mesmo de longe, cuidaram de mim como pais, e aos meus primos e primos-irmãos que me proporcionam momentos de pura felicidade e amor.

Agradeço aos melhores do mundo por serem minha segunda família, me apoiarem todos os dias e por me mostrarem o que é uma amizade verdadeira.

Agradeço a todos os meus amigos e ao meu companheiro que me conhecem melhor do que eu e que sempre estiveram comigo, independente da situação, me apoiando em momentos que mais precisei.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram com este trabalho e me ajudaram a entregá-lo com excelência.

Agradeço à professora Cristina Marcia Barros de Castro, minha orientadora, por toda atenção, disponibilidade, paciência e direcionamentos que contribuíram de forma valiosa para a minha pesquisa.

Agradeço à professora Roberta Pereira Nunes e ao professor Bruno Milanez pela experiência, auxílio e disponibilidade que contribuíram para o amadurecimento deste trabalho.

Agradeço à Universidade Federal de Juiz de Fora pela educação de qualidade que me ajudou a me tornar alguém que eu me orgulho. Agradeço por me possibilitar a concretização de um sonho, que é me formar em um curso com o qual me identificasse e terei prazer em trabalhar.

RESUMO

Para atender às demandas tecnológicas e industriais da sociedade, a utilização de energia elétrica assume um papel fundamental no dia a dia das pessoas a nível mundial. Em busca de soluções para a diminuição do uso de fontes não renováveis, principal fonte de energia atual, programas de eficiência energética começaram a surgir. Entre eles, no Brasil, foi criado, pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Programa de Eficiência Energética (PEE) a fim de implantar projetos principalmente em instituições sem fins lucrativos, sem gerar custos para a entidade. O principal objetivo deste trabalho é verificar como as ações de eficiência energética causaram impactos financeiros e ambientais relevantes em uma Universidade Federal brasileira e apontar a importância de ações governamentais neste processo. Este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa de natureza aplicada, descritiva, de abordagem qualitativa e quantitativa, com o método do estudo de caso. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada a metodologia de pesquisa exploratória, do tipo pesquisa bibliográfica. Dado o PEE, o programa resultou em uma economia de energia anual de 476,75 MWh, que equivale a R$249.642,77 a menos na fatura de energia da instituição. Com o projeto, foi evitada a emissão de 24,314 toneladas de CO_2 por ano. Sessenta e sete árvores seriam necessárias para a compensação deste GEE que continuaria a ser emitido caso o projeto não fosse implementado. O programa trouxe benefícios econômicos e ambientais para a instituição, concessionária, sistema elétrico nacional e sociedade, devido a essa elevada diminuição no consumo de energia da Universidade, mostrando-se altamente viável e deixando clara a importância deste tipo de programa no país.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Tecnologias eficientes.

ABSTRACT

In order to meet the technological and industrial demands of society, the use of electricity plays a fundamental role in people's daily lives worldwide. In search of solutions to reduce the use of non-renewable energy sources, which stands out as the main energy source in the current scenario in Brazil, energy efficiency programs began to emerge. Among them the Energy Efficiency Program was created by the National Electric Energy Agency in Brazil in order to implement projects mainly in non-profit institutions without generating costs for the entity. The main objective of this work is to verify how energy efficiency actions have caused only financial but also relevant impacts in a Brazilian Federal University and to point out the importance of government actions in this process. This work can be classified as an applied and descriptive research using a qualitative and quantitative approach with the case study method. For the development of this work, an exploratory research methodology was used with literature review. The energy efficiency program resulted in an annual energy savings of 476.75 MWh, which is equivalent to R$249,642.77 less in the energy costs. Through this project, the emission of 24,314 tons of CO_2 per year was avoided. Sixty-seven trees would be needed to offset this *Greenhouse Gas* which would continue to be emitted if the project was not implemented. The program brought economic and environmental benefits to the institution, concessionaire, national electricity system and society, due to the high reduction in energy consumption in the university, proving itself to be highly viable and making clear the importance of this type of program in the country.

Keywords: Energy Efficiency, Efficient Technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz Energética Brasileira - 2020 22

Figura 2 – Linha do tempo dos principais marcos regulatórios do Brasil do âmbito de Eficiência Energética 25

Figura 3 – Módulos do PROPEE 29

Figura 4 – Fluxo de Processos 37

Figura 5 - Departamento de Educação - Anfiteatro - Antes (LFT T5 14W) e depois (Tubo LED T5 7,5W) 42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Log do consumo per capita vs log do PIB per capita para os 143 países analisados entre os anos de 1990 e 2014 12

Gráfico 2 – Participação setorial no consumo de eletricidade do ano de 2020 23

Gráfico 3 – Estimativa da evolução de vagas de ingresso na graduação, por ano 36

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais S.A.
CPP	Chamada Pública de Projetos
EE	Eficiência Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCO	*Energy Service Company*
GEE	Gases Efeito Estufa
GHG	*Greenhouse Gas*
IDESAM	Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas
M&V	Medição e Verificação
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PCN	Programa Carbono Neutro
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Programa de Mobilização Energética
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PNE	Plano Nacional de Energia
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
RCB	Relação Custo-Benefício
UFLA	Universidade Federal de Lavras
WBCSD	*World Business Council for Sustainable Development*
WRI	*World Resources Institute*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 12

1.2. JUSTIFICATIVA 14

1.3. ESCOPO DO TRABALHO 15

1.4. ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 16

1.5. DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 17

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO 17

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19

2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 19

2.1.1. Eficiência energética no Brasil 21

2.2. PROGRAMAS E POLÍTICAS PÚBLICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 24

2.2.1. Chamadas Públicas de Projetos (CPP's) 28

2.3. TIPOLOGIA PODER PÚBLICO: UNIVERSIDADES 33

2.3.1. Universidade Federal de Lavras 34

2.3.2. Fluxo de Seleção e Execução dos Projetos 37

3. RESULTADOS 41

3.1. RESULTADOS ALCANÇADOS 41

3.1.1. Celebração do Instrumento Contratual 41

3.1.2. Plano de m&v 42

3.1.3. Execução 42

3.1.4. Relatório Final do Projeto 46

3.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 46

4. CONCLUSÕES 49

5. REFERÊNCIAS 51

6. ANEXO A - TERMO DE DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE 55

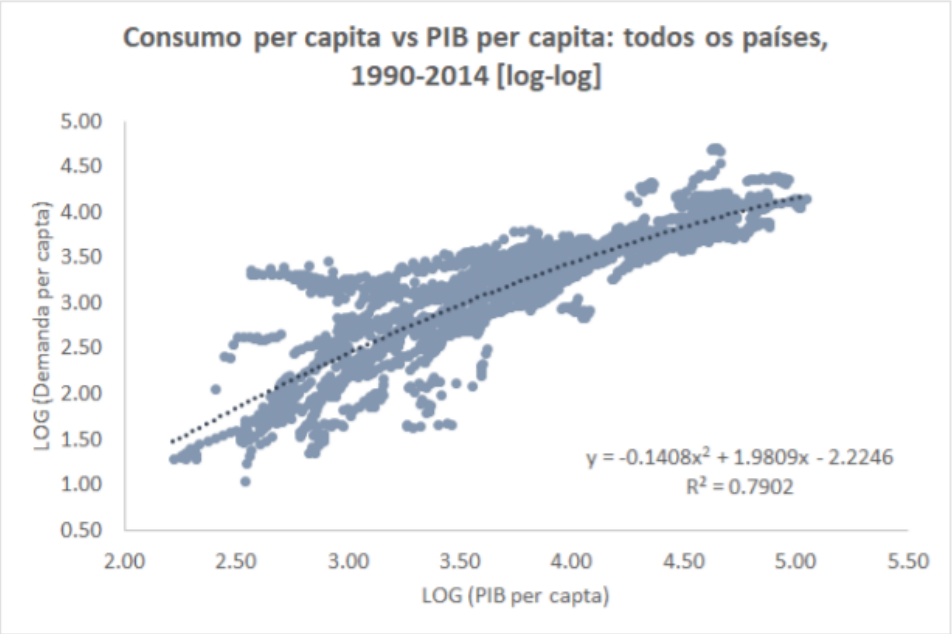
1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Muitos países têm enfrentado diversos desafios para acompanhar o crescimento econômico e as necessidades energéticas da população, uma vez que a demanda por energia elétrica vem crescendo continuamente (ALTOÉ *et al.*, 2017).

A população mundial a partir da segunda metade do século XX, aumentou de 3 para 7 bilhões de pessoas. Este fator, juntamente com a evolução tecnológica a nível mundial, são as principais razões que levaram ao considerável aumento no consumo de energia. Juntamente com esses fatores, é possível relacionar o consumo de energia elétrica com o valor do Produto Interno Bruto (PIB) do país. O Gráfico 1 mostra essa relação. Estes dados são referentes a informações anuais per capita do consumo de energia elétrica e do PIB de 143 países ao redor do mundo (WERLANG e GELLER, 2018).

Gráfico 1: Log do consumo per capita vs log do PIB per capita para os 143 países analisados entre os anos de 1990 e 2014.



Fonte: WERLANG e GELLER (2018).

A administração das nações tem direcionado muitos esforços a fim de contribuir para a diminuição do consumo exagerado de energia elétrica e mitigar os impactos ambientais

causados pela má gestão de energia (NELI *et al.*, 2020 e FERREIRA, 2013). A partir dos anos 2000, houveram diversas iniciativas ambientais a nível internacional. Essas iniciativas tinham como objetivo estimular a transição do sistema de energia fóssil para um sistema proveniente de energias renováveis, atrelado a práticas de sustentabilidade e de atitudes que procurem amenizar as mudanças do clima do planeta. Um exemplo famoso de uma dessas iniciativas é o Protocolo de Kyoto, realizado no Japão no ano de 1997, que consistiu em um compromisso entre países integrantes da Organização das Nações Unidas (ONU) em diminuir a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). O principal objetivo do movimento era diminuir as emissões em 5,2% com relação aos níveis de emissão do ano de 1990 (MMA, 2019). O programa não obteve êxito, uma vez que diversos países ainda são altamente dependentes de fontes fósseis de energia (SANTOS, 2020).

A crescente consciência ambiental da sociedade mundial e a grande necessidade de recursos energéticos estimulou ações de eficiência energética desde a década de 1980 (SOUZA, 2011). Segundo Santos (2020), a eficiência energética atua com um papel importante no desenvolvimento energético nacional, uma vez que, de acordo com a ISO 50001, ela propõe produzir mais, com menos energia, sem modificar o conforto e qualidade. Ela também propõe gerar a mesma quantidade de energia utilizando menos recursos naturais.

As ações têm como principais objetivos a redução no custo e no consumo de energia elétrica, ganhos financeiros associados ao desenvolvimento industrial, diminuição dos impactos ambientais advindos da redução de taxas de emissões dos GEE, entre outros. A implementação de iniciativas de eficiência energética contam com um apoio financeiro nunca antes visto na história através de ações governamentais, como descreve Souza (2011). Essas iniciativas serão discutidas mais profundamente ao longo deste trabalho.

Visto isso, a eficiência energética deve atuar de forma fundamental na transição para um futuro mais sustentável (IPCC, 2008 , MCKINSEY AND COMPANY, 2009). Promover o desenvolvimento sustentável de um país consiste em um princípio constitucional que une toda a Administração Pública. Sendo assim, garantir um futuro sustentável para as gerações seguintes tornou-se obrigação do Estado por meio das suas atividades administrativas (SOARES e GOMES, 2017).

Quando se fala em eficiência energética, são envolvidos aspectos técnicos e socioeconômicos. Ela apresenta uma relação entre uma função, um serviço ou um valor que é

fornecido pela energia, e a energia elétrica que é utilizada em si. Tal relação aumenta quando algum equipamento de conversão de energia sofre uma alteração técnica que torna possível a produção de mais calor ou energia com a mesma quantidade de combustível (VANEGAS e BOTERO, 2012).

Baseando-se em dados socioeconômicos, o setor residencial corresponde em média a 25% do consumo de energia no Brasil e o consumo de energia dos usuários pode aumentar consideravelmente com soluções que possuem baixa eficiência energética. O alto consumo de energia pode corroborar na irregularidade financeira dos consumidores, principalmente de baixa renda, perante às concessionárias de energia (LIMA e LEDER, 2012).

