

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

YURI YAMADA FERNANDES

**ANÁLISE DE MEDIDAS E PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
APLICADAS EM UM SUPERMERCADO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO

2020

YURI YAMADA FERNANDES

**ANÁLISE DE MEDIDAS E PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
APLICADAS EM UM SUPERMERCADO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho De Conclusão De Curso 2, do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Gabriela Helena Bauab Shiguemoto

CORNÉLIO PROCÓPIO

2020



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Cornélio Procópio
Departamento de Engenharia Elétrica
Curso de Engenharia Elétrica



FOLHA DE APROVAÇÃO

Yuri Yamada Fernandes

**ANÁLISE DE MEDIDAS E PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADAS EM UM
SUPERMERCADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 14:00hs do dia 12/11/2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista no programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof(a). Dr(a). Gabriela Helena Bauab Shiguemoto - Presidente (Orientador)

Prof(a). Esp. Ulisses Pereira Rosa Borges - (Membro)

Prof(a). Dr(a). Wagner Fontes Godoy - (Membro)

RESUMO

FERNANDES, Yuri Yamada. **Análise de medidas e práticas de eficiência energética aplicadas em um supermercado**. 2020. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2020.

O presente trabalho consiste em comprovar o uso da eficiência energética frente ao aumento do preço da energia elétrica e a crescente em seu consumo, justificando a importância de projetos que visam aumentar a eficiência energética de instalações. Uma grande parcela de todos os gastos de um supermercado é proveniente do uso da energia elétrica pois, possui grande quantidade de sistemas de refrigeração para preservar os alimentos e iluminação durante todo o período de funcionamento. O aumento da procura por meios de geração distribuída, principalmente painéis solares fotovoltaicos, são indícios da grande preocupação dos consumidores residenciais, comerciais e industriais para reduzir os gastos em energia elétrica. Além de mudanças nas instalações, cabe analisar os impactos das bandeiras tarifárias e troca de categoria de atendimento justificando as melhorias por meio de cálculos que comprovem a viabilidade econômica dos investimentos.

Palavras-chave: Eficiência energética. Consumo de energia em supermercado. Custo da energia elétrica.

ABSTRACT

FERNANDES, Yuri Yamada. **Analysis of energy efficiency measures and practices applied in a supermarket.** 2020. 59f. Proposed Monography (Graduation) – Electrical Engineering. Federal University of Technology - Parana. Cornelio Procopio, 2020.

This work consists in proving the increase in the price of electricity and consumption growth, justifying the importance in projects that seek to increase energy efficiency of installations. A large portion of a supermarket's spending comes from the electricity because it has food preservation refrigeration systems and lighting throughout the operating period. The increased demand for distributed generation, mainly photovoltaic solar panels, are indications of the great concern of residential, commercial and industrial consumers to reduce their energy expenses. In addition to changes in installations, it is also necessary to analyze the impacts of tariff flags and service category change to justify the improvements through calculations that prove the economy viability of investments.

Keywords: Energy efficiency. Supermarket energy consumption. Cost of electricity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Histórico do consumo de energia elétrica no Brasil.	11
Figura 2 - Variação do PIB e do consumo de energia.	12
Figura 3 - Estrutura atual do Setor Elétrico Nacional.	17
Figura 4 - Etapas do fornecimento da energia elétrica.	18
Figura 5 - Aumento da geração fotovoltaica no Brasil.	19
Figura 6 – Tarifas de agosto de 2018 até agosto de 2019.	22
Figura 7 - Conta de energia do estabelecimento.	24
Figura 8 - Composição do valor final da energia elétrica.	24
Figura 9 - Variação da TUSD em um ano.	25
Figura 10 - Variação da TE em um ano.	25
Figura 11 - Supermercado.	27
Figura 12 - Consumo das áreas do supermercado.	28
Figura 13 - Consumo por setor durante um ano.	29
Figura 14 - Aumento do consumo total no período de um ano.	29
Figura 15 - Galpão.	30
Figura 16 - Quitanda.	30
Figura 17 - Padaria.	31
Figura 18 - Escritório.	31
Figura 19 - Depósito.	31
Figura 20 - Compressores.	32
Figura 21 - Gerador.	32
Figura 22 - Quadro geral.	32
Figura 23 - Quadro do sistema de refrigeração.	33
Figura 24 – Vista de satélite do supermercado.	36
Figura 25 - Disposição das luminárias.	38
Figura 26 - Iluminância do entorno imediato.	38
Figura 27 - Multímetro digital utilizado nas medições.	39
Figura 28 – Iluminância medida no período diurno.	39
Figura 29 – Iluminância medida no período noturno.	40
Figura 30 – Simulação 3D realizada no Dialux.	41
Figura 31 – Simulação 3D realizada no Dialux em cores falsas.	42
Figura 32 – Esquemática geração on grid.	46

Figura 33 – Irradiação média mensal em Duartina.....	47
Figura 34 – Medição (açougue, mercado e padaria).....	48
Figura 35 – Growatt MAX 75KTL3 LV.	49
Figura 36 – Módulo fotovoltaico Canadian.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados dos empreendimentos de geração em operação no Brasil.	19
Tabela 2 - Variação tarifária por grupo de consumo.	23
Tabela 3 – Lâmpadas galpão principal.	34
Tabela 4 – Lâmpadas gondolas.	34
Tabela 5 – Ares condicionados.	34
Tabela 6 – Climatizador.	35
Tabela 7 – Lâmpada do galpão principal.	37
Tabela 8 – Consumo do sistema de iluminação atual.	37
Tabela 9 – Dados da luminária LED de embutir.	41
Tabela 10 – Dados da lâmpada LED 20W.	43
Tabela 11 – Dados da lâmpada LED 9W.	43
Tabela 12 – Consumo do novo sistema de iluminação.	44
Tabela 13 – Investimento para instalação do novo sistema de iluminação.	44
Tabela 14 – Comparação entre o custo anual dos sistemas de iluminação.	45
Tabela 15 – Geração calculada para o sistema fotovoltaico.	51
Tabela 16 – Projeção da tarifa de energia elétrica para 30 anos.	52
Tabela 17 – Custos para implantação do sistema fotovoltaico.	52
Tabela 18 – Custo evitado para o sistema proposto.	53

LISTA DE SIGLAS

UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
W	Watts
ABRAS	Associação Brasileira de Supermercados
PIB	Produto Interno Bruto
IEA	Agência Internacional de Energia, do inglês <i>International Energy</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
APAS	Associação Paulista de Supermercados
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
SIN	Sistema Interligado Nacional
PRORET	Procedimentos de Regulação Tarifária
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TE	Tarifa de Energia
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
VPL	Valor Presente Líquido
LED	Diodo Emissor de Luz

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.2 JUSTIFICATIVA	13
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivos Específicos	14
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	14
2 EVOLUÇÃO ENERGÉTICA	15
2.1 HISTÓRIA DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA	15
2.2 SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	16
2.3 SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL	18
3 ANÁLISE DO AUMENTO TARIFÁRIO	21
3.1 BANDEIRAS TARIFÁRIAS	21
3.2 TARIFA BRANCA	22
3.3 COMPOSIÇÃO DA TARIFA	23
4 GERENCIAMENTO ENERGÉTICO	26
5 ESTUDO DE CASO	27
5.1 ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO	28
6 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	30
7 SITUAÇÃO ATUAL	34
7.1 SOLUÇÃO PROPOSTA	35
7.1.1 Iluminação Atual	36
7.1.2 Iluminação Proposta	40
7.1.3 Viabilidade da Iluminação Proposta	44
7.2.1 Energia Solar Fotovoltaica	46
7.2.2 Viabilidade do Sistema Fotovoltaico Proposto	51
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54

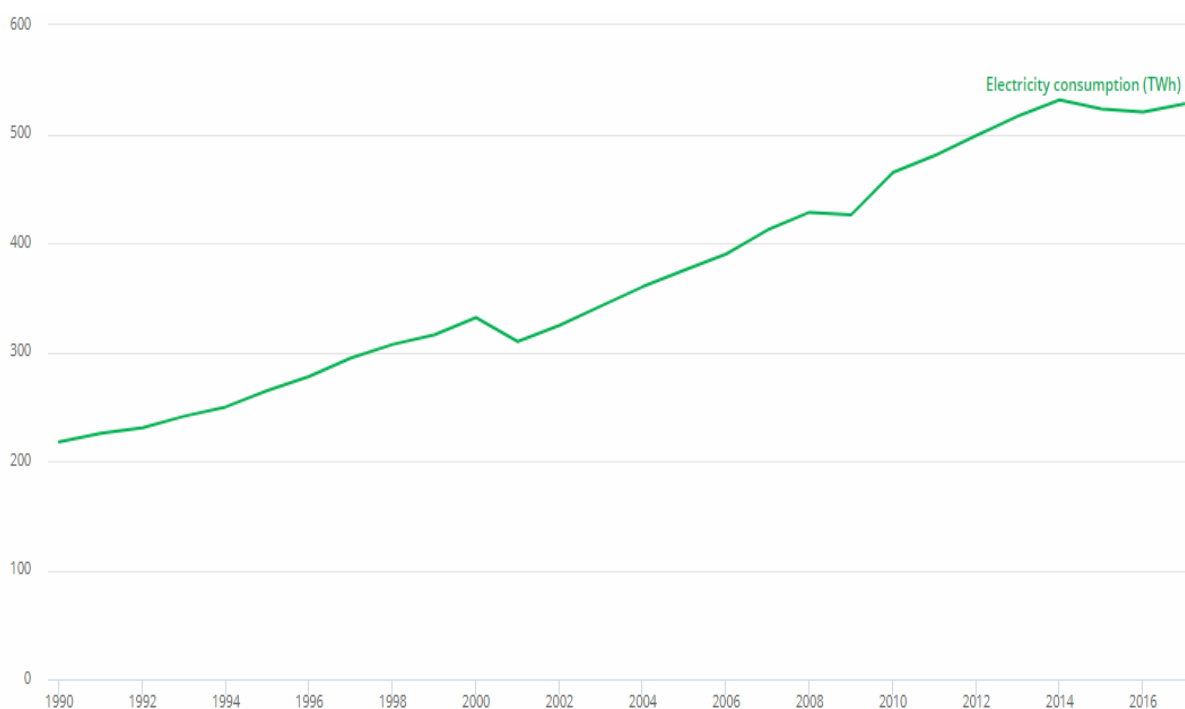
REFERÊNCIAS.....	56
------------------	----

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Supermercados (2020) o setor supermercadista no Brasil obteve um crescimento de 0,7% no ano de 2018 em relação ao ano anterior e este resultado positivo reflete em cerca de 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB) do país apesar das dificuldades encontradas no segundo semestre como a greve dos caminhoneiros, eleições e incertezas políticas confirmando a importância deste setor para o crescimento do país.

Como visto nos dados fornecidos pela *International Energy Agency* (2020) o consumo de energia elétrica no Brasil passou de 217,66TWh em 1990 para 527,67TWh no ano de 2016 apresentado na Figura 1.

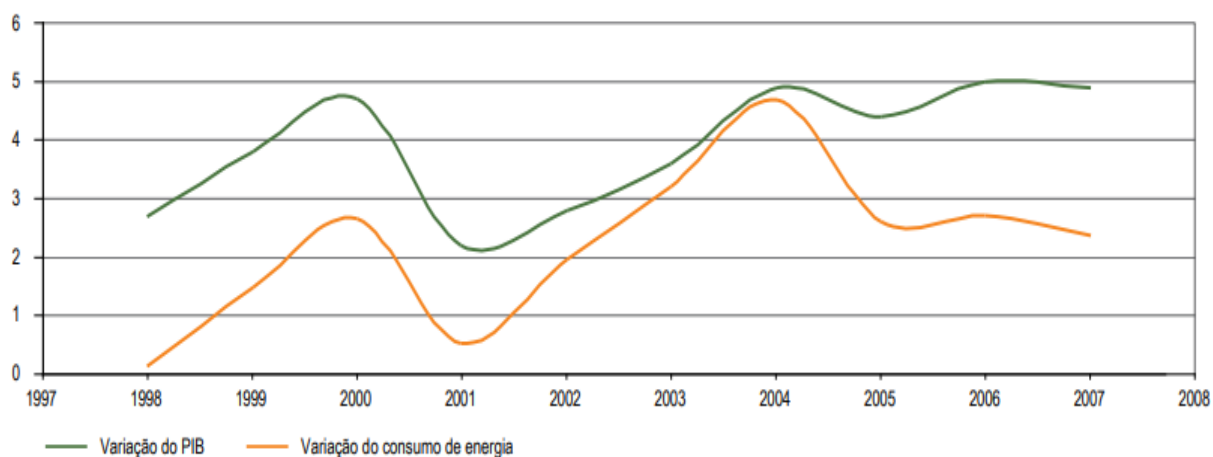
Figura 1 - Histórico do consumo de energia elétrica no Brasil.



