

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA  
ENGENHARIA ELÉTRICA**

**FELIPE EIDI ITO HIBARINO**

**ANÁLISE DE PROCESSOS E OPERAÇÕES PARA OTIMIZAÇÃO E  
REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM  
SUPERMERCADOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA**

**2018**

**FELIPE EIDI ITO HIBARINO**

**ANÁLISE DE PROCESSOS E OPERAÇÕES PARA OTIMIZAÇÃO E  
REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM  
SUPERMERCADOS**

Trabalho de conclusão do curso de Graduação em Engenharia Elétrica apresentado à disciplina de Trabalho de conclusão de curso 2, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Cesar Betini

Co-orientador: Prof. Me. Luiz Amilton Peplow

**CURITIBA**

**2018**

Felipe Eidi Ito Hibarino

## Análise de processos e operações para otimização e redução do consumo de energia elétrica em supermercados

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 06 de agosto de 2018.

---

Prof. Antonio Carlos Pinho, Dr.  
Coordenador de Curso  
Engenharia Elétrica

---

Profa. Annemarle Gehrke Castagna, Mestre  
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso  
de Engenharia Elétrica do DAELT

### ORIENTAÇÃO

---

Roberto Cesar Betini, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Orientador

---

Luiz Amilton Peplow, Me  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Co-Orientador

### BANCA EXAMINADORA

---

Jorge Assade Leludak, Dr  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Vilmair Ermenio Wirmond, Me  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## RESUMO

HIBARINO, Felipe Eidi Ito. **Análise de processos e operações para otimização e redução do consumo de energia elétrica em supermercados**. 2018. 102f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Os supermercados se tornaram estabelecimentos comerciais de grande relevância no cotidiano, sendo um dos principais meios de comercialização de alimentos e outros produtos. O porte das construções é cada vez maior, assim como o número de lojas e dos processos, e conseqüentemente o consumo de energia elétrica. O objetivo deste trabalho é analisar os principais processos produtivos que vem acontecendo dentro dos supermercados e estudar oportunidades para implementação de medidas de eficiência energética, resultando não apenas na redução do consumo de energia elétrica, como também na eficiência das operações e índices de produção. No desenvolvimento deste trabalho é realizado uma revisão bibliográfica sobre os conceitos e trabalhos atribuídos à eficiência energética, tanto em indústrias como em supermercados, contemplando análises tarifárias, matriz energética e desempenho econômico dos supermercados, normas e sistemas de gestão energética, fontes de geração alternativa e métodos de otimização em processos e equipamentos no consumo de energia elétrica. A partir dos conhecimentos adquiridos por meio da revisão bibliográfica, foi possível analisar um supermercado localizado na cidade de Curitiba, onde foram levantados os dados para elaboração de um diagnóstico energético.

**Palavras-chave:** Eficiência energética. Diagnóstico energético. Supermercados.

## ABSTRACT

HIBARINO, Felipe Eidi Ito. **Analysis of processes and operations to optimize and reduce consumption of electricity in supermarkets**. 2018. 102f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Supermarkets became commercial establishments of great relevance in daily life, being one of the main means of commercializing food and other products. The size of buildings is increasing, as are the number of stores and processes, and consequently the consumption of electricity. The objective of this work is to analyze the main productive processes that have been taking place inside the supermarkets and to analyze opportunities for the implementation of energy efficiency measures, resulting not only in the reduction of electric energy consumption, but also in the efficiency of operations and production index. In the development of this work, a literature review is carried out on the concepts and works attributed to energy efficiency, both in industries and supermarkets, including tariff analysis, energy matrix and economic performance of supermarkets, energy management standards and systems, alternative generation sources and methods of optimization in processes and equipment in the consumption of electric energy. Based on the knowledge acquired through the literature review, it was possible to analyze a supermarket located in the city of Curitiba, where data were collected for the elaboration of an energy diagnosis.

**Keywords:** Energy efficiency. Energy diagnosis. Supermarkets.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por todas as oportunidades, sabedoria, coragem e determinação e pelas pessoas que Ele colocou no meu caminho e me auxiliaram nesta jornada.

Pela minha querida e amada esposa Priscila, por toda a compreensão e carinho, que me apoiou nas horas mais difíceis e nunca me deixou desistir.

Ao meu querido avô Masahide Ito (in memoriam) que sempre me apoiou e incentivou meus estudos.

Aos meus pais, Sandra e Christian, por terem acreditado em mim.

Aos meus orientadores Prof. Roberto Cesar Betini e Prof. Luiz Amilton Peplow pelo acompanhamento, orientação e amizade, além de todos os ensinamentos durante o trabalho de conclusão de curso.

Aos amigos que adquiri na universidade, por me ajudar nos estudos durante todo o período da graduação.

Aos meus sogros, Salmo e Mariluci, por todo o apoio e carinho

À toda a minha família.

E por fim, às minhas filhas, Luiza e Laura, que no fim deste trabalho foram as grandes motivadoras.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Faturamento nominal do setor supermercadista. ....	20
Figura 2 – Comparação entre o número de desempregados e o faturamento dos supermercados. ....	21
Figura 3 – Percentual das causas de perdas nos supermercados. ....	22
Figura 4 - Custo Operacional dos Supermercados. ....	23
Figura 5 - Modelo de Sistema de Gestão da Energia para esta Norma. ....	25
Figura 6 - Diagrama conceitual do processo de planejamento energético. ....	26
Figura 7 - Percentuais de consumo por tipo de utilização da energia elétrica. ....	32
Figura 8 - Gráfico comparativo entre a tarifa verde e a tarifa azul. ....	34
Figura 9 - Demanda ativa máxima e média no decorrer de um dia em um supermercado. ....	35
Figura 10 - Demanda média de carga elétrica do hospital. ....	38
Figura 11- Análise econômica da implantação do grupo motor gerador em um hospital. ....	39
Figura 12 - O efeito fotovoltaico na junção <i>p-n</i> . ....	40
Figura 13 - Exemplo de células fotovoltaicas. Da esquerda para a direita: silício monocristalino, silício policristalino e silício amorfo. ....	41
Figura 14 - Curva de demanda de um edifício do CEFET-MG ....	42
Figura 15 - Comparativo entre a curva de demanda e a capacidade de geração fotovoltaica do edifício. ....	43
Figura 16 - Exemplo de deslocamento de carga. ....	46
Figura 17 - Fluxograma simplificado sobre o funcionamento geral do supermercado. ....	48
Figura 18 - Gráfico do consumo de energia elétrica na Ponta. ....	50
Figura 19 - Gráfico do consumo de energia elétrica Fora de Ponta. ....	51
Figura 20 - Planilha para comparação das modalidades tarifárias. ....	52
Figura 21 - Gráfico comparativo do custo de cada modalidade tarifária. ....	53
Figura 22 - Luminária com lente difusora suja. ....	55
Figura 23 - Tipos de lâmpadas utilizadas no supermercado. ....	55
Figura 24 - Luxímetro ICEL LD-540. ....	58
Figura 25 - Iluminação da área de vendas. ....	59
Figura 26 - Tabela para determinação do Fator de Utilização (U). ....	62
Figura 27 - Planta baixa com o layout do supermercado e marcação dos setores analisados. ....	65
Figura 28 - Luminária de LED Philips BN300P e sua curva fotométrica. ....	66
Figura 29 - Tela do software DIALux EVO, versão 5.8.0 ....	67
Figura 30 - Malhas de medição e resultados da simulação em cores falsas. ....	68
Figura 31 - Método utilizado para análise do sistema de refrigeração. ....	71
Figura 32 - Compressores em paralelo e sistema de condensação a ar. ....	72
Figura 33 - Sistema de bombeamento do líquido refrigerante pós a troca de calor ..	72

Figura 34 - Esquema simplificado de funcionamento do Sistema A. ....	73
Figura 35 - Sistema de refrigeração cascata, CO <sub>2</sub> e R134a. ....	74
Figura 36 - Esquema de funcionamento do Sistema B. ....	74
Figura 37 - Analisador de energia RE4000 da Embrasul e o esquema de ligação. ..	75
Figura 38 - Gráfico da Potência consumida pelo Sistema de Refrigeração A. ....	76
Figura 39 - Relatório do Sistema de Refrigeração A. ....	76
Figura 40 - Gráfico da potência consumida pelo Sistema de Refrigeração B. ....	77
Figura 41 - Relatório do Sistema de Refrigeração B. ....	77
Figura 42 - Balcões expositores fechados. ....	80
Figura 43 - Termostato em uma das câmaras frias. ....	81
Figura 44 – Metodologia adotada para a análise dos processos. ....	82
Figura 45 - Gráfico do consumo de energia elétrica do circuito principal da padaria. .....	84
Figura 46 - Gráfico do consumo de energia elétrica de um dos fornos da padaria. ..	85
Figura 47 - Gráfico do consumo diário por horário. ....	85
Figura 48 - Relatório do circuito principal da padaria. ....	86
Figura 49 - Relatório do circuito de um dos fornos da padaria. ....	86
Figura 50 - Descrição do processo de produção na padaria. ....	88
Figura 51 - Foto e representação esquemática do forno rotativo. ....	90
Figura 52 - Porta da câmara fria aberta. ....	91
Figura 53 - Variação da radiação solar diária. ....	93
Figura 54 - Localização geográfica do supermercado analisado. ....	93
Figura 55 - Dados de irradiação média diária mensal e anual. ....	94
Figura 56 - Curva de demanda do supermercado analisado. ....	95
Figura 57 - Gráfico do consumo específico de energia elétrica do supermercado analisado. ....	97



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das lojas do ramo supermercadista. ....	19
Tabela 2 - Histórico de 12 meses do consumo de energia elétrica (kWh) do supermercado. ....	49
Tabela 3 - Valores totais por modalidade tarifária. ....	52
Tabela 4 - Quantitativo de lâmpadas por área.....	56
Tabela 5 - Consumo de energia elétrica do sistema de iluminação.....	57
Tabela 6 - Resultado das medições de iluminância média.....	60
Tabela 7 - Estudo quantitativo de lâmpadas e luminárias para as áreas de preparo. ....	64
Tabela 8 - Resultado da simulação em comparação com o sistema existente. ....	69
Tabela 9 - Comparação das quantidades atuais e projetadas para o sistema de iluminação.....	70
Tabela 10 - Cálculo da economia no consumo de energia elétrica do sistema de refrigeração.....	81
Tabela 11 - Análise do potencial de geração fotovoltaico.....	96

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Subdivisão dos grupos consumidores A e B. ....	33
Quadro 2 - Modalidades tarifárias com suas respectivas aplicações e formas de tarifação. ....	34
Quadro 3 - Cronograma de visitas realizadas no supermercado.....	47
Quadro 4 - Especificação das lâmpadas utilizadas no supermercado.....	56
Quadro 5 - Níveis de iluminância sugeridos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, sendo $E_m$ a iluminância média em lux e $R_a$ o índice de reprodução de cor. ....	61
Quadro 6 - Comparação dos níveis de iluminância pela norma. ....	61
Quadro 7 - Determinação dos Fatores de Utilização e Perda Luminosa. ....	63
Quadro 8 - Comparação das características dos equipamentos de iluminação.....	64
Quadro 9 - Comparação das características da luminária LED e lâmpada convencional. ....	67
Quadro 10 - Estimativa de economia no sistema de iluminação. ....	69
Quadro 11 - Potência total instalada de equipamentos por área de preparo. ....	83
Quadro 12 - Estimativa da redução do consumo e custo de energia elétrica. ....	99

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAS	Associação Brasileira de Supermercados
AERG	Advanced Energy Retrofit Guide
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
FV	Fotovoltaico
IDE	Índice de Desenvolvimento Energético
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode
GMG	Grupo Motor Gerador
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	TEMA.....	12
1.1.1	<i>Delimitação do Tema.....</i>	<i>12</i>
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS .....	14
1.3	OBJETIVOS .....	15
1.3.1	<i>Objetivo Geral .....</i>	<i>15</i>
1.3.2	<i>Objetivos Específicos .....</i>	<i>15</i>
1.4	JUSTIFICATIVA .....	16
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	17
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
2.1	SUPERMERCADOS .....	19
2.1.1	<i>Desempenho Econômico Dos Supermercados .....</i>	<i>20</i>
2.1.2	<i>Perdas e Custos Operacionais em Supermercados .....</i>	<i>22</i>
2.2	GESTÃO ENERGÉTICA.....	24
2.2.1	<i>ISO 50001 Sistema de Gestão da Energia - SGE .....</i>	<i>24</i>
2.3	DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....	28
2.3.1	<i>Otimização de Processos como Medida de Eficiência Energética .....</i>	<i>30</i>
2.3.2	<i>Matriz Energética em Supermercados.....</i>	<i>31</i>
2.3.3	<i>Enquadramento Tarifário.....</i>	<i>33</i>
2.4	FONTES DE ENERGIA ALTERNATIVAS .....	36
2.4.1	<i>Grupos Motor-Gerador .....</i>	<i>36</i>
2.4.2	<i>Geração Fotovoltaica .....</i>	<i>40</i>
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>44</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	46
3.1.1	<i>Fluxograma simplificado dos processos .....</i>	<i>47</i>
3.2	IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA.....	48
3.2.1	<i>Análise do histórico do consumo de energia elétrica .....</i>	<i>49</i>
3.3	ANÁLISE DO USO ESPECÍFICO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	53
3.3.1	<i>Análise do sistema de iluminação.....</i>	<i>54</i>
3.3.2	<i>Análise do sistema de refrigeração.....</i>	<i>71</i>

3.4 ANÁLISE DOS PROCESSOS PRODUTIVOS NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	82
3.4.1 <i>Levantamento da carga instalada por setor</i> .....	82
3.4.2 <i>Medição do consumo de energia elétrica</i> .....	84
3.4.3 <i>Análise dos processos</i> .....	87
3.4.4 <i>Indicador de desempenho energético</i> .....	89
3.4.5 <i>Medidas de eficiência energética nos processos</i> .....	89
3.5 VIABILIDADE DO USO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA.....	92
3.5.1 <i>Análise solar</i> .....	92
3.5.2 <i>Curva de Demanda</i> .....	94
3.5.3 <i>Potencial de geração fotovoltaica para o supermercado</i> .....	95
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>97</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>100</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>101</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 TEMA

Análise de processos e operações para otimização e redução do consumo de energia elétrica em supermercados.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

Eficiência Energética é o conjunto de ações que visam obter os melhores resultados na utilização da energia. Estes resultados podem ser observados, por exemplo, na redução do consumo ao utilizar equipamentos ligados ao sistema elétrico, tais como motores, iluminação, sistemas de refrigeração, entre outros (ARAGÓN, PAMPLONA e MEDINA, 2013)

Desde a sua descoberta e principalmente após as grandes invenções, como a lâmpada criada por Thomas Edison em 1879, a energia elétrica é cada vez mais essencial ao cotidiano. Os grandes equipamentos industriais, portáteis ou domésticos e todo o avanço tecnológico observado no século XX dificilmente seriam obtidos sem a presença da eletricidade. Segundo Proença (2007, p.9) em virtude destes grandes avanços a humanidade se depara com outro paradigma no século XXI: suprir a grande demanda e produzir energia suficiente de maneira sustentável e eficaz.

Camoto, Rebelatto e Rocha (2016, p.193) ressaltam que para suprir a necessidade de energia, as fontes fósseis são utilizadas mundialmente e em larga escala. Em muitos casos estas fontes de energia não são renováveis e estão sujeitas à escassez, além de contribuírem para o aumento da poluição. Por isso o atendimento à demanda está relacionado, em muitos casos, à geração de mais poluentes e conseqüentemente aos grandes danos ambientais (BETINI, 2012). Devido à sua representatividade mundial, países como o Brasil podem encontrar na eficiência energética uma forma de conciliar o desenvolvimento tecnológico com o sustentável, obtendo assim uma redução de custos em seus meios produtivos.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), em livro publicado juntamente com outras entidades e autores (MARQUES, HADDAD e GUARDIA, 2007 p.1), a energia assumiu mais o papel de custo gerenciável. Isso devido ao mercado competitivo e pelas incertezas de sua disponibilidade. Desta forma a eficiência energética tornou-se um assunto de aplicações técnicas, envolvendo principalmente a engenharia. Para tanto segue alguns preceitos de análise, como levantamento de dados e caracterização do consumo. No sistema elétrico, por exemplo, faz se o levantamento de cargas (motores, sistemas de iluminação) e também uma análise na qualidade do suprimento e distribuição dentro do estabelecimento.

Neste contexto é evidente a necessidade de aprimorar a geração e a maneira como a energia elétrica é consumida, mas apenas estes fatores não são suficientes para delimitar a eficiência energética. Segundo Navajas (2016, p.192) o comportamento está diretamente relacionado ao consumo de energia e à eficiência dos equipamentos, porém a maioria dos ocupantes, gerentes ou operários de um edifício ou construção não estão preparados, ou não possuem informações suficientes, para gerir suas atividades de forma a reduzir o consumo de energia.

Dentro do âmbito industrial, a energia elétrica desempenha um papel primordial e quase insubstituível, pois está envolvida nos principais processos produtivos. Qualquer sistema com desperdícios e uso ineficiente da energia pode comprometer a competitividade da empresa dentro do mercado, devido à relação deste insumo com os custos do produto final. Desta forma, a gestão energética insere-se como um método de promoção da eficiência e aquisição de energia elétrica, envolvendo mudanças de hábitos e estratégias para tomadas de decisão na contratação do fornecimento de energia elétrica (BATISTA e FLAUZINO, 2012).

Os supermercados podem ser considerados como uma pequena indústria no meio das grandes cidades, envolvendo diversos processos produtivos e um grande número de equipamentos com operação contínua. Os conceitos de eficiência energética e gestão energética são aplicáveis nos supermercados, pois apresentam oportunidades promissoras para elaboração destas análises, obtendo-se resultados significativos em termos de redução de custos e aumento da eficiência, por meio de baixos investimentos com a otimização dos processos produtivos.

A importância em implementar a gestão energética nos supermercados está na sua relevância no cenário econômico e na evolução deste segmento no Brasil. Segundo a ABRAS (2016), Associação Brasileira de Supermercados, em uma

pesquisa realizada nas 500 maiores empresas do setor supermercadista, no ano de 2015 o faturamento total do setor fechou em R\$256,8 bilhões, um crescimento de 10% com relação à 2014. Já em 2016, diante das situações políticas e econômicas conturbadas no país, o setor ainda conseguiu fechar o ano com um crescimento real de 1,58% (FILHO, 2016 p. 44) mantendo-se estável em 2017 (1,27%), mas com 4,7% a mais na receita (AS 500 MAIORES, 2018).

A ABRAS ressalta ainda que apesar das dificuldades encontradas em 2016 as perspectivas para 2017 seriam de investimentos contínuos por parte das empresas do ramo. Em pesquisa realizada pela Associação, 44,9% estavam dispostos a reduzir a margem de lucro para oferecer preços mais baixos aos clientes e 35,5% em investir na abertura e ampliação de lojas (ABRAS,2017). Assim, no final de 2017 foi perceptível um aumento de 4,7% no número de lojas, passando de 7.829 para 8.200, dentre as 500 empresas participantes do Ranking ABRAS, além do crescimento das áreas de vendas em 7,6%, de 10,5 milhões de m<sup>2</sup> para 11,2 milhões de m<sup>2</sup> (AS 500 MAIORES, 2018).

Diante da perspectiva da abertura de novos empreendimentos ou de reforma e ampliações em construções já existentes, há uma perspectiva de crescimento da inserção de novas tecnologias e de sistemas de gestão energética que possibilitarão a redução de custos e auxiliarão o desenvolvimento dos supermercados.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Considerando o cenário econômico e de alta competitividade no ramo supermercadista, observa-se que muitas empresas estão buscando reduzir os custos operacionais para diminuir os preços e aumentar seu volume de vendas, uma vez que as margens de lucro são reduzidas neste tipo de comércio. Um fator impactante no custo operacional dos supermercados tem sido a energia elétrica, isso desde as alterações tarifárias promovidas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) em 2015, só no Paraná este aumento foi de 51% (BAUER et al., 2016; SMART ENERGY, 2016).

Existem inúmeras possibilidades de melhorar o desempenho energético dos supermercados, uma delas é a alteração de equipamentos que geram mais impactos

no consumo de energia elétrica, tais como refrigeração, climatização e iluminação. Porém não basta apenas alterar a tecnologia aplicada, mas também identificar como as operações, processos e rotinas organizacionais podem impactar no consumo de energia elétrica. Faz-se necessário um trabalho em campo que permita compreender o impacto das ações individuais e coletivas no consumo de energia elétrica, identificando como, quando e onde isso ocorre.

O problema principal deste trabalho é a maneira como a energia elétrica é consumida nos supermercados, visto que poucos empresários do ramo possuem conhecimento sobre a destinação deste insumo dentro de seu empreendimento.

Pretende-se com o desenvolvimento deste estudo identificar e reduzir o consumo de energia elétrica dos principais equipamentos e setores dos supermercados, propondo meios de otimização de processos e outras ações para melhorar a eficiência na produção.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Analisar processos e operações, para identificação de oportunidades de redução do consumo de energia elétrica.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Desenvolver diagnóstico energético nas operações, processos e equipamentos para determinação do perfil de consumo do supermercado;
- b) Identificar oportunidades de eficiência energética em processos e operações de supermercados para propor ações de redução do consumo de energia elétrica;



- c) Analisar a viabilidade da utilização de geração fotovoltaica para suprir a demanda e consumo de energia elétrica;

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

O Brasil possui a geração hidroelétrica como sua principal matriz energética, mas diante das crises hídricas que o país vem sofrendo a utilização das termelétricas aumentou, conseqüentemente o custo da energia cresceu e atingiu todos os consumidores. As residências, os comércios e as indústrias vêm inserindo em suas construções métodos de geração própria e principalmente tecnologias para diminuir o consumo sem afetar o conforto e a funcionalidade proveniente de seus equipamentos, ou seja, estão buscando cada vez mais a eficiência energética para diminuir suas despesas com energia.

O ramo supermercadista apresentou índices de crescimento mesmo com as crises socioeconômicas sofridas pelo país. Por operar em um segmento essencial para a vida da população (o comércio de alimentos e bens de consumo) fica claro o motivo de sua evolução e das tendências de investimentos no setor. Ao envolver diversas atividades durante seu funcionamento, em um grande tempo de operação, um supermercado abre oportunidades de inserção de novas tecnologias e sistemas de gestão energética possibilitando novos estudos, principalmente aqueles relacionados à redução de custos no consumo de energia elétrica.

Neste contexto é preciso identificar não somente os processos, mas as suas sequências e operações auxiliares, bem como o produto final entregue ao consumidor, para assim propor medidas de otimização do consumo de energia elétrica. Além disso, toda a proposta de melhoria e racionalização só terá efeito com o comprometimento de todos os funcionários e da alta gestão.

## 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A primeira etapa deste trabalho consiste na revisão bibliográfica e fundamentação teórica sobre o funcionamento dos supermercados e as práticas para a gestão de energia aplicáveis a este estabelecimento, além da pesquisa sobre os pontos a serem analisados no diagnóstico energético, principalmente para o trabalho em campo.

Na segunda fase será escolhido um supermercado na cidade de Curitiba, como objeto de estudo para assim realizar o diagnóstico energético e promover medidas de eficiência energética, sendo necessário contatar a administração do estabelecimento para obter a permissão de realizar as devidas observações e levantamento de dados em diversos períodos do dia. O porte do supermercado deve estar dentro das definições da Associação Brasileira de Supermercados, no mínimo para supermercados convencionais (2.500m<sup>2</sup>), pois estes possuem maior variedade de equipamentos e processos produtivos que consomem energia elétrica.

A terceira fase consiste na análise das informações adquiridas no trabalho em campo, identificando os principais meios de consumo de energia elétrica, propondo ações de redução de custo ou consumo por meio de processos ou mudanças de equipamentos.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por quatro capítulos, sua estrutura é dividida na revisão bibliográfica, trabalho em campo, análise de resultados e conclusão.

No capítulo 1, Introdução, o objetivo deste trabalho é discutido, pontuando os problemas e as premissas para o desenvolvimento do estudo, além das justificativas para realizar uma pesquisa sobre o tema e sobre os métodos para obtenção dos resultados esperados.

O capítulo 2 é a revisão bibliográfica e consiste na apresentação de aspectos específicos sobre os supermercados no Brasil, Sistemas de Gestão de Energia conforme a ISO 50001, e fatores importantes na elaboração do Diagnóstico Energético.

O capítulo 3 consiste dos resultados das observações realizadas no supermercado, bem como da metodologia adotada e dos dados obtidos sobre o consumo de energia e das informações relacionadas aos processos que envolvem seu funcionamento, além de apresentar propostas para melhorar a eficiência energética do estabelecimento.

