

**FACULDADE DOCTUM DE JUIZ DE FORA**

**CÁSSIO COSTA GARCIA**

**Estudo da Viabilidade Econômica em Eficiência Energética Residencial**

Juiz de Fora  
2019

**Cássio Costa Garcia**

**Estudo da Viabilidade Econômica em Eficiência Energética Residencial**

Monografia Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientação: Prof. Me. Luís Gustavo Schroder e Braga

Juiz de Fora  
2019

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF**

GARCIA, Cássio Costa.  
Estudo da Viabilidade Econômica em Eficiência  
Energética Residencial/ GARCIA, Cássio Costa - 2019.  
40º folhas.

Monografia (Curso de Engenharia Elétrica) –  
Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. Eficiência. 2. Energética. 3. Residencial.  
I. Estudo da Viabilidade Econômica em Eficiência  
Energética Residencial. II Faculdade Doctum Juiz de Fora.

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL**, elaborado pelo aluno **CÁSSIO COSTA GARCIA** foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de ENGENHARIA ELÉTRICA, como requisito parcial da obtenção do título de Bacharel em **ENGENHARIA ELÉTRICA**.

Juiz de Fora, 04 de dezembro de 2019.



Professor Orientador Me. Luis Gustavo Schröder e Braga



Professora Dra. Daniele de Alcântara Barbosa



Professor Me. José Carlos Miranda Grizendi

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por sua graça e misericórdia e por ter me sustentado até aqui.

A minha esposa Jéssica, por sua paciência, seu amor e sua confiança.

A minha família, em especial aos meus pais e meus irmãos por todos os esforços não medidos em me ajudar e me apoiar.

E a todos os amigos que fizeram parte dessa etapa em minha vida.

## RESUMO

GARCIA, Cássio Costa. **Estudo da Viabilidade Econômica em Eficiência Energética Residencial**. Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2019.

A partir do século XXI, a eletricidade vem sendo utilizada em diversas atividades dos setores residenciais, comerciais e industriais. Como exemplo, em eletrodomésticos, computadores, motores elétricos, ar condicionados, ventiladores e etc. A cada ano são exigidas novas fontes de geração de energia elétrica para suprir o aumento do consumo energético no Brasil. Com isso, surgiu o conceito de eficiência energética, como alternativa para melhorar a forma como utilizamos a eletricidade, reduzindo os desperdícios dos sistemas e aumentando os rendimentos dos equipamentos elétricos. O conceito de eficiência energética vem sendo muito discutido a fim de melhorar o uso da energia elétrica em todas as áreas de atuação, porém um dos desafios da implantação da eficiência energética nas residências é o custo dos materiais e aparelhos elétricos necessários para um melhor aproveitamento energético. O presente trabalho tem como metodologia um estudo comparativo referente à eficiência energética residencial com a intenção de estimular as pessoas a adotarem métodos mais eficientes nas instalações elétricas residenciais, comprovando o retorno financeiro nas faturas de energia elétrica decorrente de investimentos realizados nos projetos e aparelhos elétricos. Com isso, melhorar a utilização dos recursos naturais disponíveis para a produção de eletricidade e diminuir os elevados valores de investimentos em novas fontes geradoras de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Eficiência. Energética. Residencial.

## **ABSTRACT**

Since the 21st century, electricity has been used in various activities in the residential, commercial and industrial sectors. As an example, in appliances, computers, electric motors, air conditioners, fan and etc. Each year, new sources of electricity generation are required to supply the increased energy consumption in Brazil. This led to the concept of energy efficiency as an alternative to improving the way we use electricity, reducing system waste and increasing the efficiency of electrical equipment. The concept of energy efficiency has been much discussed in order to improve the use of electricity in all areas, but one of the challenges of implementing energy efficiency in homes is the cost of materials and electrical appliances needed for better energy use. The present work has as methodology a comparative study regarding the residential energy efficiency with the intention of stimulating the people to adopt more efficient methods in the residential electrical installations, proving the financial return in the electric bills due to investments made in the projects and electrical appliances. This will improve the utilization of available natural resources for electricity production and decrease the high value of investments in new sources of electricity generation.

**KEYWORDS:** Efficiency. Energy. Residential.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema Elétrico de Potência.....	16
Figura 2: Matriz Energética do Brasil .....	17
Figura 3: Mapa sistema de transmissão .....	18
Figura 4: Uso Final de Eletricidade no Brasil ao longo do Verão .....	19
Figura 5: Uso Final de Eletricidade no Brasil ao longo do Inverno .....	21
Figura 6: Energia economizada MWh/ano .....	22



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo da Residência A.....	27
Tabela 2 – Consumo da Residência A na Proposta 1.....	28
Tabela 3 – Comparativo Consumo da Residência A x Consumo da Residência A na proposta 1.....	29
Tabela 4 – Retorno Financeiro Residência A na Proposta 1.....	29
Tabela 5 – Consumo da Residência A na Proposta 2.....	29
Tabela 6 – Comparativo Consumo da Residência A x Consumo da Residência A na proposta 2.....	30
Tabela 7 – Retorno Financeiro Residência A na Proposta 2.....	31
Tabela 8 – Consumo da Residência A na Proposta 3.....	31
Tabela 9 – Comparativo Consumo da Residência A x Consumo da Residência A na proposta 3.....	32
Tabela 10 – Retorno Financeiro Residência A na Proposta 3.....	32
Tabela 11 – Consumo da Residência B.....	33
Tabela 12 – Consumo da Residência B na Proposta 1.....	34
Tabela 13 – Comparativo Consumo da Residência B x Consumo da Residência B na proposta 1.....	35
Tabela 14 – Retorno Financeiro Residência B na Proposta 1.....	35
Tabela 15 – Consumo da Residência B na Proposta 2.....	36
Tabela 16 – Comparativo Consumo da Residência B x Consumo da Residência B na proposta 2.....	36
Tabela 17 – Retorno Financeiro Residência B na Proposta 2.....	37

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo das Propostas da Residência A.....	33
Gráfico 2 – Comparativo das Propostas da Residência B.....	37

## LISTA DE SÍMBOLOS

ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
MG	Minas Gerais
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
SIN	Sistema Interligado Nacional
KWh	Quilowatt-hora
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas Energia
GWh	Gigawatt-hora
KV	Quilovolts
MWh	Megawatts-hora
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
CONFINS	Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
1.1 Objetivos .....	14
1.1.1 Objetivo Geral .....	14
1.1.2 Objetivos Específicos .....	14
1.1.3 Justificativa.....	14
2 METODOLOGIA.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 Sistema Elétrica de Potência.....	16
3.2 Geração de Energia Elétrica .....	17
3.3 Transmissão de Energia Elétrica.....	18
3.4 Distribuição de Energia Elétrica .....	19
3.5 Eficiência Energética .....	20
3.5.1 Procel .....	22
3.5.2 Projetos de Eficiência Energética.....	23
3.6 Tempo de Retorno Financeiro.....	23
4 Resultados Esperados .....	24
5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	40

## 1 INTRODUÇÃO

Desde sua descoberta realizada por Tales de Mileto, um filósofo grego, a energia elétrica vem sendo estudada a fim de ser utilizada de diversas formas para atender as necessidades da humanidade (BELENDEZ, 2008). A partir do século XXI, a eletricidade vem sendo utilizada em diversas atividades dos setores residenciais, comerciais e industriais. Como exemplo, em eletrodomésticos, computadores, motores elétricos, ar condicionados, ventiladores e etc.

No Brasil, a energia elétrica teve sua primeira utilização em 1879, com a finalidade de atender a iluminação pública na estação Central da Estrada de Ferro D. Pedro II localizada no Rio de Janeiro. Na época, Thomaz Alva Edison implantou no país processos e equipamentos de suas invenções na Estação Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II. Em Juiz de Fora, na data de 1889, foi inaugurada a primeira hidrelétrica de maior porte no Brasil por Bernardo Mascarenhas, um empreendedor têxtil da região (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 2019).

A cada ano são exigidas novas fontes de geração de energia elétrica (ONS, 2019), por esse motivo, surgiu o conceito de eficiência energética, como alternativa de melhorar a forma de utilização da energia elétrica, reduzindo os desperdícios dos sistemas e aumentando os rendimentos dos equipamentos.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2019), em 2018 os consumidores residenciais foram responsáveis por aproximadamente 28% de toda a energia consumida no Brasil. Aproximadamente 8% de toda energia gerada entre 2000 e 2016 corresponde às perdas elétricas da ineficiência energética de instalações elétricas e seus equipamentos (ABRADEE, 2019).