Fonte: *International Energy Agency* (2020).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (2008) afirma a utilização do consumo de energia elétrica como um indicador de qualidade de vida e desenvolvimento econômico da sociedade como comprovado na Figura 2.

Figura 2 - Variação do PIB e do consumo de energia.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2008).

O Balanço Energético Nacional (BEN, 2019), documento que é publicado pelo EPE, indica que a grande parcela da matriz energética brasileira é fornecida por meio de seus recursos hídricos e, no ano de 2018, esse tipo de geração foi responsável por 66,6% de toda energia elétrica produzida.

Apesar da energia elétrica proveniente de hidrelétricas ser considerada renovável e limpa, causa inundações de grandes áreas e interferem negativamente nos fluxos dos rios, fauna, flora e ocupações humanas. Inclusive a decomposição das matas inundadas provoca a liberação de gás metano, responsável pelo efeito estufa e destruição da camada de ozônio. (INATOMI, 2000).

Com isso, medidas e práticas de eficiências energéticas vêm se tornando quase que essenciais para uma empresa que busca competitividade no cenário comercial atual. A Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL, 2020) vê a eficiência energética ligada à redução do desperdício da energia elétrica através da instalação de equipamentos de maior rendimento energético, reduzindo o consumo de energia e contribuindo para a sustentabilidade do meio ambiente.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Estudo de medidas e práticas para o aumento da eficiência energética em um supermercado localizado no interior do estado de São Paulo bem como sua viabilidade de implantação.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo a Associação Paulista de Supermercados (APAS, 2015) estimativas informam que os gastos com energia elétrica se tornaram a segunda maior despesa de um supermercado, ultrapassando despesas com aluguel e sendo menor apenas que a folha de pagamento dos funcionários.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018) divulgou que o consumo de energia elétrica no setor comercial é de, aproximadamente, 18,81% de toda eletricidade gerada no país e corresponde à um montante de 88,815TWh.

A preocupação com o crescente uso da energia elétrica e, como informado pela ANEEL (2019), o custo médio da tarifa média de fornecimento com tributos do setor comercial, serviços e outras passou de R\$397,73 no ano de 2010 para R\$715,68 por MWh no ano de 2018 tornando as medidas de eficiência energética essenciais para o futuro de qualquer empresa que deseja otimizar seu sistema energético e, conseqüentemente, aumentar seu lucro.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar medidas e práticas para aumentar a eficiência energética de um estabelecimento comercial e, por consequência, reduzir os custos do mesmo com energia elétrica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar dados reais do supermercado no período de pelo menos um ano para identificar os períodos de maior gasto;
- Identificar os setores de maior gasto e a sazonalidade do consumo;
- Propor melhorias de eficiência energética nas áreas que contribuirão significativamente para despesas com energia e avaliar sua viabilidade econômica;
- Validar as propostas por meio de simulação da economia decorrente das alterações no supermercado e o *payback* dos investimentos.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

A divisão do presente trabalho será conforme a descrição a seguir. O Capítulo 2 apresentará o histórico da evolução até a situação atual do Brasil e as organizações importantes no mercado de energia elétrica

No Capítulo 3 são analisados os componentes das tarifas de energia elétrica assim como as bandeiras tarifárias, variações do custo no decorrer do ano estudado para o supermercado em questão.

O Capítulo 4 tem como foco tratar do gerenciamento energético e, através de dados obtidos do estabelecimento, dar início ao estudo para o aumento da eficiência energética do prédio comercial.

No Capítulo 5 consta dados iniciais do estudo de caso obtidos através da análise das contas de energia do estabelecimento. O Capítulo 6 consiste em apresentar os métodos e procedimentos utilizados para validar o projeto.

No Capítulo 7 é definido as medidas de eficiência energética juntamente com a análise de viabilidade e, por fim, o Capítulo 8 consta as considerações finais obtidas com o estudo.

2 EVOLUÇÃO ENERGÉTICA

2.1 HISTÓRIA DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA

Segundo Hémerly; Beber e Délage (1993, apud FARIAS; SELLITTO, 2011, p. 8) o homem de Cro-Magnon era o principal conversor energético e, por possuir hábitos noturnos, necessitava de uma forma de luz artificial. O uso final da energia utilizado foi para o domínio da produção de fogo através de um ramo vegetal resinoso que possibilitou ao homem aquecer-se e realizar atividades após o pôr do sol.

No período denominado Idade Média “o desenvolvimento de áreas como a matemática, a geometria e a engenharia catalisaram o domínio e a transformação das formas de energia disponíveis na natureza” (FARIAS; SELLITTO, 2011, p. 9).

Terciate (2002) afirma que o vento é considerado uma fonte indireta de energia solar decorrente da movimentação do ar quente que se desloca para regiões polares. A utilização do vento como forma de energia data a pelo menos 3000 A.C. nas velas de embarcações.

Segundo BARGHINI (1971 apud CARVALHO, 2014, p. 27) a próxima forma de energia amplamente utilizada foi o vapor e Thomas Severy foi responsável pela primeira máquina que funcionava com esta base energética, porém possuía limitações em sua principal utilização: resolver o problema de alagamento das minas de carvão e ferro na Inglaterra. James Watt aprimorou significativamente a eficiência destas máquinas e, uma geração após Watt, as máquinas a vapor fizeram da Inglaterra a primeira nação industrial do mundo.

A idade moderna é caracterizada pela alta utilização dos combustíveis fósseis e, posteriormente, a eletricidade. De acordo com FARIAS e SELLITTO (2011, p. 9) o carvão mineral surgiu como alternativa para substituir a lenha utilizada nas máquinas de vapor de Watt e foi a principal fonte de energia primária até ser ultrapassada pelo petróleo em 1961.

Segundo CARVALHO (2014, p. 28), o consumo do petróleo foi imensamente potencializado pela indústria automobilística que alterou o modo de vida das pessoas nas cidades.

FARIAS E SELLITTO (2011, p. 10) citam invenções como a lâmpada incandescente por Thomas Edison, primeira locomotiva elétrica por Werner Siemens e o motor de corrente alternada de Nikolas Tesla foram importantes invenções que inicialmente utilizaram a energia elétrica.

Thomas Edison também contribuiu com as primeiras usinas geradoras DC em 1882, George Westinghouse realizou a primeira transmissão de energia elétrica AC e Tesla em conjunto com George Westinghouse foram responsáveis pela transmissão em grandes distâncias e utilização da energia elétrica em residências.

2.2 SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

A Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE, 2018) divide o setor elétrico brasileiro em cinco períodos. O primeiro período vai da proclamação da República, em 1889 até 1930 e é caracterizado pela produção e exportação de produtos primários com a utilização do carvão mineral e, posteriormente, inicia-se o consumo de energia elétrica na iluminação pública.

O segundo período vai de 1930 até 1945 com o início do aumento da industrialização e a regulação do Estado através do Código de Águas (1934).

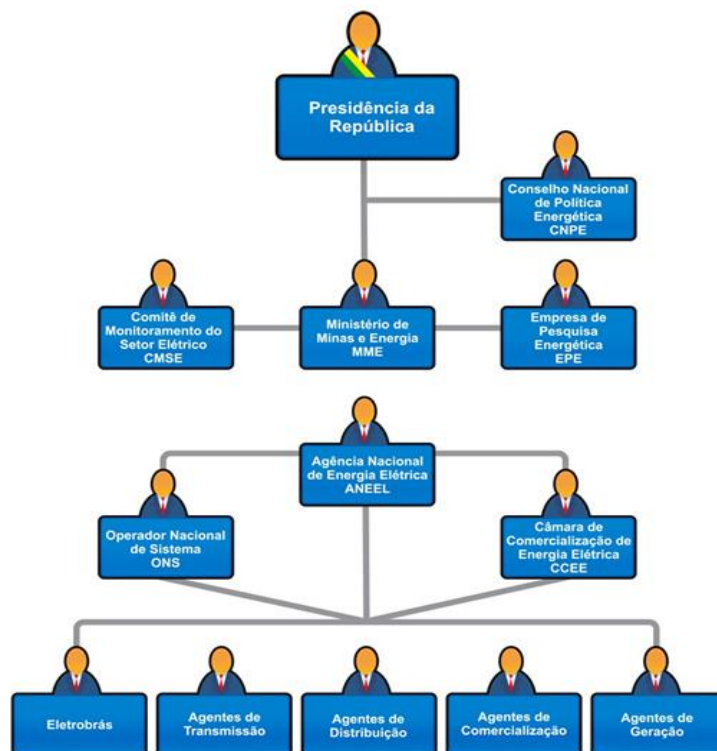
Com o término do período anterior, o terceiro período continuou até o fim da década de 1970 e caracterizou-se pela influência direta do Estado no setor elétrico e criação de estatais.

O quarto período compreende pela crise da dívida externa brasileira a partir de 1980. As tarifas foram mantidas baixas para conter a inflação, cortes em gastos, que acarretaram em uma falta de remuneração para o setor elétrico e surgiram novas propostas para o setor.

O último período vai até os dias atuais e caracteriza-se por grandes mudanças no setor de energia elétrica brasileira. Empresas começaram a serem privatizadas e criou-se a agência regulamentadora denominada ANEEL. O ano de 2001 foi marcado por um grande racionamento devido ao grande aumento da demanda energética e, a partir de 2004, o Governo realizou ajustes para garantir: segurança energética, modalidade tarifária e a universalização do atendimento.

As mudanças do quinto período (1995 até 2004) alteraram a estrutura do setor elétrico brasileiro e a atual organização é mostrada na Figura 3.

Figura 3 - Estrutura atual do Setor Elétrico Nacional.



Fonte: ABRADÉE (2018).

Segundo a ANEEL (2011) a organização do setor elétrico nacional tem as seguintes funções:

- Ministério de Minas e Energia: deve garantir o aproveitamento de qualquer fonte energética
- Conselho Nacional de Pesquisa Energética: propõe ao Presidente medidas e políticas para o setor.
- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico: acompanha e avalia a continuidade e segurança do suprimento de energia elétrica no país.
- Empresa de Pesquisa Elétrica: realiza estudos e pesquisas utilizadas para subsidiar o planejamento do setor energético.
- Agência Nacional de Energia Elétrica: a ANEEL regula, fiscaliza, implementa políticas e diretrizes, estabelece tarifas, media conflitos entre agentes e consumidores.

- Operador Nacional do Sistema Elétrico: coordena e controla operações de instalações (geração e transmissão) e planeja operações no sistemas isolados do país.
- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica: comercializa e viabiliza a energia elétrica e administra contratos de compra, venda, contabilização e liquidação.

2.3 SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL

Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2020) o Sistema Interligado Nacional (SIN) é todo sistema de produção e transmissão de energia elétrica brasileiro gerado através de hidroelétrica, termoeletricas, eólica e possui quatro divisões: Sul, Nordeste, Sudeste/Centro-Oeste e Norte.

A malha de transmissão conecta os sistemas elétricos, transmite energia entre os subsistemas com a finalidade de atender o mercado com economicidade e segurança. As etapas para que a energia chegue no consumidor final é mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Etapas do fornecimento da energia elétrica.



Fonte: ABRADÉE (2019).

A geração “é o segmento da indústria de eletricidade responsável por produzir energia elétrica e injetá-la nos sistemas de transporte (transmissão e distribuição) para

que chegue aos consumidores” (ABRADEE, 2020). A grande parte da geração energética do Brasil provém de usinas hidrelétricas como mostrado na Tabela 1 a seguir.