No capítulo 4 são discutidos os resultados da análise e informações adquiridas no trabalho em campo.

No capítulo 5, Conclusão, são realizadas as considerações finais sobre o desenvolvimento do trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SUPERMERCADOS

Os supermercados comercializam alimentos e outros bens de consumo essenciais ao cotidiano das pessoas destacando-se pelo autosserviço, sistema em que os clientes têm acesso à maioria das mercadorias de forma autônoma, sem a necessidade da ajuda de algum vendedor. Além disso, muitos estabelecimentos passaram a ofertar outras variedades de produtos, tais como eletrodomésticos e vestuários.

Segundo a Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS) este ramo do varejo pode ser classificado de acordo com o seu tamanho, quantidade e variedade de produtos ofertados. Os Supermercados podem ser considerados compactos ou convencionais, onde o modelo compacto possui uma área de vendas de 300 a 700m<sup>2</sup> com uma média de 4.000 itens. Já o modelo convencional é composto em média de 9.000 itens em uma área de vendas de 700 a 2.500m<sup>2</sup>. Na Tabela 1 estão as classificações utilizadas pela ABRAS (ABRAS, 2017).

**Tabela 1 - Classificação das lojas do ramo supermercadista.**

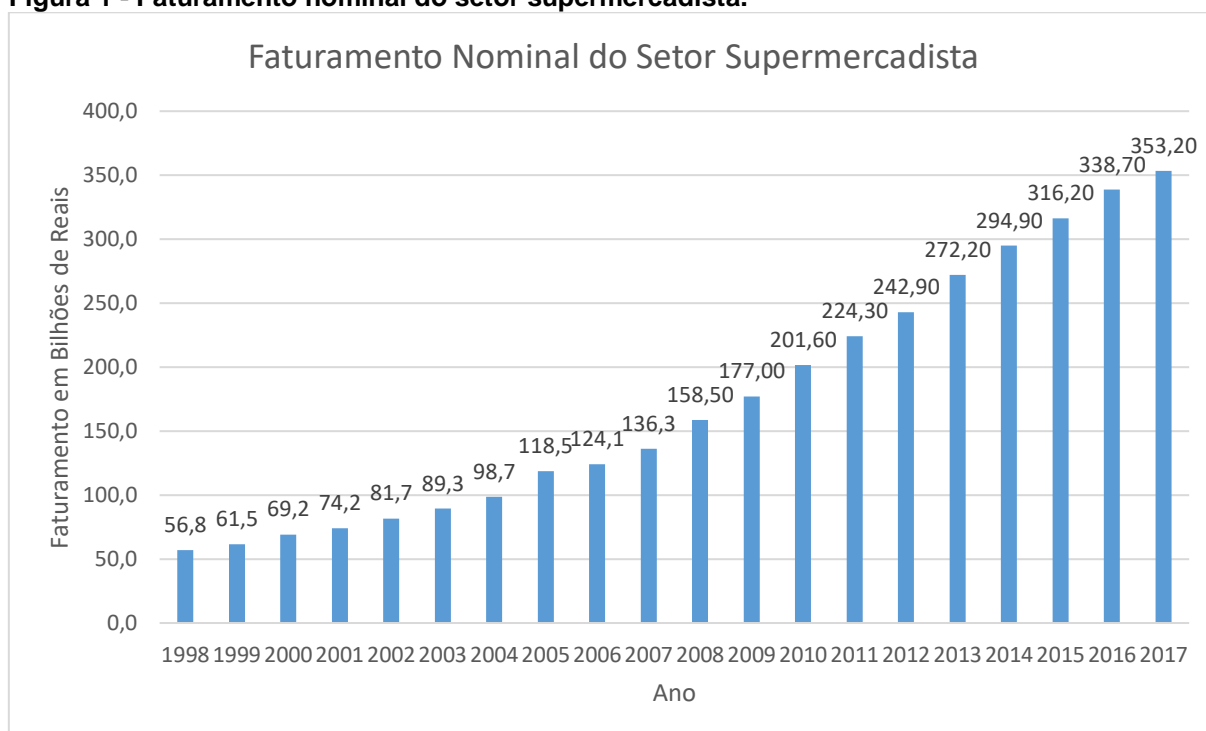
Tipo de Loja	Área (m <sup>2</sup> )		Itens (média)	Não Alimentos (%)	Nº Caixas	
	Mín.	Máx			Mín.	Máx
Conveniência	50	250	1.000	3	1	2
Sortimento limitado	200	400	700	3	2	4
Supermercado compacto	300	700	4.000	3	2	6
Supermercado convencional	700	2.500	9.000	6	7	20
Superloja	3.000	5.000	14.000	12	25	36
Hipermercado	7.000	16	45.000	30	55	90
Loja de Depósito	4.000	7.000	7.000	8	30	50
Clube atacadista	5.000	12.000	5.000	35	25	35

**Fonte: Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS, 2017).**

### 2.1.1 Desempenho Econômico Dos Supermercados

Apesar da crise política e econômica a qual o país enfrenta, o ramo supermercadista conseguiu superar 2015 apresentando um crescimento nominal de aproximadamente 1,5%. Um faturamento de 338,7 bilhões de reais em 2016 contra 316,2 bilhões em 2015, além disso o número de lojas aumentou de 88.564 para 89.009 (DEPEC, 2017). Em 2017 o faturamento nominal também aumentou, 353,2 bilhões de reais e com 89.300 lojas (ABRAS, 2018). O histórico do faturamento anual no ramo supermercadista pode ser visto na Figura 1.

**Figura 1 - Faturamento nominal do setor supermercadista.**



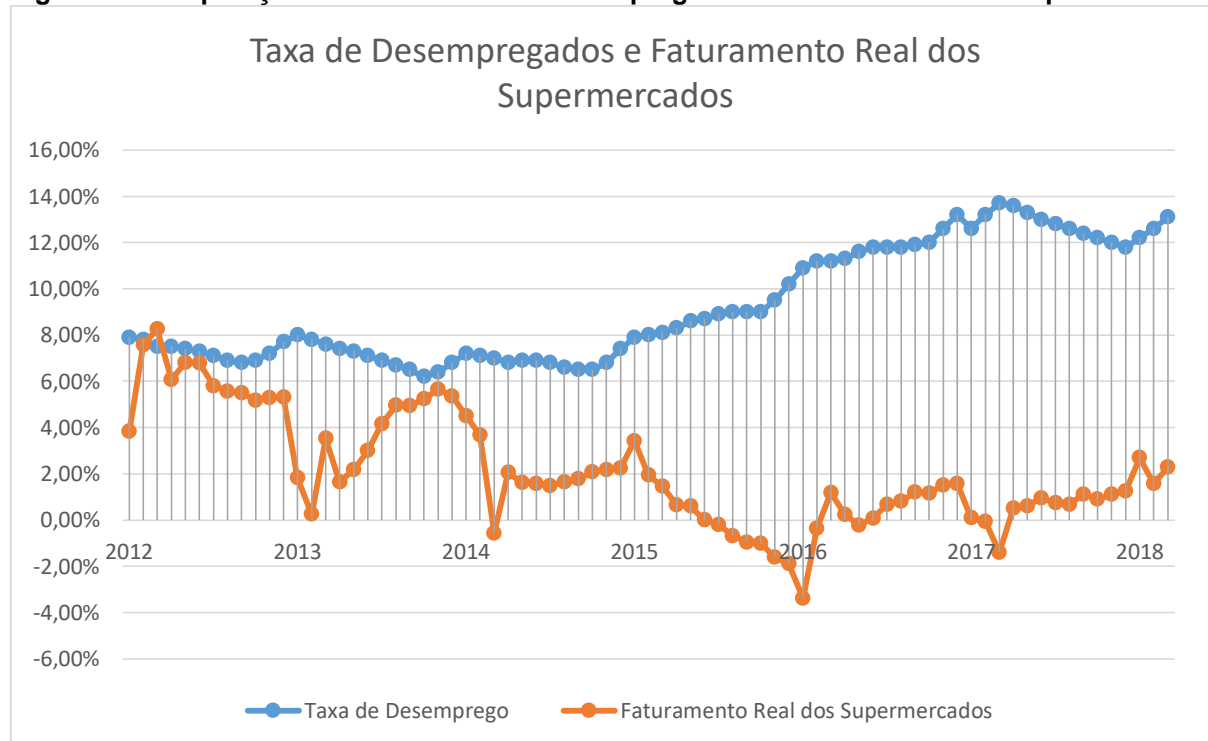
**Fonte: Departamento de Pesquisa e Estudos Econômicos (DEPEC, 2017) e ABRAS (2018).**

Mesmo com o panorama de crescimento o desempenho real foi de queda, considerando a inflação acumulada no período (IPCA médio de 8,8%), o autosserviço fechou em queda de 1,5% em 2016 (RANKING ABRAS, 2016). Isso se deve ao fato de que o setor depende diretamente da renda da população e dos níveis de empregos no país que apresentaram declínio nos períodos analisados.

De acordo com o IBGE que realiza a Pesquisa Nacional por Amostra a Domicílio (PNAD) trimestralmente, o número de desempregados no final de 2015 era de 9,2 milhões, uma taxa de 9,0% que aumentou no ano seguinte para 12,0%,

representando 12,342 milhões de pessoas desempregadas. Em 2017 este percentual foi para 11,8% e aumentou, fechando o primeiro trimestre de 2018 com 13,1% de pessoas desempregadas, algo em torno de 13,7 milhões de pessoas. A evolução no percentual de desempregados em comparação com o faturamento real dos supermercados pode ser vista na Figura 2, evidenciando a relação inversa.

**Figura 2 – Comparação entre o número de desempregados e o faturamento dos supermercados.**



**Fonte: Baseado nos dados da PNAD (IBGE) e da ABRAS.**

Apesar das taxas de desemprego o IBGE registrou um aumento de 1,207 milhão no número de pessoas empregadas em 2017, registrando a primeira variação anual positiva desde o final de 2015. Mesmo não sendo uma solução ideal, os resultados no desempenho dos supermercados até agosto de 2017 foram positivos. Em comparação com o mesmo período no ano anterior houve um aumento 2,74% nas vendas reais e um acumulado no ano de 0,67% (RITMO..., 2017, p.1).

Nota-se, portanto, que o desenvolvimento econômico do país afeta diretamente o desempenho dos supermercados. Como observado na Figura 2, quanto maior o desemprego menor são os faturamentos reais dos supermercados, ressaltando-se que os dados ditos reais são aqueles corrigidos pela inflação anual.

A elevada concorrência, visto a grande quantidade de empresas no ramo, e a baixa margem de lucro para tornar-se mais competitivo fez com que muitos

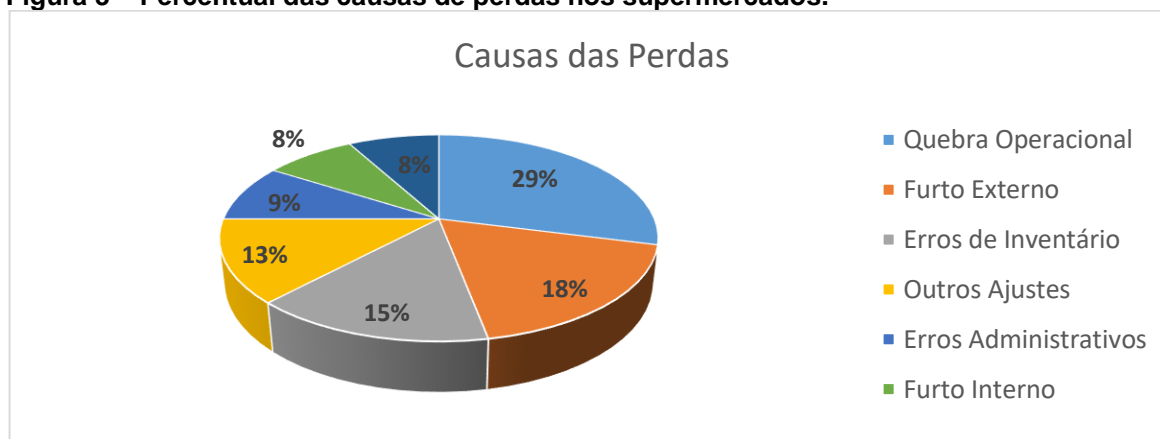
estabelecimentos passassem a controlar mais rigorosamente as suas despesas, buscando trabalhar de maneira cada vez mais eficiente com a racionalização e o controle de perdas em diversos processos.

### 2.1.2 Perdas e Custos Operacionais em Supermercados

A retração na economia ocasionada pela crise política, pelo aumento do desemprego e também pela redução no consumo obrigaram as empresas do ramo supermercadista a adotarem estratégias para diminuir os custos e as perdas tornando-se assim mais competitivas diante da elevada concorrência.

De acordo com a Pesquisa de Avaliação de Perdas no Varejo, realizada pela ABRAS com 389 empresas e 4.242 lojas, o percentual de perdas registradas em 2016 no setor representa 2,10% do faturamento total bruto, ou equivalente a R\$7,11 bilhões (ABRAS, 2017). A Figura 3 ilustra as principais causas de perdas, com destaque para as quebras operacionais (29% do total).

**Figura 3 – Percentual das causas de perdas nos supermercados.**



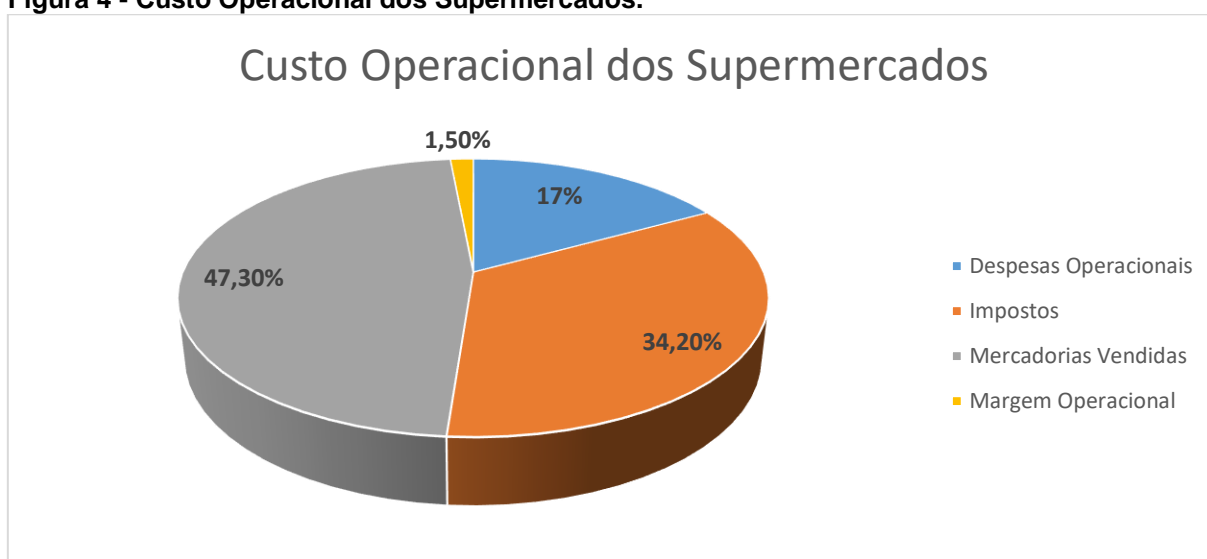
**Fonte: Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS, 2017)**

Outro fator relevante é de que os produtos com maiores índices de perdas são os itens de FLV (frutas, legumes e verduras) cerca de 6,09%, seguido por padaria e confeitaria (4,70%), rotisseria (3,99%), peixaria (3,26%) e carnes (3,07%). Todos estes produtos são perecíveis e apresentam necessidades diferenciadas de conservação (ABRAS, 2017).

Apesar dos números negativos, um destaque positivo para esta avaliação é de que 59,7% das empresas já possuem um setor dedicado a prevenção de perdas, mostrando que os supermercados estão cada vez mais comprometidos a combater este fator (ABRAS, 2017).

Com relação aos custos operacionais de um supermercado a ABRAS concluiu que este é composto por quatro grupos principais, dentre eles: as despesas operacionais, impostos, mercadorias vendidas e margem operacional (DEPEC 2017). A parcela de participação de cada item é ilustrada na Figura 4.

**Figura 4 - Custo Operacional dos Supermercados.**



**Fonte: Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos (DEPEC, 2017).**

As despesas operacionais referem-se a toda despesa administrativa e estrutural que o estabelecimento exige para o seu funcionamento. Os impostos são regulamentados pelo Estado e definidas principalmente pelas esferas estaduais e municipais. Os custos sobre as mercadorias vendidas variam conforme os fornecedores; e a margem operacional está relacionado às operações aplicadas na venda de cada produto.

Um destaque nas despesas operacionais, que representam 17% do custo total, é a despesa com o consumo de energia elétrica que se tornou a segunda maior preocupação dos supermercados a partir de 2015 (BRUNO, 2015), ficando atrás apenas da folha de pagamento. Isso ocorreu em virtude dos reajustes tarifários e da inclusão das bandeiras tarifárias realizada pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) fazendo com que muitas empresas buscassem a eficiência energética para



reduzir essas despesas operacionais. Como exemplo, no Paraná o reajuste representou um aumento de 51% no preço da energia elétrica (Bauer et al., 2016).

## 2.2 GESTÃO ENERGÉTICA

Apesar do ambiente de retração econômica observado no Brasil, a quantidade de lojas novas no ramo supermercadista aumentou e muitas empresas passaram a aperfeiçoar o controle de perdas e custos para tornar-se mais competitiva, uma vez que este tipo de comércio opera com baixas margens de lucro, evidenciando a necessidade de realizar tal controle. Dentre as maiores despesas, a energia elétrica tornou-se destaque devido ao impacto no custo operacional.

Para realizar este controle é possível utilizar conceitos de gestão energética que envolvem métodos e procedimentos para melhorar o desempenho de diversos tipos de edificações. A Gestão Energética tem como objetivo “mapear o perfil energético da classe consumidora, identificar as falhas na contratação e no uso da energia elétrica e propor estratégias corretivas, a fim de proporcionar eficiência para o lado da oferta e economia para o lado da demanda” (BATISTA e FLAUZINO, 2012).

Uma base fundamental nestes processos é a norma elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a ISO 50001 – Sistema de Gestão de Energia. A norma estabelece requisitos e métodos sistemáticos de operação aplicáveis a qualquer tipo e tamanho de organização, que tenha como objetivo a eficiência, uso e o consumo de energia elétrica (NBR ISO 50001, 2011).

### 2.2.1 ISO 50001 Sistema de Gestão da Energia - SGE

Parte importante deste trabalho é buscar métodos de incorporar a gestão energética nos supermercados, isso pode ser feito por meio do modelo definido pela ABNT na NBR ISO 50001:2011. Esta norma possui uma aplicação global e contribui para o uso eficiente das fontes de energia, sendo aplicável a qualquer tipo e tamanho de organização cujo propósito seja desenvolver sistemas e processos para melhorar

o desempenho energético, atentando-se à eficiência, uso, consumo de energia e redução dos impactos ambientais.

A norma foi construída sobre o conceito PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) de melhoria contínua, buscando estabelecer ações de gestão da energia nas práticas organizacionais diárias.

—*Plan* (Planejar): executar a revisão energética e estabelecer a linha de base, indicadores de desempenho energético (IDEs), objetivos, metas e planos de ação necessários para obter resultados que levarão à melhoria de desempenho energético em conformidade com a política energética da organização.

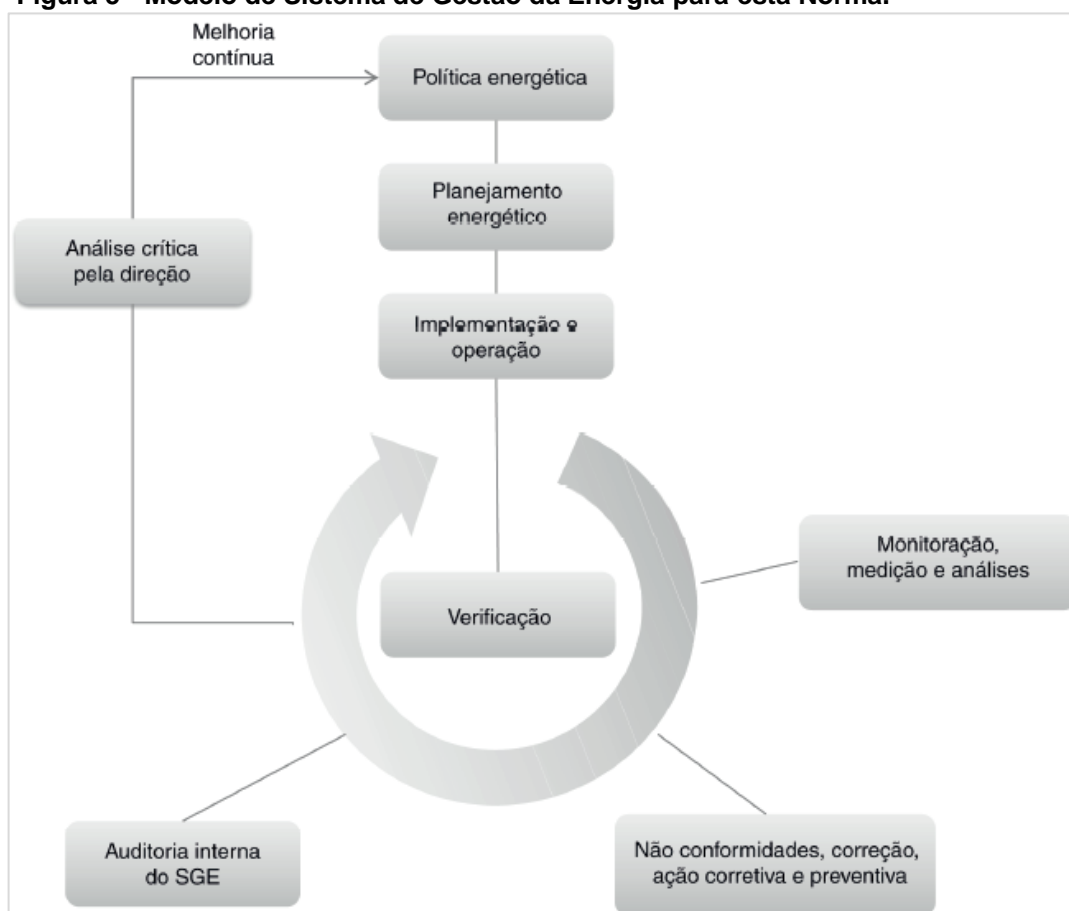
— *Do* (Fazer): implementar os planos de ação da gestão da energia.

— *Check* (Verificar): monitorar e medir processos e características principais de operações que determinam o desempenho energético em relação à política e objetivos energéticos, e divulgar os resultados.

— *Act* (Agir): tomar ações para melhorar continuamente o desempenho energético e o SGE. ” (NBR ISO 50001:2011, p. vi).

Na Figura 5 é possível observar o modelo de gestão da energia definida pela NBR ISO 50001(2011, p. vii).

**Figura 5 - Modelo de Sistema de Gestão da Energia para esta Norma.**

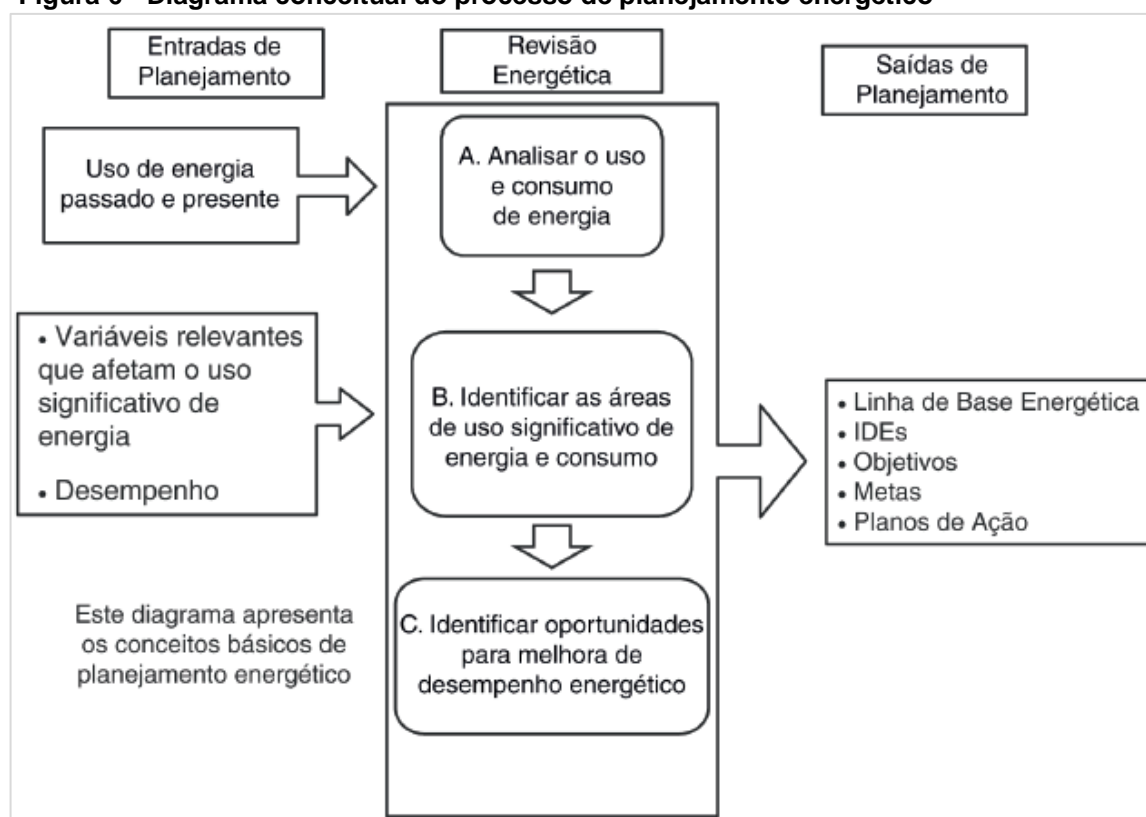


Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO 50001:2011 p.vii

Segundo a norma o primeiro passo para uma gestão eficiente é a elaboração de uma política energética que defina o comprometimento da organização na melhoria de seu desempenho energético. Um fator importante desta etapa é de que ela deve iniciar pelo comprometimento da alta direção que também será responsável por definir estas políticas (NBR ISO 50001, 2011, p. 7).