Portanto, quando um dispositivo de energia de uso final sofre uma modificação técnica com o intuito de se aplicar a eficiência energética, torna-se possível fornecer o mesmo serviço com a mesma qualidade. Utiliza-se dessa forma, menos energia elétrica pelos usuários e a existência de possíveis inadimplências tornam-se mais improváveis (VANEGAS e BOTERO, 2012), demonstrando a forte relação entre os aspectos técnicos e socioeconômicos.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com Lira *et al.* (2019), o desenvolvimento tecnológico e o progresso no desenvolvimento humano afetam diretamente as mudanças climáticas do planeta. A emissão de gases efeito estufa oriundos da geração de energia elétrica através de combustíveis fósseis contribui com essas mudanças (VÁSQUEZ *et al.*,2012). Isso porque os combustíveis fósseis correspondiam a 85% da matriz da energia primária mundial no ano de 2015 (FRANÇA, 2018).

A dependência da sociedade por energia elétrica impacta na ultrapassagem dos limites dos ecossistemas, uma vez que ela utiliza cada vez mais os recursos finitos do planeta (LIRA *et.al*, 2019). Vásquez et al. (2012) ponderam que estes fatores são problemas muito debatidos atualmente, fazendo com que governos e empresas busquem cada vez mais alcançar certo nível de sustentabilidade.

A comunidade científica internacional considera que a emissão descontrolada dos GEE pode elevar de 2 a 5º C na temperatura da superfície da Terra, o que pode ocasionar, como consequência, o aumento do nível dos mares, alterar drasticamente o clima e ocasionar

grandes perdas econômicas. O uso de energia elétrica está inerente à maior parte do dia a dia das pessoas, sendo um elemento essencial para o desenvolvimento econômico dos países, que estabelecem uma relação entre o consumo de energia e o Produto Interno Bruto (PIB) (VÁSQUEZ *et al.*,2012).

O elevado crescimento da utilização de energia para satisfazer a todas as necessidades humanas implica no aumento dos sistemas elétricos e em consequentes impactos ao meio ambiente. Tal fato destaca a importância da eficiência energética como elemento essencial. Aplicando-se a eficiência energética, os níveis de qualidade de vida e conforto da sociedade se mantêm, ao mesmo tempo que os efeitos negativos causados pela geração de energia diminuem. A eficiência energética pode se tratar também de um tema social, tendo em vista que a economia obtida permite fornecer energia para as pessoas que não possuem ou que seja direcionada a programas sociais que precisem dela (VÁSQUEZ *et al.*,2012).

Devido a estes fatores, o tema de eficiência energética deve ser discutido para que medidas sejam tomadas o quanto antes, de forma a controlar a aceleração do aquecimento do planeta. Neste trabalho, foi apresentado o impacto dessas ações promovidas pelo Governo Federal brasileiro em uma Instituição Pública de Ensino Superior. Projetos como este, em grande escala, podem gerar um grande impacto positivo na tentativa de racionalizar o uso de energia elétrica.

Por fim, para se introduzir o tema no contexto de Universidades Federais, é descrita a situação dessas instituições no Brasil e as dificuldades de projetos de eficiência energética serem implementados sem apoio governamental.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

Neste trabalho delimitou-se quais são os verdadeiros impactos causados por ações de eficiência energética oriundos de programas governamentais na Universidade Federal de Lavras (UFLA), instituição de ensino prestigiada nacionalmente, e se sua aplicação realmente gera resultados positivos.

O estudo de caso busca ampliar e estimular a discussão e a aplicabilidade do tema da eficiência energética em âmbitos nacional e mundial. Ele foi realizado em uma instituição pública de ensino superior localizada em território brasileiro, no estado de Minas Gerais.

Discutiram-se e analisaram-se os processos de implementação do projeto e os dados obtidos após a implementação do projeto que foi realizado na entidade. O projeto, que engloba várias etapas e processos (entre eles, o Diagnóstico Energético e a Execução do Projeto de Eficiência Energética) foi realizado integralmente por uma *Energy Service Company* (ESCO) brasileira, segundo parâmetros da Chamada Pública de Projetos do ano de 2019 promovido pela concessionária Companhia de Energia Elétrica de Minas Gerais (CEMIG).

Os processos são baseados nos Editais de Chamadas Públicas divulgados anualmente pelas concessionárias de energia elétrica brasileiras. O trabalho procura destacar a importância de processos bem definidos em resultados que geram impactos significativos em uma instituição pública federal.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é verificar como as ações de eficiência energética causaram impactos relevantes, tanto financeiro quanto ambiental, em uma Universidade Federal brasileira e apontar a importância de ações governamentais neste processo.

O trabalho possui como objetivos específicos:

- Mostrar a importância da Eficiência Energética e como ela tem sido tratada e direcionada no Brasil e no mundo;
- Apresentar medidas governamentais que buscam estimular setores públicos a investirem no uso racional de energia elétrica;
- Algumas maneiras de como os programas de Eficiência Energética tem sido implementadas;
- Identificar os problemas encontrados por Instituições Públicas brasileiras para implementação de projetos de eficiência energética;
- Apresentar as vantagens, benefícios e ganhos para Entidade Pública de Ensino Superior após a implementação de projetos de eficiência energética;
- Formas e etapas do processo de implantação do PEE de acordo com o Edital publicado pela concessionária CEMIG na Chamada Pública de 2018;

- Apontar os ganhos após a implantação do projeto de eficiência energética no âmbito da Universidade Federal de Lavras, da concessionária de energia, do Sistema Elétrico Nacional e da sociedade como um todo.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

Este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa de natureza aplicada, descritiva, de abordagem qualitativa e quantitativa, com o método do estudo de caso (DALFOVO *et al.*, 2008).

Para o desenvolvimento deste trabalho, será realizada a metodologia de pesquisa exploratória, do tipo pesquisa bibliográfica. A revisão bibliográfica consiste em um método científico para a busca e análise de publicações de alguma área científica (CONFORTO *et al.*, 2011) e é considerada a primeira etapa para qualquer pesquisa científica (WEBSTER; WATSON, 2002). Ela possui característica exploratória, já que permite maior aproximação com o problema, melhoria das idéias ou descoberta de intuições (GIL, 2007). Uma revisão bibliográfica pode permitir que outros pesquisadores utilizem os resultados obtidos com grande confiabilidade, fazendo com que seja possível a reutilização de estudos que já foram feitos, permitindo que o pesquisador foque apenas no tópico que deseja discutir (CONFORTO *et al.*, 2011).

Também será considerado neste estudo algumas considerações de Editais de Chamadas Públicas de Projetos promovidos pelas concessionárias de energia brasileiras para que o contexto de implementação do projeto de eficiência seja compreendido de forma mais clara.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente capítulo introduz o tema do trabalho, através da apresentação das considerações iniciais, seus objetivos, seu escopo, sua justificativa, sua metodologia e sua estrutura.

O segundo capítulo corresponde à revisão de literatura, apresentando o referencial teórico consultado no qual o trabalho foi baseado, introduzindo autores como Roberto Ribeiro

Neli (2020), Leandra Altoé (2017), José Goldemberg (2007), Carmem Vásquez (2012) entre outros. Este capítulo está dividido da seguinte forma:

A primeira parte introduz o conceito de eficiência energética, principal tema abordado neste trabalho. Neste tópico, é discutido no que consiste o conceito de eficiência energética. Destaca-se a importância da diminuição da dependência da sociedade de recursos não renováveis e poluentes.

A segunda parte direciona-se para a eficiência energética em território brasileiro. É destacado como o contexto econômico do país reflete diretamente no consumo de energia pelos usuários.

A terceira parte introduz medidas governamentais brasileiras em busca da racionalização e conservação de energia elétrica. Destaca-se a Lei nº 9.991 de 24/07/2000, que é origem do programa do governo responsável pela implementação do projeto de eficiência energética analisado e estudado neste trabalho.

A quarta parte trata-se de um desdobramento da Lei citada acima: as Chamadas Públicas de Projetos promovidos pelas concessionárias de energia onde são descritas todas as etapas do processo.

A quinta parte apresenta especificamente o processo do Edital de Chamada Pública do ano de 2018 da concessionária Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG). O estudo de caso analisado trata-se de uma Universidade Federal contemplada a partir deste Edital.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fim de se introduzir e descrever conceitos que deverão ser compreendidos para a análise do estudo de caso aqui posto, será apresentado neste capítulo uma Revisão Bibliográfica oriunda de estudos sobre Eficiência Energética e suas aplicações.

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo Faria (2007), com o passar dos anos a população mundial sofreu um crescimento exponencial, juntamente com o desenvolvimento da tecnologia. Por isso, o consumo de energia elétrica foi aumentando cada vez mais, fazendo com que outras fontes de energia fossem necessárias. Uma das principais fontes são as fósseis, que são a base do padrão atual de produção e consumo de energia. Porém, elas geram a emissão de gases poluentes e se apresentam como recursos finitos do planeta (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

A demanda de energia elétrica, por ser um dos principais recursos responsáveis pela sobrevivência do ser humano, muda muito pouco com a variação dos preços (BERTOLDI, 2001, THOLLANDER E OTTOSSON, 2008). Por isso, o mercado torna-se altamente dependente do custo marginal de energia elétrica e das medidas de eficiência energética (BACKLUND, S. *et al.*, 2012). As medidas de eficiência energética surgem como uma maneira de diminuir o custo marginal da eletricidade.

O aquecimento global, juntamente com a preocupação com o meio ambiente apresentam-se como um dos maiores desafios científicos e políticos do século XXI. Países têm procurado implementar soluções energéticas visto que se a humanidade permanecer com o atual consumo de energia, dentro de cem anos, grandes obstáculos para exploração destes recursos irão aparecer, já que estarão cada vez mais escassos. Se isso realmente acontecer, as consequências serão ainda mais negativas para o meio ambiente e próximas gerações (LIRA *et al.*, 2019). Se implementada de forma ampla e eficaz, a eficiência energética pode ajudar a desacelerar as mudanças climáticas do planeta, por fazer com que menos energia seja consumida.

De acordo com Pereira (2009), a eficiência energética consiste em um conjunto de ações que tem como principal meta a otimização do uso de energia e suas fontes, principalmente aquelas finitas e que não se renovam no meio ambiente. Além disso, as ações estimulam a utilização de fontes de energia renováveis para mitigar cada vez mais a dependência energética dos recursos finitos do planeta (NELI *et al.*, 2020). Elas visam a diminuição do uso geral de energia que um sistema necessita para que possa atender às necessidades do usuário igual ou melhor que anteriormente (HAYDT, G. *et al.*, 2012). Segundo Patterson (1997), a energia é conservada quando a eficiência é melhorada ou quando o desperdício de energia é evitado.

Pesquisas sobre maneiras de implementação de sistemas mais eficientes trazem inúmeros benefícios à sociedade e para os diversos setores da economia (ALTAN, 2010). As medidas físicas implementadas possuem maior eficácia junto a uma boa gestão energética. Essas medidas físicas consistem principalmente na instalação de tecnologias de eficiência energética e na substituição de equipamentos obsoletos, que na maioria das vezes apresentam-se altamente ineficientes. A gestão energética inclui não somente a instalação, como também a boa cautela, conservação e o aperfeiçoamento constante dos novos materiais para que sua operação não seja comprometida e o potencial de economia se mantenha em seu máximo (GORDIC *et al*, 2010). Iniciativas que possuem baixo custo como treinamento de pessoal e a mudança dos hábitos praticados diariamente também mostraram ter relevante impacto na economia de energia em geral (BERNSTEIN *et al.*, 2007).