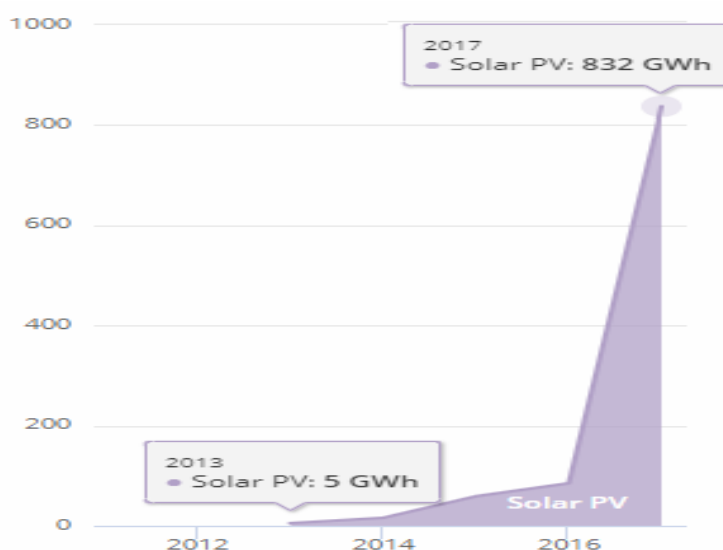
Tabela 1 - Dados dos empreendimentos de geração em operação no Brasil.

TIPO	QUANTIDADE	POTÊNCIA INSTALADA (kW)
Micro Usinas Hidrelétricas (menor que 5 MW)	696	695.138
Central Geradora Undi-elétrica (usina de ondas)	1	50
Central Geradora Eolielétrica (Eólica)	589	14.516.793
Pequena Central Hidrelétrica (entre 5 MW e 30 MW)	428	5.160.380
Usina Fotovoltaica (Solar)	2313	1.900.624
Usina Hidrelétrica de Energia (maior que 30 MW)	217	98.286.811
Usina Termelétrica de Energia (Fósseis ou Biomassa)	3004	40.431.327
Usina Termonuclear (Nuclear)	2	1.990.000
Total	7250	162.981.123

Fonte: ANEEL (2020).

É perceptível a grande dominância da geração hidrelétrica (63,89%), porém a geração fotovoltaica teve um crescimento de 827 GWh num período de apenas quatro anos, mostrado na Figura 5, demonstrando a preocupação com o aumento do consumo energético.

Figura 5 - Aumento da geração fotovoltaica no Brasil



Fonte: International Energy Agency (2019).

Desde 2012 a ANEEL, com a Resolução Normativa ANEEL n° 482/2012, permite que os consumidores gerem a própria energia elétrica e ainda fornecer o excedente para a distribuidora. A grande procura pela energia fotovoltaica é aliada ao crescente aumento tarifário, descrito no capítulo seguinte.

3 ANÁLISE DO AUMENTO TARIFÁRIO

3.1 BANDEIRAS TARIFÁRIAS

A partir do ano de 2015, a ANEEL criou a Conta Centralizadora dos Recursos de Bandeiras Tarifárias para administrar recursos provenientes das arrecadações referentes às bandeiras tarifárias. Os Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET) é definido pela ANEEL e têm caráter normativo e tem como função regulamentar e consolidar os processos tarifários envolvidos no consumo de energia elétrica.

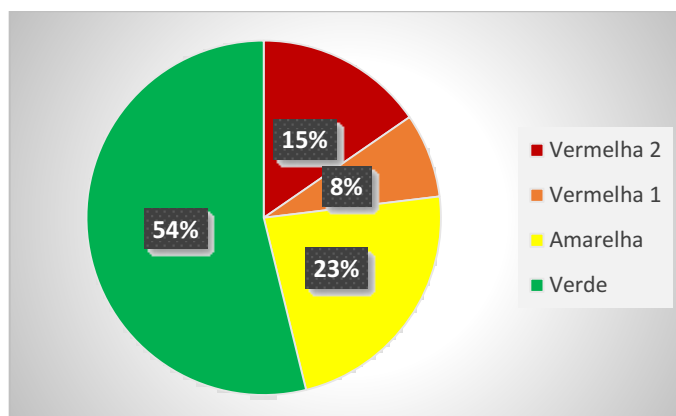
Segundo o submódulo 6.8, revisão 1.7, com vigência a partir de 27 de maio de 2019 do PRORET, as definições metodologias e procedimentos sobre as Bandeiras Tarifárias, que entraram em vigor a partir do ano de 2015, são aplicadas a qualquer agente de distribuição de energia do Sistema Interligado Nacional (SIN) e sinalizam aos consumidores as condições de geração de energia elétrica por meio da cobrança de um valor adicional referente à cada cor da tarifa.

De acordo com a ANEEL, as cores das Bandeiras Tarifárias são divididas em:

- Verde: condição favorável de geração.
- Amarela: condição menos favorável de geração.
- Vermelha: condição ainda pior para geração. Subdividada em Patamar 1 e Patamar 2.

No período de um ano analisando contas da CPFL, as porcentagens das tarifas são mostradas na Figura 6 a seguir.

Figura 6 – Tarifas de agosto de 2018 até agosto de 2019.



Fonte: Autoria própria (2019).

3.2 TARIFA BRANCA

A ANEEL (2019) informa que existe uma alternativa para a Tarifa Convencional Monômnia (custo constante da energia durante o dia) aplicado ao grupo B, chamada Tarifa Branca (aprovada no ano de 2016) e oferecida para consumidores atendidos em baixa tensão (residências e pequenos comércios) excluindo consumidores residenciais de baixa renda com finalidade de incentivar a mudança do perfil de consumo para horários específicos e segue o cronograma para sua utilização:

- 1° de janeiro de 2018: novas ligações e unidades com consumo médio anual acima de 500kWh/mês;
- 1° de janeiro de 2019: unidades com consumo médio anual acima de 250kWh/mês;
- 1° de janeiro de 2020: todas unidades consumidores citadas anteriormente.

A Tarifa Branca abre a possibilidade de pagar diversos valores no decorrer da hora e do dia em que ocorre o consumo da energia elétrica. Caso o consumo ocorra em períodos como manhã, madrugada e início da tarde, adotar esta modalidade tarifária pode reduzir os gastos com energia elétrica.

A modalidade consiste na divisão entre: ponta, intermediário e fora de ponta estabelecidos pela ANEEL. Finais de semana e feriados contam com a Tarifa Branca em sua integridade.

Devido à divisão supracitada, é recomendado que o consumidor reconheça seu perfil de consumo para considerar a possibilidade de utilizar a maior parte da energia para horário fora de ponta. Caso o consumo ocorra em horários intermediários e de ponta, o valor final da conta pode aumentar.

3.3 COMPOSIÇÃO DA TARIFA

Apesar das opções, a ANEEL (2016) informa que existem outros custos distintos que compõem a tarifa que são: custos da energia gerada, transporte de energia até as unidades consumidoras e encargos setoriais.

A ANEEL classifica os custos tarifários em:

- Parcela A: encargos setoriais, transmissão e compra de energia;
- Parcela B: Distribuição de energia.

O Calendário e Resultado dos Processos Tarifários de Distribuição fornecido pela ANEEL (2019) dispõe dados sobre o Resultado Tarifário Anual e informam que os custos da Parcela A contribuiu em 0,79% para o aumento do efeito médio de 9,22%, informado na Tabela 2 a seguir, e a Parcela B foi responsável por 2,17%.

Tabela 2 - Variação tarifária por grupo de consumo.

Grupo de Consumo	Variação Tarifária
AT - Alta Tensão (>2,3kV)	9,79%
BT- Baixa Tensão (<2,3kV)	8,93%
Efeito Médio AT+BT	9,22%

Fonte: ANEEL (2019).

A Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) é um encargo do setor elétrico e utilizado pela ANEEL para, mensalmente, realizar o pagamento dos usuários do sistema de distribuição pelo uso do sistema de distribuição e a Tarifa de Energia (TE) referente ao custo da geração da energia propriamente dita. Os encargos setoriais são instituídos por leis e podem estar embutidos na distribuição ou geração e transmissão.

O Governo Federal também recolhe na conta de energia o PIS/COFINS, ICMS, e a Contribuição para Iluminação Pública (CIP). O ICMS de 18% no estado de São Paulo e a CIP foi um valor constante de R\$74,00 para a cidade e unidade consumidora em questão conforme a Figura 7.

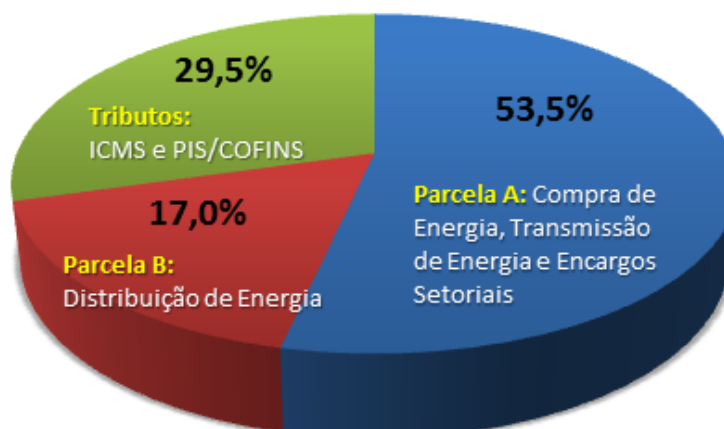
Figura 7 - Conta de energia do estabelecimento.

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA													
CENTRO 17470-000 - DUARTINA - /SP					CNPJ: [REDACTED] INSC. EST: [REDACTED] CLASSIFICAÇÃO: Convencional B3 Comercial Atacadista / Varejista -Trifásico 220 / 127 V								
ATENDIMENTO	PN	SEU CODIGO	CONTA MES	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR								
0800 010 10 10 www.cpf.com.br	[REDACTED]	[REDACTED]	FEV/2019	08/03/2019	4.829,96								
DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO													
Cod. 116	Descrição da Operação N°	Mês Ref.	Quant. Faturada	Unid. Med.	Tarifa com Tributos R\$	Valor Total da Operação R\$	Base Cálculo ICMS R\$	Aliq. ICMS%	ICMS	Base Cálculo PIS/COFINS	PIS 0,86%	COFINS 3,85%	Bandeiras Tarifárias (Dias)
0805	Consumo Uso Sistema (KWh)-TUSD	FEV/19	7.582,000	kWh	0,26840412	2035,04	2035,04	18,00	366,31	2035,04	17,30	70,16	Verde
0801	Consumo Bandeira Verde - TE	FEV/19	7.582,000	kWh	0,35888574	2720,92	2720,92	18,00	490,77	2720,92	23,13	105,84	06 Dias Verde
	Total Distribuidora					4755,96							22 Dias
DÉBITOS DE OUTROS SERVIÇOS													
0807	Contrib. Custeio IP-CIP Municipal	FEV/19				74,00							

Fonte: Autoria própria (2019).

A ANEEL ainda disponibiliza o gráfico dos custos que compõem o valor final da energia elétrica, mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Composição do valor final da energia elétrica.