Em seguida a organização deve desenvolver um planejamento energético consistente com as políticas pré-definidas, nesta etapa é realizado um diagnóstico energético, identificando todas as formas de consumo de energia, seja por meio de equipamentos ou pelas atividades realizadas em diferentes processos. A Figura 6 apresenta um diagrama do processo de planejamento energético definido pela NBR ISO 50001 (2011, p. 17).

**Figura 6 - Diagrama conceitual do processo de planejamento energético**



**Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO 50001:2011 p.17**

No diagnóstico, ou também revisão energética, a norma orienta a registrar e documentar todos os resultados bem como os critérios utilizados, buscando atualizar as informações em intervalos definidos e conforme ocorram alterações nos diferentes sistemas (NBR ISO 50001, 2011, p. 8). Para realizar a revisão energética, segundo a norma, a organização deve:

- a) Utilizar de medições anteriores para avaliar o uso e consumo de energia e identificar as fontes de energia atuais;
- b) Identificar as áreas com maior impacto no consumo de energia, seja por meio de instalações, equipamentos, sistema ou processos, e determinar o desempenho energético de cada item identificado;
- c) Identificar todas as oportunidades de melhoria no desempenho energético, tais como a utilização de fontes alternativas de energia, priorizando e registrando-as.

Ainda na etapa de planejamento energético é importante que a empresa defina metas nas funções, níveis, processos ou instalações, bem como estabelecer os Indicadores de Eficiência Energética (IDE) adequados para medir seu desempenho e que servirão de base para verificação do cumprimento das metas. Essas, por sua vez, deverão ser consistentes com as políticas definidas anteriormente (NBR ISO 50001, 2011, p. 8).

Seguindo o modelo apresentado na Figura 6 o processo seguinte ao Planejamento Energético é a Implantação e Operação. Esta etapa consiste na aplicação dos resultados obtidos no planejamento e demanda uma série de ações para garantir sua efetividade, dentre elas a conscientização, comunicação, documentação, controle operacional, projeto e a aquisição de produtos, equipamentos e energia, além de outros serviços (NBR ISO 50001, 2011, p. 9).

A conscientização é realizada por meio de treinamentos para todos que trabalham pela organização ou em nome dela. É importante que todos estejam cientes das políticas energéticas, dos procedimentos e requisitos do SGE (Sistema de Gestão Energética), bem como das responsabilidades individuais e dos benefícios obtidos com a melhoria do desempenho energético;

A comunicação visa o conhecimento amplo sobre o desempenho energético da empresa, bem como do SGE, possibilitando que todos aqueles que trabalham na empresa possam elaborar comentários e sugestões;

A documentação é um meio de organizar todas as ações da empresa, desde as políticas definidas até o planejamento e resultados dos métodos implementados.

Isso permite um controle maior sobre as ações atuais e futuras, uma vez que as informações estarão disponíveis para as tomadas de decisão;

O controle operacional refere-se à identificação e planejamento de todas as operações e manutenções dos sistemas os quais geram impactos relevantes no consumo de energia. Para a execução do controle operacional é preciso estabelecer critérios para a realização destas atividades, uma vez que sua ausência poderia gerar um desvio no desempenho energético;

A aquisição de produtos, equipamentos e energia, bem como dos serviços relacionados a ela, servem para que a organização tenha conhecimento pleno do impacto destes itens no desempenho energético.

A fase seguinte à implementação é a Verificação, nela a organização deverá monitorar, medir e analisar frequentemente os sistemas da edificação, para identificar possíveis desvios no desempenho energético, atentando-se principalmente aos IDEs, a efetividade dos planos de ação nos objetivos traçados e na comparação dos resultados reais com o esperado. Além disso a empresa deverá realizar planos de medição condizentes com suas dimensões, complexidade e utilizar de equipamentos adequados devidamente calibrados para tal atividade (NBR ISO 50001, 2011, p. 12).

É importante que nesta etapa ocorram auditorias internas com periodicidade, pois a verificação consiste em observar se os planos de ação estão em conformidade com a fase de planejamento e implementação, caso contrário, a organização deverá tomar medidas corretivas e preventivas para evitar desvios (NBR ISO 50001, 2011, p. 3).

O ciclo de ações definidas por monitorar, corrigir (ou prevenir) e auditar deve ocorrer constantemente para garantir o desempenho energético requerido pelo SGE, além disso a NBR ISO 50001 orienta revisar a política energética, o planejamento e a implementação visando a melhoria contínua nos resultados.

## 2.3 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Segundo a NBR ISO 50001 (2011, p. 8) parte importante do SGE é a realização do diagnóstico energético do estabelecimento. Isso permite compreender o funcionamento e o desempenho do edifício, identificando os sistemas,

equipamentos e processos que influenciam de maneira significativa no consumo de energia, possibilitando a tomada de decisões na etapa de implantação.

Para a elaboração deste diagnóstico, o presente trabalho baseia-se em resultados dos métodos e conceitos adotados por diferentes autores, mas principalmente com foco na otimização das operações e processos que ocorrem dentro dos supermercados. O maior desafio é compreender a rotina operacional da organização e identificar os pontos que devem ser melhorados, por isso alguns fundamentos sobre tarifas de energia, alteração de sistemas e equipamentos serão abordados e servem de referência para o trabalho em campo.

Segundo Peplow (2017), visitar as instalações, entrevistar e inspecionar visualmente as características de um processo produtivo são essenciais para a elaboração de um diagnóstico energético

Peplow (2017) cita diversas etapas antes de implementar ações de eficiência energética em processos produtivos, tais como:

- Obtenção dos dados de identificação da empresa: ramo de atividade, principais produtos e serviços comercializados, volume da produção;
- Identificação dos usos finais de energia ou o quanto cada sistema consome: iluminação, motores, sistemas de refrigeração e ar comprimido;
- Identificação da matéria prima utilizada;
- Identificação das principais fontes de energia utilizadas, seus custos e consumos, como por exemplo: energia elétrica, gás natural e óleo diesel;
- Identificação de sistema de medição e gerenciamento de energia: medidores ou equipamentos analisadores;
- Identificação dos processos produtivo, desde a obtenção da matéria prima, até a transformação da mesma;
- Identificação dos equipamentos;
- Identificação dos procedimentos: sequências de produção, operação de máquinas e identificação dos procedimentos adotados pelos colaboradores bem como do nível de comprometimento com relação ao uso adequado dos equipamentos;
- Identificação dos produtos gerados correlacionando com os insumos energéticos utilizados, desenvolvendo índices que relacionem o volume de produção com o respectivo consumo de energia.

### 2.3.1 Otimização de Processos como Medida de Eficiência Energética

A eficiência energética não se resume a racionalização da energia, mas também no uso consciente dos recursos, levando-se em consideração o capital investido, as tecnologias e o número de funcionários, para potencializar a obtenção do produto final, sem perder a qualidade (ABRANTES, FERREIRA e VENÂNCIO, 2009).

Segundo Navajas (2016, p. 238), as ações individuais e coletivas, tanto quanto os equipamentos, possuem participação importante na eficiência energética de uma edificação. Para isso cada operador, gerente ou proprietário, precisam estar conscientes sobre a importância de suas ações e concordar sobre a necessidade de se obter um ambiente adequado, mesmo que cada um realize uma atividade diferente (NAVAJAS, 2016, p. 238). Navajas (2016) cita ainda que as medidas de eficiência energética visando o comportamento humano permite o desenvolvimento sustentável e se apresenta como uma solução de baixo custo com capacidade de melhorar consideravelmente a performance energética.

Para Rosa (2003, p.87) também é preciso conscientizar as pessoas sobre sua importância dentro de cada processo.

O sucesso de uma organização depende muito das pessoas que trabalham nela, principalmente no que diz respeito a processos. Somente máquinas e procedimentos não são suficientes para o sucesso da organização. Se a importância das pessoas é indiscutível, a solução está em conscientizá-las de sua importância dentro de cada processo. (ROSA, Bernadete M. V, 2003, p.87).

Rosa (2003) desenvolveu um método de treinamento para funcionários de supermercados adaptando conceitos de produção industrial, visando a redução no consumo de energia elétrica pela reestruturação de processos produtivos. No método implementado, a autora visa a conscientização sobre o que é a energia, os equipamentos utilizados, os processos produtivos e sobre a importância individual e coletiva na obtenção dos resultados.

Esta mesma ideia é abordada posteriormente na NBR ISO 50001 (2011, p. 9) na etapa de implantação do planejamento energético, onde a comunicação é fator essencial ao bom desempenho daqueles que trabalham na organização, fazendo-se necessário os treinamentos e a divulgação de informações, conscientizando a todos

dos benefícios e da importância do engajamento individual e coletivo na obtenção das metas estipuladas.

Nos supermercados há uma grande variedade de processos produtivos que utilizam de sistemas e equipamentos com participação relevante no desempenho energético. É possível otimizar estes processos com a mudança de hábitos e da própria rotina organizacional da empresa, porém é necessário compreender as operações e os conceitos que permeiam a eficiência energética, seu uso e consumo.

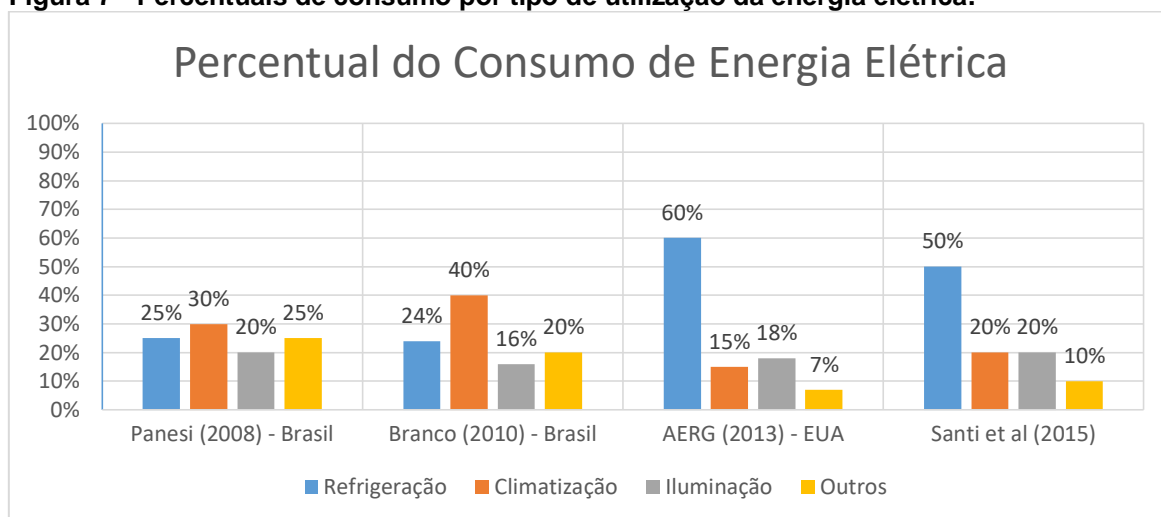
### 2.3.2 Matriz Energética em Supermercados

Os supermercados são construções que envolvem uma grande quantidade e variedade de equipamentos, operações e processos. Sua construção é comumente dividida em diversos setores, dentre eles: atendimento ao público, área de produção como açougue e panificadoras, estoques, escritórios para cargos administrativos, banheiros, vestiários e estacionamento.

Pela dimensão deste tipo de estabelecimento é possível realizar uma análise inicial identificando alguns sistemas com maior impacto no consumo de energia elétrica tais como refrigeração, climatização e iluminação. Parte deste trabalho busca realizar o diagnóstico energético a partir da análise sobre a utilização destes equipamentos nos supermercados. Algumas pesquisas já foram realizadas em anos anteriores, como é possível observar no gráfico da Figura 7.



**Figura 7 - Percentuais de consumo por tipo de utilização da energia elétrica.**



**Fonte: Dados de Panesi (2008), Branco (2010), AERG (2013) e Santi et al (2015).**

Na Figura 7 é possível observar que a utilização final da energia elétrica em supermercados é representativa nos sistemas já mencionados, havendo algumas diferenças conforme os autores e uma evolução na participação de cada tipo de equipamento no decorrer dos anos.

Os estudos de Panesi (2008) e Branco (2010) estão relacionados ao ambiente nacional, onde a climatização possui participação significativa no consumo de energia, seguido por refrigeração e iluminação. Já os dados da AERG – *Advanced Energy Retrofit Guide* referem-se ao mercado norte-americano, evidenciando que a refrigeração é o maior consumidor de energia, seguido por iluminação e climatização. No trabalho de Santi et al (2015) o supermercado analisado está situado na Itália e, assim como no mercado americano, evidencia um consumo maior no sistema de refrigeração.

Apesar da análise em países diferentes, nota-se que a utilização final dentro do ramo supermercadista é representativa nos mesmos sistemas, portanto para realizar um diagnóstico energético é importante o levantamento do uso final da energia elétrica. Esta ação permite, por exemplo, identificar se algum equipamento pode ser substituído por um mais moderno e mais eficiente, ou até mesmo se estão subdimensionados ou superdimensionados (Panesi, 2008). Em alguns casos por exemplo, é possível realizar a substituição por novas tecnologias, como na iluminação, onde as lâmpadas fluorescentes podem ser trocadas por lâmpadas ou luminárias LED, reduzindo a potência instalada (Bauer et al., 2016).

### 2.3.3 Enquadramento Tarifário

A ANEEL, órgão vinculado ao Ministério de Minas e Energia, é responsável por regular o setor elétrico brasileiro. Por meio da Resolução Normativa Nº414 de 9 de setembro de 2010 regulamentou as condições de fornecimento da energia elétrica atribuindo algumas definições, tais como a classificação dos consumidores em grupos.

O grupo A é constituído por “unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia” (ANEEL, 2010). Este grupo ainda possui subdivisões conforme a tensão de fornecimento e, como mencionado, o faturamento é composto por duas partes, sendo elas a demanda faturada e a energia consumida.

O grupo B é o “grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia” (ANEEL, 2010), possuindo também algumas subdivisões e a tarifação mais simples, pois contém apenas o valor consumido dentro do mês. O Quadro 1 mostra as subdivisões dos grupos A e B conforme tensão de fornecimento e unidade consumidora.

**Quadro 1 - Subdivisão dos grupos consumidores A e B.**

<b>Subgrupos A</b>	<b>Tensão de Fornecimento</b>
A1	Igual ou superior a 230 kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS	Inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.
<b>Subgrupo B</b>	<b>Unidade Consumidora</b>
B1	Residencial
B2	Rural
B3	Demais Classes
B4	Iluminação Pública

**Fonte: Adaptado com base nos dados da ANEEL (2010).**

Dentro dos grupos deve se definir a modalidade tarifária que, segundo a ANEEL, é o “conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas” (ANEEL, 2010), a divisão destas modalidades está apresentada no Quadro 2 conforme suas características e os grupos aplicáveis.

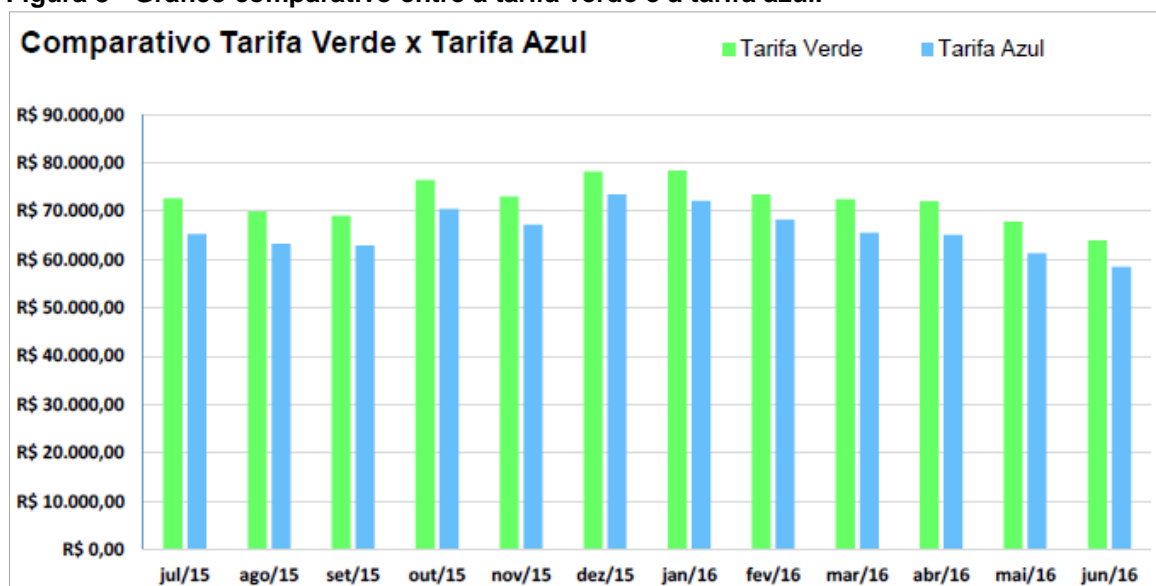
**Quadro 2 - Modalidades tarifárias com suas respectivas aplicações e formas de tarifação.**

Modalidade Tarifária	Aplicação	Características
Convencional Monômnia	Grupo B	Consumo independentemente das horas de utilização do dia.
Convencional Binômnia	Grupo A	Tarifas de consumo e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia.
Horária Branca	Grupo B*	Tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.
Horária Verde	Grupo A	Tarifas diferenciadas de consumo, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência.
Horária Azul	Grupo A	Tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia

\*Exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1

Fonte: O autor, com base nos dados da ANEEL (2010).

Uma vez compreendida a estrutura tarifária é possível verificar que a simples mudança na modalidade pode ocasionar a redução do custo de consumo da energia elétrica. Este resultado é observado no trabalho de Bauer et al. (2016), onde o supermercado analisado estava enquadrado na tarifa horária verde e caso realizasse uma a mudança migrando para a tarifa horária azul poderia obter uma economia anual de 8,56% ou R\$74.233,25 (BAUER et al., 2016, p.57). A Figura 8 mostra os resultados desta análise.

**Figura 8 - Gráfico comparativo entre a tarifa verde e a tarifa azul.**

Fonte: BAUER et al., 2016.

Quando um estabelecimento está inscrito na modalidade horária verde a tarifação ocorre pela demanda de potência contratada e conforme a utilização nos horários de ponta (entre 18:00 e 21:00) e fora de ponta. A demanda máxima registrada

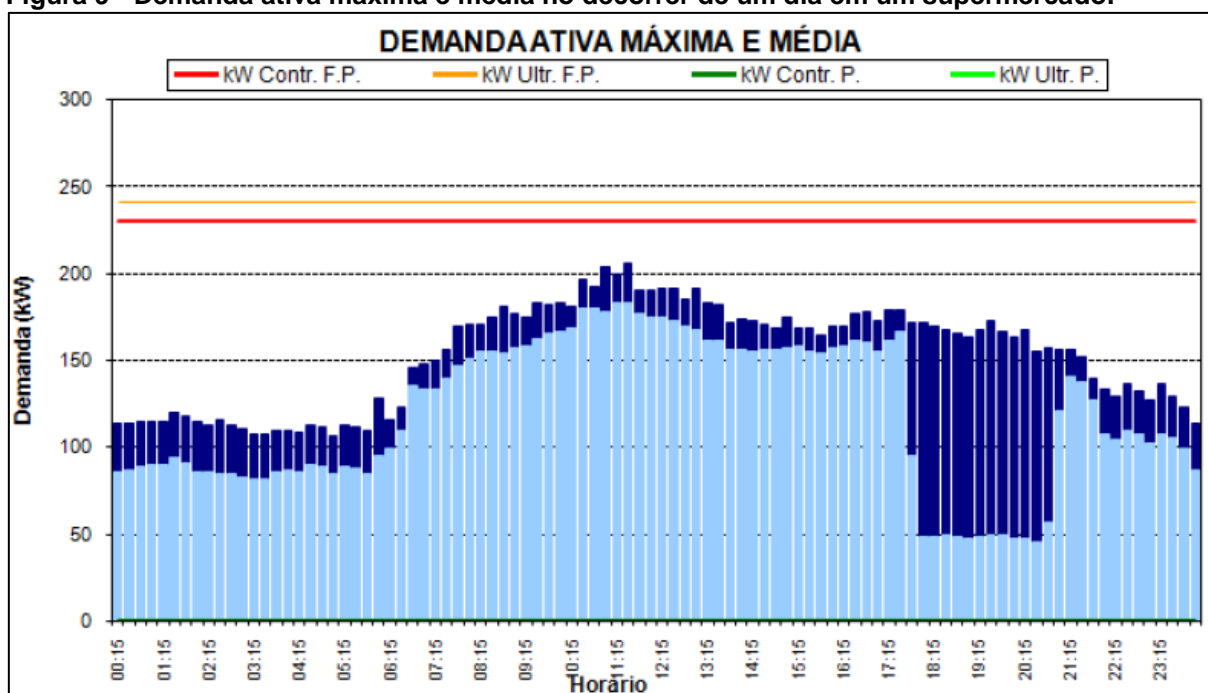
dentro do mês não deve ultrapassar a contratada, caso contrário deve-se pagar o excedente.

Quando a inscrição é feita na modalidade horária azul a contratação da demanda de potência ocorre de acordo com a utilização esperada, tanto nos horários de ponta como no fora de ponta e a tarifação do consumo também diferente nestes horários.

Em situações em que a demanda de potência contratada não está adequada às necessidades do estabelecimento, a empresa pode pagar o excedente com maior frequência, caso isso ocorra é necessário realizar um estudo para ajustar a demanda de potência contratada.

É possível observar na Figura 9 a variação da demanda energética do supermercado analisado por Bauer et al. (2016, p. 57), o autor sugere que seja feita a readequação uma vez que o estabelecimento excedeu constantemente a potência contratada. Nota-se que às 11 horas e 30 minutos ocorreu um pico na demanda, neste horário a temperatura ambiente costuma atingir seu ápice e conseqüentemente exige um esforço maior dos sistemas de refrigeração e de ar condicionado.

**Figura 9 - Demanda ativa máxima e média no decorrer de um dia em um supermercado.**



Fonte: Bauer et al. 2016, p 57.

## 2.4 FONTES DE ENERGIA ALTERNATIVAS

Os supermercados são um dos diversos consumidores de energia elétrica que necessitam de fornecimento ininterrupto, visto a necessidade da conservação de alimentos e para isso a utilização de sistema refrigeração em operação contínua. Além disso, diversos processos produtivos dependem de equipamentos em grande parte do horário de operação destes estabelecimentos, sem se esquecer ainda dos sistemas de iluminação e, em alguns casos, de climatização.

Nestes casos a geração local de energia elétrica é uma opção para suprir possíveis faltas da rede e também de redução de custos. De modo geral, a crescente demanda pela energia elétrica e o aumento das tarifas têm promovido em diversos ambientes a utilização de fontes alternativas de geração de energia elétrica, levando a uma reestruturação do setor energético e uma busca por tecnologias cada vez mais eficientes e confiáveis (REIS e JOTA, 2018).