As ações de implementação de eficiência energética vêm sendo prioridade em diversos países, com a importante redução do consumo de ponta (GIROD, STUCKI, & WOERTER 2017). Nos países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), o consumo de energia elétrica a partir dos anos 2000 foi 49% menor do que seria se não tivessem sido implementadas medidas para racionalização e eficientização energética, necessárias após a crise de petróleo na década de 1970 (GOLDEMBERG e LUCON, 2007). É constatado portanto que os modos mais viáveis para a melhoria das práticas de eficiência energética são investimentos nas mais recentes tecnologias e a mudança de hábitos diários de gestão energética (BACKLUND, S. et al., 2012). A execução de ações de Eficiência Energética desempenha uma atividade fundamental e essencial na busca de um futuro mais sustentável (IPCC, 2008; MCKINSEY AND COMPANY, 2009; HAYDT, G. *et al.*, 2012).

Com o intuito de se racionalizar os gastos de recursos energéticos, surgiram diversas instituições, inclusive o Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (IDESAM), que é uma organização não governamental sem fins lucrativos que age em busca da valorização e do uso sustentável dos recursos naturais na Amazônia. O instituto desenvolveu uma calculadora de emissões que indica a quantidade de árvores necessárias para se compensar a emissão de certa quantidade de gás carbônico na atmosfera por ano. A calculadora foi desenvolvida através do Programa Carbono Neutro (PCN), criado com o objetivo de que pessoas, empresas e iniciativas neutralizem suas emissões de gases de efeito estufa como forma de assumir responsabilidade dos impactos que geram no planeta. Ela foi baseada no *GHG (Greenhouse Gas) Protocol,* que segundo Rocha (2014), traz a metodologia aceita em âmbito internacional e desenvolvida em parceria com a *World Resources Institute* (WRI) e *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). Essas instituições tem como principal objetivo desenvolver uma enumeração inteligente dos pontos candidatos à solução ótima inteira de um problema, a fim de apresentar um modelo para neutralização de carbono com um custo mínimo. O *GHG Protocol* é uma das ferramentas mais utilizadas por empresas e governos para compreender, quantificar e gerenciar as suas emissões de GEE.

O conceito de sequestro de carbono foi introduzido na Conferência de Kyoto, com objetivo de diminuir o acúmulo de GEE na atmosfera resultante da ação do ser humano. Uma forma de reverter a situação do acúmulo destes gases na atmosfera é a fixação de carbono, aplicando-se à conservação das áreas florestais com risco de serem destruídas, à recuperação de florestas degradadas e à plantação de árvores. Isso acontece porque as árvores acumulam o carbono em sua biomassa no processo de fotossíntese, absorvendo o gás carbônico e o transformando em glicose. O oxigênio é liberado durante a produção de biomassa (ROCHA, 2014). Todos esses conceitos foram levados em conta no desenvolvimento da calculadora.

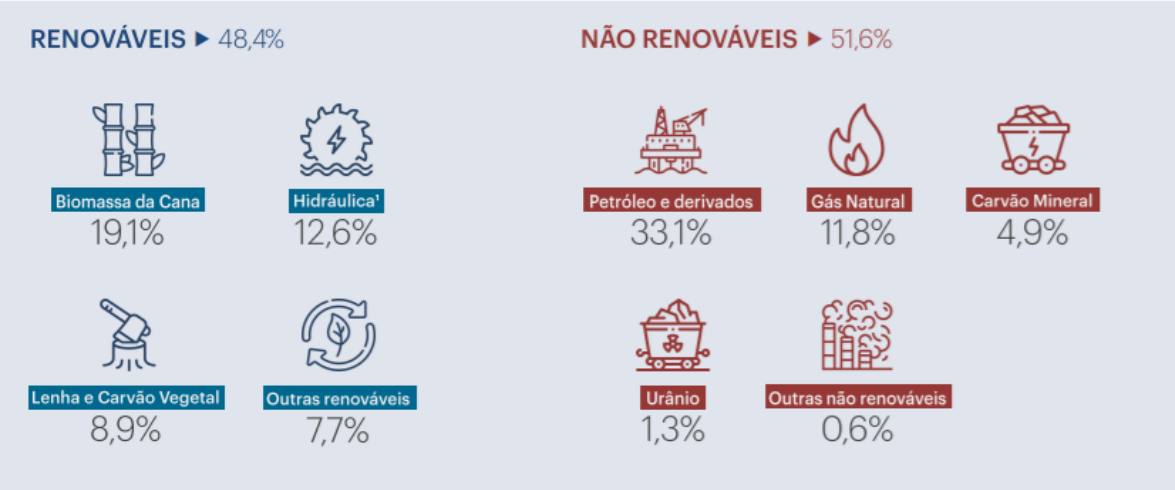
2.1.1 Eficiência Energética no Brasil

Os padrões de consumo atuais devem ser aprimorados, visto que a produção e o consumo de energia elétrica impactam diretamente no meio ambiente. Ações de eficiência energética são uma das melhores alternativas a serem estimuladas para tal aprimoramento (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

O Brasil é uma das maiores fontes hídricas do planeta e como consequência possui grande viabilidade à utilização de usinas de geração hidrelétrica. A grande produção de etanol e o fato de que o país possui os menores índices relativos de consumo de energia quando comparado ao resto do mundo, também contribuem para tal viabilidade (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

A matriz energética do Brasil sempre se destacou por ter um elevado percentual de fontes renováveis de energia em comparação com outros países. As fontes renováveis cresceram de 39,5% em 2015 para 48,4% em 2020 devido à expansão da oferta dos derivados de cana, eólica e biodiesel, conforme Figura 1 (EPE, 2020).

Figura 1. Matriz Energética Brasileira - 2020



Fonte: EPE (2020)

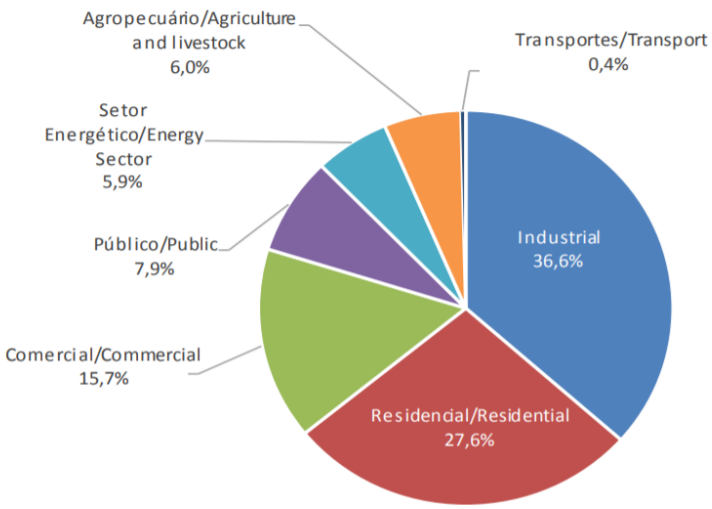
Januzzi (2002) pondera que o Brasil seguiu um padrão de aumento da utilização de energia elétrica há algumas décadas. Segundo ele, com exceção dos períodos de recessão e estagnação econômica, o mercado de energia elétrica aumenta incessantemente em taxas maiores crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). O país ainda direciona poucos esforços para implementação de práticas de conservação e uso racional de energia, encontrando-se aquém de países desenvolvidos no sentido de formulação de políticas públicas de eficiência energética (ALTOÉ *et al.*, 2017).

Apesar disso, o país se encontra em um posicionamento mais baixo quando seu consumo de energia elétrica é comparado aos outros países. Nos últimos 20 anos, o consumo

médio de energia no Brasil era de 1,09 tep por habitante por dia, um valor levemente menor do que a média global (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Biderman (2006) pondera que a crítica recessão de abastecimento de energia elétrica sucedida no início dos anos 2000 deixou clara a necessidade de controle do uso irracional de energia elétrica. Mostrou-se necessário o direcionamento de esforços para a otimização dos sistemas elétricos e dos usos finais de energia nos diversos setores de consumo, principalmente no setor público, responsável por elevado consumo de energia do país (NELI *et al.*, 2020). O Gráfico 2 mostra a participação por setor do consumo de eletricidade no ano de 2020 no Brasil, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que mostra que o setor público é responsável por 7,9% do consumo de energia elétrica do país.

Grafico 2: Participação setorial no consumo de eletricidade do ano de 2020.



Fonte: EPE (2020).

O setor público é responsável pela administração de grandes orçamentos e possui um poder de compra de grande variedade de produtos e serviços (BIDERMAN, MACEDO, MONZONI, & MAZON, 2006). Segundo o Tribunal de Contas da União (2016), a implantação de ações sustentáveis a fim de aperfeiçoar a gestão da administração pública federal surge de dois principais fatores: da presente situação de finitude de recursos; e do desenvolvimento de uma consciência socioambiental nas entidades em favor da utilização racional de insumos. Este último é aplicado em conjunto com a diminuição de desperdícios através da mudança nos hábitos e comportamentos da sociedade (NELI *et al.*, 2020). Assim,

as atitudes tomadas em direção à sustentabilidade do setor público, segundo Filho, Aguiar e Kniess (2018), devem se dar por meio de ações de melhoria da eficiência energética e de diminuição da emissão de gases poluentes, que tornam-se medidas essenciais. Para NELI *et al.* (2020) essas ações impactarão diretamente no orçamento da União, e contribuirão para o desenvolvimento do país.

O setor público do país tem capacidade de diminuir cerca de 40% do consumo de energia elétrica com a implementação de ações de eficiência energética (NELI *et al.*, 2020 *apud* Jannuzi, 2010). As ações podem ser feitas através da utilização de tecnologias recentes, gerando o efeito *leapfrogging*[1], que vai em oposição à ideia de que o desenvolvimento só ocorre caso haja impactos no meio ambiente. A redução do consumo de energia, através de ações voltadas à eficiência energética, diminui a necessidade de ampliação de capacidade instalada de energia elétrica, não comprometendo a experiência dos usuários da energia elétrica e a qualidade dos serviços (GOLDEMBERG e LUCON, 2007). A simples troca de lâmpadas obsoletas por lâmpadas que funcionam com menor potência consome menos energia sem comprometer a iluminação (KRATTI, 2015). A eficiência energética é, portanto, de suma importância para a redução de custos para a União e impactos para o meio ambiente sem comprometer o conforto dos usuários (FILHO; AGUIAR; KNIESS, 2018).

2.2 Programas e políticas públicas de eficiência energética

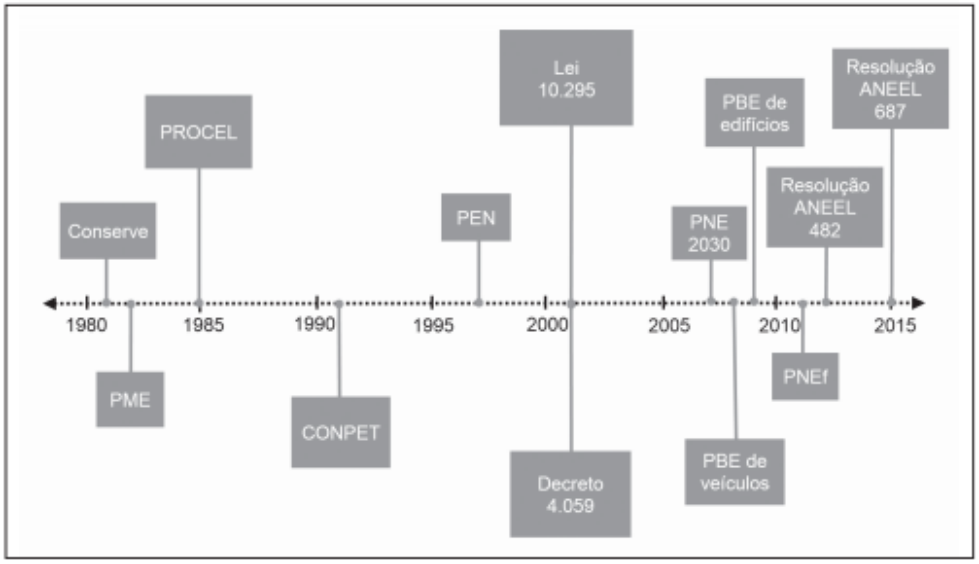
Dos anos 1980 até os dias atuais, o governo brasileiro tem implementado programas que promovem o uso consciente e racional da energia elétrica. É tarefa do poder público saber os hábitos dos usuários finais de energia elétrica dos diferentes setores da sociedade para que a utilização de energia elétrica seja otimizada (ALTOÉ *et.al.*, 2017).