Um dos desafios da implantação do conceito de eficiência energética nas residências é o custo dos materiais e equipamentos necessários para um melhor aproveitamento da energia elétrica (MARTINS, 1999).

Uma forma de incentivar o uso da eficiência energética nos imóveis residenciais é através do decreto de 2015 denominado IPTU Verde, que concede descontos no imposto predial territorial urbano (IPTU) para os imóveis que adotarem medidas de preservação ambiental, tais como o uso de sistemas fotovoltaico e instalação de lâmpadas de Diodo Emissor de Luz, mais conhecida como LED (VARGAS, 2017).

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é verificar o tempo de retorno financeiro obtido com a utilização de aparelhos elétricos visando a eficiência energética em duas residências localizados na cidade de Juiz de Fora.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento quantitativo e qualitativo dos aparelhos elétricos de duas residências de diferentes consumos;
- Elaborar um projeto residencial visando a eficiência energética para as unidades consumidoras;
- Demonstrar o possível retorno financeiro mensal e o consumo energético obtido com os projetos, além do período de recuperação dos investimentos realizados.

### 1.1.3. Justificativa

O conceito de eficiência energética vem sendo muito discutido a fim de melhorar o uso da energia elétrica em todas as áreas de atuação. Entretanto, para um consumidor residencial que ainda pode ter alguma dúvida na viabilidade de investimento em projetos e aparelhos elétricos mais eficientes, levando-se em conta que esses produtos costumam ter um custo um pouco mais elevado.

O presente trabalho se faz importante no sentido de verificar qual o retorno financeiro que o consumidor terá após adotar um sistema com equipamento mais energeticamente eficiente, além de demonstrar o período de recuperação do investimento realizado.

A intenção é estimular as pessoas a adotarem métodos de eficiência energética em instalações elétricas residenciais, comprovando o retorno financeiro nas faturas de energia elétrica decorrente de investimentos realizados nos aparelhos elétricos. Com isso, melhorar a utilização dos recursos naturais disponíveis para a produção de eletricidade e diminuir os elevados valores de investimentos em novas fontes geradoras de energia elétrica.

## 2 METODOLOGIA

O presente trabalho tem como metodologia um estudo comparativo referente à eficiência energética residencial. Para tanto, foi subdividido em quatro etapas de realização:

- i. Para se tornar possível a comparação da viabilidade econômica entre dois métodos de projetos elétricos residenciais, um com aparelhos elétricos com baixo rendimento energético e o outro com maior eficiência energética, foi necessário realizar um estudo bibliográfico sobre o assunto.
- ii. Na segunda etapa, foi realizado um levantamento quantitativo e qualitativo de todos os aparelhos elétricos de duas residências localizadas na área central da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais para verificar o que poderia ser adequado em termos de eficiência energética dessas unidades consumidoras.
- iii. Na terceira etapa foram realizados orçamentos de equipamentos eletrodomésticos mais eficientes para as duas residências, que serão melhor detalhados no trabalho, além de verificar o possível consumo de energia elétrica dessas residências com a utilização dos novos projetos.
- iv. Na quarta etapa, foi verificado o possível valor de economia realizada na fatura de energia elétrica e tempo de retorno financeiro adquiridos com os investimentos.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

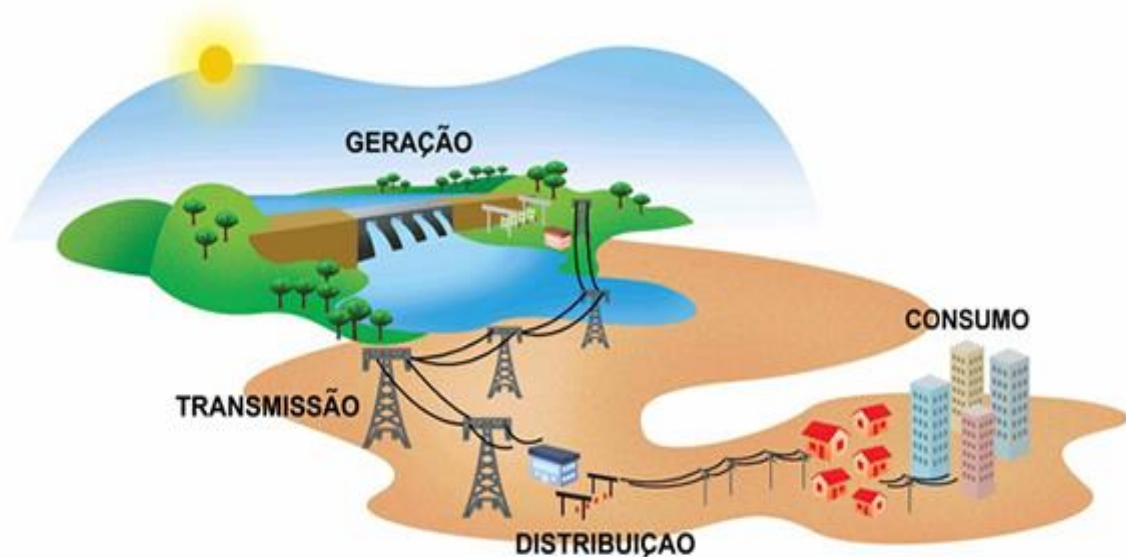
#### 3.1 Sistema Elétrico de Potência:

O sistema elétrico de potência é formado por três pilares: geração de energia elétrica, transmissão de energia elétrica e distribuição de energia. Essas três frentes de estudos são responsáveis desde a geração da eletricidade até a entrega ao consumidor final para ser utilizada (ZANETTA JR., 2006).

O sistema elétrico de potência tem como sua principal função atender as demandas de cargas elétricas exigida por qualquer tipo de clientes, no momento solicitado (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2010). Segundo Lineu Belico dos Reis (2011) uma fonte de energia elétrica com credibilidade e baixo custo é de extrema importância para a economia de uma região ou país.

Na figura 1 apresenta, de forma geral, o caminho que a energia elétrica percorre desde o seu início na geração até o consumo.

Figura 1 – Sistema Elétrico de Potência.



Fonte: ABRADÉE (2019)

A energia elétrica é de extrema importância tanto para a qualidade de vida quanto para os meios de produção das sociedades. Com isso, os serviços realizados pela eletricidade nos trazem muitos benefícios como: iluminação, aquecimento, mobilidade, entre outros (MENKES, 2004).



### 3.2 Geração de Energia Elétrica:

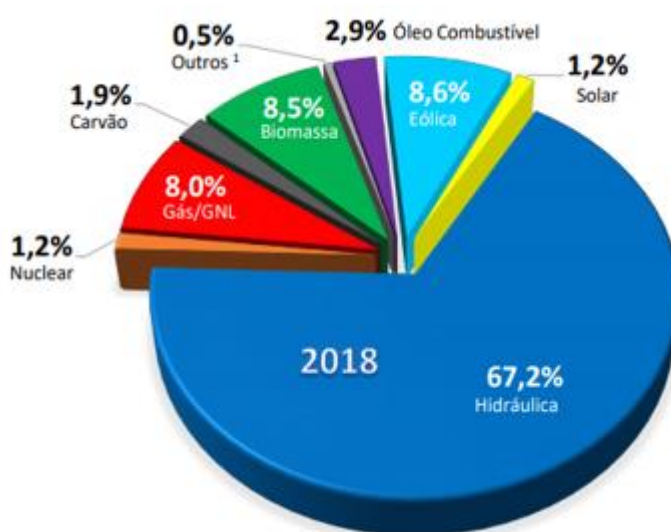
A eletricidade é gerada através da transformação da energia mecânica em energia elétrica. Os geradores ficam acoplados no eixo dos rotores das turbinas, dessa forma quando a turbina começa a girar, o gerador entra em trabalho de transformação de energia (CREDER,2014).

É muito comum a energia elétrica ser produzida na casa de 13,8 kV, porém essa tensão é muito baixa para ser transportada a longas distâncias, não ficando economicamente viável a sua transmissão. Dessa forma, são utilizados transformadores para elevar essa tensão, reduzindo as perdas no seu transporte (ZANETTA JR., 2006).

Os transformadores são equipamentos elétricos que têm a função de transformar, através da indução eletromagnética, a tensão e corrente alternada. Os transformadores têm um papel fundamental para a transmissão de energia a longas distâncias (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2010).