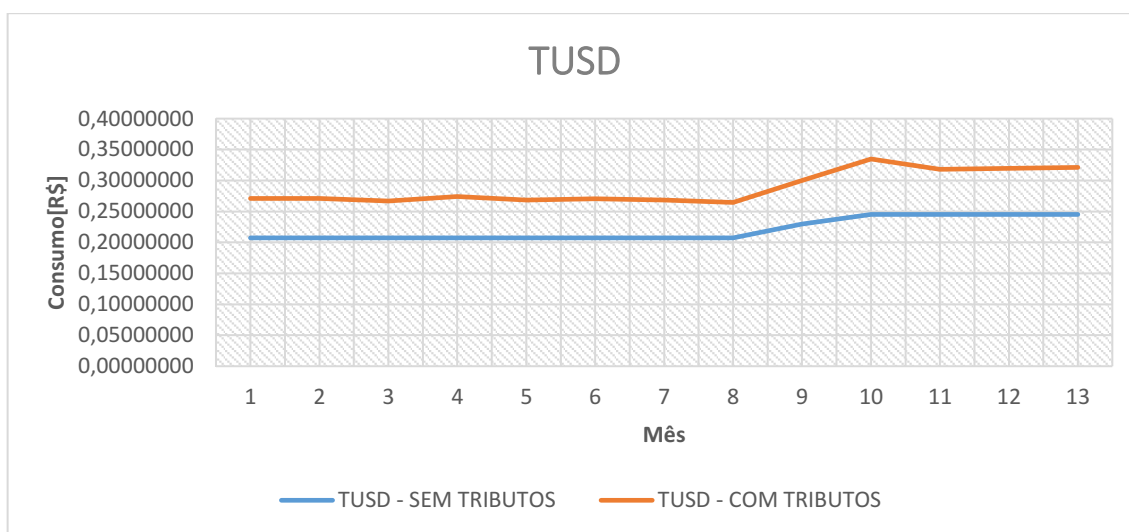


Fonte: ANEEL (2016).

Analisando contas de energia do estabelecimento no período de um ano (agosto de 2018 até agosto de 2019) as tarifas TUSD e TE da CPFL, sem tributos, sofreram um aumento de 18,27% e 0,18%, respectivamente. Considerando os tributos, os aumentos foram de 18,58% da TUSD e 0,43% da TE.

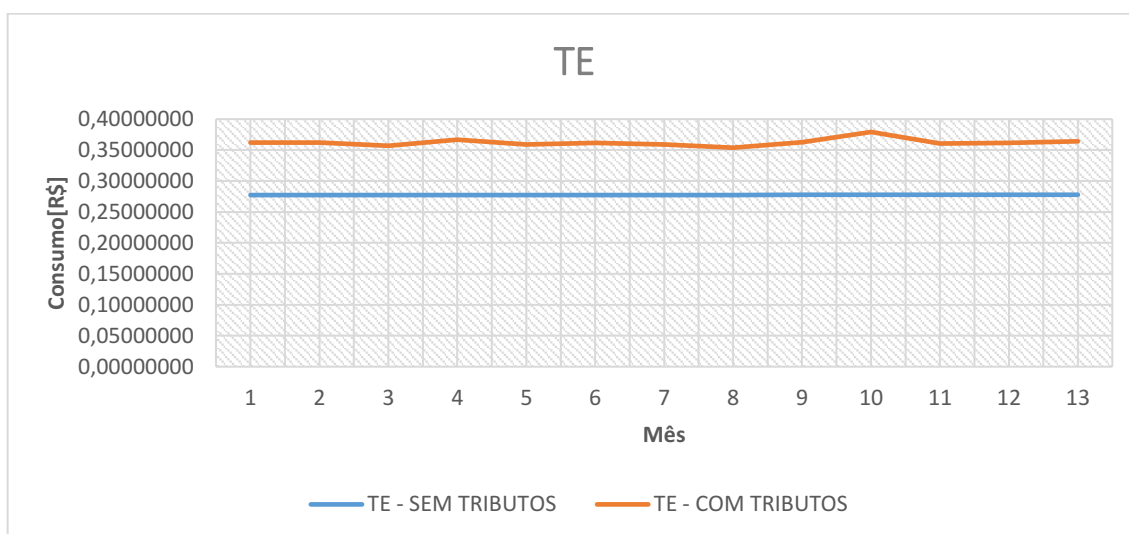
O crescimento constante nos valores da tarifa influencia diretamente no maior custo da energia final do consumidor, justificando a preocupação com eficiência energética e redução de gastos. Os aumentos da TUSD e TE no ano estudado são representados na Figura 9 e 10, respectivamente.

Figura 9 - Variação da TUSD em um ano.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 10 - Variação da TE em um ano.



Fonte: Autoria própria (2019).

4 GERENCIAMENTO ENERGÉTICO

O aumento das tarifas e, conseqüentemente, o maior custo da energia elétrica implica na preocupação dos consumidores com a eficiência energética de sua instalação. A EPE (2019) define eficiência energética como gerar a mesma quantidade de energia utilizando uma quantidade menor dos recursos naturais.

De acordo com SANTOS et al (2007, p. 1), promover medidas de eficiência energética é aplicar o conhecimento utilizando conceitos de engenharia, administração e economia nos sistemas energéticos. Devido à complexidade do sistema em questão, deve-se utilizar medidas e práticas para aumentar o desempenho do sistemas para reduzir perdas no manejo da energia elétrica.

Segundo a COPEL (2018) o primeiro passo para qualquer ação de economia de energia elétrica é necessário o conhecimento da maneira que a mesma é utilizada. Os dados passados são essenciais para qualquer estudo energético e, geralmente são extraídos das contas de energia elétrica.

Com as informações em mãos, deve-se:

- Acompanhar o consumo do consumo da energia elétrica;
- Consumo por setores;
- Analisar tarifas de energia elétrica;
- Definir medidas e práticas de eficiência energética de possível aplicação.

5 ESTUDO DE CASO

O supermercado em questão está localizado no interior do estado de São Paulo, na cidade de Duartina, e a concessionária que realiza o fornecimento de energia elétrica é a CPFL, visto na Figura 11 a seguir:

Figura 11 - Supermercado.



Fonte: Autoria própria (2019).

Para fins de análise, foram solicitadas as contas de energia de um período de um ano (agosto de 2018 até agosto de 2019) para que fosse possível perceber qualquer sazonalidade e os setores de maior gasto.

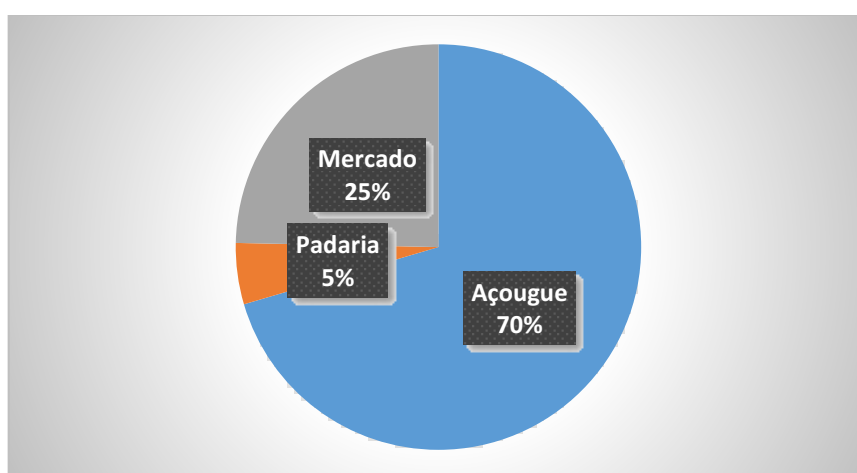
Como a unidade consumidora é atendida em tensão inferior a 2300V, enquadra-se no grupo B e subgrupo convencional B3 comercial atacadista/varejista – trifásico 220/127V. A ANEEL (2012) caracteriza o grupo B por tarifas de consumo de energia elétrica e independe da quantidade das horas de utilização diária e aplicável apenas ao consumo da energia ativa (kWh).

O primeiro passo a ser observado é a presença de três medidores distintos entre os setores do supermercado: açougue, padaria e mercado. A subdivisão dá-se ao fato de anteriormente o estabelecimento ser localizado em um prédio de menor proporção e, com isso, não ultrapassava a carga de 75kW e após a mudança para um

local maior e aumento das cargas, foi necessário subdividir os setores para não ultrapassarem os 75kW de carga e, segundo a ANEEL (2000), continuar o fornecimento de energia em tensão secundária de distribuição a fim de evitar gastos para adequar o sistema para receber tensão primária de distribuição.

A presença de três medidores facilita a identificação dos setores responsáveis pelos maiores gastos no supermercado de agosto de 2017 até agosto de 2019 por meio do histórico de consumo, mostrados na Figura 12.

Figura 12 - Consumo das áreas do supermercado.



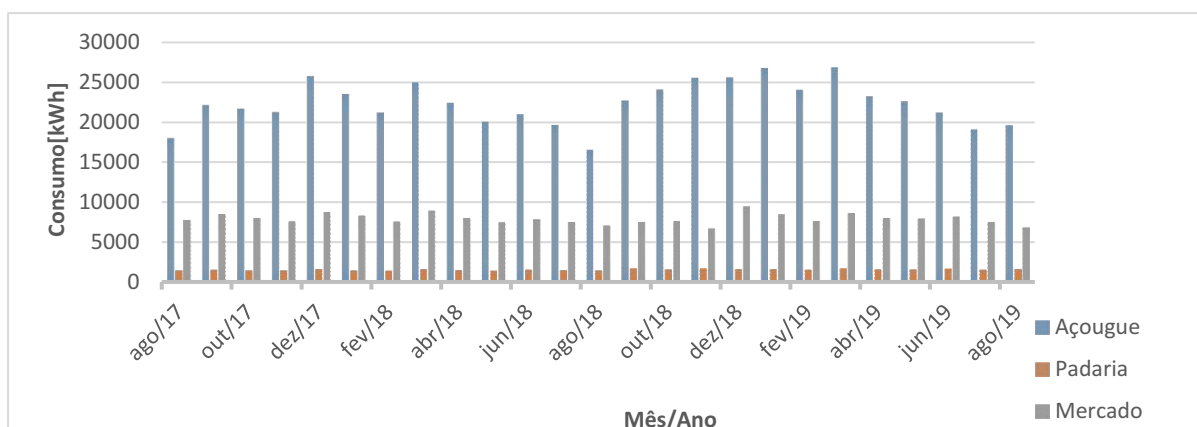
Fonte: Autoria própria (2019).

Pelos dados anteriores, é possível que os maiores gastos são decorrentes de sistemas de refrigeração (açougue, frios, ilhas refrigeradas e expositor refrigerado), iluminação (presente em todos os setores) e certos equipamentos específicos de potência elevada.

5.1 ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO

Para perceber possível sazonalidade no consumo, foram coletados os dados do histórico de consumo de cada setor nos períodos supracitados na Figura 13.

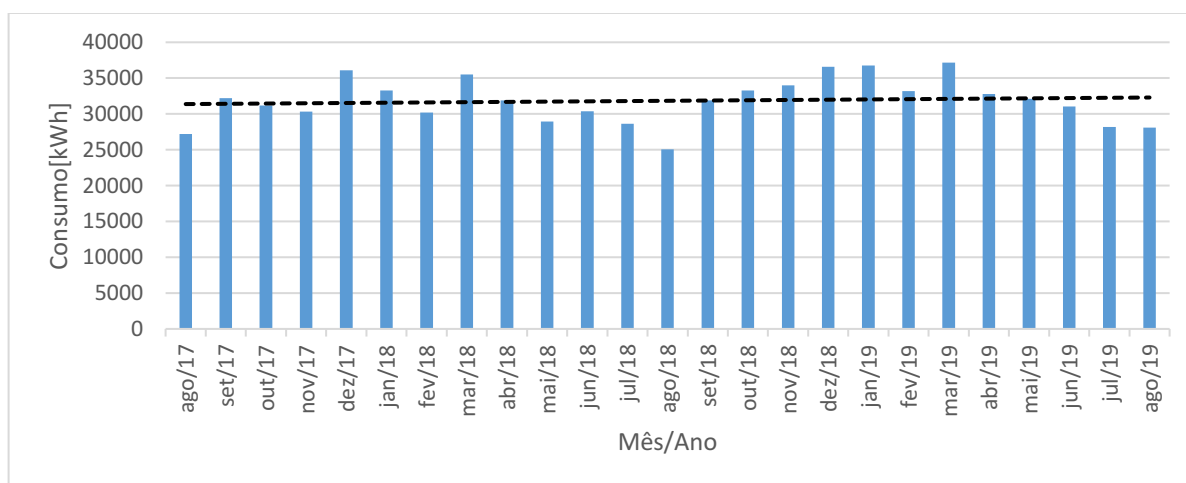
Figura 13 - Consumo por setor durante um ano.



Fonte: Autoria própria (2019).