O país possui muitas oportunidades para a ampliação da gestão do governo no âmbito de energia elétrica no país. Isso ocorre principalmente através de programas de incentivo à geração descentralizada de energia através de fontes renováveis, bem como o estímulo à eficiência energética (ALTOÉ *et.al.*, 2017). A Figura 2 mostra a linha do tempo com os principais marcos regulatórios instituídos no Brasil no âmbito da Eficiência Energética. Os significados das siglas mencionadas são citadas logo abaixo da figura.

---

[1] *Leapfrogging*: processo de transição de um modelo de infraestrutura primitivo para um modelo ecologicamente sustentável (PERUCCHI *et al.*, 2020).

Figura 2 - Linha do tempo dos principais marcos regulatórios do Brasil do âmbito de Eficiência Energética



Fonte: ALTOÉ *et al.* (2017).

O primeiro programa investido pelo Governo foi o Programa Conserve, no ano de 1981. A iniciativa previa a conservação e energia na indústria, o desenvolvimento de produtos eficientes e a substituição de insumos energéticos estrangeiros por nacionais. Logo após o Conserve, surgiu o Programa de Mobilização Energética (PME) de 02 de abril de 1982, que promoveu ações orientadas para o incentivo do uso de melhorias na conservação de energia e a substituição de derivados do petróleo por fontes renováveis de energia elétrica (MME, 2011). Este programa resultou no aumento do uso de energia pelo setor industrial, que gerou pressão na capacidade de oferta do setor elétrico, e foi extinto em 1991 (SCHUTZE e HOLZ, 2021).

Em 1985 surgiu através da Portaria Interministerial n° 1.877 o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), gerenciado pela Eletrobrás. O Programa criou o Prêmio Procel, que reconhecia as iniciativas de utilização racional de energia elétrica, e o Selo Procel, que identifica equipamentos que possuem níveis ótimos de eficiência energética. O Procel também tinha como intuito aplicar o uso racional de energia elétrica através da criação de algumas iniciativas, como o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) (BRASIL, 1985). O PBE consiste em uma política de etiquetagem com alguns dados direcionados ao usuário a respeito do nível de eficiência energética dos equipamentos elétricos (SCHUTZE e HOLZ, 2021).

Em 1995, através do Decreto de 18 de julho de 1991 foi criado o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet), gerenciado pela Petrobrás. A iniciativa também previa o estímulo do uso racional dos recursos energéticos do país, porém com um foco maior nas fontes de energia não renováveis, como residências, indústrias, comércios, transporte, entre outros (BRASIL, 1991).

No ano de 1997, foi criada a Política Energética Nacional (PEN), o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional de Petróleo. Foram instituídos os conceitos da PEN quanto à racionalização da utilização das fontes de energia para fins de conservação de energia e preservação do meio ambiente (BRASIL, 1997).

Ainda nos anos seguintes, surgiram algumas Leis de Eficiência Energética, podendo ser destacadas algumas mais importantes. A Lei nº 10.298/2001 instituiu que o Poder Executivo seria o responsável no desenvolvimento de ações que promovessem a eficiência energética de máquinas e equipamentos fabricados e comercializados no país e das edificações construídas nele. O Decreto nº 4.059/2001 estabeleceu que o Poder Executivo é quem define os níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética de equipamentos que consomem energia fabricados ou vendidos em território brasileiro, bem como nas edificações do país, de acordo com indicadores técnicos e regulamentação específica fixados no Decreto, sobre supervisão do Ministério de Minas e Energia (MME) (BRASIL, 2001b). A Lei nº 9.991 de 24/07/2000 estabeleceu que concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica devem aplicar anualmente o valor equivalente a 0,40% (zero vírgula quatro por cento) de sua receita operacional líquida anual no desenvolvimento de programa para o incremento da eficiência energética no uso final de energia elétrica, através de projetos executados em instalações de consumidores (BRASIL, 2000). Este trabalho teve como principal referência a Lei nº 9.991.

Nos anos que se seguiram, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) teve grandes avanços. O Poder Público lançou programas de certificações de eficiência energética para edifícios de diversos setores. Foi lançada também certificação de eficiência energética para veículos automotivos (ALTOÉ *et.al*, 2017).

Em 2012 a ANEEL instituiu a resolução nº 482. A resolução instituiu um sistema de compensação de energia elétrica no país, onde unidades consumidoras com micro ou minigeração distribuída podem compensar seu consumo de energia. No fim do mês, é

realizado o balanço energético baseado na energia injetada na rede e na energia que foi consumida. Se a produção de energia tiver sido maior que o consumo, o consumidor ganha créditos que podem ser utilizados em até 36 meses (ANEEL, 2012). Em 2015, essa resolução foi atualizada através da Resolução nº687, onde o período de compensação foi ampliado para 60 meses. Foi permitida também a inclusão de geração compartilhada no sistema nacional de compensação sendo um consórcio ou cooperativa de consumidores da mesma área de serviço de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2015).

De forma a complementar os Programas e Leis citados, houve a criação de planos nacionais a fim de se apoiar o planejamento e a execução de medidas de conservação de energia. Os mais importantes são o Plano Nacional de Energia 2030 (MME, 2007) e o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) (MME, 2011). Todos os programas citados têm como objetivo informar e conscientizar a população da importância do uso eficiente de energia elétrica (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Paralelamente à criação de diversos programas e leis pelo governo, houve a instituição de novas resoluções da ANEEL que torna obrigatório o investimento de concessionárias de energia em projetos de eficiência energética e P&D, como o Programa de Eficiência Energética (PEE) e a Lei de Eficiência Energética (JANNUZZI, 2002) . Segundo Silva *et al.* (2021), a instituição destes programas mostra-se como uma boa medida para a diminuição do uso de energia e dos GEE.

Ainda segundo Silva *et al.* (2021), políticas nacionais e regionais devem ser criadas para que haja um relevante impacto na economia de energia. Em novembro do ano de 2015, cerca de duzentos países aprovaram o Acordo de Paris, que teve como principal meta a diminuição na emissão de GEE o suficiente para manter o aquecimento global abaixo de 2ºC (MILANEZ *et al.*, 2017). Em 2016, o Brasil firmou compromisso com o Acordo com o objetivo de reduzir as suas emissões de GEE em 37% até 2025 e 43% até 2030 com base nos valores de 2005. As políticas governamentais contribuem para o sucesso do atingimento dos objetivos postos.

Em 2020, foi desenvolvido o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050). Nele, a eficiência energética é introduzida com um papel de maior destaque, sendo inserida nas análises de projeções, como no consumo de energia elétrica associados aos ganhos com eficiência energética. No mesmo ano foi instituído o Atlas da Eficiência Energética Brasil

2020 (Relatório de Indicadores), que foi elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e analisa os indicadores de eficiência energética com o principal objetivo de monitorar o desenvolvimento da temática no Brasil.

Com a crise sanitária de 2020 decorrida do surgimento da Covid-19, a Medida Provisória nº998 determinou que os recursos repassados para o Programa de Eficiência Energética fossem direcionados para modicidade tarifária, ou seja, na redução do preço da energia elétrica (BRASIL, 2020). De acordo com estudos da Agência Internacional de Energia (IEA), foi previsto que a eficiência energética tem elevado potencial na contribuição da recuperação da economia após a pandemia da Covid-19. Isso acontece porque a agência observou que a eficiência energética pode contribuir com menores custos de energia, o que gera empregos e estimula os mercados no longo e médio prazo (SCHUTZE e HOLZ, 2021).

Ações de eficiência energética, quando baseadas na utilização de leis que devem ser obrigatoriamente obedecidas, instigam o setor de serviços, corroborando na conservação do meio ambiente e dos recursos finitos do planeta (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Portanto, promover programas de eficientização energética auxilia na redução dos custos e dos impactos das crises energéticas ressurgentes. Essas ações ganharam grande espaço, também, como forma de garantir segurança energética ao setor e de mitigar os impactos ao meio ambiente (SOUZA, 2011).

Em atendimento ao Programa de Eficiência Energética, surgiram as Chamadas Públicas de Projetos (CPP's). As Chamadas são divulgadas através de Editais que são publicados anualmente pelas concessionárias de energia elétrica e serão descritas a seguir.

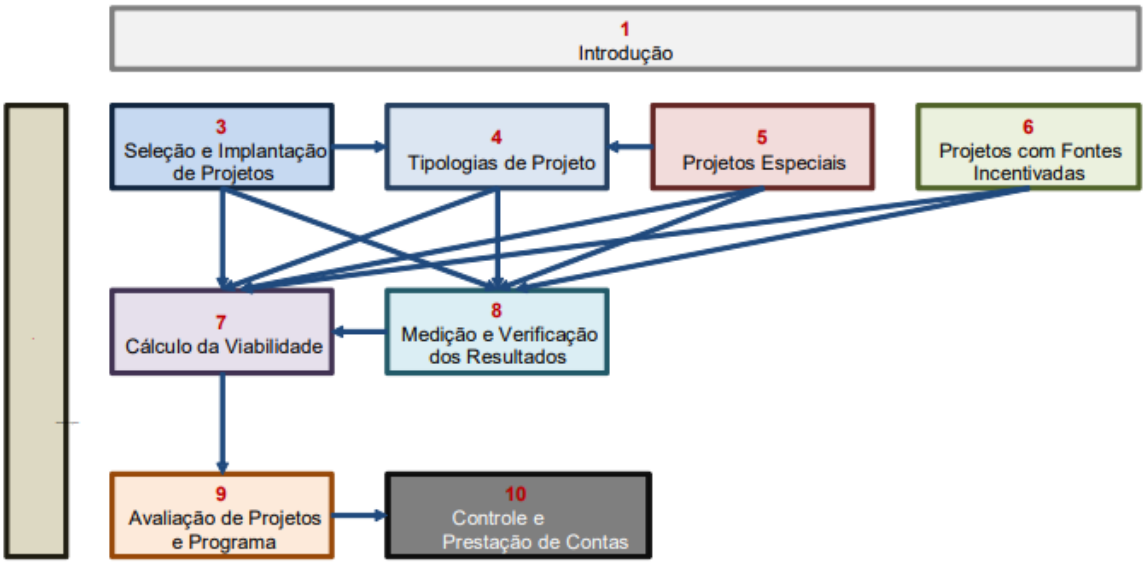
2.2.1 Chamadas Públicas de Projetos (CPP's)

Em atendimento a Lei nº 9.991/ 2000, as concessionárias de energia são obrigadas a realizar anualmente Chamadas Públicas de Projetos (CPP's) com o intuito de selecionar projetos de eficiência energética.

Esta Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000 "dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências" (BRASIL, 2000).

As medidas adotadas na CPP são apresentadas de acordo com o disposto no Procedimento do Programa de Eficiência Energética – PROPEE aprovado pela Resolução Normativa nº 556, de 02 de julho de 2013 da ANEEL (BRASIL, 2013). De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), as instruções postas no PROPEE devem ser obedecidas pelas concessionárias de energia elétrica, ponderando sua estrutura e conteúdo de cada módulo. O PROPEE possui como principais objetivos determinar regras e procedimentos para aplicação dos recursos disponibilizados; estabelecer as tipologias, ou seja, os setores da economia que poderão ser contemplados pelos projetos dentro do PEE; ponderar as regras para análise dos resultados dos projetos; indicar as informações que deverão constar nas propostas de projetos, entre outros. Ele é composto por 10 módulos que descrevem as diversas características dos projetos e do programa PEE, sendo as principais indicadas na Figura 3.

Figura 3: Módulos do PROPEE



Fonte: ANEEL(2018).

O primeiro Módulo do PROPEE é a Introdução, e fornece ao leitor uma visão geral do Programa, bem como o glossário dos principais termos e expressões utilizados.

O Módulo 2, Gestão do Programa, vem logo após o primeiro módulo, porém não está representado no fluxo acima. Os aspectos gerenciais atrelados às ações do PEE são descritas detalhadamente. Um dos exemplos descritos neste módulo é a Audiência Pública, onde são

listados os princípios e procedimentos que gerenciam a participação da sociedade no Programa de Eficiência Energética.