Segundo a ONS (2019) as maiores fontes de geração de energia elétrica no país são as usinas hidrelétricas, usinas eólicas, usinas termoeletricas e as usinas de gás com respectivamente, 67,2%, 8,6%, 8,5%, 8,0% da geração de energia elétrica total, conforme figura 2.

Figura 2 – Matriz energética do Brasil.



Fonte: ONS (2019)

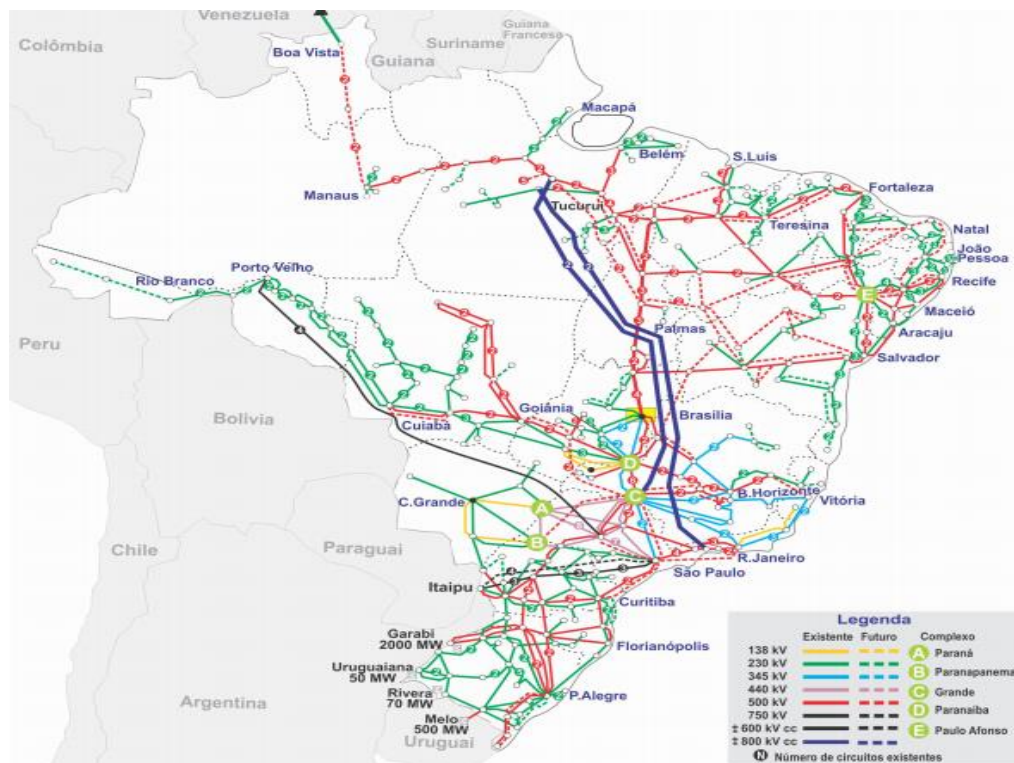
### 3.3 Transmissão de Energia Elétrica:

Na maioria das vezes as usinas geradoras de energia elétrica ficam distantes da população, onde vão ser utilizada. Com isso a necessidade das linhas de transmissão de energia, que são compostas por torres, cabos, isoladores entre outros equipamentos, que tem como função transportar toda energia gerada até os sistemas de distribuição de energia elétrica (RANGEL; KIENITZ; BRANDÃO; 2019).

Um ponto importante em relação às linhas de transmissões é o diâmetro dos condutores utilizados, cobre ou alumínio, pois quanto maior a área transversal do cabo, menores serão as perdas por efeito joule. Todavia, o custo da linha será maior (ZANETTA JR., 2006). No Brasil as linhas aéreas são mais utilizadas pelo fato do seu custo ser menor do que as subterrâneas, porém sua confiabilidade é bem menor (MENEZES, 2015).

Quase todo o país está interligado através das linhas de transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN), conforme figura 3, que foi criado com a intensão de aumentar a confiabilidade e melhorar o uso dos recursos energéticos (VASCONCELOS, 2017).

Figura 3 – Mapa sistema de transmissão.



Fonte: ONS (2019)

### 3.4 Distribuição de Energia Elétrica:

O sistema de distribuição é o setor que recebe a eletricidade da transmissão e alimenta os consumidores finais de todo o país. Em 2015 no Brasil 85% das unidades consumidoras eram residenciais, no qual são cobrados das concessionárias de energia elétrica o Quilowatt-hora (Kwh) consumido e a taxa de disponibilidade de energia, além das tarifas adicionais referente as bandeiras tarifárias (ABRADEE, 2019).

As bandeiras tarifárias são acréscimos na fatura dos consumidores referente a dificuldade de geração de energia elétrica e são separadas por faixa de valores, as quais são denominadas por “cores” verde, amarela, vermelha patamar 1 e vermelha patamar 2 (CEMIG, 2019). Quem define a bandeira a ser cobrada é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A norma técnica brasileira, NBR nº 5410 é responsável por todas as instalações elétricas de baixa tensão, ou seja, tensões igual ou inferior a 1000 volts em corrente alternada e 1500 volts em corrente contínua. As instalações elétricas novas e qualquer reforma em instalações já existentes devem atender as condições que a norma 5410 exige para um perfeito funcionamento do projeto e segurança de pessoas e animais (COTRIM, 2014).

Segundo Creder (2014), um projeto elétrico é um documento onde se encontra todas as informações necessárias para a execução da instalação elétrica, tais como:

- Materiais utilizados;
- Localização dos pontos de tomada geral;
- Localização dos pontos de tomada específicas;
- Divisão de circuitos;
- Trajeto dos condutores;
- Seção dos condutores;
- Cargas de cada circuito e a total;
- Dispositivos de proteção e manobra.

Através de condutores, equipamentos de proteção, equipamentos de seccionamento entre outros, a energia elétrica é transportada até equipamentos para serem utilizados nas residências de todo o país. Devido as resistências desses materiais ocorre as perdas técnicas de energia através do efeito joule, que são

expressas pelo produto da corrente ao quadrado que circula no circuito pela resistência do material (D'AVILA, 2007).

Além das perdas técnicas existem as perdas não técnicas ou comerciais, que são as perdas referente as fraudes e furtos de energia elétrica. De 2000 a 2016 as perdas técnicas e não técnicas corresponderam em média os valores de 7,9% e 5,54% respectivamente da geração de energia elétrica (ABRADEE,2019).

### **3.5 Eficiência Energética:**

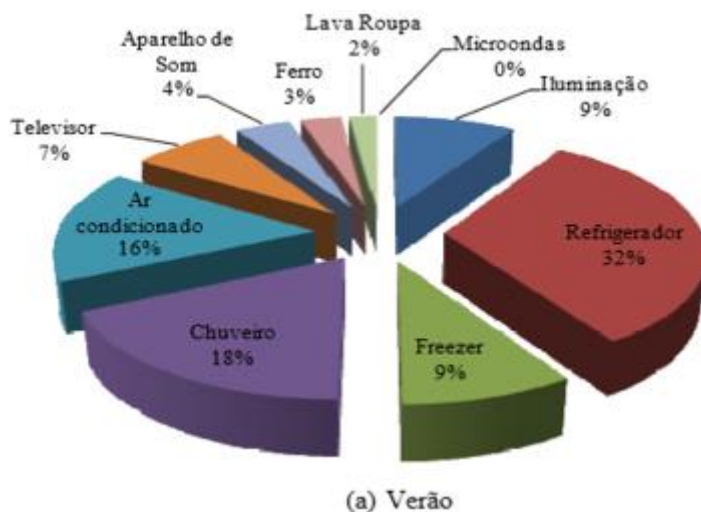
O aumento do consumo de energia elétrica trouxe alguns aspectos negativos, como por exemplo: o impacto a flora e a fauna devido aos desmatamentos para a geração de energia elétrica. Uma forma de aumentar a oferta mantendo-se a demanda é o estímulo ao uso eficiente da energia elétrica (GARCIA, 2018).

Um dos maiores desafios do século XXI relacionados ao meio ambiente está diretamente ligado à forma como a energia elétrica é gerada, transportada, distribuída e utilizada. Pois quanto maior a geração de energia, maior o impacto ambiental (MENKES, 2004).

Com isso surgiu o termo eficiência energética, que pode ser definida de duas formas diferentes. A primeira pode ser expressa como a razão da potência de saída de um sistema e a potência de entrada. Já a segunda pode ser definida como a razão da potência mínima para realizar um trabalho e potência realmente utilizada para o mesmo trabalho (MARTINS,1999).