Existem diversos meios para geração de energia elétrica local, utilizando-se fontes renováveis ou não. Estas fontes podem operar conectadas à rede principal, oferecendo suporte reativo, potência ativa e ainda auxiliando no controle da tensão, ou ainda isoladas, desconectadas da rede principal. Este último modo de operação pode ocorrer de maneira forçada, em caso de falta do sistema elétrico ou ainda de maneira programada, visando a redução de custos (HUAYLLAS, 2015).

Algumas formas de geração são comumente encontradas em supermercados, principalmente a geração por meio de grupos motor-gerador (GMG), outras estão sendo cada vez mais difundidas, como o caso da geração fotovoltaica.

### 2.4.1 Grupos Motor-Gerador

A associação entre um motor a combustão interna, geralmente a diesel, com um gerador elétrico síncrono ou de indução, forma o chamado Grupo Motor-Gerador (GMG). Basicamente o princípio de funcionamento do GMG é transformar a energia mecânica em elétrica. A eficiência dos motores a diesel geralmente é baixa, devido às perdas térmicas, um GMG possui eficiência entre 30% a 40% (HUAYLLAS, 2015).

Os grupos motor-gerador podem ser classificados conforme o tipo e classe do equipamento, sendo esses: *Standby*, *Prime* ou Contínuo. Estas classificações, ou regimes de operação, são específicas ao tipo de fornecimento de energia elétrica do equipamento.

- Energia *Standby* ou Emergencial: são sistemas emergenciais que visam suprir a ausência de energia e iluminação em curtos períodos de tempo. É aplicado principalmente em situações de evacuação de edifícios, fornecimento de energia a equipamentos de suporte à vida e em sistemas críticos de telecomunicações. Em alguns casos, há a obrigatoriedade legal para a implantação de GMG's (ZORZETTO, 2015);
- Energia *Prime*: utilizam o sistema de energia local ao invés da energia fornecida pela rede elétrica principal. Este tipo de instalação pode ser utilizado durante picos de consumo de energia ou em horários cuja tarifa é maior (horário de ponta), neste caso é preciso seguir determinações da concessionária de energia quanto ao tempo de utilização da geração local (ZORZETTO, 2015). Nos geradores instalados nesta classificação é utilizado uma chave comutadora para transferir a energia às cargas conectadas ao equipamento, podendo ser automatizadas para operarem em determinados horários. (ENGENHARIA DE APLICAÇÕES, 2011);
- Energia de Contínua ou de Carga Básica: nesta classificação o fornecimento de energia pela fonte local é contínuo, havendo um consumo constante de potência por um tempo ilimitado. Esta classificação pode estar associada à cogeração (ZORZETTO, 2015).

Existem diversos benefícios na utilização dos geradores, mas é preciso dimensionar corretamente estes equipamentos para melhores resultados, buscando não somente a geração de energia elétrica, mas também impactos econômicos no estabelecimento, controle na emissão de gases poluentes e fornecer maior confiabilidade em todo sistema a ele conectado.

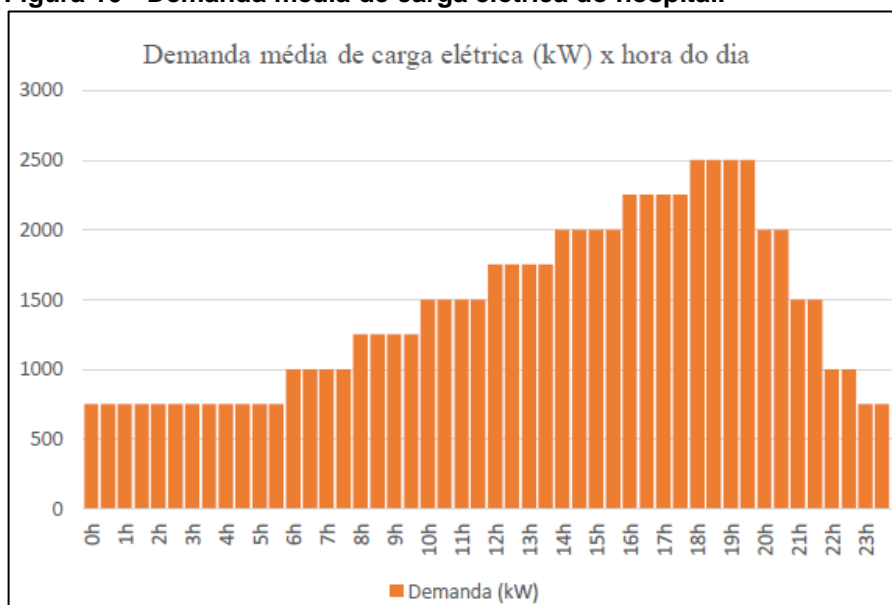
Para o dimensionamento de um GMG é preciso analisar as cargas existentes, pois a presença de cargas de médio ou grande porte podem apresentar correntes

elevadas no instante de seu acionamento, além disso é preciso avaliar a simultaneidade do acionamento das cargas. Outras avaliações impactam no dimensionamento dos geradores, como o local de instalação e suas características, evitando-se superaquecimentos, insalubridades ou riscos de explosões; é preciso ainda analisar os riscos da não operação do GMG, prevendo-se as possíveis consequências em casos de falhas; e dentre outros fatores, tais como a manutenção preventiva e a necessidade de equipamentos especiais (ZORZETTO, 2015).

No trabalho realizado por Asano (2015), um estudo de caso foi elaborado em um hospital de médio porte localizado no município de São Paulo, analisando-se a viabilidade da implantação de um grupo motor-gerador para atender as especificidades do local, tais como: iluminação e tomadas especiais, equipamentos médico-hospitalares, unidades de tratamento intensivo e equipamentos de ventilação. Além da necessidade suprir as cargas em caso de emergências, o estudo conta com uma análise econômica, por meio do levantamento do consumo de energia elétrica do hospital (ASANO, 2015).

Inicialmente Asano (2015) avaliou o perfil de carga do hospital, a Figura 10 ilustra a demanda média de carga elétrica durante o ano e por hora do dia, evidenciado uma demanda e um consumo elevado por conta de cargas específicas. Nota-se que dentro do horário de ponta (entre 18 e 19 horas) o consumo é maior (ASANO, 2015).

**Figura 10 - Demanda média de carga elétrica do hospital.**



Fonte: ASANO (2015).

Após o levantamento destes dados o autor avaliou o enquadramento tarifário do hospital, estando esse no subgrupo A4, com uma demanda contratada de 2,5MW na Ponta e 2,25MW Fora de Ponta. Com uma diferença de 7% a Tarifa Horária Azul mostrou-se mais adequada ao perfil do estabelecimento, representando uma economia de R\$464.486,64 anualmente. Esta análise não considerou a geração local no horário de ponta (ASANO, 2015).

Para analisar a viabilidade da utilização do GMG, Asano (2015) considerou, além do custo da energia elétrica, a economia operacional e o custo dos investimentos. Em seu projeto foram consideradas duas opções, a primeira com um grupo de geradores de 750 kVA/690kW e a outra com dois grupos, tendo como premissa de que o hospital já possui um sistema de emergência com dois grupos geradores de 750 kVA. A Figura 11 mostra o resultado das comparações entre os sistemas.

**Figura 11- Análise econômica da implantação do grupo motor gerador em um hospital.**

Tabela 3.4 - Comparação – Opções Geração na Ponta			
UTILIDADES	SEM GERAÇÃO NA PONTA	GERAÇÃO NA PONTA (3x750kVA)	GERAÇÃO NA PONTA (4x750kVA)
<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	AES Eletropaulo A4 AZUL	AES Eletropaulo A4 AZUL	AES Eletropaulo A4 AZUL
Demanda Energia Elétrica Ponta (kW)	2.500	844	292
Demanda Energia Elétrica Fora de Ponta (kW)	2.250	2.250	2.250
Consumo Anual Ponta (kWh)	1.881.000	602.448	165.264
Consumo Anual Fora Ponta (kWh)	10.449.000	10.449.000	10.449.000
Consumo Anual Total (kWh)	12.330.000	11.051.448	10.614.264
Custo Especifico (R\$/kWh) - C/ Impostos	R\$0,54398	R\$0,50479	R\$0,48949
<b>Custo anual total de energia elétrica</b>	<b>R\$6.707.288</b>	<b>R\$5.578.674</b>	<b>R\$5.195.526</b>
<b>CUSTO OPERACIONAL</b>	<b>SEM GERAÇÃO NA PONTA</b>	<b>GERAÇÃO NA PONTA (3x750kVA)</b>	<b>GERAÇÃO NA PONTA (4x750kVA)</b>
Custo anual total de energia elétrica	R\$6.707.288	R\$5.578.674	R\$5.195.526
Custo diesel (consumo 146,8 l/h por gerador)	R\$0	R\$714.336	R\$952.448
Custo manutenção gerador (R\$ 0,65/kWh)	R\$0	R\$14.040	R\$18.720
<b>CUSTO OPERACIONAL TOTAL</b>	<b>R\$6.707.288</b>	<b>R\$6.307.050</b>	<b>R\$6.166.694</b>
<b>ECONOMIA OPERACIONAL</b>	<b>REFERÊNCIA</b>	<b>R\$400.238</b> 6%	<b>R\$540.594</b> 8%
<b>INVESTIMENTOS</b>	<b>SEM GERAÇÃO NA PONTA</b>	<b>GERAÇÃO NA PONTA (3x750kVA)</b>	<b>GERAÇÃO NA PONTA (4x750kVA)</b>
Aquisição e instalação do Grupo Gerador e equipamentos	R\$0	R\$530.250	R\$1.060.500
<b>INVESTIMENTO TOTAL</b>	<b>R\$0</b>	<b>R\$530.250</b>	<b>R\$1.060.500</b>
<b>PAYBACK SIMPLES (anos)</b>		<b>1,3</b>	<b>2,0</b>

Fonte: ASANO, 2015.

É notável, que mesmo com a necessidade de um investimento inicial e dos custos operacionais, a utilização dos geradores no horário de ponta permite uma



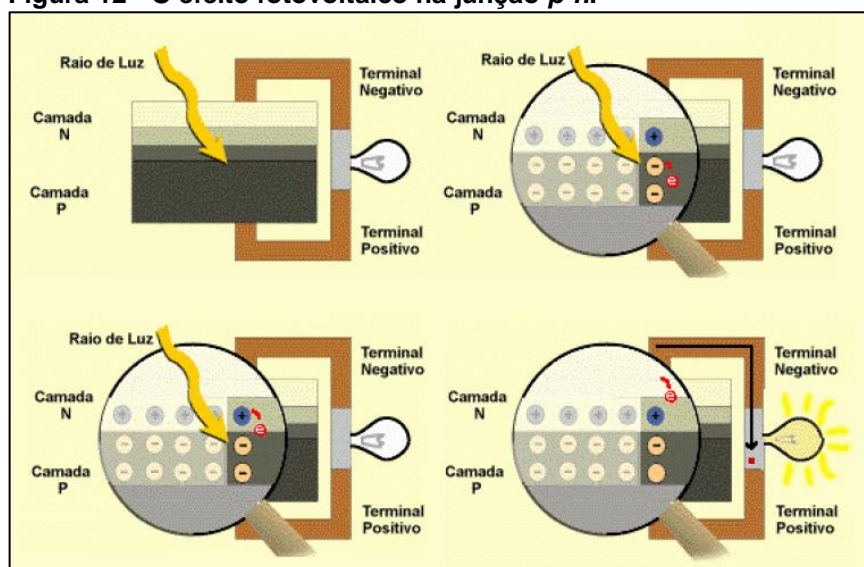
economia no consumo de energia elétrica, e um tempo de retorno do investimento entre 1 a 2 anos.

Além da análise econômica, vale ressaltar que a instalação dos grupos motor-gerador requer equipamentos de controle e proteção que permitam o seu funcionamento sem causar danos ao sistema elétrico principal e à própria carga. Para tanto devem ser utilizados, por exemplo, um sistema de sincronismo com a rede, realizando a transferência em rampa evitando-se que a mudança seja sentida pelas cargas, e em alguns casos devem ser instalados *no-breaks* (ASANO, 2015).

#### 2.4.2 Geração Fotovoltaica

A geração fotovoltaica possui como fundamento o efeito fotovoltaico, que ocorre em materiais semicondutores, geralmente o silício. O princípio de funcionamento está no movimento de cargas na junção *p-n* do semicondutor quando expostos a fótons com energia maior que o *gap*, gerando uma aceleração nas cargas onde o campo elétrico é diferente de zero e fazendo que uma corrente percorra pela junção. Este deslocamento de cargas origina uma diferença de potencial e é a base do efeito fotovoltaico (CRESESB, 2006). A Figura 12 ilustra este processo.

**Figura 12 - O efeito fotovoltaico na junção *p-n*.**



Fonte: CRESESB, 2006.

As células fotovoltaicas são fabricadas utilizando-se principalmente o silício e com outros materiais, como o boro e o fósforo. As células fotovoltaicas podem ser monocristalinas, policristalinas ou de silício amorfo.

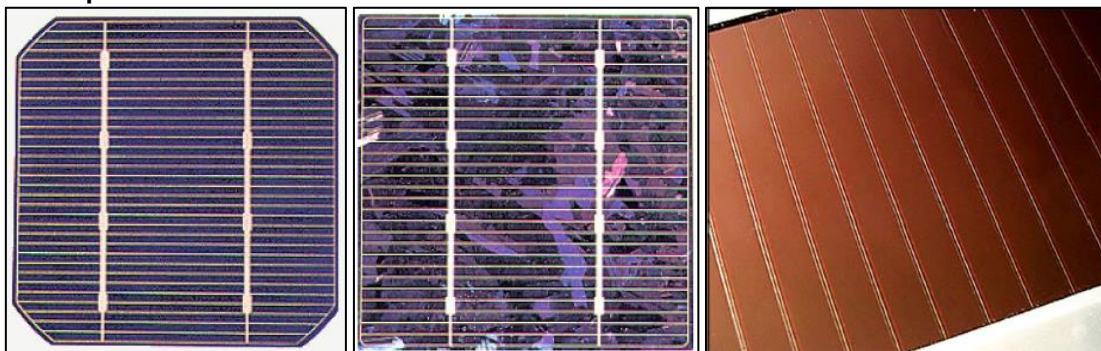
As células monocristalinas são amplamente fabricadas e comercializadas e o processo para a sua produção atinge um grau de pureza elevado. No processo, denominado Czochralski, o silício é fundido com uma pequena quantidade de material do tipo p, geralmente o boro e, após o processo de corte e limpeza, é introduzido o material do tipo n, por meio do vapor de fósforo em um forno com temperatura entre 800 °C a 1000 °C (CRESESB, 2006). O silício monocristalino possui uma eficiência de conversão da irradiação em energia elétrica de aproximadamente 25% (PINHO e GALDINO, 2014).

As células de silício policristalino passam por um processo menos rigoroso em sua produção, ao contrário do monocristalino, não é formado um único cristal, mas pela solidificação de vários cristais. A eficiência de conversão das células fotovoltaicas policristalinas é de aproximadamente 20,4% (PINHO e GALDINO, 2014).

O silício amorfo apresenta alto grau de desordem na estrutura de seus átomos e seu processo de fabricação é mais simples e barato, sendo fabricado mediante a deposição de diversos substratos. As principais desvantagens do silício amorfo é sua baixa eficiência (aproximadamente 10%) e a degradação nos primeiros meses de operação (PINHO e GALDINO, 2014).

A Figura 13 demonstra as células fotovoltaicas do tipo monocristalino, policristalino e de silício amorfo.

**Figura 13 - Exemplo de células fotovoltaicas. Da esquerda para a direita: silício monocristalino, silício policristalino e silício amorfo.**



Fonte: CRESESB, 2006.

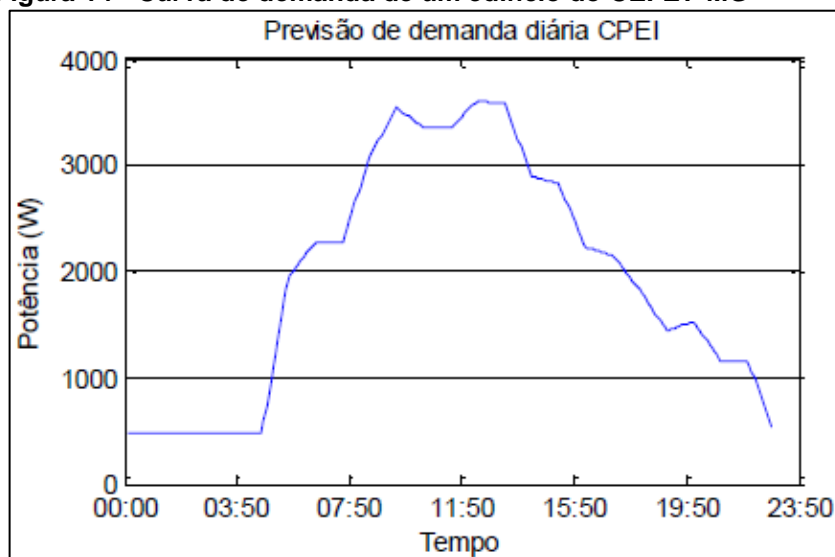
Os principais componentes dos sistemas fotovoltaicos podem ser divididos em três blocos: os blocos de geradores (módulos fotovoltaicos), os blocos de

condicionamento de potência (conversores, seguidor de ponto de potência máxima, inversores e controladores de carga) e os blocos de armazenamento (baterias) (PINHO e GALDINO, 2014).

A instalação de um sistema fotovoltaico deve ocorrer após um projeto prévio do local. Neste projeto quesitos como orientação dos módulos, disponibilidade de área e recurso solar, além da demanda a ser atendida, devem ser observadas cuidadosamente. Isso permite definir os equipamentos mais adequados e condizentes com a necessidade do consumidor, lembrado que os sistemas fotovoltaicos podem operar conectados à rede principal de energia elétrica ou isolados, determinando a necessidade de utilizar sistemas de armazenamento ou não (PINHO e GALDINO, 2014).

Reis (2018) desenvolveu um estudo para sistemas de geração fotovoltaica ilhados (isolados da rede principal) em um dos prédios do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Inicialmente obteve-se a curva de demanda do edifício no decorrer de um dia, conforme a Figura 14 (REIS, 2018).

**Figura 14 - Curva de demanda de um edifício do CEFET-MG**

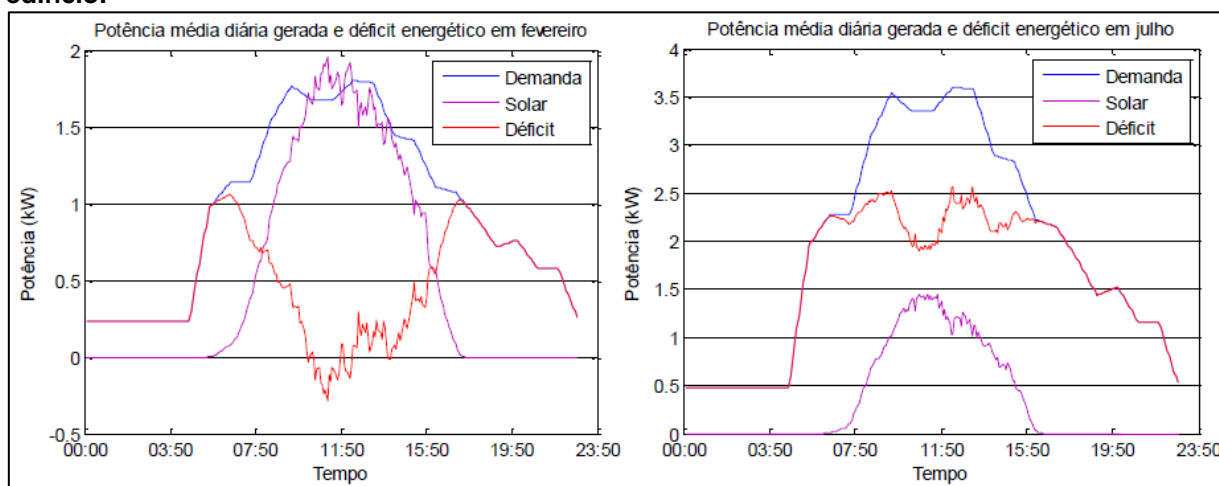


**Fonte: REIS, 2018.**

O edifício em questão já possui um sistema de geração fotovoltaico, possibilitando analisar os dados de geração no período de um ano e comparar com curva de demanda. Na análise é possível observar a interferência das estações na geração fotovoltaica e a concentração da geração em alguns períodos do dia. Como solução para suprir o déficit da geração a autora sugere a implantação de um sistema

de armazenamento por meio de baterias, as quais devem armazenar a maior quantidade de energia para operarem no horário de ponta (REIS, 2018). A Figura 15 representa a curva de demanda em comparação com a capacidade de geração nos meses de fevereiro e julho, evidenciando que o sistema fotovoltaico não consegue suprir a carga em sua totalidade.

**Figura 15 - Comparativo entre a curva de demanda e a capacidade de geração fotovoltaica do edifício.**



Fonte: REIS, 2018.

É possível concluir, por meio dos estudos de Reis (2018), que a geração fotovoltaica é suscetível à intermitência e que para isso é necessário buscar outras soluções, como um sistema de armazenamento, que garanta a energia elétrica necessária para suprir a carga, na totalidade do período diário ou apenas em uma parcela de tempo.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Ao analisar a necessidade de reduzir o consumo de energia e de criar um método eficaz para que a eficiência energética se torne útil e necessária, este trabalho consiste em realizar um diagnóstico energético em um supermercado da grande Curitiba, tendo como ponto iniciais o levantamento de dados e identificação de possíveis falhas, antes de propor ações de eficiência energética.

A primeira análise na documentação e no histórico de consumo da energia, por meio das faturas disponibilizadas pela concessionária, permite verificar qual a modalidade tarifária e a demanda de potência contratada. Essas informações possibilitam identificar se o supermercado está enquadrado na modalidade mais adequada para o seu funcionamento bem como se a demanda contratada está ajustada ao consumo das cargas instaladas. Caso contrário é necessário implementar soluções como aquelas realizadas por Bauer et al. (2016), vistas anteriormente.

Em seguida será analisado os sistemas com maior impacto no consumo e no desempenho energético, tais como climatização, refrigeração, iluminação e de outras cargas. As informações obtidas dos equipamentos servirão para a elaboração de um mapa de cargas, identificando os sistemas e processos que mais consomem energia elétrica no supermercado, estes dados auxiliarão nas análises, comparações e conclusões posteriores.

É preciso observar ainda se os equipamentos utilizados são os mais indicados para as funções as quais são requeridas, verificando se suas configurações estão dentro das exigências ou ainda acima do necessário, tais como as temperaturas de freezers e câmaras frias, e assim propor substituições ou configurações adequadas.

Além disso a análise dos equipamentos permite estudar a viabilidade da implantação de novas tecnologias, como no caso da iluminação. Bauer et al. (2016) realizou este estudo no supermercado que possuía lâmpadas fluorescentes e que poderia substituir por lâmpadas LED, com possibilidade de obter aproximadamente 50% de economia mensal no consumo de energia (BAUER et al., 2016, p. 74). Outra possível solução para este sistema seria a integração da iluminação natural com a artificial, como é proposto por Alves (2008). Em conjunto com sistemas de automatização, que regulam a iluminação artificial, a economia no consumo de energia, do sistema de iluminação, pode chegar a mais de 75% (ALVES, 2008, p.73).

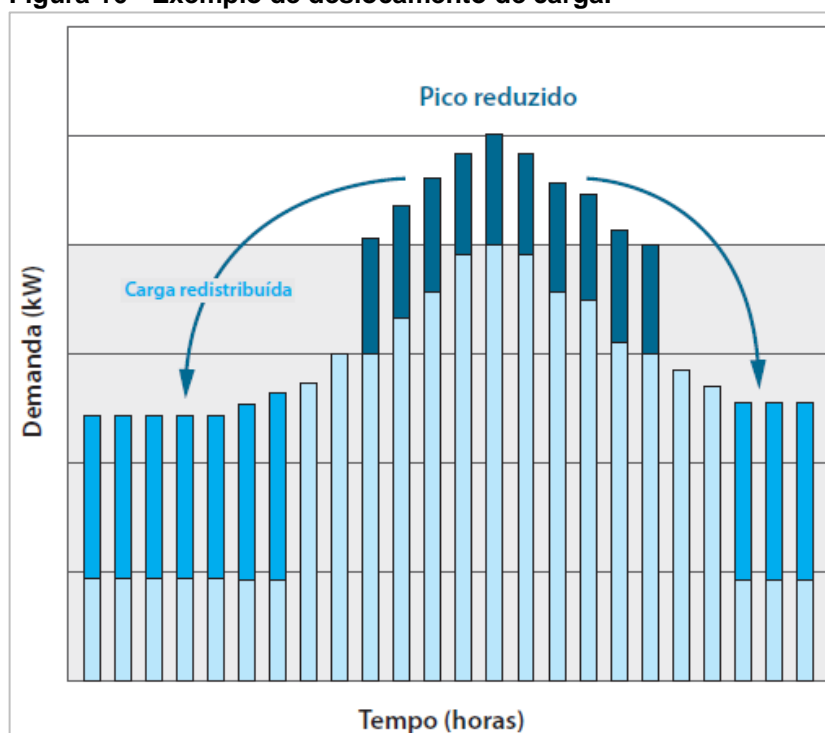
Após o levantamento de dados inicia-se a etapa de observação e compreensão da rotina organizacional e dos processos internos de produção, foco principal deste trabalho. Estes processos podem estar relacionados à panificação, açougue, armazenamento de alimentos, reposição de produtos em refrigeradores e até mesmo sobre o uso correto dos equipamentos, e busca identificar como estas ações geram impactos positivos ou negativos no desempenho energético do supermercado.