O Módulo 3, Seleção e Implantação de Projetos, introduz a forma para seleção de projetos no Programa, com orientações a respeito da maneira de implementação dos mesmos juntos ao consumidor ou usuário final. Apresenta, por exemplo, a maneira pela qual os projetos são submetidos por entidades em atenção a uma Chamada Pública, e um regime de leilão de qualidade e preço.

O Módulo 4, Tipologias de Projetos, introduz os tipos de diretrizes de projetos e as características principais deles. São apresentadas, por exemplo, as orientações para os projetos por tipo de ação de eficiência energética envolvida (melhorias das instalações e gestão energética).

O Módulo 5, Projetos Especiais, discorre sobre projetos que possuem características não típicas e por isso devem ter uma atenção especial. São considerados projetos especiais, por exemplo, os projetos prioritários. Eles são projetos de maior relevância com o principal objetivo incentivar, testar e definir ações que surgem em destaque como política pública para estimular a eficiência energética no Brasil.

O Módulo 6, Projetos com Fontes Incentivadas, discorre sobre projetos que contemplem fontes incentivadas a fim de se atender a uma unidade consumidora, citando inclusive a análise de viabilidade da implementação dos projetos e como deve ser feita a Medição e Verificação dos resultados obtidos.

O Módulo 7, Cálculo da Viabilidade, apresenta as diversas formas de se realizar cálculos que são utilizados para conferir se um projeto é viável e se pode ser executado dentro do PEE. Este módulo também analisa outros possíveis benefícios que podem ser obtidos por um projeto.

O Módulo 8, Medição e Verificação dos Resultados, apresenta os procedimentos para que se tenha uma avaliação precisa e confiável dos benefícios energéticos medidos nos projetos.

O Módulo 9, Avaliação dos Projetos e Programa, apresenta as etapas e procedimentos de avaliação inicial e final dos projetos apresentados, bem como do programa como um todo para possíveis aprimoramentos nos seus métodos.

O último Módulo, Controle e Prestação de Contas, consiste na apresentação das diretrizes para que os gastos dos projetos sejam contabilizados. Explica, por exemplo, as obrigações que foram estabelecidas no âmbito legal com relação ao direcionamento dos recursos do Programa de Eficiência Energética.

O Programa de Eficiência Energética possui como um dos principais objetivos o aumento dos benefícios públicos provenientes da energia elétrica economizada e da demanda evitada. As instituições que são contempladas com os projetos que geram estes benefícios são chamadas de beneficiários (ANEEL, 2016).

Por meio da seleção dos projetos mais viáveis, após uma série de etapas de avaliação pelas comissões julgadoras definidas pelas concessionárias, a CPP procura expressar a relevância e a viabilidade econômica de intervenções de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia para os beneficiários (ANEEL, 2016).

De acordo com a ANEEL (2016), as ações de eficiência energética por meio das CPP's proporcionam benefícios relevantes para as instituições públicas. Dentre as principais, pode-se destacar:

(i) a diminuição da conta de energia elétrica e do consumo, devido a:

- implementação de tecnologias eficientes (o que corrobora em uma economia de energia considerável, e de acordo com o setor em que a instituição atua, a economia pode atingir ou ultrapassar o valor de 50%); e
- diminuição da demanda de energia elétrica em horário de Ponta (a redução em horário de ponta abre possibilidades para a otimização contratual com as concessionárias ou permissionárias de energia. Um melhor alinhamento de contratos pode gerar uma economia de recursos financeiros considerável)

(ii) a possibilidade de instalação de sistemas com fontes alternativas de geração;

(iii) as ações sustentáveis que como consequência ajudam na preservação do meio ambiente. As ações de eficiência energética atuam como mitigadoras da emissão dos gases de efeito estufa, juntamente com a diminuição da necessidade de fontes convencionais de energia.

As empresas responsáveis pelo estudo, viabilidade técnica, execução entre outras atividades referentes aos projetos nas instituições são denominadas Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCO). Elas têm como principal atividade o fornecimento de

serviços que buscam uma melhoria da eficiência energética nos sistemas dos beneficiários através de um contrato de risco (ANEEL, 2016).

Essas empresas costumam se responsabilizar pelos custos da elaboração do projeto por conta própria, sem a garantia de que ele será selecionado pela concessionária para execução. As ESCOs têm especialização em serviços de conservação de energia a fim de reduzir o consumo. Dessa forma, como consequência, os gastos também são diminuídos (HIDD, 2015).

De acordo com a ANEEL (2016), os projetos são implementados por tipologias, que na maioria das vezes são as seguintes: Industrial, Comércio e Serviços, Poder Público, Serviços Públicos, Rural, Residencial e Iluminação Pública. A concessionária de energia, através do Edital de Chamada Pública de Projetos (CPPs), apresenta os recursos disponibilizados para cada tipologia. Cabe à ESCO ou ao beneficiário que for apresentar o projeto, definir quais as instituições serão prospectadas, de acordo com sua tipologia. Este trabalho apresenta um estudo de caso de uma Universidade Federal, instituição que se enquadra na tipologia Poder Público.

É obrigatório que a instituição que irá elaborar o Diagnóstico Energético apresente uma série de documentos do beneficiário para que o projeto possa ser habilitado. Entre os documentos exigidos nos Editais são listados o Cartão de Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ), documentos que comprovem a regularidade fiscal e tributária do beneficiário (Certidões Negativas de Débitos Municipais, Estaduais, Federais), Estatuto Social, entre outros. É essencial também que a instituição esteja adimplente perante a concessionária de energia. Caso o beneficiário apresente alguma irregularidade documental, o projeto é desclassificado na primeira etapa de análise pela Comissão Julgadora formada pela concessionária (ANEEL, 2016).

Além das exigências acima citadas, a empresa responsável pela análise técnica do projeto precisa comprovar a sua experiência em projetos anteriores. Essa comprovação pode ser feita através de Atestados de Capacidade Técnica (ACT's), Anotações de Responsabilidade Técnica (ART's), Certificações pertinentes como o CMVP (*Certified Measurement and Verification Professional*) da EVO (*Efficiency Valuation Organization*). A EVO, que é a Organização para Avaliação da Eficiência, juntamente com a Associação de Engenheiros de Energia (AEE) criou o programa CMVP - Certificado Profissional de Medição e Verificação, que foi instituído com o duplo objetivo de reconhecer os profissionais

mais qualificados na crescente área de indústria de energia, e elevar os padrões profissionais gerais dentro do campo de medição e verificação (EVO, 2021).

De acordo com a ANEEL (2016), caso o projeto apresentado seja aprovado e a instituição beneficiária seja sem fins lucrativos, é firmado o Termo de Cooperação Técnica entre a instituição e a concessionária de energia responsável pela CPP. A modalidade contratual é classificada como Fundo Perdido, onde há repasse de recursos para a ESCO responsável pela elaboração do projeto. Após o contrato assinado, a execução do projeto nas instalações do beneficiário pode ser iniciada.

2.3 Tipologia Poder Público: Universidades

Os programas e políticas foram inseridos com o intuito de estimular a diminuição do consumo de energia elétrica e emissão de gases que contribuem para o efeito estufa do planeta. Isso se mostra necessário dentro da nossa sociedade que enfrenta a possibilidade de não ter acesso a energia e suprimentos para suas necessidades e seu desenvolvimento a preços acessíveis, e de causar impactos irreversíveis ao meio ambiente (ALTAN, 2010).

A gestão das tarifas de energia em entidades públicas é realizada de maneira específica para cada instituição (COSER; SILVA; WITTE, 2014). De acordo com Altan (2010), tratando-se de universidades, elas encontram uma série de barreiras caso optassem pela implementação de projetos de eficiência energética fora dos programas estipulados pelas concessionárias. Uma instituição de ensino superior pode, por exemplo, não ter recursos adicionais para serem aplicados a essas ações, já que podem ser utilizados por outros projetos estratégicos da instituição.

Ainda segundo Altan (2010), a redução de demanda de energia por essas instituições, considerando-se benefícios financeiros, ambientais e sociais, apoia na diminuição da demanda por fontes de energia fósseis finitos, juntamente com os gases de efeito estufa associados a elas. As principais vantagens para as universidades são a diminuição dos riscos de alterações climáticas prejudiciais e a melhoria da sua imagem corporativa, além da redução da conta de eletricidade.

Para que políticas e programas públicos possam ser altamente eficazes, é necessário que haja uma boa capacidade de se identificar as estruturas de avaliação e os índices básicos,

que devem ser mensurados com precisão. Desta forma, um grande obstáculo atrelado aos programas de intervenção no ensino superior é a ausência de quadros avaliativos, que permitam essa mensuração. Os quadros contêm indicadores apropriados para a avaliação dos impactos, causas e consequências atreladas aos programas, tornando possível sua avaliação e comparação (ALTAN, 2010).

A identificação destes dados fornece uma análise mais aprofundada de aspectos associados ao consumo de energia elétrica pelas universidades. A análise dos dados, para a eficiência energética, permite o rastreamento de oportunidades e barreiras atrelados à instalação de tecnologias e aos hábitos de eficiência energética de acordo com as necessidades dos usuários. Neste nível, também é essencial que sejam usados parâmetros quantitativos e qualitativos para a identificação e quantificação das adversidades de eficiência energética que o setor se depara, conforme Borges (2016).

Ainda segundo Borges (2016), para se ter o conhecimento de dados essenciais para a implementação do projeto, deve-se começar um sistema de gestão de energia, através do Diagnóstico Energético. De acordo com a ANEEL (2018), o Diagnóstico Energético consiste na avaliação com alto nível de detalhes das oportunidades de melhoria de eficiência energética na instalação do beneficiário. Essa avaliação resulta em um relatório que contém a descrição de cada ação e sua implantação, valor do investimento, economia de energia (ou redução de demanda na ponta), análise de viabilidade técnica e estratégia de medição e verificação que será adotada. Desta forma, são identificadas medidas para que os custos de energia sejam diminuídos.

As medidas adotadas a fim de se otimizar o uso de energia elétrica mostram-se altamente eficazes. Dados de projetos de eficiência energética em universidades, de acordo com Neli *et al* (2020), mostram que com a simples substituição de 1.687 lâmpadas é esperada uma economia de 54,4 MWh/ano e com a troca de 54 equipamentos de condicionamento ambiental, há uma economia de 131,02 MWh/ano.

2.3.1. Universidade Federal de Lavras

Este trabalho trata-se de um estudo de caso de um projeto realizado nas instalações da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no Estado de Minas Gerais. O projeto foi

submetido e selecionado para execução na CPP 001/2018, promovida pela concessionária CEMIG Distribuição SA.

A Universidade foi fundada no ano de 1908. Sua federalização se deu em 1963 e em 1994 a instituição tornou-se uma universidade altamente reconhecida no país. A Universidade foi consolidada devido ao seu pioneirismo na extensão, já que realizou a Primeira Exposição Nacional do Milho e a Primeira Exposição Agropecuária do Estado de Minas Gerais. Além disso, foi a pioneira em construir o silo aéreo a fim de se armazenar grãos e introduziu um dos primeiros tratores a arar as terras brasileiras. Uma vez que possui um vasto conhecimento científico e tecnológico, foi responsável por editar a primeira revista de Minas Gerais orientada para o produtor rural. Destacou-se em âmbito nacional devido à sua qualidade de ensino, que a tornou reconhecida nacionalmente. A Universidade se destacou no ensino, pesquisa, extensão e prestação de serviços e uma das áreas mais estratégicas no país: a área de Ciências Agrárias. Essa área é direcionada a alguns setores, onde pode-se destacar o de produção de alimentos, madeira, fibras e energia renovável (UFLA, 2018).

A Universidade é uma das mais importantes do Brasil. Este fato pode ser comprovado através do Índice Geral de Cursos (IGC), avaliado pelo Ministério da Educação. Em 2010, ficou classificada em 3º lugar do Brasil e em 1º lugar em Minas Gerais. Entre 2010 e 2018, a Universidade ficou ranqueada sempre entre as 10 primeiras Universidades brasileiras e as 3 primeiras de Minas Gerais. O IGC considera a qualidade dos cursos ministrados pela instituição, o desempenho dos estudantes no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), a infraestrutura geral das instalações, entre outros. Em 2016, a Universidade aparece no *UI GreenMetric World University Ranking* como a instituição de ensino superior mais sustentável da América Laina e a 38ª entre todas as universidades participantes (UFLA, 2018).