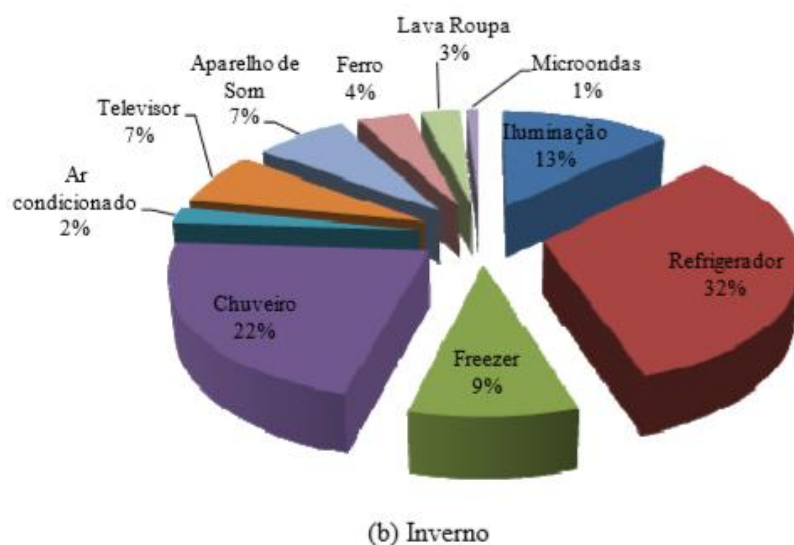
A distribuição do uso final de energia elétrica em uma residência no Brasil, conforme figuras 4 e 5, corresponde em média 41% para o freezer e refrigerador, 20% para o chuveiro, 11% para a iluminação, 9% para o ar condicionado, 7% para o televisor e 12% para os demais aparelhos elétricos (FEDRIGO; GONÇALVES; LUCAS, 2009 apud GHISI, 2007).

Figura 4 – Uso Final de Eletricidade no Brasil ao longo do Verão.



Fonte: FEDRIGO; GONÇALVES; LUCAS (2009)

Figura 5 – Uso Final de Eletricidade no Brasil ao longo do Inverno.



Fonte: FEDRIGO; GONÇALVES; LUCAS (2009)

O programa de eficiência energética tem por meio de projetos de eficiência energética o objetivo de promover em todos os setores da economia o uso mais eficiente da energia elétrica. Com esses projetos são economizados todos os anos aproximadamente 243 MWh de energia elétrica, conforme figura 6 (ANEEL, 2019).

Figura 6 – Energia economizada MWh/ano.

Tipologia	Energia Economizada MWh/ano
Baixa Renda	1.205.260,18
Poder Público	279.344,01
Residencial	243.490,22
Industrial	134.555,09
Serviços Públicos	115.379,72
Comércio e Serviços	55.713,67
Projeto Piloto	45.510,17
Rural	15.954,68
Gestão Energética Municipal	15.857,48
Educacional	9.226,02
Aquecimento Solar	4.551,14
Iluminação Pública	2.519,31

Fonte: ANEEL (2009)

Segundo o Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (2017) por meio de uma portaria em 2011 o Ministério de Minas e Energia (MME) estava com um plano de reduzir o consumo de energia elétrica no setor industrial em 39.847 GWh, no setor comercial em 16.706 GWh e no setor residencial em 38.185 GWh até 2030.

Um das vantagens de se usar a eficiência energética em projetos e equipamento é que na maioria das vezes seu valor é menor que a produção de energia elétrica (MARTINS, 1999).

### 3.5.1 Procel:

Programas com a finalidade de reduzir o consumo de energia são de muita importância, pois reduzem os riscos de paralização no sistema elétrico e minimizam o valor investido para crescimento de novas redes fornecimento de energia elétrica (CARLO, 2008).

Com a intenção de reduzir os desperdícios e melhorar a utilização de energia elétrica, o governo brasileiro vem desenvolvendo algumas políticas de conservação de energia elétrica (FILHO, 2017).

Em 1985 o Ministério de Minas e Energia (MME) criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) com a intenção de estimular o uso eficiente da energia elétrica. Esse programa foi de extrema importância para o desenvolvimento de métodos e ferramentas eficazes para um país mais sustentável (PROCEL INFO, 2019).

### 3.5.2 Projetos de Eficiência Energética:

Nesse subtítulo vamos apresentar alguns projetos de eficiência energética e seus resultados.

Segundo Garcia (2018), é possível melhorar a eficiência energética de uma residência de alto padrão adotando alguns parâmetros. Nesse estudo, por meio da utilização de um software, foi apresentado que em razão da utilização de lâmpadas de baixo consumo e de um sistema de ar condicionado mais eficiente, a economia seria de 2% e 13%, respectivamente.

Segundo GANHÃO (2011), a utilização de equipamentos e iluminação eficientes em uma residência localizada em Portugal apresenta grandes retornos financeiros na fatura de energia elétrica, devido a economia no consumo desses equipamentos.

### 3.6 Tempo de Retorno Financeiro:

Um projeto de eficiência energética necessita de uma justificativa econômica para ser implantado. Segundo Filho (2017) uma forma de verificar se o projeto é viável é através do método do valor presente líquido (VPL) representado na equação 1:

$$F_{ac} = \sum_{T=0}^N \frac{F_c}{(1+I_R)^T} \quad (1)$$

Onde:

$F_{ac}$  = fluxo acumulado;

$F_c$  = fluxo de caixa descontado;

$I_R$  = taxa interna de retorno;

$T$  = tempo do projeto;

$N$  = números de períodos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Neste capítulo são apresentados os resultados do estudo de caso para as duas residências citadas. Para isso, foram elaboradas tabelas com as perspectivas de consumo médio de energia elétrica antes e depois do após a substituição por aparelhos elétricos mais eficientes.

Nos estudos de casos foram utilizadas duas residências com consumo de energia elétrica distintos, localizadas na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. Diante disso, é apresentada algumas características dessas unidades consumidoras para melhorar o entendimento do estudo realizado. Para realizar o consumo médio mensal foi feita uma média simples das 12 últimas contas de energia elétrica de a cada residência:

Unidade consumidora A:

<b>CARACTERÍSTICA:</b>	<b>VALORES:</b>
Quantidade de Residentes:	2 pessoas
Média do Consumo Mensal (KWh):	106,16 KWh

Unidade consumidora B:

<b>CARACTERÍSTICA:</b>	<b>VALORES:</b>
Quantidade de Residentes:	5 pessoas
Média do Consumo Mensal (KWh):	348,91 KWh

Como o intuito deste estudo é qualificar consumo de energia elétrica, se faz necessário calcular o consumo de qualquer aparelho elétrico. Para tal, é primordial obter a potência elétrica do equipamento, em quilowatts, e a quantidade de horas mensais de funcionamento deste aparelho elétrico, conforme equação 2 (FEDRIGO; GONÇALVES; LUCAS, 2009 apud GHISI, 2007).

$$C_{KWh} = P_{KW} \cdot H_{mensal} \quad (2)$$



Onde:

$C_{KWh}$  = Consumo Mensal do Aparelho Elétrico;

$P_{KW}$  = Potência consumida em KW;

$H_{mensal}$  = Horas de utilização por mês.

Como existe diferença no consumo de energia elétrica entre o meio da semana e os finais de semana, foi realizado um levantamento durante sete dias para verificar o tempo médio de utilização de cada aparelho em uma semana completa. Dessa forma, foi verificada a média do consumo da semana e multiplicados esses valores por trinta, além de deixar os minutos em decimal, fechando aproximadamente um mês inteiro de consumo, conforme equação 3:

$$C_{KWh} = \left[ \left( 30 \cdot \frac{H_{semana}}{7} \right) \cdot (P_{KW}) \right] \quad (3)$$

Onde:

$C_{KWh}$  = Consumo Mensal de cada aparelho;

$P_{KW}$  = Potência consumida em KW;

$H_{semana}$  = Horas de utilização por semana.

Foi utilizado o valor do quilowatts-horas referente ao mês de setembro de 2019 da concessionária Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) a qual as duas residências possuem seu fornecimento de energia elétrica. Com isso, o valor final cobrado pelo quilowatts-horas é de R\$ 0,997 reais, já incluídos os impostos (ICMS, PASEP e CONFINS).