É possível notar um maior consumo durante o verão, justificado por grande parte do gasto energético ser decorrente de processos de refrigeração e, através de uma linha de tendência linear, é notável o aumento do consumo de energia ao decorrer dos anos, como representado na Figura 14.

Figura 14 - Aumento do consumo total no período de um ano.



Fonte: Autoria Própria (2019).

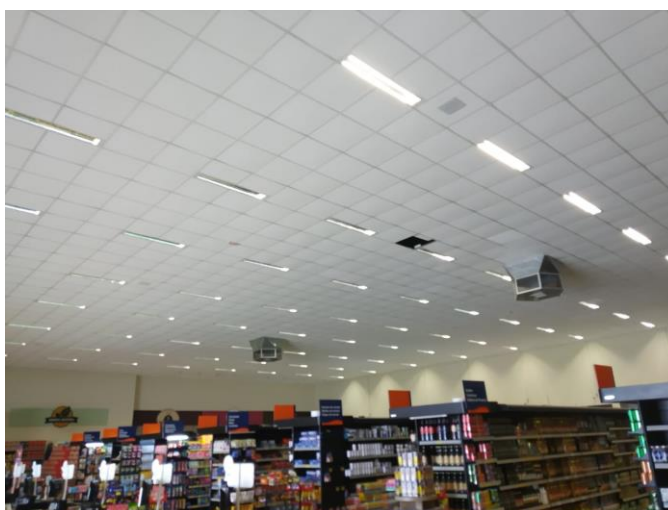
Comparando o consumo nos meses de agosto de 2018 com o mesmo mês do ano seguinte, é notável um aumento de 12,04% no consumo total do supermercado, porém o valor das contas de energia apresentaram um aumento de 16,56%. No ano de 2018, é observado um aumento de 46,02% entre os meses de agosto e dezembro, indicando uma alta variação no consumo em decorrer do período de festas (maior numero de clientes e produtos) e aumento da temperatura média.

6 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

A fim de identificar possíveis melhorias para garantir uma maior eficiência energética, serão recolhidos dados do supermercado (iluminação, refrigeração e gerador) através de visitas *in loco* e uma análise dos projetos das instalações.

No dia 27 de outubro de 2019 foi realizada uma visita para conhecer as instalações, mostradas nas Figuras 15 até 23 a seguir, e identificar possíveis pontos de melhorias.

Figura 15 - Galpão.



Fonte: Autoria própria.

Figura 16 - Quitanda.



Fonte: Autoria própria.

Figura 17 - Padaria.



Fonte: Autoria própria.

Figura 18 - Escritório.



Fonte: Autoria própria.

Figura 19 - Depósito.



Fonte: Autoria própria.

Figura 20 - Compressores.



Fonte: Autoria própria.

Figura 21 - Gerador.



Fonte: Autoria própria.

Figura 22 - Quadro geral.



Fonte: Autoria própria.

Figura 23 - Quadro do sistema de refrigeração.



Fonte: Autoria própria.

Ao definir as medidas a serem tomadas serão realizados cálculos para demonstrar a viabilidade da aplicação das mesmas. O método para confirmar a viabilidade das medidas propostas será o de valor presente líquido (VPL). Segundo Abreu Filho (2007, p.83), o valor presente líquido ou VPL é a diferença entre o valor atual do projeto e o custo na data atual e pode apresentar valores positivos (lucrativo) ou negativos (prejuízo). Para uma análise com período mais longo, será considerado o aumento da tarifa de energia elétrica bem como outros fatores.

7 SITUAÇÃO ATUAL

O supermercado foi realocado recentemente para um novo endereço a fim de acompanhar o crescimento do fluxo de pessoas e demanda por novas mercadorias. Para analisar a viabilidade das medidas, foram realizadas visitas e conversas com os responsáveis pelo estabelecimento alvo do estudo para definir medidas que possam ser efetivamente aplicadas.

O primeiro passo foi recolher informações dos projetos do novo estabelecimento onde, vale a pena ressaltar, foram reaproveitados equipamentos utilizados no prédio antigo como: lâmpadas, gôndolas, ilhas frigoríficas, etc. Os dados recolhidos do projeto do supermercado são apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 a seguir:

Tabela 3 – Lâmpadas galpão principal.

ILUMINAÇÃO GALPÃO PRINCIPAL	
quant.	Item
94	Lâmpada fluorescente tubular 54W 840

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4 – Lâmpadas gondolas.

ILUMINAÇÃO GONDOLAS	
quant.	Item
126	Lâmpada fluorescente tubular 32W 640
42	Lâmpada fluorescente tubular 16W 640

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 – Ares condicionados.

AR CONDICIONADO	
quant.	Item
3	MIDEA VIZE 9000 BTU 220V
2	MIDEA VIZE 12000 BTU 220V
2	MIDEA VIZE 18000 BTU 220V

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6 – Climatizador.

CLIMATIZADOR	
quant.	Item
1	ROTO 150T PLUS 3600m ³ /h

Fonte: Autoria própria.

O estabelecimento também possui um gerador diesel STEMAC, mostrado anteriormente na Figura 20, de 150kVA, 220V, 60Hz e fator de potência igual à 0,8.

7.1 SOLUÇÃO PROPOSTA

Ao analisar as cargas e visitar o local é observado que, ao realocar o estabelecimento, foi adquirido um novo sistema de refrigeração (compressores, câmara fria, etc.) para suprir as necessidades da expansão do supermercado. Sendo assim, adquirir equipamentos ainda mais atuais acarretariam em um custo muito elevado quando comparado ao retorno dos investimentos.

Apesar do alto consumo da parte frigorífica, foi sugerido aplicar medidas simples como, por exemplo, utilizar tampas nas ilhas que ficam abertas durante o dia e noite além de realocar de maneira mais eficiente produtos a fim de reduzir o número de geladeiras expositoras considerando o sistema atual.

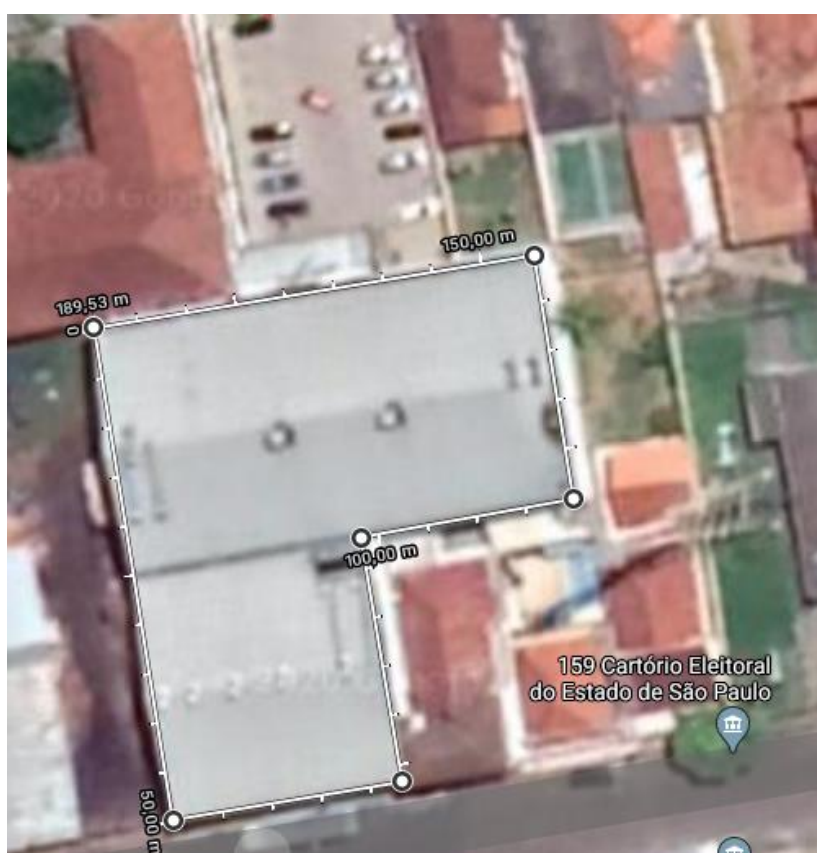
Ao analisar a iluminação do estabelecimento é perceptível a predominância de lâmpadas fluorescentes, o que implica em um maior consumo de energia elétrica quando comparadas com lâmpadas LED. Segundo Sobeira (2017), a substituição das lâmpadas é a primeira solução quando se pensa em eficiência energética, porém, existem outros fatores que podem ser considerados:

- Ausência de manutenção;
- Iluminação em excesso;
- Não aproveitar a iluminação natural;
- Maus hábitos;
- Acionamento setorizados;

- Utilizar controladores de níveis de iluminância natural.

Além da iluminação, por imagem de satélite, é possível ver a grande área disponível de, aproximadamente, 1700m². Tal fato possibilita a instalação de painéis fotovoltaicos a fim de fornecer parte da energia consumida pela refrigeração e reduzir os custos com energia elétrica no geral. A Figura 24 mostra a vista superior do supermercado.

Figura 24 – Vista de satélite do supermercado.



Fonte: Google Maps (2020).

7.1.1 Iluminação Atual

Os modelos de lâmpadas utilizadas na área de vendas são descritos, com suas especificidades técnicas, na Tabela 7.

Tabela 7 – Lâmpada do galpão principal.

CARACTERÍSTICAS	TL5-54W-HO/840
Potência (W)	54
Temperatura de cor (K)	4000
IRC	82
Vida mediana (horas)	20000
Fluxo Luminoso (lm)	4560
Eficiência (lm/W)	84
Diâmetro (mm)	16
Comprimento (mm)	1163,2

Fonte: Autoria própria.

No galpão principal, as lâmpadas fluorescentes de 54W tubulares são instaladas em luminárias embutidas no forro de gesso com refletor de alumínio facetado.

Sete gondolas são utilizadas na exposição dos produtos e possuem sua própria iluminação contendo, cada uma, dezoito lâmpadas de 32W e seis lâmpadas de 15W da marca Philips. Como não foi possível identificar os reatores, foi considerado uma perda de 10%.

O consumo do galpão principal, como um todo, é disposto na Tabela 8.

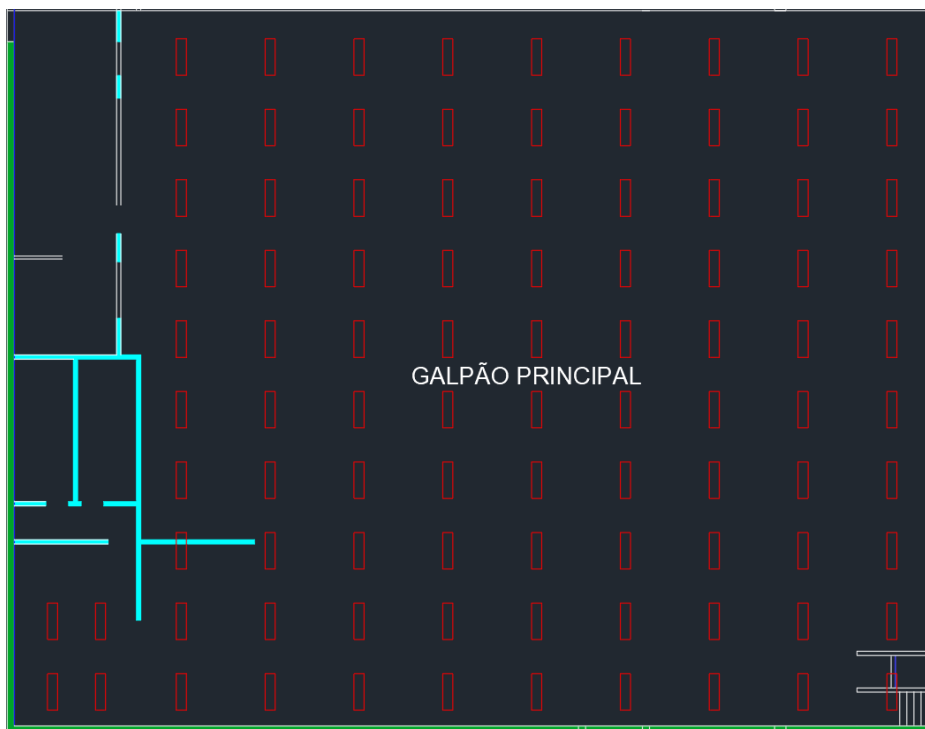
Tabela 8 – Consumo do sistema de iluminação atual.