Um método de melhorar os processos é realizar o deslocamento das atividades para os horários fora de ponta, diminuindo a magnitude da curva de carga como mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** O trabalho de Batista e Flauzino (2012) foca na gestão energética como uma medida de baixo custo para reduzir as despesas com energia elétrica. No estudo de caso realizado pelos autores foi analisado uma empresa no interior de São Paulo que atua na produção de caldeiras e tecnologias para usinas sucroalcooleiras, assim como em outros casos mencionados anteriormente, os autores analisaram as faturas de energia elétrica e a dinâmica do sistema de produção (BATISTA, FLAUZINO, 2012).

Os autores observaram que a produção da indústria não seguia o horário comercial e que o fator de carga apresentava um valor médio inferior ao valor típico industrial, evidenciando a utilização ineficiente da energia contratada. Batista e Flauzino (2012) analisaram os resultados da redução por meio de dois tipos de estratégias: técnica e administrativa (BATISTA, FLAUZINO, 2012).

No primeiro ao deslocar a produção para fora do horário de ponta a fábrica economizaria 28,78% no valor da fatura de energia elétrica, aproximadamente R\$127.850,64 em 11 meses. Na segunda estratégia, aumentando-se a demanda contratada e evitando a ultrapassagem constante, a empresa poderia economizar 21,02%, R\$93.349,98 A aplicação conjunta das duas estratégias representa uma economia de 46,21% na fatura mensal de energia elétrica, cujo valor inicial era de aproximadamente R\$40.381,69, passando para R\$21.720,37. (BATISTA, FLAUZINO, 2012).

**Figura 16 - Exemplo de deslocamento de carga.**



Fonte: BATISTA; FLAUZINO, 2012 p.124.

Por fim é necessário estudar a viabilidade técnica e financeira para propor ações de melhoria, além de organizar as informações coletada no trabalho em campo, elaborando-se relatórios e um documento final com os resultados esperados, tanto de investimento, redução do consumo de potência, economia financeira e tempo de retorno do investimento.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa do ramo supermercadista está localizada na cidade de Curitiba e sua rede é composta por três lojas. A loja analisada está próxima à região central da cidade e possui uma área de aproximadamente 4.251,94 m<sup>2</sup>. Seu horário de abertura é das 08:00 às 22:00 de segunda a sábado, e das 08:00 às 21:00 no domingo, porém as operações nas áreas de produção, principalmente na panificadora do supermercado, iniciam-se às 06:30.

Para analisar e recolher os dados, foram realizadas visitas periódicas. Ao todo foram 8 visitas para contato inicial, observação e recolhimento de informações da instalação, observação e análise dos processos de produção, instalação do

equipamento analisador de energia e coleta dos dados. O Quadro 3 mostra o cronograma das atividades realizadas em cada visita.

**Quadro 3 - Cronograma de visitas realizadas no supermercado**

<b>Data da Visita</b>	<b>Atividade Realizada</b>
12/05/2018	Contato inicial com a gerência do estabelecimento e reconhecimento das instalações e líderes de produção.
14/05/2018	Coleta de dados e inspeção visual das instalações referentes à iluminação, refrigeração e outros equipamentos.
19/05/2018	Continuação das atividades de coleta de dados e inspeção visual das instalações referentes à iluminação, refrigeração e outros equipamentos.
04/07/2018	Medição dos níveis de iluminância na área de vendas e locais de trabalho do supermercado.
07/07/2018	Observação, análise e coleta de informações referente à produção na área da padaria, além da instalação do analisador de energia no circuito deste setor.
09/07/2018	Análise dos processos da padaria e obtenção dos dados referentes à quantidade produzida.
12/07/2018	Medição dos níveis de iluminância na área de vendas no período diurno.
22/07/2018	Coleta das informações dos medidores

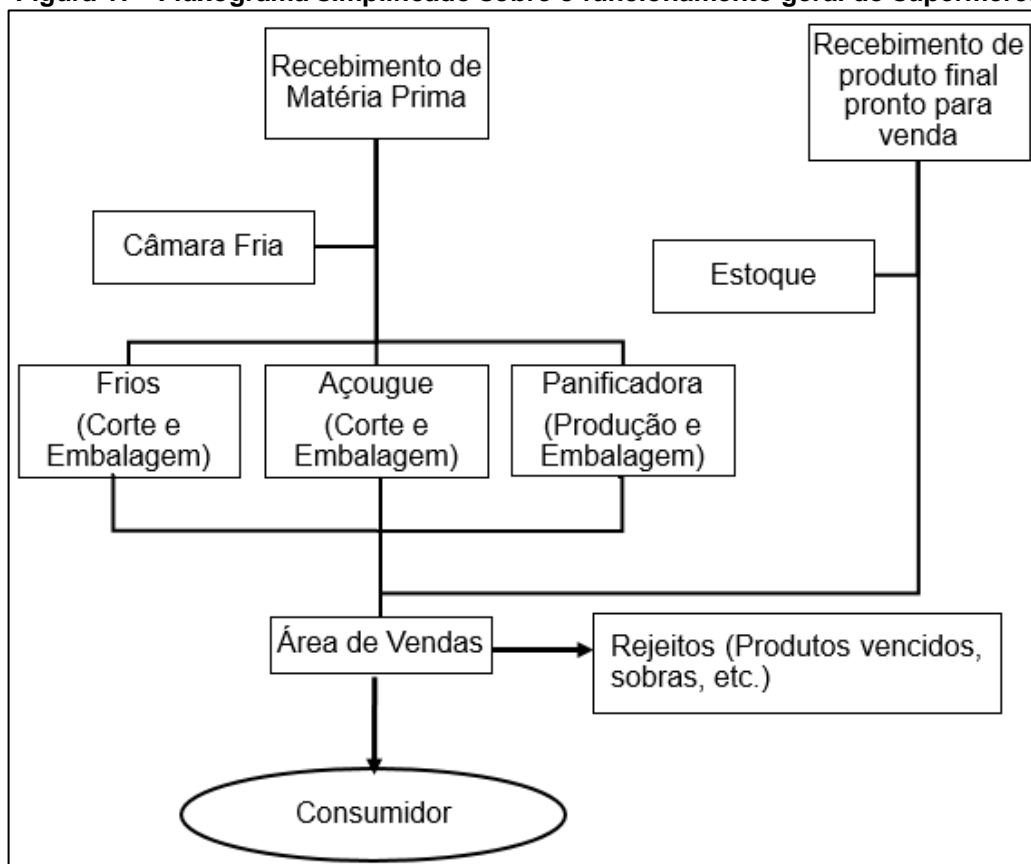
**Fonte: Autor**

### 3.1.1 Fluxograma simplificado dos processos

Dentro do supermercado existem diversos processos que envolvem seu funcionamento antes da disponibilização do produto final ao consumidor, mas de maneira resumida o estabelecimento recebe a matéria prima (ou o produto final) que é armazenada no estoque, ou quando necessário em câmaras frias, e posteriormente são levados às gôndolas na área de vendas. Alguns produtos necessitam passar por processos internos como corte e embalagem no caso de carnes e frios, e produção e embalagem nos produtos da padaria. A Figura 17 mostra o fluxograma simplificado dos processos que envolvem o funcionamento do supermercado.



Figura 17 - Fluxograma simplificado sobre o funcionamento geral do supermercado.



Fonte: Autor.

### 3.2 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA

Com base nas informações da fatura disponibilizadas pela concessionária de energia elétrica, foi possível obter informações detalhadas quanto ao histórico de consumo mensal da empresa em um período de 12 meses. O supermercado está inscrito na modalidade tarifária Horária Verde, subgrupo A4. Possui um transformador de 500 kVA e a matriz energética principal é a energia elétrica, fornecida pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL). Para suprir a demanda no horário de pico o estabelecimento conta com um gerador a diesel de 440kVA, com regime de funcionamento em *standby*. Desta forma não há geração distribuída, ou seja, para o gerador começar a operar é preciso desligar a alimentação da rede de distribuição da concessionária, ocorrendo uma breve oscilação nos circuitos do supermercado, menos na rede lógica (*check-outs* e servidores) que conta com um sistema de *no-break*.

### 3.2.1 Análise do histórico do consumo de energia elétrica

O período analisado é de julho de 2017 a maio de 2018, o supermercado está inscrito na modalidade tarifária Horária Verde, possuindo uma única demanda contratada e o custo de consumo diferenciados para o horário de ponta e fora de ponta. Esta modalidade de tarifação foi escolhida pela presença do gerador a diesel, que supre as cargas do supermercado durante o período de 3 horas no horário de ponta, não necessitando contratar uma demanda para este intervalo.

Algumas características observadas no histórico do consumo são:

- Consumo médio mensal de 97.234 kWh/mês, sendo no horário de ponta 1.202 kWh/mês e 96.033 kWh/mês no horário fora de ponta;
- A demanda máxima de energia elétrica registrada foi de 191,1 kW no horário de ponta (abril/2018) e de 230,84 kW no horário fora (janeiro/2018). A demanda contratada é de 230 kW no horário fora de ponta, com tolerância até 241,5kW.
- A fatura média mensal é de R\$51.785,18.

Tabela 2 mostra o histórico do consumo, bem como as informações de demanda e valor mensal das faturas antes do reajuste tarifário em junho de 2018.

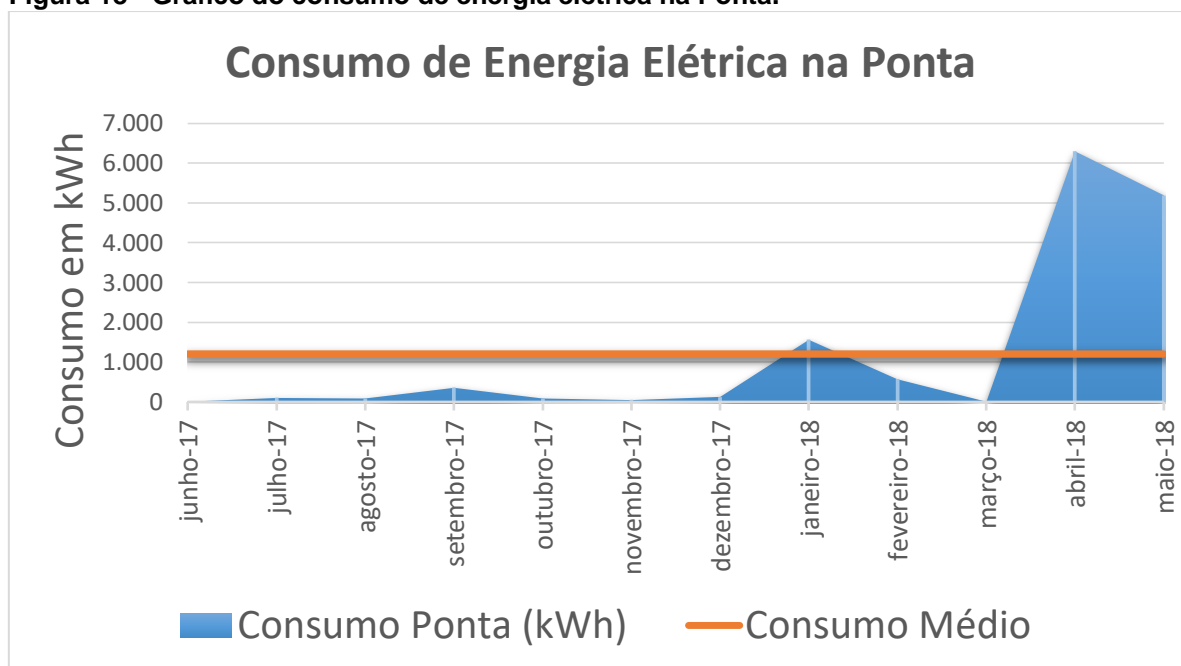
**Tabela 2 - Histórico de 12 meses do consumo de energia elétrica (kWh) do supermercado.**

Mês de Referência	Consumo Ponta (kWh)	Consumo Fora de Ponta (kWh)	Total (kWh)	Valor da Fatura	Demanda Ponta (kW)	Demanda Fora de Ponta (kW)
maio-18	5.186	96.399	101.585	R\$ 55.255,04	191,09	218,05
abril-18	6.296	106.179	112.475	R\$ 60.986,76	191,10	225,92
março-18	7	94.456	94.463	R\$ 45.512,35	8,46	225,72
fevereiro-18	569	104.711	105.280	R\$ 52.392,13	178,30	230,45
janeiro-18	1.565	103.822	105.387	R\$ 58.624,92	181,64	230,84
dezembro-17	121	98.150	98.271	R\$ 56.713,65	186,17	228,09
novembro-17	49	96.502	96.551	R\$ 55.172,90	32,47	229,07
outubro-17	78	94.234	94.312	R\$ 51.218,18	27,55	218,44
setembro-17	357	93.075	93.432	R\$ 50.986,23	163,55	209,59
agosto-17	83	87.206	87.289	R\$ 46.556,08	40,54	197,98
julho-17	103	85.244	85.347	R\$ 42.265,39	34,24	211,16
junho-17	8	92.412	92.420	R\$ 45.738,51	7,47	216,67
Média Mensal	1.202	96.033	97.234	R\$ 51.785,18	103,55	220,17

**Fonte: Autor.**

Pela análise dos dados da fatura de energia elétrica, observa-se que o supermercado está adequado à modalidade tarifária escolhida, bem como a demanda contratada está dentro dos parâmetros de consumo do estabelecimento. Apesar do gerador atender todas as cargas, em alguns casos por motivos de manutenção ou até mesmo por atrasos na operação do GMG, foi preciso utilizar da energia fornecida pela concessionária, justificando os registros apontados na fatura no horário de ponta, como representado na Figura 18.

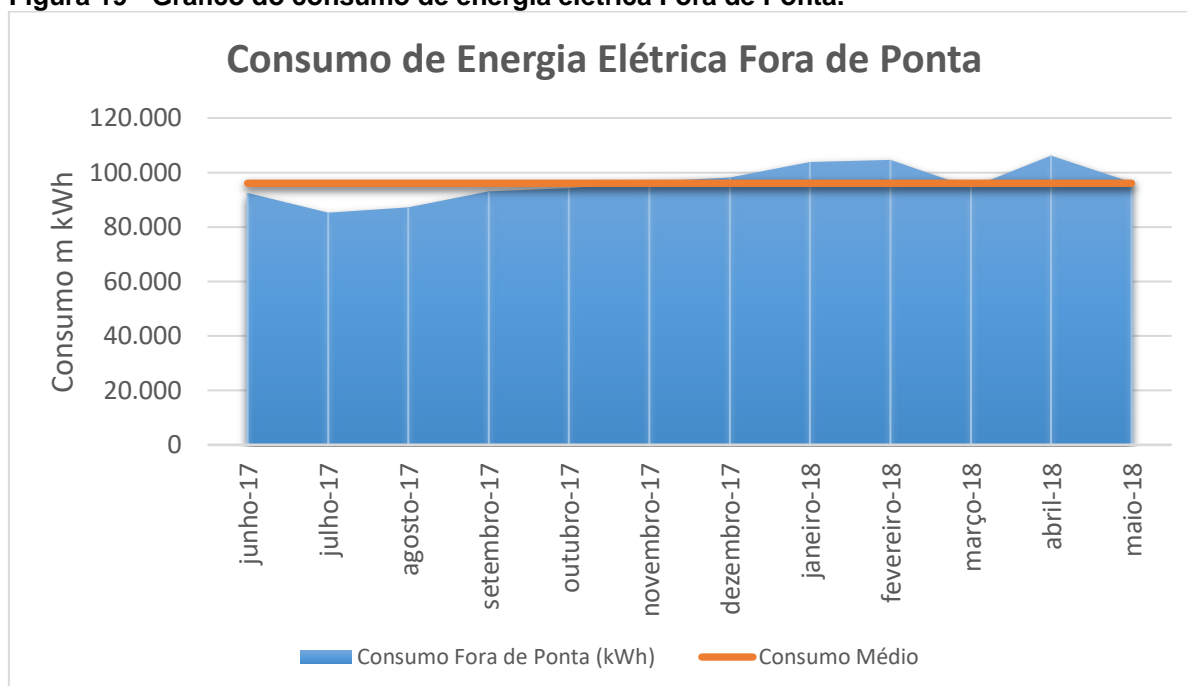
**Figura 18 - Gráfico do consumo de energia elétrica na Ponta.**



**Fonte: Autor.**

O consumo de energia elétrica do supermercado é registrado, em sua maioria, no horário fora ponta. Na maioria dos meses, apesar das variações, o consumo permanece a linha média, exceto em meses como dezembro, janeiro e fevereiro, que são meses mais quentes e provavelmente demandam um maior tempo de operação dos sistemas de refrigeração. Este registro do consumo no horário fora de ponta é observado na Figura 19.

**Figura 19 - Gráfico do consumo de energia elétrica Fora de Ponta.**



**Fonte: Autor.**

Para demonstrar a viabilidade de se manter o supermercado na modalidade tarifária atual, foi elaborado um estudo comparativo entre a tarifa horária verde e azul, utilizando-se os valores atuais e já ajustados pela concessionária de energia elétrica (em junho de 2018), incluindo os devidos impostos (ICMS<sup>1</sup> e PIS/COFINS<sup>2</sup>). Na tarifa Verde, além do custo da energia cobrado pela concessionária, foi contabilizado o custo da geração do GMG.

O estabelecimento já realizou estudos anteriores e a administração disponibilizou as informações com relação ao custo de geração por meio do gerador a diesel, sendo este no valor de 0,95 R\$/kWh, além disso, em medições realizadas no supermercado (por empresa especializada) em média o consumo de ponta é 11% do consumo fora de ponta, desta forma, foi adotado como premissa, além das medições registradas, que o consumo na ponta é 11% do consumo fora de ponta, visto que não há tal registro uma vez que o supermercado faz uso do gerador neste horário.

Outra premissa adotada para o estudo comparativo é de que a demanda contratada para o horário de ponta é igual ao horário fora de ponta, na modalidade

<sup>1</sup> ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

<sup>2</sup> PIS/COFINS – Programa de Integração Social/ Contribuição para Financiamento da Seguridade Social

azul, bem como a demanda medida. A Figura 20 mostra parte da planilha utilizada para realizar as comparações, seguido da Tabela 3 com o comparativo dos valores totais de consumo de energia elétrica em cada modalidade tarifária.

As informações evidenciam que a modalidade horária verde é a melhor opção, mesmo com a utilização do gerador a diesel. A diferença de valor é de R\$82.846,32 da tarifa verde para a azul em 12 meses, uma economia de quase 10%, mostrando que o estabelecimento está inscrito na melhor forma de tarifação.

**Figura 20 - Planilha para comparação das modalidades tarifárias.**

maio-18	<b>Tarifa Verde</b>	<b>kWh</b>	<b>Custo Unit.</b>	<b>Total Parcial</b>	<b>Total</b>
	Consumo Ponta COPEL	5.186,00	R\$ 1,93715	R\$ 10.046,06	R\$74.063,12
	Consumo Ponta GMG	10.603,89	R\$0,95000	R\$ 10.073,70	
	Consumo de Fora de Ponta	96.399,00	R\$0,50774	R\$ 48.945,63	
	Demanda Medida	218,05	R\$ 22,12	R\$ 4.823,27	
	Demanda Não Utilizada	11,95	R\$ 14,60	R\$ 174,47	
	<b>Tarifa Azul</b>	<b>kWh</b>	<b>Custo Unit.</b>	<b>Total Parcial</b>	<b>Total</b>
	Consumo Ponta	15.789,89	R\$0,75262	R\$ 11.883,79	R\$76.931,97
	Consumo Fora de Ponta	96.399,00	R\$0,50774	R\$ 48.945,63	
	Demanda Ponta	218,05	R\$ 49,15	R\$ 10.717,16	
	Demanda Fora de Ponta	218,05	R\$ 22,12	R\$ 4.823,27	
	Demanda Não Utilizada Ponta	11,95	R\$ 32,44	R\$ 387,66	
Demanda Não Utilizada F. Ponta	11,95	R\$ 14,60	R\$ 174,47		

Fonte: Autor.

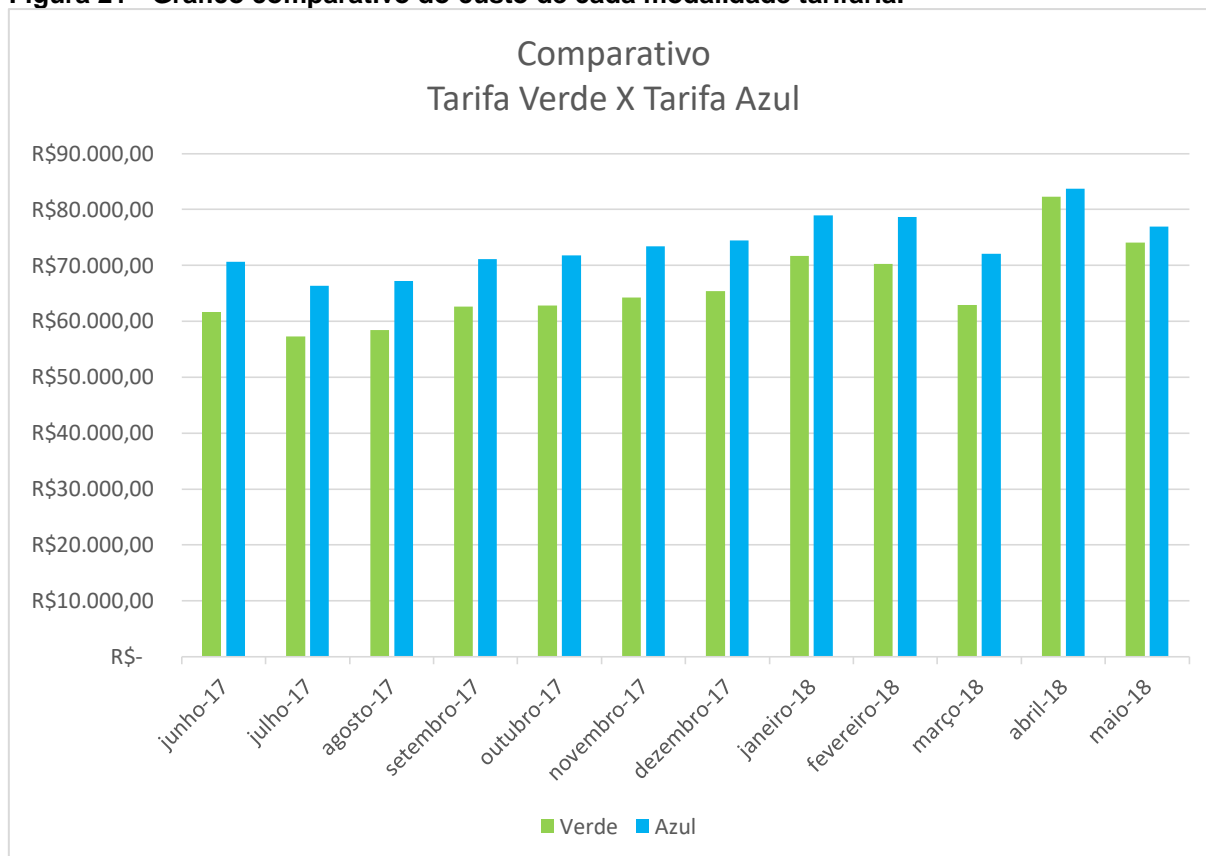
**Tabela 3 - Valores totais por modalidade tarifária.**

Mês	Verde	Azul
maio-18	R\$ 74.063,12	R\$ 76.931,97
abril-18	R\$ 82.260,25	R\$ 74.943,06
março-18	R\$ 62.898,72	R\$ 72.072,60
fevereiro-18	R\$ 70.308,05	R\$ 78.687,21
janeiro-18	R\$ 71.701,80	R\$ 78.939,64
dezembro-17	R\$ 65.406,51	R\$ 74.421,46
novembro-17	R\$ 64.257,91	R\$ 73.393,60
outubro-17	R\$ 62.845,59	R\$ 71.818,54
setembro-17	R\$ 62.609,92	R\$ 71.129,66
agosto-17	R\$ 58.398,59	R\$ 67.176,33
julho-17	R\$ 57.335,24	R\$ 66.352,11
junho-17	R\$ 61.581,18	R\$ 70.647,03
<b>Total</b>	<b>R\$ 793.666,87</b>	<b>R\$ 876.513,20</b>

Fonte: Autor.