Considerando que a taxa Selic é a taxa básica de juros da economia brasileira, toma-se como base seu valor para a taxa interna de retorno para calcular o tempo de retorno financeiro através da equação do valor presente líquido, conforme equação 4, pois a maioria dos investimentos do mercado brasileiro acompanha seu valor, que em setembro de 2019 estava a 6% a.a.

$$F_{ac} = \sum_{T=0}^N \frac{F_c}{(1+0,06_{anual})^T} \quad (4)$$

Onde:

$F_{ac}$  = fluxo acumulado;

$F_c$  = fluxo de caixa descontado;

$I_R$  = taxa interna de retorno;

$T$  = tempo do projeto;

$N$  = números de períodos.

Para verificar a contribuição de cada aparelho no consumo mensal foi necessário fazer um levantamento de todos os aparelhos existentes que consomem energia elétrica em cada residência. No entanto, foram desconsiderados aparelhos de pequeno porte, como por exemplo, carregador de celular. A seguir nas tabelas 1 e 11 são apresentados os aparelhos que foram considerados para esse estudo.

#### **Unidade Consumidora A:**

Na Tabela 1, são apresentados todos os aparelhos elétricos levantados da residência A, com suas respectivas potências e horas de utilização durante o mês, além do consumo mensal de cada aparelho.

Tabela 1 - Consumo da Residência A:

<b>Aparelho Elétrico:</b>	<b>Quantidade:</b>	<b>Potência:</b>	<b>Horas de Uso Mês:</b>	<b>Consumo Mensal:</b>
Aspirador de Pó Britânia	1 unidade	1000W	1 hora	1 KWh
Cafeteira 15 copos Britânia	1 unidade	550W	4 horas	2,20 KWh
Chuveiro Elétrico Lorenzetti	1 unidade	4800W	7 horas	33,60 KWh
Ferro de Passar Phillips	1 unidade	1400W	5 horas	7 KWh
Fritadeira Elétrica 3,2 litros Mondial	1 unidade	1500W	4 horas	6 KWh
Geladeira 322 litros Electroux	1 unidade	52W	720 horas	37,5 KWh
Lâmpadas Fluorescente Taschibra	7 unidades	20W	180 horas	3,60 KWh
Liquidificador Philco	1 unidade	800W	1 horas	0,80 KWh
Máquina de Lavar 11kg Brastemp	1 unidade	320W	30 horas	9,60 KWh
Micro-ondas 30 litros Brastemp	1 unidade	1350W	2 horas	2,70 KWh
Sandueira Philco	1 unidade	750W	2 horas	1,50 KWh
Secador de Cabelo Taiff	1 unidade	1250W	3 horas	3,75 KWh
Televisão 39" Semp Toshiba	1 unidade	44W	15 horas	0,66 KWh
<b>Potência Total:</b>	<b>Consumo Total Mensal:</b>		<b>Fatura Mensal Aproximada:</b>	
13,956KW	109,91 KWh		R\$ 109,58	

Fonte: O autor (2019)

Foram sugeridos três tipos de propostas para melhorar a eficiência energética da residência A, com a intenção de verificar qual das propostas seria mais interessante do ponto de vista financeiro.

Na primeira proposta, foram substituídos todos os aparelhos elétricos por outros similares, porém com melhor aproveitamento energético. Na segunda, foi realizado um investimento somente nos aparelhos de menor valor aquisitivo. Já na terceira proposta o investimento financeiro foi realizado somente em dois equipamentos elétricos.

**Proposta 1:** Foram substituídos todos os aparelhos elétricos do apartamento, exceto a geladeira, máquina de lavar, cafeteira e televisão, pois sua eficiência energética estava dentro das melhores encontradas no mercado, por esse motivo foi considerado com R\$0,00, ou seja, indicando que não houve substituição do aparelho, no entanto seu consumo continua o mesmo, conforme Tabela 2:

Tabela 2 - Consumo da Residência A na Proposta 1:

<b>Aparelho Elétrico:</b>	<b>Quantidade:</b>	<b>Valor do Aparelho:</b>	<b>Potência:</b>	<b>Consumo Mensal:</b>
Aspirador de Pó Fama	1 unidade	R\$ 80,91	600W	0,60 KWh
Cafeteira 15 copos Britânia	1 unidade	R\$ 0,00	550W	2,20 KWh
Chuveiro Elétrico Lorenzetti	1 unidade	R\$ 44,90	3200W	22,40 KWh
Ferro de Passar Black Decker	1 unidade	R\$ 53,91	1100W	5,50 KWh
Fritadeira Elétrica 3,2 litros Philco	1 unidade	R\$ 245,43	1400W	5,60 KWh
Geladeira 322 litros Electroux	1 unidade	R\$ 0,00	52W	37,5 KWh
Lâmpadas Led Samsung	7 unidades	R\$ 34,79	7W	1,26 KWh
Liquidificador Oster	1 unidade	R\$ 143,91	750W	0,75 KWh
Máquina de Lavar 11kg Brastemp	1 unidade	R\$ 0,00	320W	9,60 KWh
Micro-ondas 30 litros LG	1 unidade	R\$ 354,90	800W	1,60 KWh
Sanducheira Britânia	1 unidade	R\$ 44,92	375W	0,75 KWh
Secador de Cabelo Philco	1 unidade	R\$ 34,10	1000W	3 KWh
Televisão 39" Semp Toshiba	1 unidade	R\$ 0,00	44W	0,66 KWh
<b>Potência Total:</b>	<b>Consumo Total Mensal:</b>	<b>Valor Total Investido:</b>	<b>Fatura Mensal Aproximada:</b>	
10,190KW	91,42 KWh	R\$ 1.037,77	R\$ 91,14	

Fonte: O autor (2019)

De acordo com os cálculos realizados, o consumo médio de energia elétrica mensal da residência A reduziu, após a substituição dos aparelhos, de 109,91KWh para 91,42KWh, apresentando uma redução de 16,82% no seu consumo, ou seja, R\$ 18,44 de redução na fatura mensal de energia elétrica, conforme Tabela 3:

Tabela 3 – Comparativo Consumo da Residência A x Consumo da Residência A na proposta 1:

<b>Valor da Fatura Antes</b>	<b>Valor da Fatura Depois</b>	<b>Porcentagem de Economia</b>	<b>Valor da Economia</b>	<b>Valor Total Investido</b>
R\$ 109,58	R\$ 91,14	16,82 %	R\$ 18,44	R\$ 1.037,77

Fonte: O autor (2019)

Se for considerado o valor de R\$ 18,44 (valor da economia mensal) para pagar o valor investido é possível verificar que apenas que a partir do 6º ano se obtém o retorno do valor investido na unidade consumidora A, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Retorno Financeiro Residência A na Proposta 1:

<b>Valor Presente Líquido</b>					
<b>Ano:</b>	<b>Fluxo de Caixa Descontado</b>		<b>Fluxo Acumulado</b>		<b>Somatório</b>
0	-R\$	1.037,77	-R\$	1.037,77	-R\$ 1.037,77
1	R\$	221,28	R\$	208,75	-R\$ 829,02
2	R\$	221,28	R\$	196,94	-R\$ 632,08
3	R\$	221,28	R\$	185,79	-R\$ 446,29
4	R\$	221,28	R\$	175,27	-R\$ 271,01
5	R\$	221,28	R\$	165,35	-R\$ 105,66
<b>6</b>	<b>R\$</b>	<b>221,28</b>	<b>R\$</b>	<b>155,99</b>	<b>R\$ 50,34</b>

Fonte: O autor (2019)

**Proposta 2:** Para esta proposta não foi realizado investimentos nos equipamentos de micro-ondas, liquidificador e fritadeira elétrica devido aos seus valores dos aparelhos são mais altos, conforme Tabela 5:

Tabela 5 - Consumo da Residência A na Proposta 2:

<b>Aparelho Elétrico:</b>	<b>Quantidade:</b>	<b>Valor do Aparelho:</b>	<b>Potência:</b>	<b>Consumo Mensal:</b>
Aspirador de Pó Fama	1 unidade	R\$ 80,91	600W	0,60 KWh
Cafeteira 15 copos Britânia	1 unidade	R\$ 0,00	550W	2,20 KWh
Chuveiro Elétrico Lorenzetti	1 unidade	R\$ 44,90	3200W	22,40 KWh