FLUORESCENTE - LÂMPADA E REATOR		
quant.	Item	Consumo (W)
94	Lâmpada fluorescente tubular 54W	5584
126	Lâmpada fluorescente tubular 32W	4435
42	Lâmpada fluorescente tubular 15W	693
CONSUMO TOTAL (W)		10711

Fonte: Autoria própria.

As 94 luminárias, contendo uma unidade da lâmpada de 54W, apresenta a disposição mostrada na Figura 25.

Figura 25 - Disposição das luminárias.



Fonte: Autoria própria.

Segundo a norma NBR-ISO/CIE 8995-1:2013, o índice de iluminância mantida ($\overline{E_m}$) para atividades de empacotador e áreas de caixa deve ser de 500 lux, porém a norma define que a iluminância do entorno imediato pode ser mais baixa que a iluminância requisitada para a tarefa em questão. Para áreas de vendas é requerido uma iluminância de 300 lux.

Para tarefas que necessitam de 500 lux, como as citadas anteriormente, a iluminância do entorno imediato não pode ser inferior à 300 lux, conforme a Figura 26.

Figura 26 - Iluminância do entorno imediato.

Iluminância da tarefa lux	Iluminância do entorno imediato lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área de tarefa

Fonte: NBR-ISO/CIE 8995-1 (2013).

A fim de averiguar o iluminamento do ambiente, foram realizadas medidas do local utilizando um multímetro digital modelo MD-6290 conforme apresentado na Figura 27.

Figura 27 - Multímetro digital utilizado nas medições.

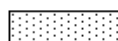


Fonte: Autoria própria.

Para definir um padrão para as medições foi utilizada a seguinte divisão: 9 linhas e 8 colunas (referentes aos espaços de circulação de clientes entre as gondolas). Como o supermercado fica aberto das 8h às 19h, as medidas foram realizadas durante os períodos diurno e noturno para compreender o iluminamento do estabelecimento durante todo período de funcionamento, conforme mostrado na Figuras 28 e 29.

Figura 28 – Iluminância medida no período diurno.

DIA	11:30	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
L1	-	331	300	306	302	310	310	290	270
L2	-	302	278	320	336	320	330	302	277
L3	-	315	253	318	303	316	307	306	313
L4	-	305	250	285	312	304	306	306	258
L5	-	320	239	435	333	336	333	315	276
L6	-	300	330	340	370	511	404	360	278
L7	-	297	240	399	527	620	477	420	255
L8	-	307	284	444	410	388	401	257	265
L9	192	313	260	470	1579	1215	3466	1321	300




Caixas/Empacotador

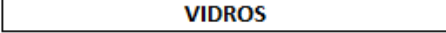
VIDROS

Fonte: Autoria própria.

Figura 29 – Iluminância medida no período noturno.

NOITE	18:30	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
L1	-	320	290	316	311	258	298	305	230
L2	-	298	295	305	313	290	295	288	240
L3	-	310	305	292	284	314	281	289	235
L4	-	302	300	290	278	321	295	291	245
L5	-	315	293	324	295	319	281	299	255
L6	-	294	282	301	310	300	311	270	277
L7	-	298	270	310	303	315	285	260	250
L8	-	299	297	323	317	310	321	220	255
L9	312	313	314	331	327	324	330	265	262

 **Caixas/Empacotador**

 **VIDROS**

Fonte: Autoria própria.

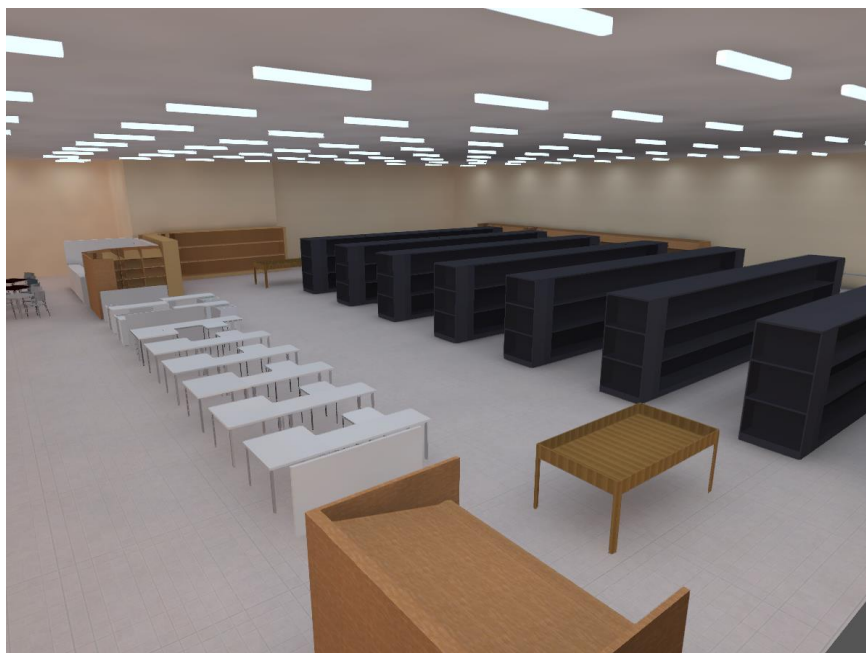
A média das medidas realizadas no período diurno foi de 414 lux enquanto a média no período noturno foi de 293 lux. Algumas áreas apresentam situações mais críticas ocasionada pela queima de certas lâmpadas.

Apesar da iluminância do entorno imediato estar próxima de 300 lux, as regiões dos caixas e mesa dos empacotadores não atingiram a iluminância exigida pela norma NBR-ISO/CIE 8995-1:2013 de 500 lux para as tarefas em questão.

7.1.2 Iluminação Proposta

A fim de garantir a conformidade com a norma, foram realizadas simulações no software Dialux. Este software gratuito permite simular e calcular dados luminotécnicos a partir da importação de uma planta baixa da instalação. A simulação tridimensional da área de estudo é mostrada na Figura 30 abaixo.

Figura 30 – Simulação 3D realizada no Dialux.



Fonte: Autoria própria.

Segundo a PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) o maior fluxo luminoso fornecido por uma lâmpada tubular LED T5 é de 3900 lúmens, sendo consideravelmente menor que a da atualmente instalada.

No novo sistema de iluminação proposto, foram considerados os circuitos e disposição das luminárias atualmente instaladas. Como a substituição das luminárias deveriam ser feitas independentemente da situação, foram escolhidas luminárias LED de 37W Low Bay de embutir fabricadas pela LDX com valor orçado de R\$223,67. A Tabela 9 mostra os dados técnicos da iluminação LED escolhida.

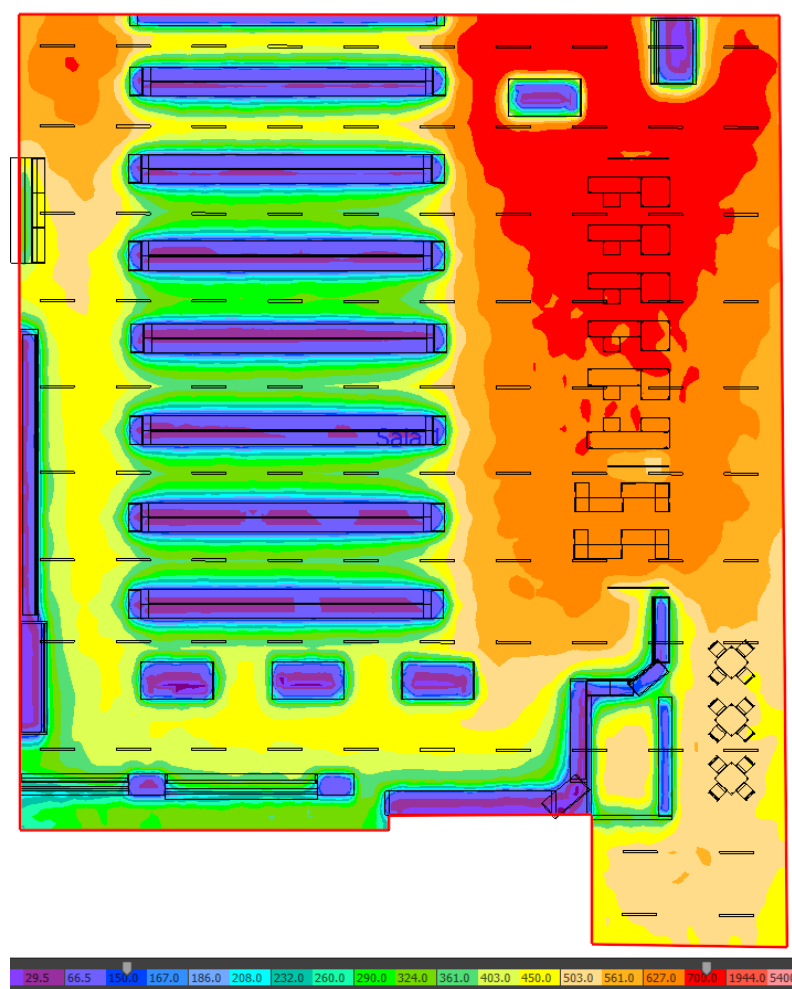
Tabela 9 – Dados da luminária LED de embutir.

CARACTERÍSTICAS	LOW BAY Embutir
Potência (W)	37
Temperatura de cor (K)	5000
Vida mediana (horas)	60000
Fluxo Luminoso (lm)	4438
Eficiência (lm/W)	124
Largura (mm)	112
Comprimento (mm)	1185

Fonte: Autoria própria.

Após a simulação da iluminação LED, é possível ter uma estimativa da iluminância média em cada região da área de vendas através do gráfico de cores falsas mostrado na Figura 31.

Figura 31 – Simulação 3D realizada no Dialux em cores falsas.



Fonte: Autoria própria.

A iluminância média para o ambiente foi de 434 lux e, a médias para os ambientes de trabalho (empacotador e caixa registradora) foi de cerca de 700 lux. Vale ressaltar que ao término da vida útil de uma iluminação LED não indique a queima da mesma e sim a redução do fluxo luminoso para, aproximadamente, 70% do original (INMETRO, 2014). Com isso, mesmo após 60000 horas (mais de 17 anos considerando o horário de funcionamento do ambiente), garante-se que o fluxo luminoso médio para áreas de caixas registradores e empacotadores seja de 490 lux,

fazendo que o tempo necessário para realizar a substituição da iluminação seja maior que a vida mediana fornecida pelo fabricante tornando o projeto ainda mais atrativo.

Como as luminárias LED atendem totalmente as necessidades das normas, foram escolhidas lâmpadas tubulares LED de menor potência para gondolas para manter a estética atual do ambiente, mantendo um fluxo luminoso próximo das atualmente instaladas. As novas lâmpadas da gondolas são mostradas nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10 – Dados da lâmpada LED 20W.

CARACTERÍSTICAS	LED TUBE OSRAM
Potência (W)	20
Temperatura de cor (K)	4000
Vida mediana (horas)	25000
Fluxo Luminoso (lm)	2000
Eficiência (lm/W)	100
Diâmetro (mm)	28
Comprimento (mm)	1213,6

Fonte: Autoria própria.

Tabela 11 – Dados da lâmpada LED 9W.

CARACTERÍSTICAS	ULTRALED Tubular Pro
Potência (W)	9
Temperatura de cor (K)	4000
Vida mediana (horas)	25000
Fluxo Luminoso (lm)	1000
Eficiência (lm/W)	111
Diâmetro (mm)	28
Comprimento (mm)	600

Fonte: Autoria própria.

Para o novo sistema proposto foram consideradas perdas de 10% nos drivers. Sendo assim, o consumo do novo sistema pode ser visto na Tabela 12.

Tabela 12 – Consumo do novo sistema de iluminação.