A instituição possuía em 2018, 32 cursos de graduação presencial, cinco cursos de graduação a distância e 65 cursos de pós-graduação. No ano de 2019, a Universidade era contemplada por 11.100 alunos de graduação, 1.850 alunos de pós-graduação, 766 docentes e 581 técnicos administrativos, tendendo a crescer. O Gráfico 3 representa a evolução da oferta anual de vagas nos cursos de graduação presencial da Universidade (UFLA, 2019).

Gráfico 3. Estimativa da evolução de vagas de ingresso na graduação, por ano.

Fonte: UFLA (2018).

A UFLA possui 101 setores que foram contemplados pelo projeto submetido na CPP. Entre eles, estão os departamentos, moradias, laboratórios e reitoria, beneficiando aproximadamente 16.250 pessoas que fazem uso das instalações diariamente (UFLA, 2018).

O Diagnóstico Energético e toda a execução e implementação do projeto foi realizada por uma ESCO localizada na cidade de Juiz de Fora, em Minas Gerais. O consumo de energia levantado pela empresa para a realização do Diagnóstico Energético apontou que as lâmpadas ineficientes consumiam cerca de 41,7% a mais do que o previsto após a execução do projeto, e consequentemente a demanda nos horários de ponta também iria reduzir essa quantidade. Dessa forma, foram previstas as substituições de 8.886 lâmpadas, uma economia de energia de 399,22 MWh/ano e uma Redução de Demanda na Ponta de 82,86 kW. Estes dados foram obtidos através de levantamentos em campo e de dados dos catálogos dos equipamentos existentes e obsoletos e dos equipamentos previstos.

De acordo com a ANEEL (2018), o principal critério para a avaliação da viabilidade econômica de um projeto submetido nas CPP's é a Relação de Custo Benefício (RCB) que ele proporciona. O benefício é a valoração da energia economizada e da redução da demanda na ponta oferecidos pelo projeto. O custo são todos os aportes feitos para sua realização. O valor da RCB varia de 0 a 1 e quanto mais próximo a 0 é a RCB, mais atrativo é o projeto. A RCB

prevista antes do projeto ser executado na UFLA era de 0,68, que é uma RCB considerada relativamente boa para projetos em Universidades.

Para que todos os estudos necessários sejam realizados com a maior precisão possível e a execução do projeto seja tenha sucesso, os processos e fluxos precisam ser bem definidos. Os Editais de Chamadas Públicas direcionam esse fluxo, que deve ser seguido à risca pelos beneficiários e empresas executoras.

2.3.2. Fluxo de Seleção e Execução dos Projetos

As etapas das Chamadas Públicas são estabelecidas nos próprios Editais divulgados pelas concessionárias de energia. Os processos são bem definidos, porém a questão estratégica pode ser definida pela empresa ou consumidor beneficiado. As etapas definidas pela CEMIG no Edital da CPP de 2018 estão ilustradas na Figura 4 abaixo.

Figura 4: Fluxo de Processos

Fonte: CEMIG (2018).

De acordo com o PROPEE (2018), os processos podem ser descritos da seguinte forma: primeiro, a publicação do Edital define o início da Chamada Pública. É neste momento que as ESCO's e/ou os consumidores interessados em apresentar projetos devem analisar as regras e procedimentos divulgados.

Todas as concessionárias estipulam um prazo para a solicitação de esclarecimentos de dúvidas a respeito do Edital. Os esclarecimentos podem ser realizados via correio eletrônico ou via Portal online de cada concessionária.

Após a resposta dos questionamentos realizados, a empresa deve enviar o projeto e os documentos do beneficiário e da proponente ou empresa executora até uma data e horário limites estipulados pela concessionária, conforme citado no item 2.2.1 deste trabalho. O envio dos documentos obrigatórios, inclusive do Diagnóstico Energético, é feito através do Portal de Chamada Pública ou do Sistema de Gestão da concessionária, ambos de acesso online. Para isso, a entidade que irá enviar o projeto deve ter um cadastro nos portais, que geralmente deve ser realizado até a data limite do envio dos documentos.

Após um período de análise dos projetos recebidos, a CEMIG publica a relação dos projetos inabilitados devido a questões documentais. A concessionária desclassifica, por exemplo, projetos de beneficiários que apresentem Certidão de Débitos Municipais, Estaduais e Federais "Positivas". Isso significa que as entidades precisam estar com questões tributárias e fiscais devidamente regularizadas. A apresentação de Certidões na condição "Positiva" inabilita o projeto nesta etapa. Elas devem ser "Negativas" ou "Positivas com efeito de negativas".

Após a divulgação do resultado da análise documental, é estipulado um prazo para interposição de recursos. Essa etapa dá a oportunidade para a proponente justificar alguma inconformidade apontada na avaliação da CEMIG. Os recursos podem ou não ser aceitos pela concessionária através da etapa de Análise e Seleção das Propostas. O resultado dessa avaliação é divulgado logo em seguida, em data que também é estipulada pelo Edital.

Na mesma data do resultado da avaliação dos recursos da análise documental, são divulgados também os projetos (Diagnóstico Energético) provisoriamente aprovados na CPP. Este resultado é dito provisório porque os proponentes possuem novamente a oportunidade de interpor recursos caso julguem que o resultado publicado tenha alguma inconformidade. Todos estes resultados são de acesso público e podem ser consultados no site da concessionária de energia.

Após a análise dos recursos interpostos, a CEMIG divulga o resultado final com uma lista dos projetos que foram aprovados para execução e estipula um prazo para assinatura do contrato entre ela e o beneficiário.

A etapa de Plano de M&V[2] é muito importante para o processo. Isso porque os projetos devem ser elaborados de acordo com o PROPEE e com o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP). As ações, segundo a CEMIG (2018), devem seguir um nível de precisão de +/- 10% com 95% de confiabilidade. Essas medições devem ser realizadas antes da fase de execução do projeto. São coletados nessa etapa, os dados das variáveis independentes, que explicam a variação do consumo (como por exemplo, variação do clima, da produção, da ocupação, entre outros) e dependentes, que são a demanda e a energia consumida. Nessa etapa, as orientações disponibilizadas no "Guia de medição e verificação" publicado pela ANEEL devem ser seguidas. Deve ser definido como será calculada a economia de energia e a redução de demanda na ponta e é exigido que o proponente apresente as equações que foram utilizadas para se calcular os benefícios energéticos do projeto. A explicação de cada variável com seu método de medição ou estimativa também deve ser clara. O tempo de medição varia de acordo com o uso final instalado.

Finalmente o projeto chega à sua fase de execução. Os projetos precisam ter um período de execução de no máximo 12 meses, a partir da data de assinatura do contrato. Somente há exceção para o caso de instalação de Fontes Incentivadas, que esse prazo se estende por mais 12 meses, já que neste caso é exigida medição do período de determinação da economia, que dura este tempo.

Devem ser estruturados pela empresa proponente dois cronogramas: o cronograma físico e financeiro. Eles devem conter uma série de detalhamentos sobre as etapas e recursos utilizados durante a execução do projeto. É exigido que sejam expostos neles o Diagnóstico Energético completo, a Medição no período de linha de base e elaboração do Plano de M&V, a Aquisição de materiais e equipamentos, a execução das ações de eficiência energética, o descarte dos materiais e equipamentos substituídos, as ações de marketing, as ações de treinamento e capacitação, a Medição no período de determinação da economia e elaboração do Relatório de M&V e a Avaliação dos resultados do projeto e elaboração do Relatório final. A concessionária exige que sejam enviados relatórios mensais sobre o andamento do projeto e

[2] M&V: Segundo a ANEEL (2020), trata-se de procedimentos e metodologias de apuração dos resultados energéticos de projetos desenvolvidos no âmbito do PEE. Elas possuem como base o Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance (PIMVP). As informações extraídas poderão fazer parte de um banco de dados que avalia o real impacto do PEE no consumo de energia elétrica do país.

as etapas que já tenham sido concluídas. Durante toda execução do projeto, a CEMIG envia representantes para fiscalização da execução e se ela está sendo feita em conformidade com as regras do PROPEE. O reembolso dos recursos financeiros destinados para o programa é liberado pela CEMIG somente depois da finalização dessa etapa e da aprovação pela concessionária.

É necessário, por fim, que sejam entregues os Relatórios de M&V e Final. Ambos possuem todas as informações pertinentes do projeto, como quantitativos de equipamentos que foram efetivamente trocados, economia de energia, valor investido, tempo de execução, entre outros.

3. RESULTADOS

3.1 RESULTADOS ALCANÇADOS

A execução do projeto de eficiência energética através do PEE é promovido anualmente pela Agência Nacional de Energia Elétrica. Normalmente, as etapas de execução obedecem a um processo bem definido com relação à metodologia e ao cronograma. Após a Divulgação do Resultado Final, os trâmites para a efetiva implementação do projeto se iniciam de acordo com a Figura 4.

3.1.1 Celebração do instrumento contratual

O modelo do contrato é disponibilizado em um dos anexos do Edital. A sua assinatura é feita entre a concessionária de energia e o cliente beneficiário e foi realizada em novembro de 2018. A execução do projeto só pode ser iniciada após todas as partes terem assinado o contrato. O contrato deixa bem claros todos os procedimentos que devem ser seguidos na execução do projeto, bem como direitos e deveres das partes envolvidas.

3.1.2 Plano de M&V

As medições do período de linha de base foram realizadas durante dez dias do mês de março de 2019. As medições do período de linha de base, também chamada de "Medição *ex ante*", ocorrem antes do início da implementação do projeto. Em campo, foram observadas algumas divergências com relação ao que foi previsto no diagnóstico energético, como por exemplo, a mudança na tipologia de algumas lâmpadas, porém não houve modificação na quantidade delas. Isso ocorreu devido ao intervalo longo entre o levantamento realizado pré estruturação do diagnóstico e a assinatura do contrato, que foi de aproximadamente um ano. Porém tais divergências não causaram impactos relevantes na execução nem no resultado final do projeto.

3.1.3 Execução

A execução do projeto engloba algumas subfases, divididas entre a execução em si, as medições do período de determinação, o descarte dos equipamentos obsoletos e o treinamento e capacitação. Paralelamente à execução do projeto, a CEMIG realiza frequentemente fiscalizações na obra para averiguar a sua correta execução, a obediência a todas as cláusulas acordadas em contrato, se o projeto está seguindo rigorosamente tudo o que foi proposto no diagnóstico, as condições de segurança dos trabalhadores e frequentadores da universidade, entre outros. Além disso, mensalmente a empresa executora deve encaminhar à concessionária relatórios sobre o andamento do projeto, o que já foi feito, entre outros relatos pertinentes. Por serem etapas atreladas ao período de execução, não foram registradas datas para essas três fases.

Após o fim das medições do período de linha de base, a execução do projeto se iniciou e foi realizado entre os meses de outubro e novembro de 2019. Foram substituídas lâmpadas de tecnologias ineficientes pelo mesmo quantitativo de lâmpadas LED. A nível de consumo, essa substituição teve um elevado impacto, já que gerou grande economia de energia, além da luminosidade das lâmpadas ser maior. A Universidade possuía antes do projeto equipamentos ineficientes de tecnologias ultrapassadas como lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas, incandescentes, vapores, mistas e halógenas. A Figura 6 representa o antes e o depois da instalação das lâmpadas eficientes no anfiteatro do Departamento de Educação da instituição estudada.

Figura 5: Departamento de Educação - Anfiteatro - Antes (LFT T5 14W) e depois (Tubo LED T5 7,5W)

Fonte: Relatório Final do projeto da CPP 2018 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS - UFLA

Os orçamentos e custos do projeto são feitos por rubrica, que são previamente estabelecidas no Edital. As rubricas do Edital da CEMIG, bem como sua representação frente ao orçamento total do projeto previsto está listado abaixo:

- Materiais e Equipamentos (59%);
- Mão de Obra de Terceiros (29,57%);
- Mão de Obra Própria (5,8%);
- Transporte (0,41%);
- Marketing (0,26%);
- Descarte de Materiais (1,6%);
- Medição e Verificação (2,4%);
- Treinamento e Capacitação (0,9%).