Ferro de Passar Black Decker	1 unidade	R\$ 53,91	1100W	5,50 KWh
Fritadeira Elétrica 3,2 litros Mondial	1 unidade	R\$ 0,00	1500W	6 KWh
Geladeira 322 litros Electroux	1 unidade	R\$ 0,00	52W	37,5 KWh
Lâmpadas Led Samsung	7 unidades	R\$ 34,79	7W	1,26 KWh
Liquidificador Philco	1 unidade	R\$ 0,00	800W	0,80 KWh
Máquina de Lavar 11kg Brastemp	1 unidade	R\$ 0,00	320W	9,60 KWh
Micro-ondas 30 litros Brastemp	1 unidade	R\$ 0,00	1350W	2,70 KWh
Sanducheira Britânia	1 unidade	R\$ 44,92	375W	0,75 KWh
Secador de Cabelo Philco	1 unidade	R\$ 34,10	1000W	3 KWh
Televisão 39" Semp Toshiba	1 unidade	R\$ 0,00	44W	0,66 KWh
<b>Potência Total:</b>	<b>Consumo Total Mensal:</b>	<b>Valor Total Investido:</b>	<b>Fatura Mensal Aproximada:</b>	
10,89KW	92,97 KWh	R\$ 293,53	R\$ 92,69	

Fonte: O autor (2019)

Na proposta 2, com os investimentos parciais dos aparelhos elétricos, a porcentagem de economia mensal na fatura de energia elétrica é de 15,41%, ou seja, uma economia de R\$ 16,89 mensal. Com isso, o tempo de retorno financeiro do investimento ocorreria no segundo ano, conforme mostrado nas Tabelas 6 e 7:

Tabela 6 – Comparativo Consumo da Residência A x Consumo da Residência A na proposta 2:

Valor da Fatura Antes	Valor da Fatura Depois	Porcentagem de Economia	Valor da Economia	Valor Total Investido
R\$ 109,58	R\$ 92,69	15,41%	R\$ 16,89	R\$ 293,53

Fonte: O autor (2019)

Tabela 7 – Retorno Financeiro Residência A na Proposta 2:

<b>Valor Presente Líquido</b>					
<b>Ano:</b>	<b>Fluxo de Caixa Descontado</b>		<b>Fluxo Acumulado</b>		<b>Somatório</b>
0	-R\$	293,53	-R\$	293,53	-R\$ 293,53
1	R\$	202,68	R\$	191,21	-R\$ 102,32
2	R\$	<b>202,68</b>	R\$	<b>180,38</b>	R\$ <b>78,06</b>

Fonte: O autor (2019)

**Proposta 3:** Nessa proposta o investimento realizado ocorreu somente nas lâmpadas e no chuveiro elétrico, conforme Tabela 8:

Tabela 8 - Consumo da Residência A na Proposta 3:

<b>Aparelho Elétrico:</b>	<b>Quantidade:</b>	<b>Valor do Aparelho:</b>	<b>Potência:</b>	<b>Consumo Mensal:</b>
Aspirador de Pó Fama	1 unidade	R\$ 0,00	1000W	1 KWh
Cafeteira 15 copos Britânia	1 unidade	R\$ 0,00	550W	2,20 KWh
Chuveiro Elétrico Lorenzetti	1 unidade	R\$ 44,90	3200W	22,40 KWh
Ferro de Passar Black Decker	1 unidade	R\$ 0,00	1400W	7 KWh
Fritadeira Elétrica 3,2 litros Mondial	1 unidade	R\$ 0,00	1500W	6 KWh
Geladeira 322 litros Electroux	1 unidade	R\$ 0,00	52W	37,5 KWh
Lâmpadas Led Samsung	7 unidades	R\$ 34,79	7W	1,26 KWh
Liquidificador Philco	1 unidade	R\$ 0,00	800W	0,80 KWh
Máquina de Lavar 11kg Brastemp	1 unidade	R\$ 0,00	320W	9,60 KWh
Micro-ondas 30 litros Brastemp	1 unidade	R\$ 0,00	1350W	2,70 KWh
Sanducheira Britânia	1 unidade	R\$ 0,00	750W	1,50 KWh
Secador de Cabelo Philco	1 unidade	R\$ 0,00	1250W	3,75 KWh
Televisão 39" Semp Toshiba	1 unidade	R\$ 0,00	44W	0,66 KWh
<b>Potência Total:</b>	<b>Consumo Total Mensal:</b>	<b>Valor Total Investido:</b>	<b>Fatura Mensal Aproximada:</b>	
12,34 KW	96,37 KWh	R\$ 79,69	R\$ 96,08	

Fonte: O autor (2019)

Conforme sugerido na proposta 3, os investimentos realizados somente nas lâmpadas e chuveiro da residência A seria de R\$ 79,69, com isso, a economia mensal na fatura de energia elétrica é de R\$13,50, conforme apresentado na tabela 9. Dessa forma, o retorno financeiro com essa proposta ocorreria a partir do 7º mês, conforme Tabelas 9 e 10.

Tabela 9 – Comparativo Consumo da Residência A x Consumo da Residência A na proposta 3:

<b>Valor da Fatura Antes</b>	<b>Valor da Fatura Depois</b>	<b>Porcentagem de Economia</b>	<b>Valor da Economia</b>	<b>Valor Total Investido</b>
R\$ 109,58	R\$ 96,08	12,31%	R\$ 13,50	R\$ 79,69

Fonte: O autor (2019)

Tabela 10 – Retorno Financeiro Residência A na Proposta 3:

<b>Valor Presente Líquido</b>					
<b>Mês:</b>	<b>Fluxo de Caixa Descontado</b>		<b>Fluxo Acumulado</b>		<b>Somatório</b>
0	-R\$	79,69	-R\$	79,69	-R\$ 79,69
1	R\$	13,50	R\$	13,43	-R\$ 66,26
2	R\$	13,50	R\$	13,37	-R\$ 52,89
3	R\$	13,50	R\$	13,30	-R\$ 39,59
4	R\$	13,50	R\$	13,23	-R\$ 26,36
5	R\$	13,50	R\$	13,17	-R\$ 13,19
6	R\$	13,50	R\$	13,10	-R\$ 0,09
<b>7</b>	<b>R\$</b>	<b>13,50</b>	<b>R\$</b>	<b>13,04</b>	<b>R\$ 12,95</b>

Fonte: O autor (2019)

No Gráfico 1 é mostrado um comparativo entre todas as propostas para a Residência A ser tornar mais eficiente no seu consumo de energia elétrica.

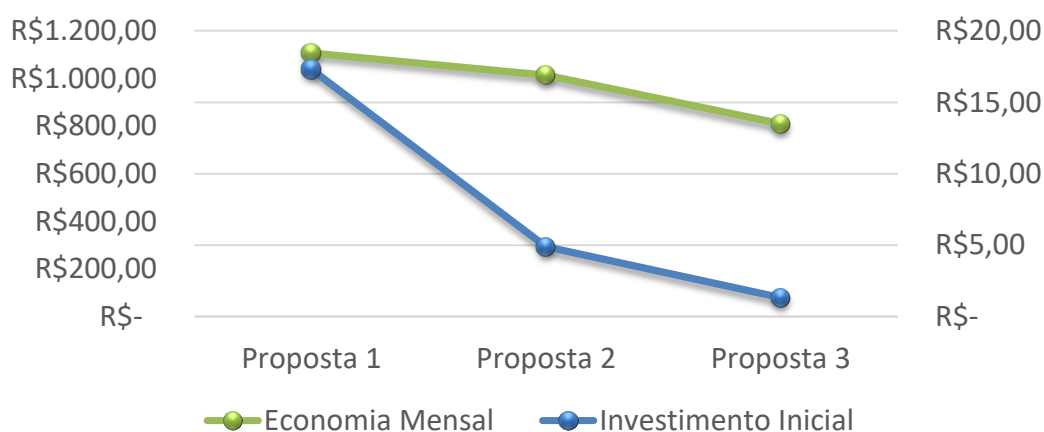
Ao ser analisado os resultados de cada proposta para a Residência A, é possível verificar algumas coisas. Na proposta 1, o investimento foi o mais alto, ficando em torno de R\$ 1.037,77, com isso, seu retorno financeiro mensal seria de R\$ 18,44. Na proposta 2, o retorno financeiro mensal seria de R\$ 16,90 com um investimento inicial é R\$ 293,53. Já na terceira e última proposta o valor do investimento é o mais



baixo, com o valor de R\$ 79,69 e sua economia mensal na fatura de energia é de R\$ 13,50 conforme apresentado no Gráfico 1.