O gráfico comparativo da Figura 21 mostra a diferença mês a mês entre as duas modalidades tarifárias, sem dúvidas de que o custo com a tarifa azul é superior.

**Figura 21 - Gráfico comparativo do custo de cada modalidade tarifária.**



**Fonte: Autor.**

### 3.3 ANÁLISE DO USO ESPECÍFICO DE ENERGIA ELÉTRICA

Além da análise das faturas é preciso compreender a forma como a energia elétrica é utilizada no estabelecimento, buscando identificar os principais equipamentos que impactam no consumo de energia elétrica e se sua configuração está adequada para o resultado fornecido. No supermercado em questão foram analisados dois sistemas: iluminação e refrigeração.

### 3.3.1 Análise do sistema de iluminação

Segundo Costa (2015) ao analisar o sistema de iluminação é possível utilizar de três métodos: análise por inspeção visual, cálculos teóricos e comparativos por meio da ABNT ISO/CIE 8995-1:2013<sup>3</sup>, ou ainda, análises e cálculos simplificados do número real de lâmpadas e luminárias por meio da medição da iluminância com a utilização de um luxímetro (COSTA, 2015 p.77).

Para análise do sistema de iluminação deste trabalho foi adotado uma metodologia semelhante a de Costa (2015), porém com algumas adaptações, visando facilitar o entendimento e viabilizar uma metodologia de eficiência energética mais simples.

Inicialmente aplicou-se o método da inspeção visual, verificando se as condições de manutenção das lâmpadas e luminárias, bem como das instalações elétricas, estão adequadas. Em seguida foram contabilizadas as quantidades e tipos de lâmpadas utilizadas nas principais áreas de trabalho, realizando-se ainda as medições de iluminância com o luxímetro, comparando-as com os valores de referência contidos na norma. Após traçar o perfil do sistema de iluminação analisou-se a possibilidade de melhorias, mantendo-se ou melhorando os resultados de iluminância, por meio de softwares voltados para projetos luminotécnicos.

#### a) Inspeção Visual

As principais áreas analisadas foram aquelas com maior relevância na operação, como área de vendas, açougue, padaria, corte de frios e áreas de circulação. Na inspeção visual não foram encontrados problemas na parte de instalações elétricas, porém em locais de preparo algumas luminárias herméticas apresentavam sujeira em suas lentes, diminuindo a emissão e distribuição do fluxo luminoso. A Figura 22 mostra uma luminária cuja lente obstruía parte do fluxo luminoso, em comparação com outra em melhor estado.

---

<sup>3</sup> ABNT ISO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de Ambientes de Trabalho. Parte 1: Interior.

**Figura 22 - Luminária com lente difusora suja.**



Fonte: Autor

#### b) Equipamentos e consumo do sistema de iluminação

O estabelecimento utiliza dois tipos principais de lâmpadas fluorescentes, a T5 tubular 54W e T8 tubular 32W. A especificação destes equipamentos foram obtidas por meio dos manuais dos fabricantes. Vale ressaltar que as lâmpadas fluorescentes necessitam de reatores eletrônicos para serem ligadas, desta forma deve ser considerada a potência consumida dos reatores. A Figura 23 mostra uma foto das lâmpadas utilizadas no supermercado e o Quadro 4 descreve suas especificações.

**Figura 23 - Tipos de lâmpadas utilizadas no supermercado.**



Fonte: Autor.



**Quadro 4 - Especificação das lâmpadas utilizadas no supermercado.**

Característica	Lâmpada T5	Lâmpada T8
Marca	OSRAM	PHILIPS
Tipo	Fluorescente	Fluorescente
Potência	54W	32W
Fluxo Luminoso	4.450lm	2.350lm
Eficiência Luminosa	82 lm/W	73 lm/W
Índice de Reprodução de Cor	>80	>60
Temperatura de Cor	4.000K	4.000K
Vida Útil	24.000 h	12.000h
Consumo total com o reator	59W	32,5W

Fonte: Autor, adaptado do manual dos fabricantes OSRAM e PHILIPS.

No total o estabelecimento possui 584 lâmpadas fluorescentes T5 e 131 lâmpadas fluorescentes T8, além de 52 lâmpadas tubulares de LED 20W. A relação dos locais instalados pode ser observada na Tabela 4 que mostra ainda a potência total de 39,494 kW instalada no circuito de iluminação, em um total de 767 lâmpadas.

**Tabela 4 - Quantitativo de lâmpadas por área.**

Área	Qtd. de Luminárias	Lâmpadas por Luminária	Potência Unit.	Potência Unit. c/ reator	Potência Total Instalada
			[W]	[W]	[kW]
Área de Vendas	482	1	54	59	28,438
Estacionamento	36	2	54	59	4,2480
Corte de Frios	4	2	32	32,5	0,2600
Áreas de Circulação	7	2	32	32,5	0,4550
Estoque	15	2	54	59	1,7700
Sala de Produtos Vencidos	6	2	32	32,5	0,3900
Sala de Recebimento	1	2	32	32,5	0,0650
Sala da Liderança	3	2	32	32,5	0,1950
Padaria	15	2	32	32,5	0,9750
Açougue	6	2	32	32,5	0,3900
Refrigerador de Carnes	8	1	20	20	0,1600
Gôndolas Hortifrutí	19	1	32	32,5	0,6175
Refrigerador Iogurtes	44	1	20	20	0,8800
Refrigerador Iogurtes	6	1	32	32,5	0,1950
Refrigerador de Frios	7	1	32	32,5	0,2275
Refrigerador de Bebidas	7	1	32	32,5	0,2275
<b>Total</b>		<b>767 Lâmpadas</b>			<b>39,494 kW</b>

Fonte: Autor

O tempo de funcionamento da iluminação condiz com a operação do supermercado, aproximadamente 16 horas por dia, sendo 480 horas por mês (considerando um mês com 30 dias) e 5.840 horas por ano (365 dias).

Das áreas citadas, a iluminação do estacionamento opera 4 horas por dia, as áreas de recebimento e liderança 8 horas e a iluminação das gôndolas 14 horas (de acordo com o horário de atendimento aos clientes). Portanto o consumo de energia elétrica referente ao sistema de iluminação pode ser calculado de maneira aproximada, obtendo-se os resultados da Tabela 5.

**Tabela 5 - Consumo de energia elétrica do sistema de iluminação.**

Nº	Área	Potência Total Instalada	Horas de Utilização por Dia	Consumo diário	Consumo Mensal
		[kW]	[h/dia]	[kWh/dia]	[kWh/mês]
1	Área de Vendas	28,438	16,0	455,0	13.650,2
2	Estacionamento	4,2480	4,0	17,0	509,8
3	Corte de Frios	0,2600	16,0	4,2	124,8
4	Áreas de Circulação	0,4550	16,0	7,3	218,4
5	Estoque	1,7700	16,0	28,3	849,6
6	Sala de Produtos Vencidos	0,3900	16,0	6,2	187,2
7	Sala de Recebimento	0,0650	8,0	0,5	15,6
8	Sala da Liderança	0,1950	8,0	1,6	46,8
9	Padaria	0,9750	16,0	15,6	468,0
10	Açougue	0,3900	16,0	6,2	187,2
11	Refrigerador de Carnes	0,1600	14,0	2,2	67,2
12	Gôndolas Hortifruti	0,6175	14,0	8,6	259,4
13	Refrigerador logurtes	0,8800	14,0	12,3	369,6
14	Refrigerador logurtes	0,1950	14,0	2,7	81,9
15	Refrigerador de Frios	0,2275	14,0	3,2	95,6
16	Refrigerador de Bebidas	0,2275	14,0	3,2	95,6
Total Parcial		39,4935 kW		574,23 kWh	17.226,75 kWh

**Fonte: Autor.**

Tomando-se como referência o consumo médio de energia elétrica do supermercado (97.234 kWh/mês), a parcela de consumo do sistema de iluminação equivale a 17,72%.

### c) Medição da iluminância

As medições do nível de iluminância foram realizadas com o luxímetro ICEL LD-540 (Figura 24), a uma altura de trabalho de aproximadamente 70 cm, no período noturno e diurno, nas principais áreas de trabalho, como área de vendas (corredores, espaços entre gôndolas e check-out), açougue, padaria e corredores internos. As medições diurnas foram realizadas no dia 12/07/2018, entre 15:00 e 15:40.

A NBR ISO/CIE 8995-1 traz orientações para a realização das medições e elaboração de malhas de cálculo para projetos luminotécnicos, o item 6.1 orienta que “a iluminância deve ser medida em pontos específicos em áreas pertinentes” e se houver repetição nas medições, estas devem ser realizadas no mesmo ponto.

Com o intuito de simplificar a análise, foram estabelecidos uma quantidade menor de pontos, em locais específicos e de maior relevância, e a medição nos dois períodos foram realizadas nos mesmos pontos, evitando-se mudanças ou erros demasiados nos resultados.

**Figura 24 - Luxímetro ICEL LD-540.**



**Fonte: ICEL Manaus.**

Apesar da predominância do sol o supermercado possui poucas entradas para a luz natural, sendo a fachada constituída por vidro e uma das laterais com janelas altas, mesmo assim notou-se uma contribuição significativa da luz natural em todo o ambiente de vendas. A Figura 25 mostra a iluminação da área de vendas.

**Figura 25 - Iluminação da área de vendas.**



**Fonte: Autor.**

Os resultados das medições estão na Tabela 6 e mostram o nível de iluminância noturno e diurno, além disso foi calculado o percentual de contribuição da luz natural na iluminação da área de vendas, conforme a Equação (1) e (2).

$$E_{natural} = E_{dia} - E_{Noite} \quad (1)$$

$$\%E_{natural} = \frac{E_{natural}}{E_{noite}} \times 100 \quad (2)$$

Sendo:

$E_{natural}$ : Iluminância média da luz natural (lux);

$E_{dia}$ : Iluminância média no período diurno (lux);

$E_{noite}$ : Iluminância média no período noturno (lux).

Tabela 6 - Resultado das medições de iluminância média.

Área	Iluminância Média Noturna	Iluminância Média Diurna	Contribuição da Iluminação Natural	Percentual de contribuição da luz natural
Área de Vendas	[lx]	[lx]	[lx]	[%]
Hortifruti	975	986	11	1,08%
Corredor 1	603	926	324	53,69%
Corredor 2	705	801	96	13,55%
Corredor 3	751	840	89	11,85%
Corredor 4	603	699	97	16,02%
Corredor 5	647	744	97	14,99%
Corredor 6	611	699	88	14,40%
Corredor 7	640	738	98	15,31%
Corredor 8	410	725	315	76,94%
Corredor 9	532	646	115	21,54%
Corredor 10	532	678	147	27,56%
Corredor 11	503	612	110	21,79%
Corredor 12	532	627	95	17,87%
Corredor 13	629	698	69	10,97%
Corredor 14	607	722	115	18,96%
Corredor 15	587	744	157	26,77%
Entrada	737	1315	578	78,51%
Check-out	737	1089	352	47,76%
<b><i>Média</i></b>	<b><i>630</i></b>	<b><i>794</i></b>	<b><i>164</i></b>	<b><i>27,20%</i></b>
Padaria	200			
Açougue	221			
Corredores Internos	50			
Estoque	77			
Estacionamento	75			

Fonte: Autor.

Com base na norma NBR ISO/CIE 8995-1 verificou-se que a área de vendas do supermercado está acima da média sugerida, de acordo com o item 5 da norma e mostrado no Quadro 5. Vale ressaltar ainda que a iluminação do supermercado deve trazer algumas particularidades, valorizando os produtos e ajudando a torna-los mais atrativos, criando cenários distintos nos mais variados ambientes.

Portanto, mesmo que os valores encontrados estejam acima da média sugerida, as propostas de melhorias seguintes visam respeitar os níveis de iluminância já existentes na loja, entendendo-se que esse é o conceito adotado pelo estabelecimento (exceto para as áreas de preparo).

**Quadro 5 - Níveis de iluminância sugeridos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, sendo  $E_m$  a iluminância média em lux e  $R_a$  o índice de reprodução de cor.**

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$E_m$ [lux]	$R_a$
<b>1. Áreas gerais da edificação</b>		
Áreas de circulação e corredores	100	40
Depósito, estoques, câmaras frias	100	60
<b>3. Padarias</b>		
Preparação e fornada	300	80
<b>8. Indústria de Alimentos</b>		
Locais de trabalho e zonas para abatedouros, açougues, leiteiras, área de filtragem, em refinarias de açúcar	500	80
<b>23. Varejo</b>		
Área de vendas grande	500	80
Área da caixa registradora	500	80
<b>27. Estacionamentos públicos (internos)</b>		
Estacionamento	75	40

Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Foi realizado uma comparação entre os níveis de iluminância medidas no supermercado (no período noturno) e os níveis de referência estabelecidos pela norma e organizadas no Quadro 6.

**Quadro 6 - Comparação dos níveis de iluminância pela norma.**

Área	Iluminância média conforme a norma [lux]	Iluminância média medida [lux]
Área de vendas	500	630
Padaria	300	200
Açougue	500	221
Corredores	100	50
Estoque	100	77
Estacionamento	75	75

Fonte: Autor

#### d) Melhorias aplicáveis no sistema de iluminação

Como observado no Quadro 6 alguns setores apresentam níveis de iluminância abaixo daqueles descritos na norma. Costa (2015) implementa em seu trabalho o cálculo por meio da Equação (3) para definir o número de luminárias necessárias afim de se obter o mínimo de iluminância sugerido pela norma. Esta metodologia será uma das formas de se analisar melhorias no sistema de iluminação neste trabalho.

$$N_{LM} = \frac{E_{NBR} * A}{n * f * U * F_{PL}} \quad (3)$$

Onde:

$N_{LM}$ : Número mínimo de luminárias conforme a Norma (unidades);

$E_{NBR}$ : Valor mínimo da Iluminância (lux) para o local segundo a Norma ABNT ISO/CIE 8995-1;

A: Área (m<sup>2</sup>)

n: Número de lâmpadas por luminária;

f: Fluxo luminoso da lâmpada (lm);

U: Fator de Utilização;

$F_{PL}$ : Fator de perdas luminosas.

O Fator de Utilização (U) é determinado pela composição entre os índices de refletância (teto, paredes e piso) e o Índice do Local (K), demonstrado na Equação (4). Posteriormente utiliza-se uma tabela (Figura 26), para determinar o Fator de Utilização (COSTA, 2015 p.79).

$$K = \frac{C * L}{h * (C + L)} \quad (4)$$

Sendo:

C: Comprimento do ambiente (m);

L: Largura do ambiente (m);

h: Distância vertical entre o plano de trabalho e a luminária ou lâmpada (m).

**Figura 26 - Tabela para determinação do Fator de Utilização (U).**

TETO	ÍNDICE DE REFLETÂNCIA DA SUPERFÍCIE								
	70 %			50 %			30 %		
PAREDE	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %	0 %
PISO	10 %			10 %			10 %		0 %
K	FATOR DE UTILIZAÇÃO								
0,60	0,40	0,35	0,32	0,40	0,35	0,32	0,35	0,32	0,30
0,80	0,48	0,43	0,39	0,47	0,42	0,39	0,42	0,39	0,37
1,00	0,53	0,49	0,45	0,52	0,48	0,45	0,48	0,45	0,43
1,20	0,58	0,54	0,51	0,57	0,53	0,50	0,53	0,50	0,48
1,50	0,62	0,58	0,55	0,61	0,57	0,54	0,56	0,54	0,52
2,00	0,67	0,64	0,61	0,66	0,63	0,61	0,62	0,60	0,58
2,50	0,70	0,68	0,65	0,69	0,66	0,64	0,65	0,64	0,62
3,00	0,72	0,70	0,67	0,71	0,69	0,67	0,68	0,66	0,64
4,00	0,73	0,71	0,68	0,73	0,72	0,70	0,70	0,69	0,67
5,00	0,74	0,72	0,69	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,69

Fonte: Adaptado de COSTA, 2015.

O Fator de perda luminosa ( $F_{PL}$ ) é determinado conforme as condições do ambiente onde as luminárias serão instaladas, se o mesmo exigira manutenção ou limpeza constante nos equipamentos. Pode ser utilizado um índice de 0,80 para locais limpos; 0,70 locais de limpeza média; e 0,60 para ambientes muito sujos.

O Quadro 7 mostra a relação de áreas analisadas e seus respectivos Fatores de Utilização, obtidos conforme destacado na Figura 26, e o Fator de perdas luminosas.

**Quadro 7 - Determinação dos Fatores de Utilização e Perda Luminosa.**

Área	K	Índice de Refletância				Fator de Perda Luminosa	U x $F_{PL}$
		Teto	Parede	Piso	U		
Padaria	5	50%	50%	10%	0,75	0,70	0,525
Açougue	4				0,73	0,70	0,511
Circulação (interno)							
Circulação 01	3				0,71	0,70	0,497
Circulação 02	3				0,71	0,70	0,497
Estoque	5				0,75	0,70	0,525

Fonte: Autor.

Uma vez obtidos os valores de U e  $F_{PL}$  é preciso determinar o tipo de lâmpada ou luminária a ser utilizada. Para comparar os equipamentos foram escolhidos três tipos de iluminação: a lâmpada fluorescente 32W, lâmpada LED 20W e luminária hermética LED. As luminárias instaladas em áreas de preparo devem ser herméticas (fechadas), por determinação da vigilância sanitária.

Em caso da utilização de lâmpadas é necessário considerar duas por luminária, a lâmpada hermética de LED possui módulos instalados na própria luminária. É possível observar na Tabela 7 o estudo comparativo entre os sistemas propostos, os quantitativos foram arredondados para valores superiores quando resultaram em número fracionados e a comparação de cada produto é observado no Quadro 8. A Figura 27 mostra o layout do supermercado para identificar os setores analisados.



Tabela 7 - Estudo quantitativo de lâmpadas e luminárias para as áreas de preparo.

Ambiente	ENBR [lux]	Área [m <sup>2</sup> ]	Quantidade Existente	Fluorescente	Lâmpada LED	Luminária
				2x32W 4700lm	2x20W 4200lm	Hermética LED 33W 3900lm
Padaria	300	112,00	15	14	16	17
Açougue	300	36,35	6	5	6	6
Área de circulação						
Corredor 1	100	63,97	4	3	4	4
Corredor 2	100	54,74	3	3	3	3
Estoque	100	180,00	15	12	14	15
Total				33	38	39

Fonte: Autor.

Quadro 8 - Comparação das características dos equipamentos de iluminação.

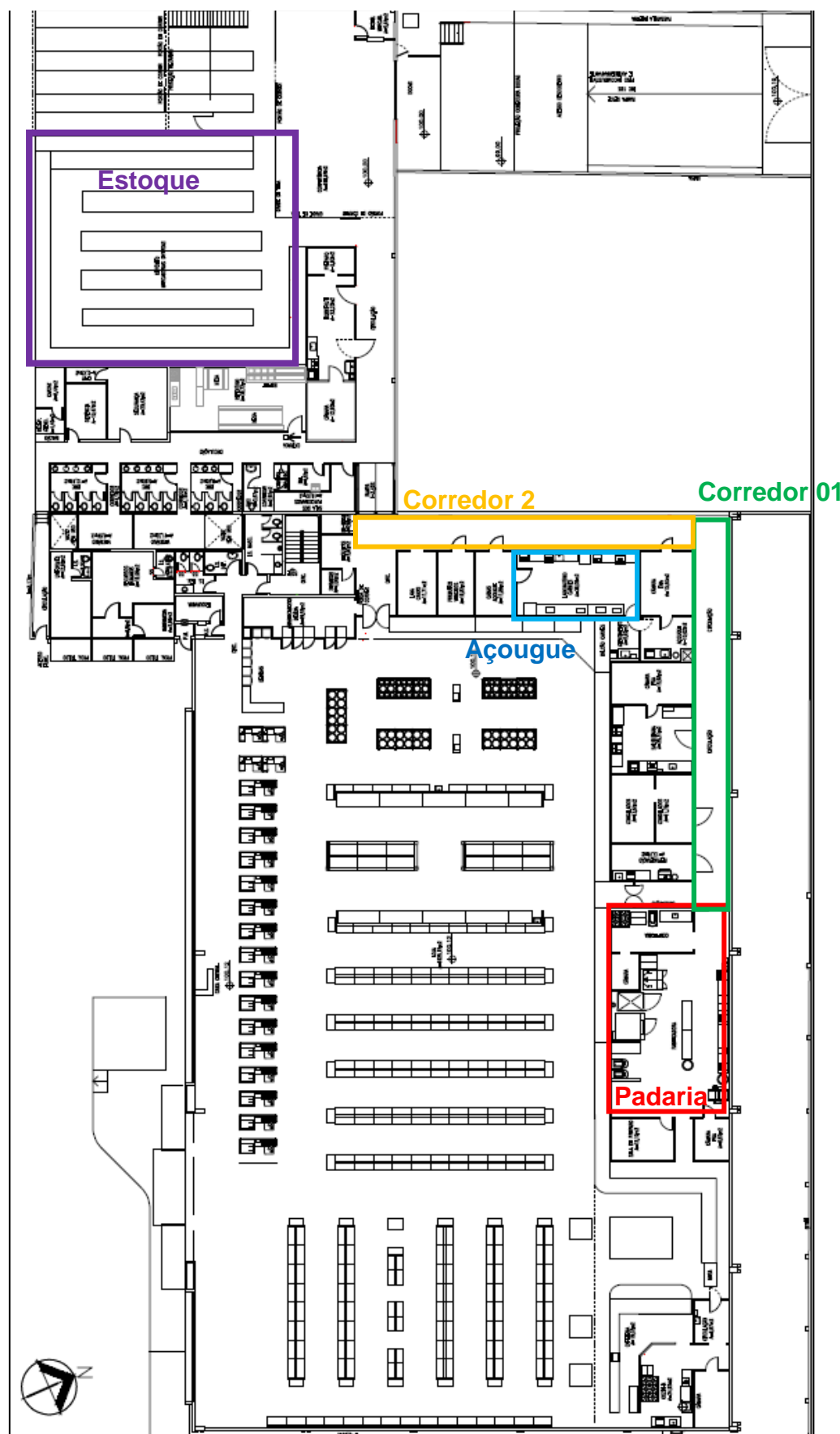
Características	Fluorescente	Lâmpada LED	Luminária LED
Luminária Hermética com lâmpadas ou LED integrado			
Marca	PHILIPS	PHILIPS	PHILIPS
Modelo	TLDRS32W-CO-25	Master LEDtube	BCW062 LED39
Potência	32W	18W	33W
Fluxo Luminoso	2.350 lm	2.100 lm	3.900 lm
Eficiência Luminosa	73 lm/W	117 lm/W	118 lm/W
Fator de Potência	0,97*	0,92	>0,90
Vida útil	12.000 horas	40.000 horas	50.000 horas
Índice de Reprodução de Cor	>60	>82	>80
Quantidade estimada	66	76	39
Potência total estimada	2.112W	1.368W	1.287W

\*Fator de potência do reator

Fonte: Autor, adaptado do manual do fabricante PHILIPS.

Percebe-se que o quantitativo de luminárias calculadas, em alguns casos, é menor ou igual a quantidade já existente, evidenciado a depreciação dos equipamentos já instalados.

Figura 27 - Planta baixa com o layout do supermercado e marcação dos setores analisados.



Fonte: Autor.

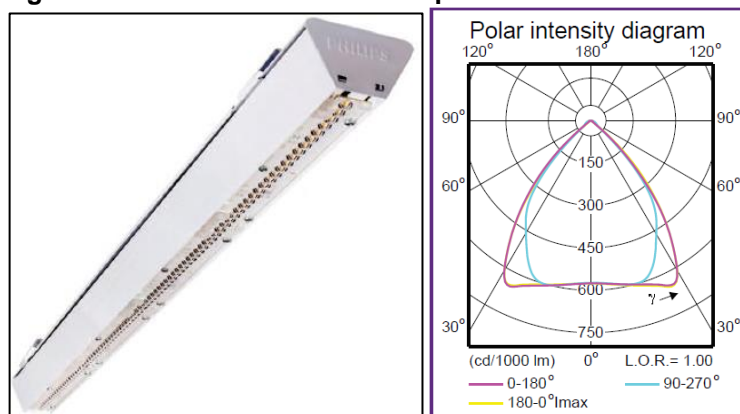
É possível analisar alternativas para a iluminação também por meio de softwares específicos. Para demonstrar este outro método foi utilizado o programa computacional DIALux EVO, versão 8.0. Foi preciso modelar o ambiente e utilizar de arquivos em formato ies que contém a curva fotométrica da luminária e simular a iluminação do ambiente, fornecendo os níveis de iluminância e permitindo adequações de posicionamentos antes do início das obras ou reformas. A área de vendas foi selecionada para esta análise.