LED		
quant.	Item	Consumo (W)
94	LOW BAY Embutir 37W	3826
126	LED TUBE OSRAM 20W	2772
42	ULTRALED Tubular Pro 9W	416
CONSUMO TOTAL (W)		7013,6

Fonte: Autoria própria.

7.1.3 Viabilidade da Iluminação Proposta

O novo sistema proposto adequa o ambiente segundo a norma NBR-ISO/CIE 8995-1:2013; resta confirmar a viabilidade econômica do novo sistema de iluminação LED. O valor da mão de obra para realizar a implantação do sistema, estimada por um profissional da região, é de R\$2950,00 incluindo todo material necessário e um auxiliar de eletricista.

O investimento total e os valores para aquisição das lâmpadas, luminárias e a mão de obra cotada por um profissional da área são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Investimento para instalação do novo sistema de iluminação.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Painel LED 37W	94	R\$223,67	R\$21.024,98
LED TUBE OSRAM 20W	126	R\$21,90	R\$2.759,40
ULTRALED Tubular Pro 9W	42	R\$14,90	R\$625,80
Mão de obra	1	R\$2.950,00	R\$2.950,00
TOTAL			R\$27.360,18

Fonte: Autoria própria.

Para estimar o consumo do novo sistema em relação ao atual, é necessário analisar o horário de funcionamento do estabelecimento durante o ano. O mercado fica aberto de segunda a sábado de 08h até as 19h, totalizando 11 horas por dia com a iluminação permanecendo ligada durante todo período.

Com as potências do sistema atual e do sistema proposto conhecido, é possível estimar o valor, em reais, do gasto com iluminação no galpão principal. Para os cálculos foi considerado o do custo por kWh de R\$0,65061 (tarifa média durante o período das faturas analisadas). Na Tabela 14 é disposta a comparação entre o custo do sistema de iluminação em estudo:

Tabela 14 – Comparação entre o custo anual dos sistemas de iluminação.

	CONSUMO DIÁRIO (11 HORAS) (kWh)	CONSUMO MENSAL (30 DIAS) (kWh)	CONSUMO ANUAL (360 DIAS) (kWh)	CUSTO ANUAL (R\$)
SISTEMA ATUAL	117,8	3029,9	36358,9	R\$23.655,45
SISTEMA PROPOSTO	77,1	1983,8	23806,2	R\$15.488,51

Fonte: Autoria própria.

Com o novo sistema de iluminação é estimada uma economia anual de R\$8.166,94 (34,5%) nos custos com energia elétrica para o galpão principal. Disposto de todas variáveis necessárias para a implantação do sistema, é possível calcular a viabilidade do projeto por meio do valor presente líquido (VPL). De acordo com PUCCINI (2011), o valor presente líquido de certo fluxo de caixa é o valor presente de suas próximas parcelas (descontando uma taxa) subtraindo o investimento inicial. O VPL pode ser calculado pela Equação 1.

$$VPL = \left[\frac{PMT_1}{(1+i)} + \frac{PMT_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{PMT_n}{(1+i)^n} \right] - PV \quad (1)$$

onde:

$PMT_{1...n}$ – fluxo líquido de caixa em decorrência do investimento;

PV – investimento inicial para viabilizar o projeto;

i – taxa mínima de atratividade.

O período de tempo considerado para o cálculo do VPL foi de 5 anos, considerando a garantia das luminárias. Os valores do investimento inicial e do fluxo líquido de caixa, conforme citado anteriormente, são de R\$27360,18 e R\$8166,94, respectivamente. A taxa de atratividade foi estimada em 15% ao ano e, com isso, foi possível calcular o VPL conforme a Equação 1:

$$VPL = \left[\frac{8166,94}{(1 + 0,15)} + \frac{8166,94}{(1 + 0,15)^2} + \frac{8166,94}{(1 + 0,15)^3} + \frac{8166,94}{(1 + 0,15)^4} + \frac{8166,94}{(1 + 0,15)^5} \right] - 27360,18$$

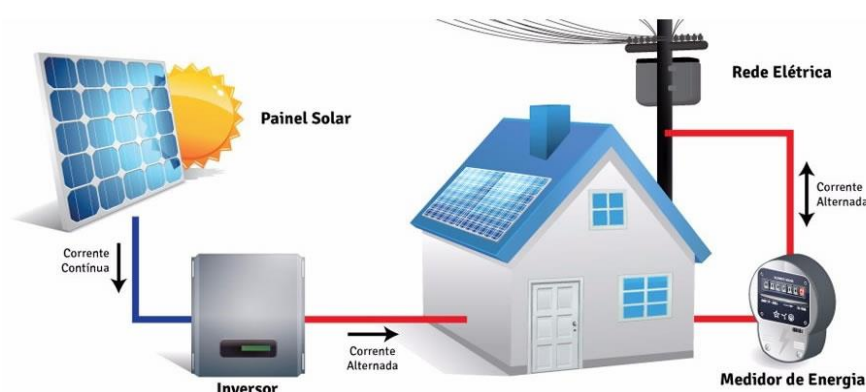
$$VPL = 7101,68 + 6175,38 + 5369,89 + 4669,47 + 4060,41 - 27360,18 = 16,65$$

Como o VPL foi positivo, o investimento é considerado viável do ponto de vista financeiro (PUCCINI, 2011). Considerando a vida útil de 60.000 horas das luminárias LED informadas pelo fabricante e as horas médias anuais de funcionamento do estabelecimento, é estimado um período de, aproximadamente, 18 anos até a redução considerável da iluminância do local.

7.2.1 Energia Solar Fotovoltaica

O sistema de geração de energia solar fotovoltaica proposto consiste no sistema *on grid*, dispensando a utilização de baterias e utilizando a rede de energia definido pela ANEEL de acordo com a Resolução Normativa Nº 482/2012 exemplificado na Figura 32.

Figura 32 – Esquemática geração *on grid*.



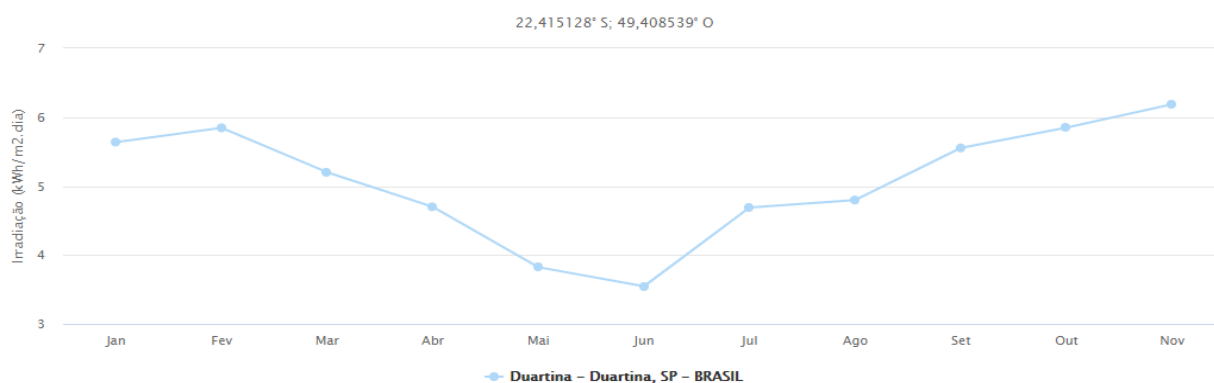
Fonte: ECOMAIS (2020).

O supermercado localizado nas coordenadas latitude 22°24'55,6"S, longitude 49°24'30,5"W e com elevação de 520 metros possui, aproximadamente, 1700m² disponíveis para instalação dos módulos fotovoltaicos no telhado, sem obstáculos para a incidência da radiação solar e a distribuidora de energia elétrica é a Companhia Paulista de Força e Luz.

Como o estabelecimento dispões de uma medição agrupada com três medidores, foi projetado a geração distribuída para o açougue por ser o setor de maior gasto com energia elétrica, conforme citado no Capítulo 5.

A irradiação média diária no decorrer do ano na cidade de Duartina, considerando o plano horizontal, é de 4,96 kWh/m², segundo o Centro Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB). A irradiação média mensal é mostrada na Figura 33.

Figura 33 – Irradiação média mensal em Duartina.



Fonte: CRESESB (2020).

O supermercado consiste em uma medição agrupada para fornecimento em tensão secundária de três a doze unidades consumidoras, contanto que a demanda não ultrapasse 75kVA (CPFL, 2020) mostrado na Figura 34.

Figura 34 – Medição (açougue, mercado e padaria).



Fonte: Autoria própria.

A ANEEL define microgeração como uma potência instalada de até 75kW e, caso a quantidade de energia gerada for maior que a consumida, são gerados créditos para diminuir a fatura nos meses seguintes com uma validade de 60 meses. Assim sendo, foi escolhido um inversor de 75kW por ser o limite do padrão de entrada de baixa tensão (CPFL, 2020).

Com isso, foi escolhido o inversor Growatt MAX 75KTL3 LV disposto na Figura 35 e alguns dos seus dados técnicos são apresentados a seguir:

- Potência máxima CC: 112500W;
- Máxima tensão CC: 1100V;
- Tensão de partida: 250V;
- Tensão nominal: 600V;
- Máxima corrente de entrada: 25^a;
- Potência nominal de saída CA: 75000W;
- Máxima potência aparente CA: 83300VA;
- Máxima corrente de saída 112,7^a;
- Tensão nominal de saída: 220/380V;
- THDi: <3%;
- Máxima eficiência: 98,8%.

Figura 35 – Growatt MAX 75KTL3 LV.



Fonte: Ginverter (2020).

Os módulos escolhidos foram de 425W do fabricante Canadian modelo CS3W-425PB-AG, mostrado na Figura 36, e com os dados técnicos dispostos a seguir:

- Potência nominal: 425W;
- Tensão de operação: 39,7V;
- Corrente de operação: 10,71A;
- Corrente de curto circuito: 11,29^a;
- Temperatura de operação: -40°C a +85°C;
- Eficiência: 19,02%;
- Dimensões: 2132 x 1048 x 30 mm;
- Peso: 28,2kg.

Figura 36 – Módulo fotovoltaico Canadian.



Fonte: Canadian Solar (2020).

A quantidade de módulos foi definida dividindo a potência máxima de 112.500W do inversor pela potência unitária do módulo fotovoltaico de 425W,

totalizando, aproximadamente, 264 módulos e ocupando uma área de 589,86m². O orçamento cotado por uma empresa que realiza o serviço necessário para o funcionamento da geração distribuída em questão na região foi de R\$360.000,00, incluindo:

- 264 módulos 425Wp Canadian;
- 1 inversor *on grid* Growatt 75kW;
- 1 transformador 90kW;
- Estruturas metálicas de fixação;
- Cabos e conexões;
- Dispositivos de proteção;
- Mão de obra/Instalação;
- Regularização e projeto.

Com a potência dos módulos (P_m) e a quantidade dos mesmos (N), é possível calcular a potência nominal total do sistema fotovoltaico através da Equação 2.

$$P_{nt} = P_m \times N \quad (2)$$

$$P_{nt} = 425 \times 264 = 112.200W$$

Dispondo da potência nominal do sistema, pode-se estimar a geração mensal de energia e, com isso, a média anual através da Equação 3.

$$E = P_{nt} \times HSP \times \eta \times D \quad (3)$$

onde:

E – energia gerada pelo sistema fotovoltaico em kWh;

P_{nt} – potência nominal total do sistema fotovoltaico;

HSP – irradiação média diária em kWh/m²;

η – rendimento do inversor (estimado em 80%);

D – dias do mês em questão.

Os resultados para os meses do ano do estudo são dispostos na Tabela 15.

Tabela 15 – Geração calculada para o sistema fotovoltaico.

MÊS	DIAS	IRRADIAÇÃO MÉDIA DIÁRIA (kWh/m ²)	ENERGIA MÉDIA GERADA (kWh)
JANEIRO	31	5,65	15721,46
FEVEREIRO	28	5,82	14627,29
MARÇO	31	5,17	14385,84
ABRIL	30	4,68	12602,30
MAIO	31	3,83	10657,20
JUNHO	30	3,56	9586,37
JULHO	31	3,77	10490,25
AGOSTO	31	4,72	13133,68
SETEMBRO	30	4,80	12925,44
OUTUBRO	31	5,52	15359,73
NOVEMBRO	30	5,86	15779,81
DEZEMBRO	31	6,18	17196,22
MÉDIA		4,96	13538,80

Fonte: Autoria própria.