Diante dessas análises, a proposta 3 se torna mais atrativa em relação ao investimento a ser realizado por ter o menor custo. Entretanto, o ideal seria a substituição de todos os equipamentos, conforme proposta 1, por equipamentos mais eficientes, mas os retornos financeiros entre os 3 casos não são muito discrepantes em si (18,44, 16,90 e 13,50).

Gráfico 1 – Comparativo das Propostas da Residência A:



Fonte: O autor (2019)

### Unidade Consumidora B:

Na Tabela 11, são apresentados todos os aparelhos elétricos da residência B, com suas respectivas potências e horas de utilização durante o mês, além do consumo mensal de cada aparelho.

Tabela 11 - Consumo da Residência B:

Aparelho Elétrico:	Quantidade:	Potência :	Horas de Uso Mês:	Consumo Mensal:
Ar Condicionado Split – Frio Elgin 12000Btu/h	2 unidades	1100W	170 horas	187 KWh
Cafeteira 15 copos Britânia	1 unidade	550W	8 horas	4,40 KWh
Chuveiro Elétrico Lorenzetti	2 unidades	4600W	10 horas	46 KWh

Geladeira 236 litros Consul	1 unidade	33,75W	720 horas	24,3 KWh
Lâmpadas Fluorescente OSRAM	16 unidades	40W	1700 horas	68 KWh
Lâmpadas Fluorescente Taschibra	10 unidades	20W	700 horas	14 KWh
Micro-ondas 30 litros Brastemp	1 unidade	1350W	9 horas	12,15 KWh
<b>Potência Total:</b>	<b>Consumo Total Mensal:</b>		<b>Fatura Mensal Aproximada:</b>	
7693,75W	355,85 KWh		R\$ 354,78	

Fonte: O autor (2019)

Foram sugeridos dois tipos de propostas para melhorar a eficiência energética da residência B, com o intuito de verificar qual das propostas seria mais interessante financeiramente.

Na primeira proposta, foram substituídos todos os aparelhos elétricos com baixa eficiência energética por outros similares, porém mais eficientes. Na segunda proposta foi substituído somente dois aparelhos elétricos.

**Proposta 1:** Foram substituídos todos os aparelhos elétricos da residência, exceto a geladeira e a cafeteira, pois sua eficiência energética estava dentro das melhores encontradas no mercado, por esse motivo foi considerado com R\$0,00, ou seja, indicando que não houve substituição do aparelho, no entanto seu consumo continua o mesmo, conforme Tabela 12:

Foi verificado que para se obter uma equivalência de lúmens para cada uma lâmpada fluorescente OSRAM era necessárias 3 lâmpadas de LED Samsung.

Tabela 12 - Consumo da Residência B na Proposta 1:

<b>Aparelho Elétrico:</b>	<b>Quantidade:</b>	<b>Valor do Aparelho:</b>	<b>Potência:</b>	<b>Consumo Mensal:</b>
Ar Condicionado Split Fontaine 12000 BTu/h	2 unidades	R\$ 2.194,60	705W	120,0 KWh
Cafeteira 15 copos Britânia	1 unidade	R\$ 0,00	550W	4,40 KWh
Chuveiro Elétrico Lorenzetti	2 unidades	R\$ 89,80	3200W	32 KWh
Geladeira 236 litros Consul	1 unidade	R\$ 0,00	33,75W	24,3 KWh
Lâmpadas Led Samsung	10 unidades	R\$ 49,70	7W	4,90 KWh

Lâmpadas Led Samsung	48 unidades	R\$ 238,56	21W	35,70 KWh
Micro-ondas 30 litros LG	1 unidade	R\$ 354,90	800W	7,20 KWh
<b>Potência Total:</b>	<b>Consumo Total Mensal:</b>	<b>Valor Total Investido:</b>	<b>Fatura Mensal Aproximada:</b>	
5.316,75W	228,50 KWh	R\$ 2.927,56	R\$ 227,81	

Fonte: O autor (2019)

De acordo com os cálculos realizados para a proposta 1, o valor médio da fatura de energia elétrica mensal da residência B reduziu 35,78%, após a substituição dos aparelhos, ou seja, R\$ 126,97 de economia, conforme Tabela 13:

Tabela 13 – Comparativo Consumo da Residência B x Consumo da Residência B na proposta 1:

Valor da Fatura Antes	Valor da Fatura Depois	Porcentagem de Economia	Valor da Economia	Valor Total Investido
R\$ 354,78	R\$ 227,81	35,78%	R\$ 126,97	R\$ 2.927,56

Fonte: O autor (2019)

Considerando o investimento realizado na proposta 1 da residência B no valor de R\$ 2.927,56, é possível verificar de acordo com a Tabela 14, que apenas a partir do 3º ano se obtém o retorno do valor investido, se utilizássemos o valor economizado na fatura (R\$ 126,97) para pagar o investimento realizado.

Tabela 14 – Retorno Financeiro Residência B na Proposta 1:

Valor Presente Líquido					
Mês:	Fluxo de Caixa Descontado		Fluxo Acumulado		Somatório
0	-R\$	2.927,56	-R\$	2.927,56	-R\$ 2.927,56
1	R\$	1.523,64	R\$	1.437,40	-R\$ 1.490,16
2	R\$	1.523,64	R\$	1.356,03	-R\$ 134,13
3	R\$	1.523,64	R\$	1.279,28	R\$ 1.145,15

Fonte: O autor (2019)

**Proposta 2:** Nessa proposta o investimento realizado ocorreu somente nas lâmpadas e no chuveiro elétrico, conforme Tabela 15:

Tabela 15 - Consumo da Residência B na Proposta 2:

<b>Aparelho Elétrico:</b>	<b>Quantidade:</b>	<b>Valor do Aparelho:</b>	<b>Potência:</b>	<b>Consumo Mensal:</b>
Geladeira 236 litros Consul	1 unidade	R\$ 0,00	33,75W	24,3 KWh
Chuveiro Elétrico Lorenzetti	2 unidades	R\$ 89,80	3200W	32 KWh
Micro-ondas 30 litros Brastemp	1 unidade	R\$ 0,00	1350W	12,15 KWh
Cafeteira 15 copos Britânia	1 unidade	R\$ 0,00	550W	4,40 KWh
Ar Condicionado Split – Frio Elgin 12000Btu/h	2 unidades	R\$ 0,00	1100W	187 KWh
Lâmpadas Led Samsung	10 unidades	R\$ 49,70	7W	4,90 KWh
Lâmpadas Led Samsung	48 unidades	R\$ 238,56	21W	35,70 KWh
<b>Potência Total:</b>	<b>Consumo Total Mensal:</b>	<b>Valor Total Investido:</b>	<b>Fatura Mensal Aproximada:</b>	
5.316,75W	300,45KWh	R\$ 378,06	R\$ 299,54	

Fonte: O autor (2019)

Conforme sugerido na proposta 2, os investimentos realizados somente nas lâmpadas e chuveiro seria de R\$ 378,06, com isso, a economia mensal na fatura de energia elétrica é de R\$55,24. Dessa forma, se utilizamos o valor economizado para pagar o investimento, o retorno financeiro com essa proposta ocorreria a partir do 7º mês, conforme Tabelas 16 e 17.

Tabela 16 – Comparativo Consumo da Residência B x Consumo da Residência B na proposta 2:

<b>Valor da Fatura Antes</b>	<b>Valor da Fatura Depois</b>	<b>Porcentagem de Economia</b>	<b>Valor da Economia</b>	<b>Valor Total Investido</b>
R\$ 354,78	R\$ 299,54	15,57%	R\$ 55,24	R\$ 378,06

Fonte: O autor (2019)

Tabela 17 – Retorno Financeiro Residência B na Proposta 2:

Valor Presente Líquido					
Mês:	Fluxo de Caixa Descontado		Fluxo Acumulado		Somatório
0	-R\$	378,06	-R\$	378,06	-R\$ 378,06
1	R\$	55,24	R\$	54,97	-R\$ 323,09
2	R\$	55,24	R\$	54,69	-R\$ 268,40
3	R\$	55,24	R\$	54,42	-R\$ 213,98
4	R\$	55,24	R\$	54,15	-R\$ 159,83
5	R\$	55,24	R\$	53,88	-R\$ 105,96
6	R\$	55,24	R\$	53,61	-R\$ 52,34
7	R\$	<b>55,24</b>	R\$	<b>53,34</b>	<b>R\$ 1,00</b>