Com intuito de reduzir o número de manutenções ou a necessidade de remanejar as instalações elétricas, considerou-se o mesmo posicionamento das luminárias existentes, que estão instaladas a uma altura de aproximadamente 6 metros, em 11 linhas de perfilados distanciados a 2,5m entre si. Basicamente cada linha de perfilado é preenchida por inteira por luminárias, como observado na Figura 25.

O produto escolhido para a simulação possui módulos de LED integrados em seu corpo, com lentes que permitem o direcionamento da luz ao ambiente, resultando em uma eficiência fotométrica superior às lâmpadas fluorescentes ou LED, que tendem a direcionar parte de seu fluxo luminoso para cima. Além disso, a luminária possibilita a integração com sistemas automatizados de dimerização, algo relevante uma vez que as análises anteriores mostraram a influência da iluminação natural de quase 30% (Tabela 7) na área de vendas.

A Figura 28 mostra a luminária BN300P da marca PHILIPS, e suas características são mostradas logo em seguida no Quadro 9, de maneira comparativa a tecnologia existente na loja. Na Figura 29 a tela de simulação do programa DIALux.

**Figura 28 - Luminária de LED Philips BN300P e sua curva fotométrica.**



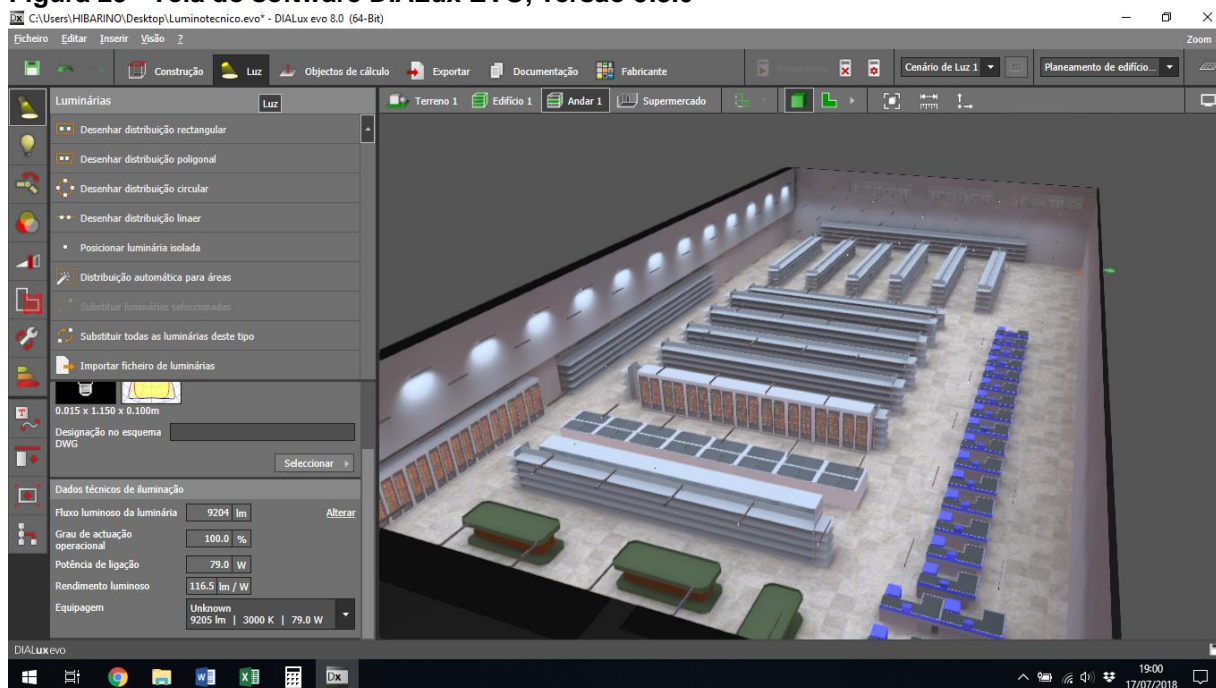
Fonte: PHILIPS.

**Quadro 9 - Comparação das características da luminária LED e lâmpada convencional.**

Características	Fluorescente	Luminária LED
		
Marca	OSRAM	PHILIPS
Modelo	LUMILUX T5 HO	BN300P
Potência	54W	69W
Fluxo Luminoso	4.450 lm	9.200 lm
Eficiência Luminosa	82 lm/W	133 lm/W
Temperatura de Cor	4.000K	4.000K
Fator de Potência	>0,99*	>0,92
Vida útil	24.000 horas	70.000 horas
Índice de Reprodução de Cor	>80	>80

Fonte: OSRAM e PHILIPS.

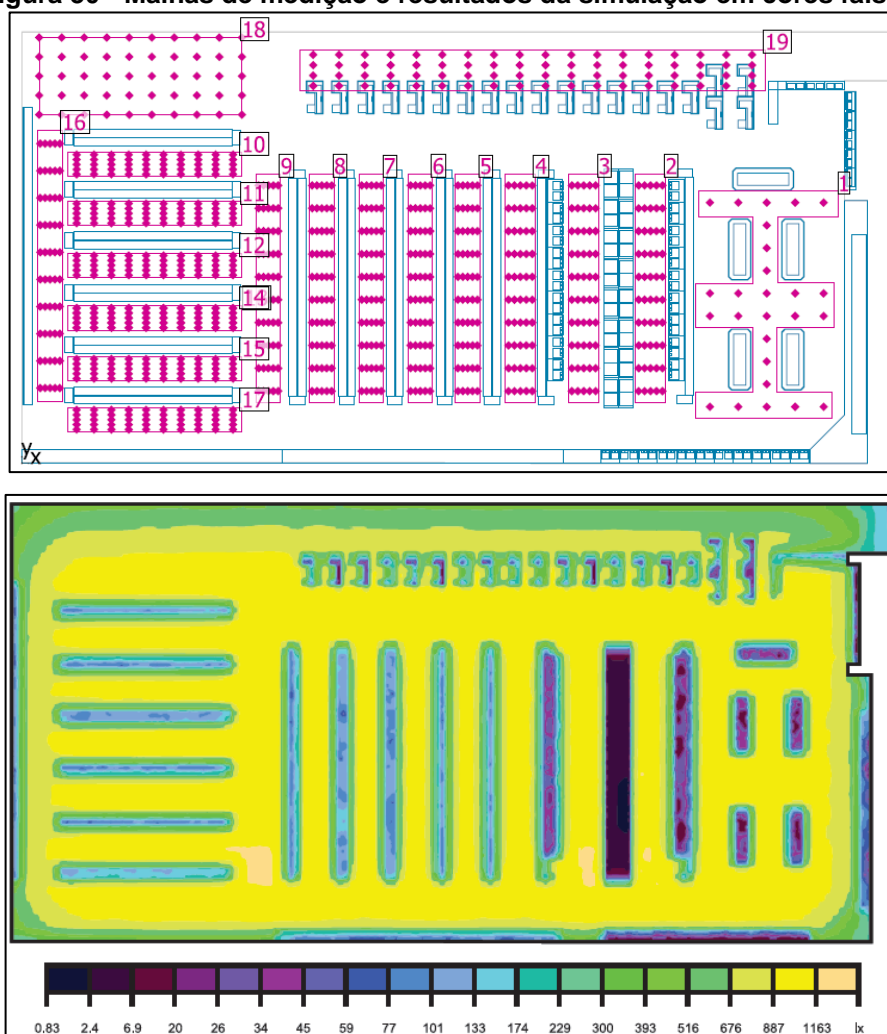
**Figura 29 - Tela do software DIALux EVO, versão 5.8.0**



Fonte: Autor.

De acordo com os resultados da simulação é possível obter melhores resultados com a luminária escolhida, em menor quantidade e com uma redução significativa de potência instalada. O relatório gerado pelo programa fornece os níveis de iluminância média nas malhas de medições colocadas em cada setor do supermercado, conforme a Figura 30.

Figura 30 - Malhas de medição e resultados da simulação em cores falsas.



Fonte: Autor.

Os resultados da simulação podem ser observados na Tabela 8 e mostram a possibilidade de melhorar o nível médio de iluminância da área de vendas em 56%. Atualmente a loja conta com 28,438kW de potência instalada neste setor e segundo os valores quantitativo projetados com a luminária de LED (153 luminárias BN300P) é possível reduzir quase 63% deste valor, ou seja, a potência instalada passaria a ser de 10,557kW.

Caso seja implementado algum sistema automatizado de dimerização, a economia de energia elétrica poderia ser ainda maior, uma vez que o sistema de iluminação artificial poderia operar a 70% de sua capacidade, enquanto os outros 30% seriam complementados com a iluminação natural.

**Tabela 8 - Resultado da simulação em comparação com o sistema existente.**

Área	Iluminância Média Atual [lx]	Iluminância Média Projetada [lx]
Área de Vendas		
Hortifruti	975	1073
Corredor 1	603	1063
Corredor 2	705	1091
Corredor 3	751	1000
Corredor 4	603	917
Corredor 5	647	962
Corredor 6	611	962
Corredor 7	640	1078
Corredor 8	410	1137
Corredor 9	532	791
Corredor 10	532	972
Corredor 11	503	1004
Corredor 12	532	1006
Corredor 13	629	1035
Corredor 14	607	1066
Corredor 15	587	1023
Entrada	737	733
Check-out	737	806
Média	630	984

**Fonte: Autor.**

É possível ainda substituir as lâmpadas dos refrigeradores e expositores por lâmpadas de LED, esta mesma lâmpada pode ser substituída na mesma quantidade das lâmpadas já existentes em áreas que não foram contempladas nos estudos anteriores. Na Tabela 9 estão relacionadas as quantidades e reduções de potência, caso sejam implementadas as mudanças sugeridas e no Quadro 10 uma estimativa de economia em valores monetários, utilizando--se o custo no horário de ponta e fora de ponta.

**Quadro 10 - Estimativa de economia no sistema de iluminação.**

Potência instalada [kW]	39,494	39,494	18,470	18,470
	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta
Horas	11	3	11	3
kWh/dia	434,434	118,482	203,170	55,410
Custo Unitário	R\$0,50774	R\$0,95000	R\$0,50774	R\$0,95000
Custo total Mensal	R\$6.617,39	R\$2.476,27	R\$3.094,73	R\$1.158,07
Custo total mensal	R\$9.093,66		R\$4.252,80	
Economia	R\$ 4.840,86			
% redução	46,77%			

**Fonte: Autor.**

**Tabela 9 - Comparação das quantidades atuais e projetadas para o sistema de iluminação.**

Área	Qtd. Lâmpadas Atual	Potência por lâmpada	Qtd. De Lâmpadas Projetadas	Potência por lâmpada	Total Potência Instalada Atual	Total Potência Instalada Projetado
	[UN]	[W]	[UN]	[W]	[kW]	[kW]
Área de Vendas	482	59	153	69	28,438	10,557
Estacionamento	72	59	72	59	4,2480	4,2480
Estoque	30	59	15	33	1,7700	0,4950
Corte de Frios	8	32,5	8	18	0,2600	0,1440
Áreas de Circulação	14	32,5	7	33	0,4550	0,2310
Sala de Produtos Vencidos	12	32,5	12	18	0,3900	0,2160
Sala de Recebimento	2	32,5	2	18	0,0650	0,0360
Sala da Liderança	6	32,5	6	18	0,1950	0,1080
Padaria	30	32,5	15	33	0,9750	0,4950
Açougue	12	32,5	6	33	0,3900	0,1980
Refrigeradores e Expositores	39	32,5	39	18	1,2675	0,7020
Refrigerador de Carnes	8	20	8	20	0,1600	0,1600
Refrigerador Iogurtes	44	20	44	20	0,8800	0,8800
Total Parcial	759		387		39,494	18,470

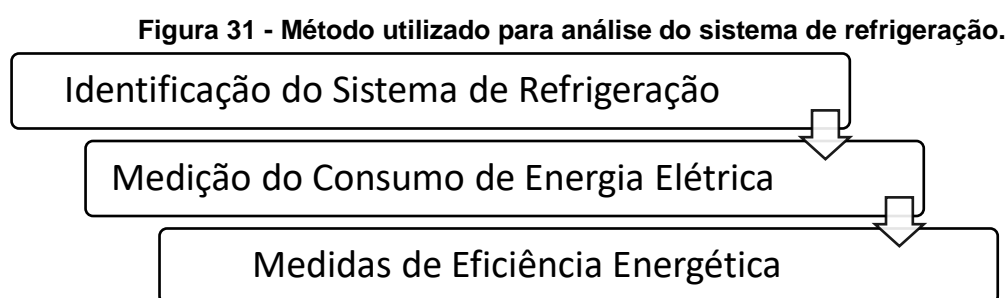
**Fonte: Autor.**

Observa-se que, com as medidas propostas, há uma estimativa de redução de 53,23% na potência instalada e na economia anual, somente no sistema de iluminação. Vale ressaltar outras vantagens e desvantagens, tais como:

- Investimento inicial alto para substituição dos equipamentos;
- O tempo de vida útil das luminárias propostas são maiores, com uma durabilidade de 7 a 14 anos, dependendo do equipamento, para uma operação de 5.110 horas anuais (14 horas por dia);
- Menor número de manutenções;
- Redução no consumo e no custo com a energia elétrica.

### 3.3.2 Análise do sistema de refrigeração

A análise do sistema de refrigeração do supermercado foi adaptada do Manual Prático de Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração (Pirani e Venturini, 2005), e do livro Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações (Viana et al, 2012), e simplificada com o intuito de trazer um panorama geral sobre o consumo de energia elétrica do sistema de refrigeração em supermercados. Na Figura 31 estão descritas as etapas adotadas para o estudo deste sistema, tais como: identificação dos sistemas utilizados, medição do consumo de energia elétrica e análise de medidas para verificação e melhoria no sistema de refrigeração.



**Fonte: Adaptado de Pirani e Venturini (2005), e Viana et al (2012).**

A primeira etapa consiste na identificação dos equipamentos utilizados e compreensão de sua operacionalidade, entendendo sua forma de funcionamento e aplicações.

Na etapa seguinte é realizada instalação de equipamentos que permitam medir o consumo de energia elétrica dos sistemas de refrigeração.

Por fim foram analisadas as possibilidades de melhorias, focadas em eficiência energética, baseadas no Manual Prático de Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração.

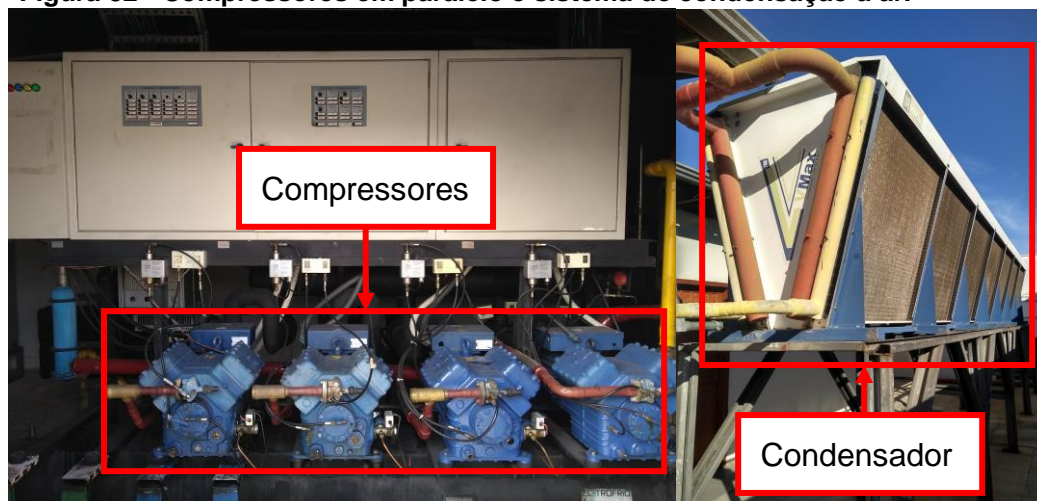
#### a) Identificação do sistema de refrigeração

O supermercado conta com dois sistemas de refrigeração um deles responsável pelo resfriamento dos balcões expositores e câmaras frias (Sistema A), e o outro é responsável pela conservação de alimentos congelados (Sistema B).



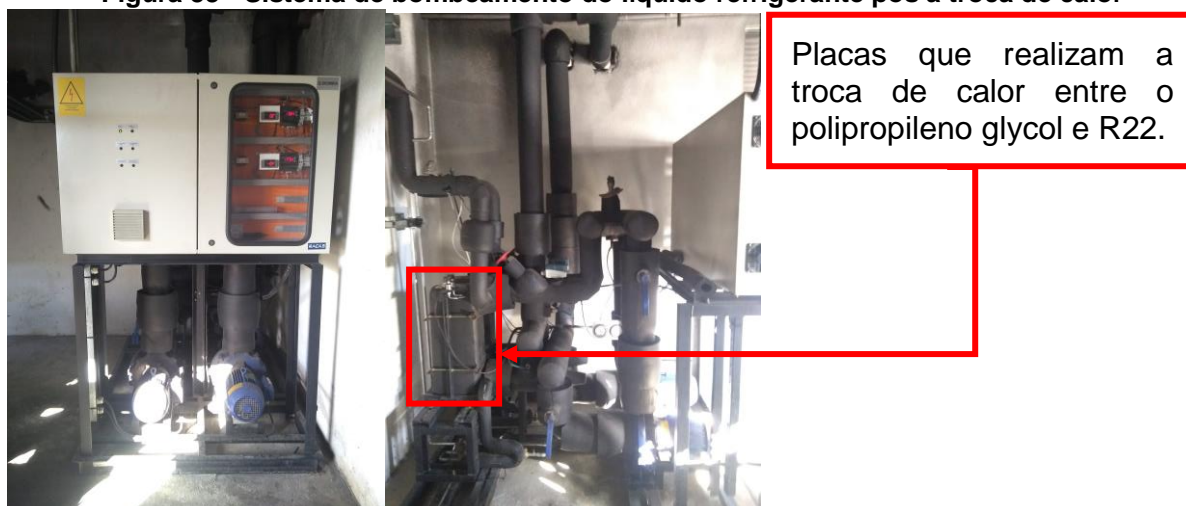
O primeiro é um sistema de refrigeração (Figura 32) por expansão indireta que utiliza o gás R22 e o propileno glycol. O sistema conta com um conjunto de quatro compressores em paralelo e um sistema de condensador ar, além de dois motores para bombeamento do fluido. Na Figura 32 está uma foto dos compressores e do condensador, na Figura 33 está a foto do sistema de bombeamento do líquido refrigerante.

**Figura 32 - Compressores em paralelo e sistema de condensação a ar.**



Fonte: Autor.

**Figura 33 - Sistema de bombeamento do líquido refrigerante pós a troca de calor**



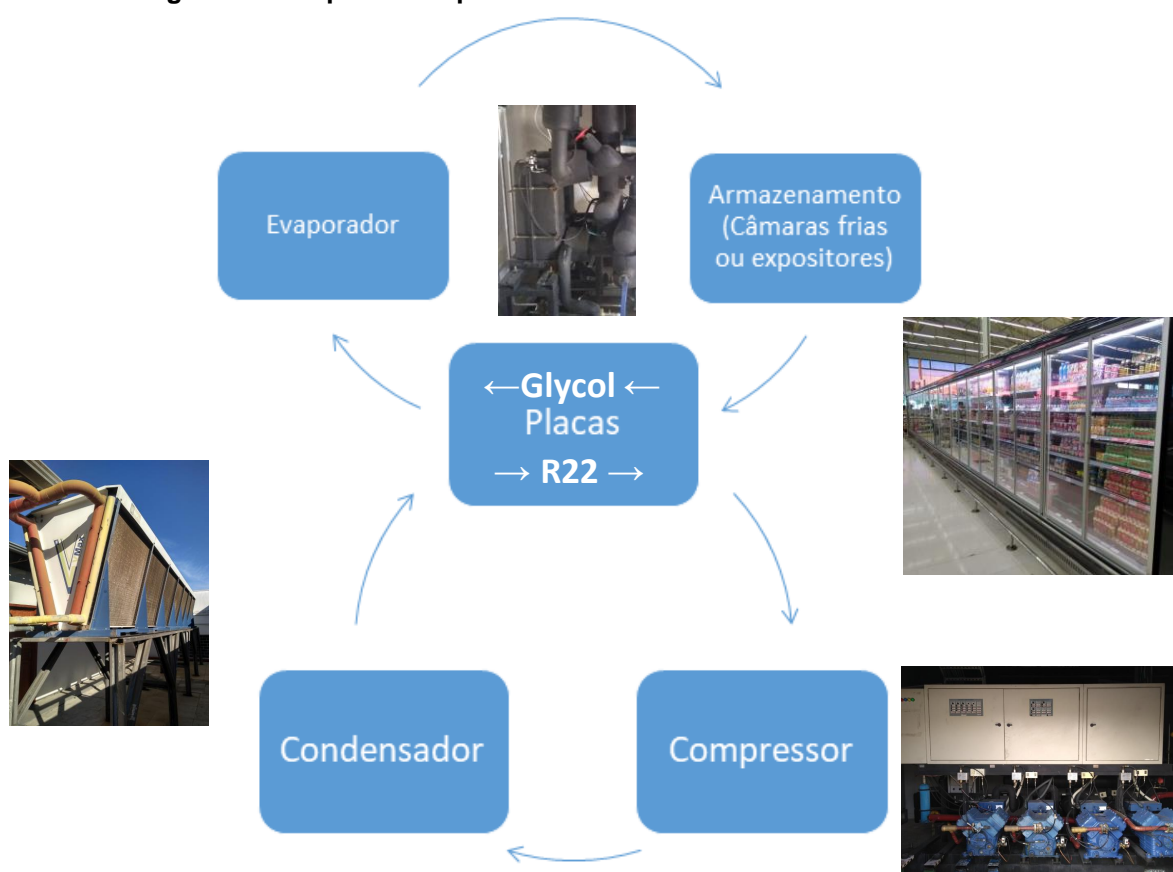
Fonte: Autor.

No sistema de expansão indireta o ambiente é resfriado ou condicionado por um fluido secundário, neste caso o propileno glycol, não sendo o refrigerante com o qual opera o ciclo. O gás refrigerante R22 é o que resfria o líquido que circulará pelos

expositores e absorverá o calor do meio, esta troca de calor entre o R22 e o glicol é realizada por meio das placas destacadas na Figura 33.

O glicol é resfriado pelo R22 e bombeado até as câmaras frias e expositores, onde realiza a troca de calor com o meio, processo auxiliado pelo evaporador, retornando para as placas para ser novamente refrigerado. Em paralelo o R22, ao absorver o calor do glicol e entrar em estado gasoso, é bombeado pelos compressores até o condensado a ar, onde é resfriado e retorno ao estado líquido, sendo novamente levado até as placas. Este ciclo de funcionamento do Sistema A está representado na Figura 34.

**Figura 34 - Esquema simplificado de funcionamento do Sistema A.**



**Fonte: Autor.**

O Sistema B, destinado à conservação de produtos congelados, é um sistema a base de CO<sub>2</sub> (R744) e R134a, em cascata. O modo de operação deste sistema é semelhante ao primeiro, nele o fluido que será distribuído nas câmaras frias e expositores é o CO<sub>2</sub> que será resfriado pelo refrigerante R134a. Na Figura 35 estão as fotos dos equipamentos de refrigeração do Sistema B, utilizado no supermercado.

Figura 35 - Sistema de refrigeração cascata, CO<sub>2</sub> e R134a.