A estimativa anual é de produzir um total de 162465,60kWh. O consumo médio para o açougue no ano do estudo foi de 22317,83kWh e, com o sistema de geração de energia fotovoltaica proposto, a estimativa é de reduzir em 60% o consumo deste setor.

7.2.2 Viabilidade do Sistema Fotovoltaico Proposto

O estudo para a viabilidade considera um período de 30 anos e, com isso, torna-se necessário considerar outros fatores além do investimento inicial como: aumento tarifário, custos de manutenção, troca do inversor e a perda de eficiência do módulo fotovoltaico.

A tarifa média anual para o consumidor do tipo B3 Comercial Atacadista/Varejista da distribuidora Companhia Paulista de Força e Luz no ano do estudo é de R\$0,65061, incluso os impostos (ICMS e PIS/COFINS). Para o aumento

tarifário, foi considerado um valor conservador de 8% ao ano e a projeção para o final de 30 anos é mostrado na Tabela 16 abaixo:

Tabela 16 – Projeção da tarifa de energia elétrica para 30 anos.

PROJEÇÃO TARIFA (R\$)		15	2,063843
0	0,650609	16	2,228951
1	0,702658	17	2,407267
2	0,758871	18	2,599848
3	0,819580	19	2,807836
4	0,885147	20	3,032463
5	0,955959	21	3,275060
6	1,032435	22	3,537064
7	1,115030	23	3,820029
8	1,204233	24	4,125632
9	1,300571	25	4,455682
10	1,404617	26	4,812137
11	1,516986	27	5,197108
12	1,638345	28	5,612877
13	1,769413	29	6,061907
14	1,910966	30	6,546859

Fonte: Autoria própria.

Os custos anuais para a operação e manutenção para a geração fotovoltaica são mínimos e, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2014, p. 65) este valor é cerca de 1% do investimento inicial ao ano. A vida útil do inversor considerada foi de 10 anos (EPE, 2014, pg. 65) e, para o período de 30 anos, foram consideradas duas trocas do equipamento.

Os custos de implantação, manutenção e troca de inversores para um período de 30 anos são mostrados na Tabela 17.

Tabela 17 – Custos para implantação do sistema fotovoltaico.

CUSTO DO SISTEMA PROPOSTO	R\$360.000,00
TROCA DE INVERSOR	R\$77.458,00
MANUTENÇÃO	R\$108.000,00
CUSTO TOTAL (30 ANOS)	R\$545.458,00

Fonte: Autoria própria.

Para os cálculos de viabilidade, foi considerado uma perda de eficiência nos módulos fotovoltaicos de 0,65% ao ano. Os custos evitados devido à geração de energia solar são dispostos na Tabela 18, assim como o fluxo de caixa resultante do investimento.

Tabela 18 – Custo evitado para o sistema proposto.

ANO	PREÇO kWh	GERAÇÃO MÉDIA MENSAL (kWh)	ECONOMIA ANUAL	FLUXO DE CAIXA
0	0,650609	13538,80	-	-R\$545.458,00
1	0,702658	13450,80	R\$113.415,75	-R\$432.042,25
2	0,758871	13363,37	R\$121.692,84	-R\$310.349,41
3	0,819580	13276,51	R\$130.573,98	-R\$179.775,43
4	0,885147	13190,21	R\$140.103,27	-R\$39.672,16
5	0,955959	13104,47	R\$150.328,00	R\$110.655,84
6	1,032435	13019,29	R\$161.298,94	R\$271.954,78
7	1,115030	12934,67	R\$173.070,54	R\$445.025,32
8	1,204233	12850,59	R\$185.701,23	R\$630.726,55
9	1,300571	12767,06	R\$199.253,70	R\$829.980,25
10	1,404617	12684,08	R\$213.795,24	R\$1.043.775,49
11	1,516986	12601,63	R\$229.398,01	R\$1.273.173,50
12	1,638345	12519,72	R\$246.139,48	R\$1.519.312,98
13	1,769413	12438,34	R\$264.102,74	R\$1.783.415,72
14	1,910966	12357,49	R\$283.376,96	R\$2.066.792,68
15	2,063843	12277,17	R\$304.057,81	R\$2.370.850,49
16	2,228951	12197,37	R\$326.247,95	R\$2.697.098,43
17	2,407267	12118,08	R\$350.057,52	R\$3.047.155,95
18	2,599848	12039,32	R\$375.604,72	R\$3.422.760,67
19	2,807836	11961,06	R\$403.016,35	R\$3.825.777,03
20	3,032463	11883,31	R\$432.428,49	R\$4.258.205,51
21	3,275060	11806,07	R\$463.987,12	R\$4.722.192,63
22	3,537064	11729,33	R\$497.848,90	R\$5.220.041,53
23	3,820029	11653,09	R\$534.181,91	R\$5.754.223,44
24	4,125632	11577,35	R\$573.166,51	R\$6.327.389,94
25	4,455682	11502,10	R\$614.996,20	R\$6.942.386,14
26	4,812137	11427,33	R\$659.878,62	R\$7.602.264,76
27	5,197108	11353,05	R\$708.036,56	R\$8.310.301,32
28	5,612877	11279,26	R\$759.709,07	R\$9.070.010,39
29	6,061907	11205,94	R\$815.152,64	R\$9.885.163,02
30	6,546859	11133,11	R\$874.642,48	R\$10.759.805,50

Fonte: Autoria própria.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento do consumo de energia elétrica e sua relação com o desenvolvimento socioeconômico torna importante pensar de maneira inteligente na utilização deste recurso. Com o avanço tecnológico surgem novos aparelhos mais eficientes, como as lâmpadas LED, e sistemas que possibilitam a geração própria de energia elétrica.

A energia solar vem se tornando uma opção recorrente de geração distribuída por não dispor de muito espaço útil (telhados) e ter um custo de manutenção baixo de cerca de 1% do valor do projeto. O Brasil produzia 5GWh de energia elétrica proveniente de módulos fotovoltaicos no ano de 2013 e, em 2017, este valor chegou em 832GWh.

Com a primeira visita realizada *in loco*, foi identificado que o sistema de refrigeração foi recentemente substituído com a realocação do estabelecimento e, com isso, foram analisadas possíveis melhorias que poderiam ser feitas como, por exemplo, realizar a troca das lâmpadas presentes no galpão, instalação de um sistema fotovoltaico e instalação de portas nos balcões refrigerados.

Toda iluminação do galpão de vendas é composta de lâmpadas fluorescentes e com uma iluminância menor que a definida pela norma NBR-ISO/CIE 8995-1:2013, portanto, foi proposta a substituição por lâmpadas LED e, através de simulações com o *software* Dialux, foi proposto um novo sistema de iluminação que compensa seu investimento inicial em 5 anos. O consumo de iluminação do galpão de vendas terá uma redução de 34,5% equivalente a R\$8.166,94 anuais.

Como o supermercado possui uma medição agrupada, foi proposto um sistema de geração distribuída fotovoltaico apenas para o açougue visando a viabilidade devido ao investimento inicial e por representar cerca de 70% do consumo total. O sistema de microgeração proposto visa suprir 60% da energia do setor e, com isso, deixar utilizar 8779,03kWh mensais se tornando lucrativo após o quinto ano da instalação do sistema.

Conclui-se que, como mostrado no capítulo anterior, ambos projetos são atrativos por economizar, aproximadamente, 9825,4kWh mensais e tendo retorno após o quinto ano da instalação. O principal critério foi a viabilidade das medidas,

sendo necessário um investimento inicial de R\$387.360,18 que poderá ser, futuramente, estendido para os outros setores do estabelecimento.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se analisar aumentar a quantidade de painéis fotovoltaicos e expandir para outros medidores, realizar simulações de iluminação para outros setores como, por exemplo, escritório e armazém, analisar a mudança da categoria de atendimento e possíveis melhorias no sistema de refrigeração.

REFERÊNCIAS

ABREU FILHO, José Carlos de. **Finanças corporativas / José Carlos Franco de Abreu Filho, Cristóvão Pereira de Souza, Danilo Américo Gonçalves, Marcus Vinícius Quintella Cury.** – reimpressão – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia no Brasil e no mundo: consumo.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia no Brasil e no mundo.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap1.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução ANEEL nº 456 de 29/11/2000.** Estabelece, de forma atualizada e consolidada, as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/procedimentos-de-regulacao-tarifaria-proret>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 435/2011.** Caráter normativo e consolidam a regulamentação acerca dos processos tarifários. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/procedimentos-de-regulacao-tarifaria-proret>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifa branca.** Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifas médias por classe de consumo e região.** Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/dados/tarifas>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

ALVES, L.F.R. **Projetos de Iluminação**. Gráfica UFOP, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS. **Setor supermercadista fatura R\$355,7 bilhões em 2018**. Disponível em: <<http://www.abras.com.br/clipping.php?area=20&clipping=67505>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE SUPERMERCADOS. **Custo de energia passa a ser a 2ª maior despesa de supermercados**. Disponível em: <<https://portalapas.org.br/custo-de-energia-passa-a-ser-2a-maior-despesa-de-supermercados/>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório síntese**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relatório%20Síntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

BARGHINI, A. **Le origini del motore a vapore**. Le Scienze, v,36, aug. 1971.

CANADIAN SOLAR. **Módulos fotovoltaicos**. Disponível em: <<https://www.canadiansolar.com>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. Energia e sociedade. **Estudos avançados**, v. 28, n. 82, p. 25-39, 2014.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIAS SOLAR E EÓLICA. **Potência energético solar**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **Programa de eficiência energética**. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/sobre-o-programa/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 18 mai. 2019.

CREDER, Helio. Instalações Elétricas. 15 Edição. **Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora SA**, 2007.

DE AVALIAÇÃO, Critérios. Payback Simples e Payback Descontado (Período de Retorno do Investimento)–MP2. **Sistematização dos Métodos de Avaliação Econômica**, p. 6.

DE ENERGIA, Companhia Paranaense. **Manual de eficiência energética na indústria**. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz energética e elétrica**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica EPE: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras**. Revista Liberato, v. 12, n. 17, p. 01-106, 2011.

GROWATT. **Inversores on grid**. Disponível em: < <https://www.ginverter.pt>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

HÉMERY, Daniel; BEBIER, Jean Claude; DELÉAGE, Jean-Paul. **Uma História da Energia**. Brasília: Editora Universidade de Brasília. 1993.

INATOMI, Thais. A.H, UDAETA, Miguel. E. M.; **Análise dos Impactos Ambientais na Produção de Energia Dentro do Planejamento Integrado de Recursos**. São Paulo: USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – 2000.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Total primary energy supply: Brazil**. Disponível em: <<https://www.iea.org/statistics/>>. Acesso em: 1 set. 2020.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **O sistema interligado nacional**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>>. Acesso em: 1 set. 2020.

PUCCINI, Abelardo de Lima. Matemática financeira objetiva e aplicada. 6ª edição. **São Paulo, SP: Saraiva**, v. 1, 2011.

SANTOS, Afonso. H.M. et al; **.Eficiência Energética: Teoria & Prática**. PROCEL EDUCAÇÃO. 2007, 244 p.

SOBREIRA, Sandro Geraldo Alves et al. **Eficiência energética aplicada a iluminação**. 2017.

SOUSA, Fabio Rodrigues Silva de. **Viabilidade técnica e econômica na utilização de um sistema fotovoltaico para alimentação de luminárias LED na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá SP**. 2013.

TERCIOTE, Ricardo. **Eficiência energética de um sistema eólico isolado**. UNICAMP, Campinas: 2002. Disponível em: <<https://www.feagri.unicamp.br/energia/agrener2002/jdownloads/pdf/0100.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2020.

ECOMAIS. **Sistemas on-grid**. 2020. Disponível em <<http://www.ecomais.ind.br/energia-solar>>. Acesso em: 20 ago. 2020.