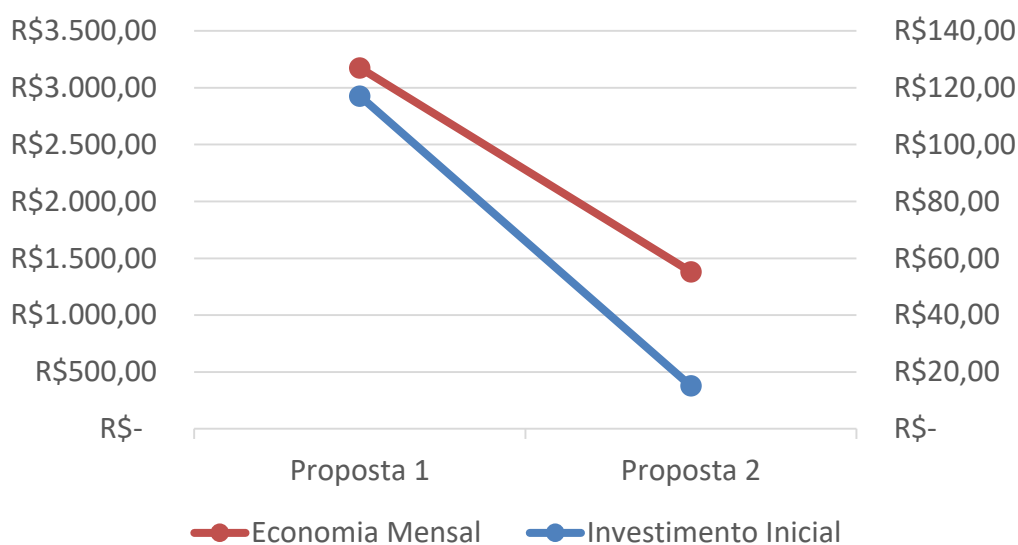
Fonte: O autor (2019)

Conforme o Gráfico 2, ao analisar os resultados obtidos nas duas propostas para a residência B, é possível visualizar algumas informações. Na proposta 1, a economia mensal na fatura de energia elétrica seria de R\$ 126,97, investindo o valor mais alto entre as propostas que seria de R\$ 2.927,56.

Já na segunda proposta o valor investido é de R\$ 378,06 e sua economia mensal ficaria em torno de R\$ 55,24.

Com isso, a proposta 2 parece ser mais atrativa do ponto de vista financeiro por ter o valor do retorno financeiro mais alto se comparado ao valor investido.

Gráfico 2 – Comparativo das Propostas da Residência B:



Fonte: O autor (2019)

## 5 CONCLUSÃO

Neste tópico são apresentadas as conclusões referentes às economias mensais nas faturas de energia elétrica dos dois estudos propostos e também ao tempo de retorno financeiro dos investimentos realizados em aparelhos elétricos mais eficientes.

Na residência A, notou-se que caso fossem adquiridos todos os aparelhos elétricos mais eficientes da residência, conforme proposta 1, o retorno financeiro ocorreria a partir de 6 anos. Já com o investimento em somente alguns equipamentos elétricos, conforme proposta 2, esse tempo reduziria para 2 anos. E se o investimento ocorresse somente nas lâmpadas de LED e chuveiro elétrico, de acordo com a proposta 3, em apenas sete meses já era possível receber algum retorno financeiro. A proposta mais interessante do ponto de vista financeiro foi a proposta 3, seguida da 2 e por último a proposta 1, pois, levando em conta que os valores economizados ficaram muito próximos, R\$ 13,50, R\$ 16,69 e R\$ 18,44 respectivamente, a proposta que necessita do menor valor aplicado é a última, fazendo com que essa proposta se tornar mais rentável do que as demais.

Na residência B, foi verificado que se o investimento fosse realizado em todos os aparelhos elétricos mais eficientes, conforme proposta 1, o retorno financeiro ocorreria a partir do terceiro ano. Já conforme a proposta 2, fazendo a substituição somente nas lâmpadas de LED e chuveiro elétricos, o retorno do valor investido ocorreria a partir do sétimo mês. A proposta que se mostra mais interessante do ponto de vista financeiro foi a proposta 2, pois, mesmo que o valor economizado na proposta 1 (R\$ 126,97) fosse mais que o dobro do que da proposta 2 (R\$ 55,24), quando se verificar o retorno financeiro em relação ao valor investido, se observar que a proposta 2 tem uma rentabilidade maior se comparado com a proposta 1, com respectivamente 14,61% e 4,33% de retorno, fazendo com que ela se torne mais rentável financeiramente.

Foi observado nas duas unidades consumidoras que os principais itens a serem substituídos em ambas as residências foram as lâmpadas e os chuveiros elétricos, devido ao valor do investimento ser mais baixo e uma redução no consumo de energia elétrica ser alta. Outro item observado foi que o investimento pode estar atrelado ao poder aquisitivo do cliente, com isso, o tempo de retorno financeiro pode sofrer variações.

Uma sugestão para os trabalhos futuros seria verificar qual o impacto que poderia ser obtido se o consumo de energia elétrica de diversas unidades consumidoras fosse reduzido em 18,49KWh, que é o valor economizado na proposta 1 da residência A.

## REFERÊNCIAS

- ABRADEE. *Setor elétrico*. Disponível em: <http://www.abradee.org.br>. Acesso em 28 de março de 2019.
- ANEEL. *Programa de eficiência energética*. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em 27 de setembro de 2019.
- BELENDEZ, A. *A unificação da luz, eletricidade e magnetismo*. 2008. Universidade de Alicante, Alicante, v.30, n.2, setembro de 2018.
- CARLO, Joyce Correna. *Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não residenciais*. 2008. Tese de doutorado – Faculdade de engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- CEMIG. *Bandeiras tarifárias*. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/Paginas/default.aspx>. Acesso em 28 de março de 2019.
- COTRIM, A. M. B. *Instalações elétricas*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2014. 496p.
- CREDER, H. *Instalações elétricas*. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 427p.
- D'AVILA, Ricardo Santos. *Análise de perdas em instalações elétricas residenciais*. 2007. Tese de mestrado – Faculdade de engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- EPE. *Consumo de energia elétrica*. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/consumo-de-energia-el%C3%A9trica>. Acesso em 16 de março de 2019.
- FEDRIGO, N. S. GONÇALVES, G. LUCAS, P. F. *Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro*. 2009. Monografia – Faculdade de engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- FILHO, J. M. *Instalações elétricas industriais*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 976p.
- GANHÃO, A. M. G. D. *Construção sustentável – proposta de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação*. 2011. Tese de mestrado – Faculdade de ciências e tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2011.
- GARCIA, R. C. *Análise paramétrica de sistemas para eficiência energética aplicada em edificações residencial em porto alegre/RS*. 2018. Monografia de pós-graduação - Faculdade de engenharia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2018.
- KAGAN, N. OLIVEIRA, C. C. B. ROBBA, E. J. *Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 328p.



MARTINS, Maria Paula de Souza. *Inovação tecnológica e eficiência energética*. 1999. Monografia de pós-graduação – Faculdade de engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

Memória da eletricidade. *História do setor elétrico*. Disponível em: <https://portal.memoriadaeletricidade.com.br/historia-do-setor-eletrico>. Acesso em 29 de março de 2019.

MENEZES, Victor Prangiel de. *Linhas de transmissão de energia elétrica: aspectos técnicos, orçamentários e construtivos*. 2015. Monografia – Faculdade de engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MENKES, Monica. *Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade*. 2004. Tese de doutorado – Centro de desenvolvimento sustentável, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2004.

ONS. *Histórico da operação*. Disponível em: [http://ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/carga\\_energia.aspx](http://ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/carga_energia.aspx). Acesso em 13 de março de 2019.

PROCEL. *O programa*. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=%7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC%7D>. Acesso em 16 de março de 2019.

RANGEL, R. K. KIENITZ, K. H. BRANDÃO, M. P. Sistema de Inspeção de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica Utilizando Veículos Aéreos Não-Tripulados. *CTA-DLR Workshop on Data Analysis e Flight Control*, S. J. Campos, V.3, setembro de 2019.

REIS, L. B. *Geração de energia elétrica*. 2. ed. Barueri: Manole, 2011. 484p.

VARGAS, F. G. *Edificações sustentáveis e eficiência energética*. 1. ed. Ideia Visual, 2017. 52p.

VASCONCELOS, F. M. *Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica*. 1. ed. Londrina: Editora e distribuidora educacional, 2017. 224p.

ZANETTA JR., L. C. *Fundamentos de Sistemas Elétricos de Potência*. 1. Ed. São Paulo: Livraria da Física, 2006. 318p.