O valor total do projeto é o somatório dos orçamentos calculados por rubrica. Após a finalização da execução do projeto, se iniciam as medições do período de determinação, também chamada de Medição ex post. Nessa fase, algumas alterações no escopo inicial tiveram que ser feitas, pois entre os períodos de medição ex ante e o período de execução, algumas lâmpadas queimaram e tiveram que ser trocadas. O valor total do projeto distribuído entre as rubricas mencionadas previsto antes da sua execução e o valor total realizado ao final de sua execução tiveram uma diferença de 0,00000288%. Essa diferença é irrelevante para o projeto, não causando impactos que possam influenciar no seu resultado final e ela se deve a algumas especificações de potência e temperatura de cor que foram alteradas, dada à disponibilidade do produto por parte dos fornecedores. Além disso, algumas especificações de potência e temperatura de cor foram alteradas, dada à disponibilidade do produto por parte dos fornecedores.

Como mencionado neste trabalho, a RCB é um indicador muito importante para a análise da viabilidade do projeto. A ANEEL estabelece um limite de 0,75 para o RCB para os projetos que tem como beneficiários entidades sem fins lucrativos e quanto menor a RCB, entre 0 e 1, mais viável e atrativo é o projeto, pois significa que o benefício é muito mais representativo diante dos custos atrelados ao projeto. A RCB é a relação entre o custo total anualizado do projeto e o benefício anual, ou seja, o quanto será economizado na fatura de energia por ano com a implementação do projeto. A RCB prevista era de 0,68, e a realizada foi de 0,64. Essa diferença ocorreu porque lâmpadas tubulares de 9W e 18W que representam

24,66% e 63,55% das lâmpadas substituídas, respectivamente, apresentaram potências acima das nominais estipuladas nos catálogos oficiais dos produtos. Como a RCB realizada foi menor do que o previsto, isso significa que o projeto alcançou resultados melhores do que o que foi analisado em seu diagnóstico. O custo de substituição das lâmpadas já é considerado no RCB, já que este índice considera a vida útil do tempo de acordo com as especificações técnicas da lâmpada, que dura em média de 20 anos. Portanto o custo anualizado deste tipo de lâmpada é muito menor do que a de lâmpadas convencionais.

Essa relação entre o custo e o benefício do projeto, que se apresentou atrativo, é reflexo dos resultados obtidos em outras variáveis atreladas ao projeto. Foi prevista uma economia de energia anual de 399,22 MWh/ano, e os valores alcançados nas medições finais foram de 476,75 MWh/ano. A redução de demanda na ponta prevista era de 82,86 kW, e a realizada foi de 85,22 kW e a economia monetária na fatura de energia da instituição depois do projeto foi de R$249.642,77. Estes números representam uma economia 6,94% maior com relação aos valores previstos antes da execução do projeto. Para uma instituição do porte da Universidade Federal de Lavras, estes resultados geram uma relevante economia para os cofres públicos.

Após as etapas de execução, o processo de descarte dos materiais e equipamentos trocados se inicia. O descarte, iniciado em dezembro de 2019, segue todas as premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei no 12.305 de 2 de agosto de 2010 – Brasil, 2010a), regulamentada pelo Decreto no 7404 de 23 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010b). A coleta dos resíduos é realizada por profissionais especializados e com a utilização de veículos autorizados para o transporte de carga desse tipo.

Os procedimentos que devem ser obedecidos para o descarte dos materiais estão relacionados no próprio manual dos modelos utilizados. As substâncias tóxicas para o meio ambiente como metais pesados e plásticos são separados, principalmente o mercúrio, que é extraído e recuperado em seu estado elementar. A maior parte dos resíduos é reciclada e todos os procedimentos químicos são realizados em ambientes específicos e seguros, com profissionais especializados. Os materiais que não podem ser reciclados são encaminhados para coprocessamento.

Após finalizada a etapa de descarte, é iniciada a fase de Treinamento e Capacitação dos usuários das instalações da universidade. O principal objetivo das palestras é disseminar

os conceitos de eficiência energética, sua importância e o correto manuseio dos equipamentos novos. As palestras foram ministradas nas dependências da universidade por profissionais especializados no assunto. A gestão de energia também é um ponto muito explorado nos cursos, já que não basta apenas a troca de equipamentos obsoletos por novos, mas sim seu uso correto.

Participaram da palestra técnicos, assistentes administrativos, alunos e funcionários da universidade. Ao final do treinamento, cada participante recebeu um Certificado de Participação emitido pela empresa executora do projeto, principal responsável pelo treinamento. Foi feito também um questionário avaliativo e uma pesquisa de satisfação da implementação do projeto. O questionário tinha como principal objetivo avaliar se os conceitos e as instruções passadas aos participantes foram bem compreendidos. A pesquisa de satisfação permite à empresa executora detectar possíveis melhorias em seu processo de implementação de projetos desta natureza. As perguntas do questionário, seus resultados e os resultados da pesquisa de satisfação foram descritos abaixo.

Foi questionado aos presentes no treinamento se, quanto ao ambiente de trabalho, não houve impacto negativo na rotina de trabalho da instituição durante a execução do projeto, tendo como resultados: 79% dos entrevistados concordaram, 10% concordaram parcialmente e 11% não concordaram e nem discordaram. Perguntou-se quanto aos níveis de iluminação dos ambientes, se houve grande melhoria e se a percepção foi imediata, as opiniões foram: 69% dos entrevistados concordaram completamente, 28% concordaram parcialmente e 3% não concordaram e nem discordaram. Sobre o treinamento ministrado, foi questionado se os palestrantes demonstraram possuir domínio do conteúdo e habilidade para transmitir conhecimento, como resultados foram obtidos: 86% concordaram completamente que houveram palestrantes nessas condições e 14% concordaram parcialmente. Estes resultados mostram que na visão do consumidor, o projeto alcançou seu principal objetivo, que é proporcionar um ambiente com iluminação melhor e mais confortável.

Quanto ao questionário avaliativo disponibilizado, a primeira pergunta era referente aos objetivos do Programa de Eficiência Energética, neste 90% dos presentes no treinamento marcaram a opção correta do questionário. Perguntou-se qual conceito melhor definia Eficiência Energética, e 90% dos participantes acertaram a questão. Entre perguntas referentes ao conteúdo ministrado, às lâmpadas trocadas e ao processo de descarte, cerca de 91,5% dos

presentes acertaram. Todos esses resultados indicam que o conteúdo foi ministrado de forma clara e que os participantes do treinamento absorveram corretamente as informações passadas. A correta compreensão do projeto e do manuseio dos novos equipamentos é essencial para que a economia de energia mantenha-se em seu nível máximo, bem como o conforto de todos os usuários dos sistemas.

3.1.4 Relatório Final do projeto

O relatório final é uma etapa obrigatória imposta pelo Edital. Trata-se de um documento com todas as informações pertinentes do projeto, como a energia economizada, as medições Ex Post, o valor investido por rubrica e o valor total, a RCB do projeto entre outros. O Relatório Final do projeto realizado na UFLA pela CPP de 2018 foi entregue à concessionária de energia no em dezembro de 2019.

3.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados alcançados em termos de economia de energia após a implementação do projeto foram significativos. Para começar, as lâmpadas de *Light Emitter Diode* (Diodo emissor de luz - LED) são equipamentos preenchidos com gases e revestidos com diferentes materiais de fósforo. Seu consumo de energia é muito inferior às lâmpadas incandescentes e fluorescentes. O LED possui facilidade de um descarte ambientalmente responsável, e é fabricado com materiais que não são tóxicos para o meio ambiente, além de ter uma durabilidade muito maior, garantindo menor troca da lâmpada no passar dos anos (SANTOS et. al, 2015). Ainda segundo Santos *et al.* (2015), as lâmpadas LED consomem 82% menos energia elétrica do que uma lâmpada incandescente mitigando-se a poluição do meio ambiente.

A calculadora de emissão criada pela IDESAM, citada no capítulo 2 deste trabalho foi parametrizada utilizando-se fontes de dados e fatores de emissão disponibilizados pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Eletrobrás e *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Calculando-se a emissão de CO_2 por consumo de energia elétrica com o valor resultante de economia de

energia anual verificada no projeto implementado na UFLA de 476,75 Mwh/ano, que equivale a 39.729 Kwh/mês, verifica-se que foi evitada a emissão de 2,026 toneladas de CO_2 por mês e 24,314 toneladas por ano. Sessenta e sete árvores seriam necessárias para a compensação do gás carbônico que continuaria a ser emitido caso o projeto não fosse implementado. Através desses dados, observamos um dos principais impactos que a economia de energia causa no meio ambiente.

Além dos impactos ambientais, o projeto traz resultados e economia de energia e demanda para todos os envolvidos. Para a Universidade Federal de Lavras, pode-se destacar alguns pontos mais importantes, como, por exemplo, uma melhor utilização dos recursos energéticos, uma vez que a qualidade e conforto da iluminação instalada terá uma melhoria considerável. Também, a modernização dos sistemas de iluminação com a instalação de equipamentos mais eficientes, com a contribuição na redução de despesas administrativas e operacionais da instituição. Os aparelhos com tecnologia mais moderna consequentemente necessitam de menos manutenção e energia elétrica para seu funcionamento pleno. Além disso, o projeto traz para a Universidade uma grande economia na fatura de energia, diminuindo as despesas administrativas, fazendo com que o recurso possa ser aplicado em outras áreas carentes de melhorias ou manutenção das instalações da universidade. O projeto trouxe, como consequência das lâmpadas LED, ambientes mais iluminados devido à maior iluminância deste tipo de equipamento[3], o que trouxe uma maior segurança para alunos e colaboradores em períodos noturnos. A conscientização ambiental de usuários sobre o uso racional de energia e o descarte adequado de equipamentos que podem ser prejudiciais ao meio ambiente também é uma vantagem, visto que é urgente que haja este tipo de conscientização em uma sociedade tão dependente de energia elétrica, oriunda muitas vezes de fontes que não são renováveis.

Para a CEMIG, concessionária de energia, podem ser apontados a postergação dos investimentos da concessionária no sistema elétrico devido à energia que foi economizada.

---

[3] A lâmpada LED quando chega no fim da sua vida útil, perde 70% do seu fluxo luminoso inicial. Porém, no final da sua vida útil, a lâmpada ainda atende o padrão para o qual o ambiente foi projetado. Pode ser que a iluminância fique um pouco acima do ideal apenas dos primeiros dias depois que foi instalada, porém, todo o projeto luminotécnico onde os níveis de iluminância são estudados, é realizado na fase de Diagnóstico Energético aprovado pela concessionária de energia.

A maioria das lâmpadas convencionais que foram trocadas na Universidade, cuja iluminância decai muito mais rápido, já ultrapassaram a vida útil delas. Ou seja, estão iluminando menos do que o que foram projetadas para iluminar, além de sua iluminância decair muito mais rápido.

Pode ser observado também a possibilidade de aumento de receita pela oferta de prestação de serviço e a melhoria da performance operacional através de melhor conhecimento da carga e a redução na queima constante de equipamentos na rede de distribuição de energia elétrica. Isso é devido ao fato de terem sido instalados equipamentos com tecnologias mais modernas que precisam de manutenções menos frequentes para continuar em funcionamento. O projeto se traduz em uma contribuição social e ambiental devido à melhoria da qualidade de atendimento das instalações com a utilização de menos recursos energéticos.

Para o sistema elétrico nacional, os pontos que podem ser destacados são a redução da demanda em horário de ponta, fazendo com que haja uma melhoria no atendimento do mercado consumidor. Com uma menor utilização de energia elétrica em horários de pico, os riscos de apagões ou de sobrecarga do sistema elétrico são menores. Pode ser destacado também a redução nos custos de manutenção da Universidade com menores gastos públicos e uma maior satisfação do cliente, traduzida pela redução dos custos em sua conta de energia elétrica;

Por fim, para a sociedade, pode ser destacada a disseminação do conceito do uso racional e eficiente dos recursos energéticos e estímulos ao combate do desperdício. As ações de divulgação cumprem um importante papel na disseminação dessas informações, por isso, é tão importante destacar os resultados de economia obtidos e a relação que eles possuem com a conservação do meio ambiente. Além disso, o projeto traz como consequência o fomento para utilização de novas tecnologias no sistema de iluminação pois destacam como o uso de tecnologias mais modernas pode impactar em um bom resultado e retorno do projeto de eficiência energética. E finalmente, ele traz mais disponibilidade de energia no sistema elétrico traduzindo-se em menores riscos de racionamento a médio e longo prazo.

4. CONCLUSÕES

A partir dos dados e análises feitas, é claro o fato de que programas de eficiência energética têm ganhado força no Brasil e no mundo. Isso evidencia que iniciativas já realizadas causaram impactos positivos e que a possibilidade de novos programas pode deixar ainda mais amplo o acesso às vantagens da implementação de projetos de eficientização e gestão de eletricidade para toda população.

Diante dos dados apresentados e análises feitas, constata-se como programas governamentais de direcionamento de recursos para eficientização de sistemas elétricos em instituições públicas podem trazer grande economia a longo prazo para os cofres públicos. A economia anual gerada pela implementação do projeto na UFLA, a longo prazo trará uma economia na fatura de energia que será significativa para o governo federal. Apesar do investimento inicial do governo federal advindo de recursos públicos, os resultados mostram-se satisfatórios para o próprio governo e para os usuários das instalações, com um impacto significativo para as concessionárias de energia, sociedade e meio ambiente.

Com a séria crise ambiental que estamos vivenciando, atitudes de racionalização de consumo dos recursos do planeta se mostram cada vez mais urgentes e necessárias. Sem o papel das árvores e florestas de reter o excesso CO_2 proveniente de ações humanas e sua liberação na atmosfera em forma de oxigênio, muitos ecossistemas poderiam ser destruídos e ambientes seriam inóspitos para os seres vivos, acarretando numa grande crise ecológica em âmbito mundial. Programas como o PEE surgem de maneira a compensar o CO_2 que seria liberado, diminuindo o acúmulo desse GEE na atmosfera.

Como parte do PEE analisado observou-se que a troca de lâmpadas e eficientização dos sistemas acarreta na necessidade de descarte de materiais que podem ser tóxicos para o meio ambiente. Por isso, é importante priorizar o descarte adequado com pessoal especializado, para que os impactos ambientais negativos sejam mitigados, e os positivos a longo prazo possam supri-los. Cursos e treinamentos para aperfeiçoamento dos envolvidos são necessários, de forma a garantir uma eficientização ainda maior. Além de tudo, o PEE ainda não é muito difundido pelas instituições, que não possuem o conhecimento desse direito garantido por lei que elas possuem, por isso uma prospecção por parte das empresas executoras e dos próprios beneficiários deve ser mais desenvolvida.

Dessa forma, estimular a conscientização da população mundial e ações direcionadas à conservação do planeta em que vivemos é o caminho para a desaceleração do aquecimento global e para construirmos um ambiente em que futuras gerações não sofram com os impactos gerados por atitudes irracionais que afetam o ambiente em que vivemos.

5. REFERÊNCIAS

ABEELEN, C.A.; HARMSEN, R.; WORRELL, E.. ***Implementations of energy efficiency projects by Dutch industry.*** Utrecht, 2013.

ALTAN, H.. ***Energy efficiency interventions in UK higher education institutions.*** The University of Sheffield, 2010.

ALTOÉ, L.; COSTA, J. M.; FILHO, D. O.; MARTINEZ, F. J. R.; FERRAREZ, A. H.; VIANA, L. A.. **Políticas Públicas de incentivo à eficiência energética.** UFV, Viçosa, 2017.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Guia Prático de Chamadas Públicas do PEE para Proponentes**, 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656831/15104008/Guia+CPP+-+Proponentes.pdf/ba29a041-83f0-41be-956f-50885b709e33?version=1.0> Acesso em 10 nov. 2021.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Programa de Eficiência Energética.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>. Acesso em: 14 nov. 2021.

BACKLUND, S.; THOLLANDER, P.; PALM, J.; OTTOSSON, M.. ***Extending the energy efficiency gap.*** Linköping, Sweden, 2012.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm> Acesso em 14 out. 2021.

Brasília: **DOU Diário Oficial da União.** Publicado no **D.O.U.** de 02 de março de 2021. Resolução Normativa ANEEL nº 920, de 23 de fevereiro de 2021.

Brasília: **DOU Diário Oficial da União.** Publicado no **D.O.U.** de 02 de setembro de 2020. Medida Provisória nº 998, de 1º de setembro de 2020.

Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). **Regulamento da Chamada Pública de Projetos CEMIG nº 001/2018**. Belo Horizonte, 2018.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L.. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos.** 8º Congresso brasileiro de gestão de desenvolvimento de produto - CBGDP, 2011.

COSER, J.; SILVA, J. A.; WITTE, G.. **Levando conhecimento sobre eficiência energética e tarifária a instituições comunitárias e de ensino em Chapecó.** Caminho Aberto, Revista de Extensão do IFSC, nº 01, 2014.

CROUCHER, M.. ***Energy efficiency: Is re-distribution worth the gains?*** Arizona State University, 2012.

EULER, A. M. C.; **O acordo de Paris e o futuro do redd+ no Brasil.** Cadernos adenauer XVII nº2, 2016.

FERREIRA, T. M.. **Descoberta de Padrões de consumo de Energia Elétrica.** Universidade do Minho, 2013.

FILHO, A.L.F.; AGUIAR, A.O.; KNIESS, C. T.; **Eficiência Energética com base nos critérios PROCEL: estudo de caso em edifício público.** HOLOS, Ano 34, Vol. 07, 2018.

FRANÇA, W. W. P.. **A elasticidade de substituição de morishima aplicada aos recursos fósseis da matriz de energia primário.** Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, 2018.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O.; **Energia e meio ambiente no Brasil.** Dossiê Energia, Estud. av. 21, 2007.

HAYDT, G.; LEAL, V.; DIAS, L.. ***Uncovering the multiple objectives behind national energy efficiency planning.*** Coimbra, Portugal, 2012.

HIDD, G. V.; **O mercado das empresas de serviços energéticos: uma comparação entre os mercados do Reino Unido e do Brasil.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

JANUZZI, G. M.; **Aumentando a eficiência nos usos finais de energia no Brasil.** UNICAMP, 2002.

LIMA, E. C.; LEDER, S. M.. **Conforto ambiental e eficiência energética na reciclagem de edifícios para habitação de interesse social.** Pesquisa em Arquitetura e Construção, vol. 3 n. 2, p. 43-55, 2012.

LIMA, G.C. **Eficiência Energética e Energia Solar fotovoltaica em prédios públicos no setor de educação no nordeste do Brasil: O caso da expansão do IFRN.** Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e pesquisa de engenharia (COPPE), 2019.

LIRA, M. A.; MELO, M. L. S.; RODRIGUES, L. M.; SOUZA, T. R. M.. **Contribuição dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica para a Redução de CO2 no Estado do Ceará.** Rev. bras. meteorol. 34 (3), 2019.

MAGINADOR, J. A. G.; **Análise dos impactos dos programas de eficiência energética e proposições de melhorias dos programas nacionais.** UNESP, Bauru, 2017.

MAIORANO, J.; SAVAN, B.; ***Barriers to energy efficiency and the uptake of green revolving funds in Canadian universities.*** International Journal of Sustainability in Higher Education, 2015.

MILANEZ, A. Y.; MANCUSO, R. V.; GODINHO, R. D.; POPPE, M. K.. **O Acordo de Paris e a transição para o setor de transportes de baixo carbono: o papel da plataforma para o biofuturo.** BNDES Setorial 45, p. 285-340, 2017.

NELI, R. R.; CAVALHEIRO, D.; SOUZA, W. E. de; MANTOVANI, M. C.. **A eficiência energética como ferramenta de gestão na redução de custos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campo Mourão.** Curitiba, 2020.

NETO, A.S.G.; GARCIA, L.F.S.; GOMES, W.A.S.;AZEVEDO, A. P.. **Análise de um projeto de eficiência energética em um posto de combustíveis com base metodológica no protocolo internacional de medição e verificação de performance (PIMVP).** Journal volume & issue Vol. 01, no. 02, pp. 54 – 73, 2011.

PERUCCHI, G.; ANDRADE, L. M. S.; REZENDE, V. S.. **Santa Luzia sensível à água: abordagem Leapfrogging com padrões espaciais de infraestrutura ecológica para ocupações informais no DF.** VI Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UnB, 2020.

ROCHA, M. L.. **Modelo para Determinar a Neutralização dos Gases do Efeito Estufa com Custo Mínimo Usando Árvores Nativas do Cerrado Tocantinense**. XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2014.

SANTOS, T. S.; BATISTA, M. C.; POZZA, S. A.; ROSSI, L.S.. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais.** Eng. Sanit. Ambient. 20 (4), 2015.

SCHUTZE, A.; HOLZ, R.**.Eficiência energética no Brasil.** Nexo Jornal Políticas Públicas, 2021. Disponível em: <https://pp.nexojornal.com.br/linha-do-tempo/2021/Efici%C3%AAncia-energ%C3%A9tica-no-Brasil1>. Acesso em: 11 nov. 2021.

SILVA, E. P.; SILVEIRA, N. S.; FERRAZ, D.; MELLO, D. S.; MORALLES, H. F.. ***The drivers of energy-related CO2 emissions in Brazil: a regional application of the STIRPAT model.*** Environmental Science and Pollution Research volume 28, 2021.

SILVA, R. S.. **Gestão de energia em instituições públicas: metodologia baseada no modelo de excelência em gestão pública.** Universidade de São Paulo, USP, 2014.

SOARES, I. J.; GOMES, M, F.. **O princípio da eficiência sustentável na administração pública.** Revista de Direito e Sustentabilidade, 2017.

SOUZA, A.; GUERRA, J.C. C.; KRUGER, E. L.. **Os programas brasileiros em eficiência energética como agentes de reposicionamento do setor elétrico.** Revista Tecnologia e Sociedade - 1ª Edição, 2011.

SOUZA, A.; SILVA, C. L.; KRUGER, E. L.. GUERRA, J. C. C.. **Gestão da eficiência energética em edificações das instituições públicas de ensino: um estudo aplicado ao sistema de iluminação da UTFPR sob a ótima técnica e econômica.** Revista De Gestão Social e Ambiental, 6(1), 190–209, 2012.

SOUZA, G. B. H.; ***A multi-objective decision support methodology for developing national energy efficiency plans.*** Universidade do Porto, Portugal, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Secretaria da Educação Superior. **Relatório de Gestão do Exercício de 2018.** Disponível em: <https://www.ufla.br/acessoainformacao/wp-content/uploads/2019/04/relatorio_2018.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

VANEGAS, J.; BOTERO, S.. ***Eficiencia energética en microempresas de Medellín: un estudio de valoración de barreras.*** Lecturas de Economía - No. 77. Medellín, 2012.

VÁSQUEZ, C.; OSAL, W.; SUDRIÁ, A.; YÉPEZ, W.; PARRA, E.; SÁNCHEZ, I.; RAMÍREZ-PISCO, R.; DOYHARZABAL, J.; LLOSAS, Y.. ***3ro Taller de Eficiencia energética para la seguridad y la sostenibilidad de Iberoamérica (EFESOS).*** Universidad, Ciencia y Tecnología, uct vol.16 no.62 Puerto Ordaz, 2012.

WERLANG, A. B. C.; GELLER, I.. **Uma análise da relação entre o consumo de energia elétrica e o crescimento econômico no mundo.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, 2018.

ANEXO A – TERMO DE DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE DE AUTORIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 18 de fevereiro de 2022.

Cecília de Almeida Oliveira — 201549051
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A) — Matrícula

Cecília de Almeida Oliveira — 124.196.626-52
ASSINATURA — CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.