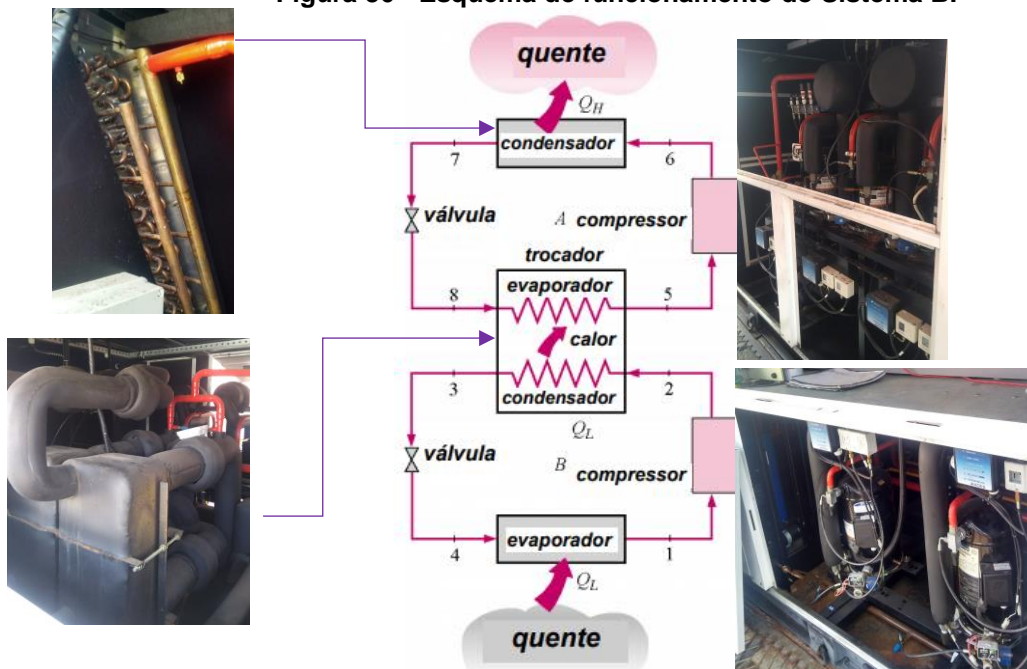


Fonte: Autor.

O ciclo inicia-se com o R134a resfriando o CO<sub>2</sub> que é bombeado até a câmara de congelados e absorve o calor do meio com a atuação do evaporador, tornando-se gasoso e retornando até o trocador de calor, que para o CO<sub>2</sub>, funcionará como um condensador, tornando-líquido novamente.

Em paralelo o R134a, ao absorver calor do CO<sub>2</sub>, torna-se gasoso, os compressores então o direcionam para o condensador a ar e água, transformando-o em líquido novamente, retornando para o trocador de calor. Para o R134a, o trocador de calor funciona como um evaporador. Este ciclo de funcionamento do Sistema B está representada na Figura 36.

Figura 36 - Esquema de funcionamento do Sistema B.



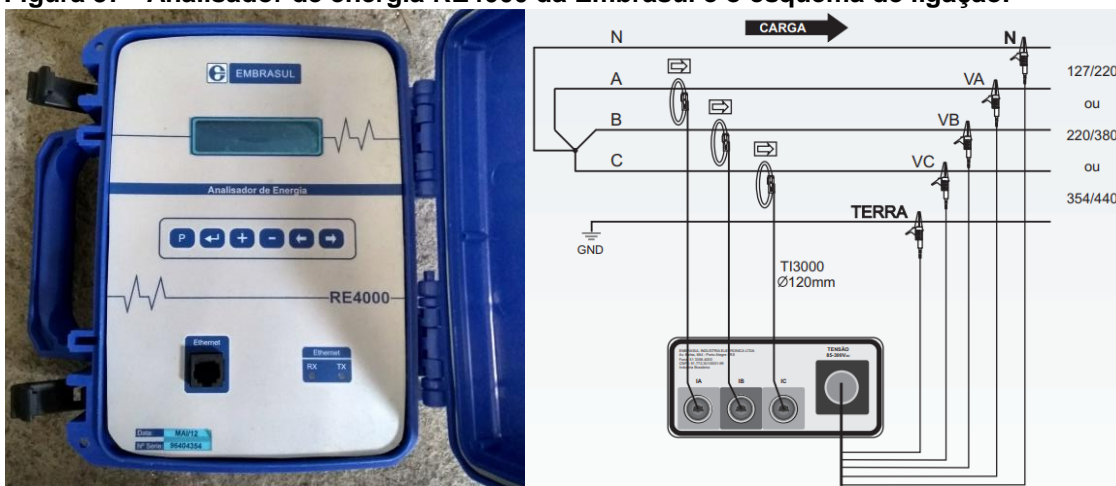
Fonte: Adaptado da aula de Termodinâmica da Escola Politécnica da USP.

## b) Consumo de energia elétrica do sistema de refrigeração

O consumo de energia elétrica dos equipamentos de refrigeração varia de acordo as trocas de calor nos processos e sistemas de armazenagem (câmaras e expositores), além de sofrer influências sazonais da temperatura ambiente.

O ganho de calor determina a quantidade necessária de frio e conseqüentemente o tempo de operação dos compressores, evaporadores e condensadores. Portanto, para estimar o consumo de energia elétrica foi instalado o analisador de energia RE4000 da EMBRASUL no circuito do sistema de refrigeração do supermercado, o esquema de ligação e o equipamento utilizado estão representados na Figura 37.

**Figura 37 - Analisador de energia RE4000 da Embrasul e o esquema de ligação.**

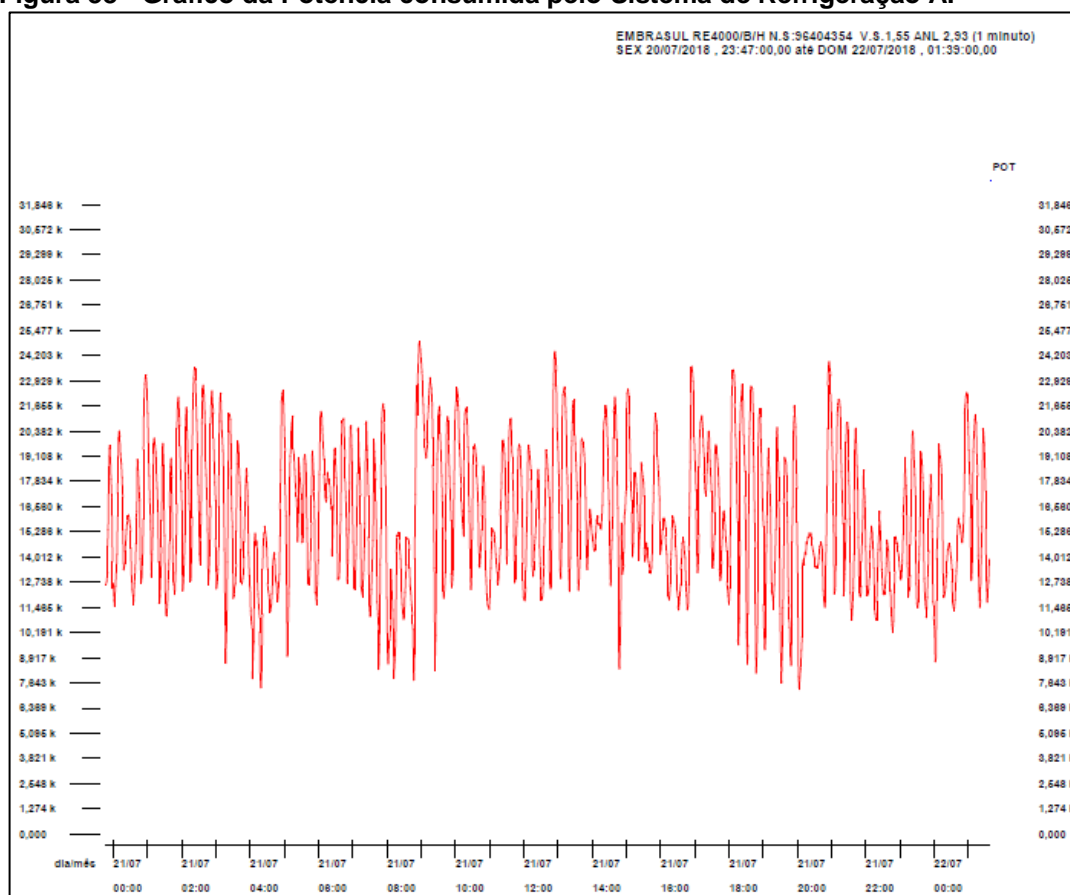


**Fonte: Manual de Instalação e Operação - Analisador de Energia RE4000 (EMBRASUL).**

As medições foram realizadas no período de 20/07/2018, 13:10 até 22/07/2018 às 11:11. Para estimar o consumo mensal de energia elétrica do sistema de refrigeração foi considerado a média destes dois dias. O relatório é gerado pelo Software ANL6000, o mesmo do fabricante do medidor.

A potência consumida do Sistema A está representada na Figura 38 e mostra a variação do consumo no decorrer de um dia com vários picos, o que provavelmente são caracterizados pelo acionamento dos compressores.

**Figura 38 - Gráfico da Potência consumida pelo Sistema de Refrigeração A.**



Fonte: Adaptado pelo autor de ANL6000.

Os analisadores registraram um consumo total de 748,825 kWh do sistema de refrigeração A, como representado no relatório retirado do software na Figura 39.

**Figura 39 - Relatório do Sistema de Refrigeração A.**

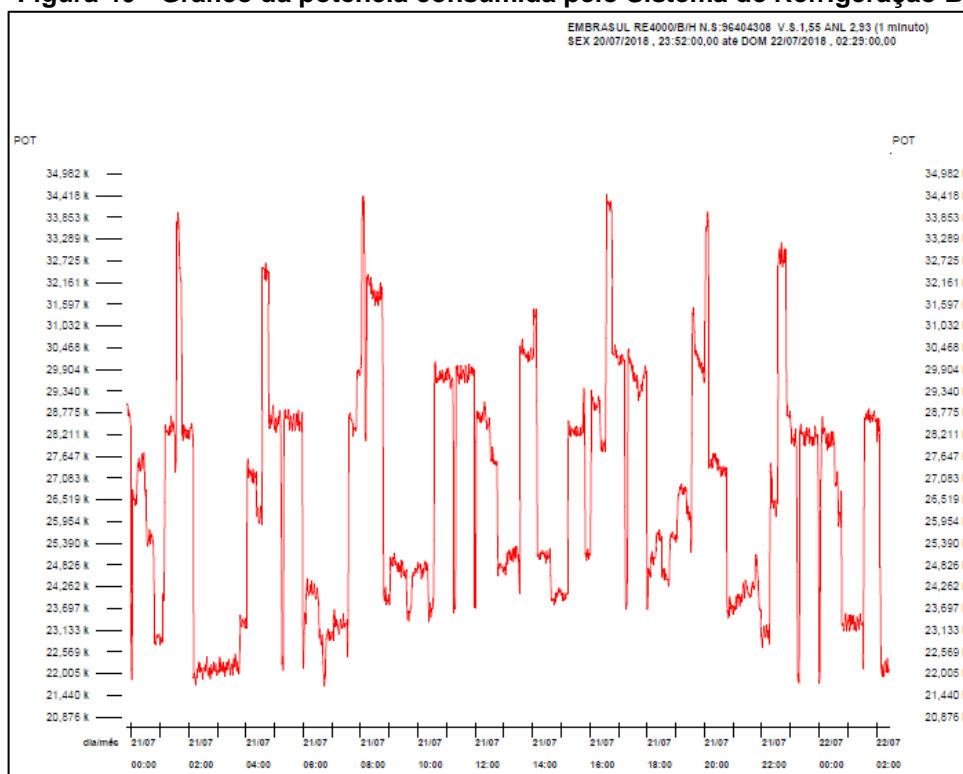
<b>RELATÓRIO SEMANAL (Integração = 1 minuto)</b>				
<b>Intervalo considerado:</b> sexta-feira 20/07/2018 13:13:47,00 até domingo 22/07/2018 11:07:00,00				
<b>Faixas de horário estabelecidas no software</b>				
Intervalo - Fora de ponta:	06:00 - 18:00	21:00 - 24:00		
Intervalo - Ponta:	18:00 - 21:00			
Intervalo - Reservado:	00:00 - 06:00			
<b>Semana: SEX 20/07/2018 a SAB 21/07/2018</b>				
<b>Horário</b>	<b>Consumo [kWh]</b>	<b>Geração [kWh]</b>	<b>Reativa [kVArh]</b>	<b>FP</b>
Ponta	53,768	0,000	51,980	0,719 ind
Fora de ponta	429,143	0,000	411,557	0,722 ind
Reservado	96,689	0,000	95,479	0,711 ind
<b>Total</b>	<b>579,600</b>	<b>0,000</b>	<b>559,016</b>	<b>0,720 ind</b>
<b>Semana: DOM 22/07/2018 a DOM 22/07/2018</b>				
<b>Horário</b>	<b>Consumo [kWh]</b>	<b>Geração [kWh]</b>	<b>Reativa [kVArh]</b>	<b>FP</b>
Ponta	0,000	0,000	0,000	1,000 ind
Fora de ponta	81,071	0,000	81,247	0,706 ind
Reservado	88,155	0,000	93,809	0,685 ind
<b>Total</b>	<b>169,226</b>	<b>0,000</b>	<b>175,056</b>	<b>0,695 ind</b>

Fonte: Adaptado pelo autor de ANL6000.



A potência consumida do Sistema B está representada na Figura 40 e mostra a variação do consumo no decorrer de um dia com vários picos, mas diferentemente do Sistema A, possui um funcionamento mais controlado e constante.

**Figura 40 - Gráfico da potência consumida pelo Sistema de Refrigeração B.**



Fonte: Adaptado pelo autor de ANL6000.

Para o Sistema B, o analisador registrou um consumo de 1227,643 kWh, as informações foram otimizadas no relatório retirado do software e representado na Figura 41.

**Figura 41 - Relatório do Sistema de Refrigeração B.**

<b>RELATÓRIO SEMANAL (Integração = 1 minuto)</b>				
<b>Intervalo considerado:</b> sexta-feira 20/07/2018 13:10:39,00 até domingo 22/07/2018 11:11:00,00				
<b>Faixas de horário estabelecidas no software</b>				
Intervalo - Fora de ponta:	06:00 - 18:00	21:00 - 24:00		
Intervalo - Ponta:	18:00 - 21:00			
Intervalo - Reservado:	00:00 - 06:00			
<b>Semana: SEX 20/07/2018 a SAB 21/07/2018</b>				
<b>Horário</b>	<b>Consumo [kWh]</b>	<b>Geração [kWh]</b>	<b>Reativa [kVAh]</b>	<b>FP</b>
Ponta	82,614	0,000	20,024	0,972 ind
Fora de ponta	698,572	0,000	199,344	0,962 ind
Reservado	155,689	0,000	46,761	0,958 ind
<b>Total</b>	<b>936,876</b>	<b>0,000</b>	<b>266,129</b>	<b>0,962 ind</b>
<b>Semana: DOM 22/07/2018 a DOM 22/07/2018</b>				
<b>Horário</b>	<b>Consumo [kWh]</b>	<b>Geração [kWh]</b>	<b>Reativa [kVAh]</b>	<b>FP</b>
Ponta	0,000	0,000	0,000	1,000 ind
Fora de ponta	133,247	0,000	40,761	0,956 ind
Reservado	157,520	0,000	48,137	0,956 ind
<b>Total</b>	<b>290,767</b>	<b>0,000</b>	<b>88,898</b>	<b>0,956 ind</b>

Fonte: Adaptado pelo autor de ANL6000.

Em um cálculo estimado, o consumo médio mensal do sistema de refrigeração é de 29.647,02 kWh, uma média de 374,4125 kWh/dia para o Sistema A e 613,8215 kWh/dia para o Sistema B. Com relação ao consumo médio total do supermercado (97.234kWh/mês), este valor representa 30,49%.

Vale ressaltar que esta é uma forma aproximada de mensurar o consumo de energia elétrica do sistema de refrigeração, uma vez que há outras variáveis que influenciam nesta operação, inclusive a temperatura ambiente que oscila durante as estações do ano.

### c) Medidas de eficiência energética

De acordo com os relatórios das medições, nota-se que o sistema de refrigeração possui uma grande variação no seu modo de funcionamento, visto as curvas de consumo, isso se deve ao fato da necessidade constante de regular a temperatura que exigem a operação dos compressores em diversos estágios.

O sistema de refrigeração A, a base de glicol e R22, é um sistema antigo e apresenta maiores sinais de desgaste além de apresentar um baixo fator de potência (entre 0,695 e 0,720 indutivo), como é observado no relatório da **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

As medidas de eficiência energética que envolvem o sistema de refrigeração iniciam-se com ações de manutenção preventiva, nela devem ser coletadas informações referente às temperaturas, pressões e níveis de diferentes equipamentos e substâncias (óleos e líquidos refrigerantes), visando identificar falhas ou desgastes.

Em seguida podem ser aplicadas ações quantitativas que envolvem a avaliação de perdas, como por exemplo:

- Dos níveis inadequados de temperatura

Condições de temperatura abaixo do recomendado fazem com que os compressores operem em excesso, a perda de energia por níveis inadequados de temperatura é calculada em função da quantidade de calor retirada em excesso.

$$Q = \dot{V} \cdot \rho_{ar} \cdot C_{par} \cdot \Delta T \text{ [kcal/h]} \quad (5)$$

Em que:

$\dot{V}$  é a vazão do forçador;

$\rho_{ar}$  é massa específica do ar nas CNTP;

$C_{par}$  o calor específico do ar;

$\Delta T$  é a diferença entre a temperatura recomendada e medida.

Assim, como Q é o percentual de perda da capacidade de geração ( $C_G$  em kcal/h), e  $C_m$  é o consumo de energia elétrica do compressor (kWh/mês), é possível calcular a perda:

$$P_t = \frac{Q}{C_G} \cdot C_m [kWh/mês] \quad (6)$$

- Ausência de termostatos e pressostatos

A ausência destes equipamentos de controle faz com o que a operação do sistema de refrigeração seja contínua, desperdiçando energia.

- Perdas por vedação precária em portas e cortinas;

As perdas por vedação precária podem ser calculadas em função da área dos vãos e aberturas pela expressão:

$$Q_{ved} = 150 \cdot A_{est} [kcal/h] \quad (7)$$

Onde  $A_{est}$  é a área, em  $m^2$  dos vãos e aberturas. Uma vez que  $Q_{ved}$  é um percentual da capacidade de geração ( $C_G$ ) a perda em kWh/mês é calculada por:

$$P_{ved} = \frac{Q_{ved}}{C_G} \cdot C_m [kWh/mês] \quad (8)$$

Outras análises possuem cunho qualitativo, ou seja, não podem ser quantificados em termos de consumo de energia, mas uma vez resolvidos resultam na redução de perdas e aumento da eficiência, como por exemplo: a forma de



armazenamento dos produtos nos espaços refrigerados, existência dos forçadores de ar, controle de iluminação interna e fechamento de ilhas e balcões expositores (Pirani e Venturini, 2005).

Os produtos devem ser armazenados de forma a não impedir a circulação do ar frio no ambiente refrigerado, isso diminui o processo de troca de calor e consequentemente a eficiência do sistema (Pirani e Venturini, 2005).

Os forçadores atuam justamente na circulação do ar frio no ambiente, evitando a formação de gelo nos evaporadores. É essencial a presença de sistemas automatizados que desliguem os forçadores de ar com a abertura das câmaras, evitando-se a fuga de ar refrigerado e a entrada de ar quente. A manutenção do evaporador limpo pode reduzir até 20% do consumo de energia (Viana et al, 2012). Este tipo de automação pode ser aplicado na iluminação, desligando a luz quando a porta da câmara é fechada. (Pirani e Venturini, 2005).

Algumas das ações de eficiência energética já são adotadas pelo supermercado, como instalação de sensores automatizados para a iluminação das câmaras frias, utilização de portas em balcões expositores de produtos refrigerados e congelados (Figura 42), utilização de termostatos (Figura 43), e manutenção preventiva em todo o sistema de refrigeração.

**Figura 42 - Balcões expositores fechados.**



**Fonte: Autor.**

**Figura 43 - Termostato em uma das câmaras frias.**



**Fonte: Autor.**

Supondo-se que, com a aplicação das ações propostas, resulte em uma redução de 20% (de 29.647,02kWh/mês para 23.717,16kWh/mês) no consumo de energia elétrica, é possível estimar a economia mensal tendo como base o consumo por hora do sistema de refrigeração (32,94kWh), considerando um mês com 30 dias, 22 dias úteis e 8 finais de semana, aproximadamente 66 horas de ponta e 630 horas fora de ponta.

Com os valores tarifários obtidos na análise em 3.2 a economia mensal seria estimada no valor de R\$3.150,62, conforme os resultados mostrados na Tabela 10

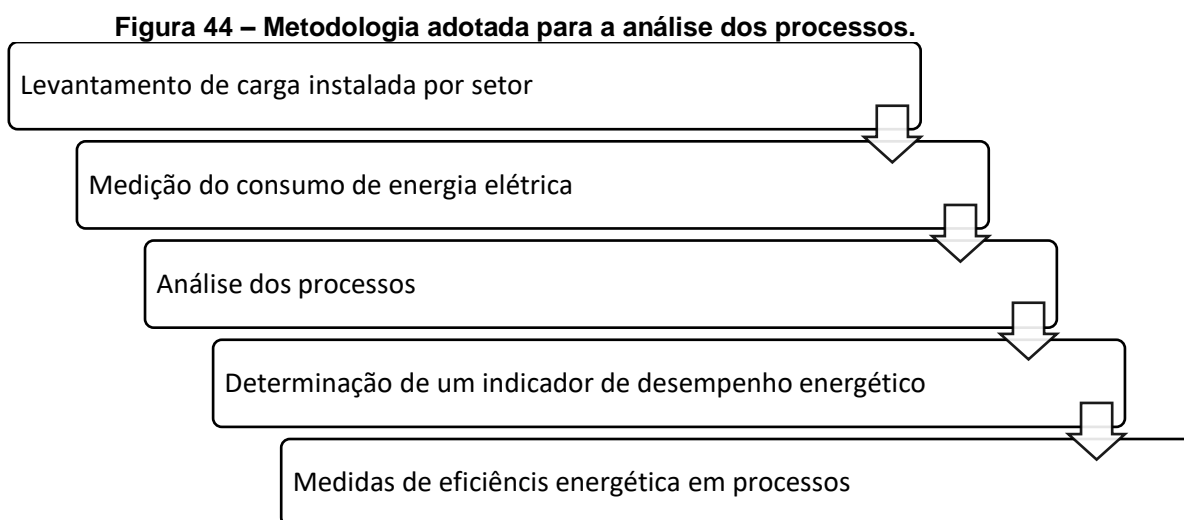
**Tabela 10 - Cálculo da economia no consumo de energia elétrica do sistema de refrigeração.**

	Unidade	Atual	Proposto
<b>Consumo</b>	<b>kWh</b>	41,18	32,94
<b>Fora de ponta</b>	<b>horas</b>	630	630
<b>Ponta</b>	<b>horas</b>	66	66
<b>Tarifa Ponta (GMG)</b>	<b>R\$</b>		0,95
<b>Tarifa F.Ponta</b>	<b>R\$</b>		0,50774
<b>Total Mensal</b>	<b>R\$</b>	15.753,12	12.602,49
<b>Economia Mensal</b>	<b>R\$</b>		3.150,62
<b>Economia Anual</b>	<b>R\$</b>		37.807,48

**Fonte: Autor.**

### 3.4 ANÁLISE DOS PROCESSOS PRODUTIVOS NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Foram realizadas diversas visitas no supermercado com intuito de conhecer os setores de preparo e identificar aqueles com maior consumo de energia elétrica. Para isso foram realizadas diversas etapas (Figura 44) dentre elas: levantamento dos equipamentos utilizados, medição do consumo de energia elétrica no circuito da área escolhida, observação da rotina operacional e dos processos de produção, e recolhimento de informações quanto à produção para a elaboração de um indicador de eficiência energética.



Fonte: Adaptado de Peplow (2017).

#### 3.4.1 Levantamento da carga instalada por setor

Os estudos realizados anteriormente foram necessários para compreender a operacionalidade do estabelecimento e a identificar as áreas, equipamentos e processos com tendência a um maior consumo de energia elétrica. Antes de selecionar uma área como objeto de estudo foi realizado um levantamento de equipamentos instalados em três setores de preparação: açougue, corte de frios e padaria.

Para a obtenção destes dados foram realizadas visitas nos três setores mencionados, com a autorização da diretoria, utilizando-se proteções adequadas visando os cuidados com a higiene, por serem área de preparo e manuseio de alimentos. As informações foram otimizadas no Quadro 11 e contém a relação por área dos equipamentos, quantidades e potência total instalada, permitindo identificar o setor com a maior carga instalada, sendo esta a padaria com aproximadamente 27,94 kW.

**Quadro 11 - Potência total instalada de equipamentos por área de preparo.**

Setor	Equipamento	Potência Nominal [kW]	Qtd.	Potência Total instalada [kW]
Padaria	Estufa de crescimento	8,30	1	8,30
	Amassadeira A-80	5,80	1	5,80
	Amassadeira A-40	3,00	2	6,00
	Forno rotativo	1,50	2	3,00
	Máquina de gelo	1,23	1	1,23
	Resfriador de água	1,16	1	1,16
	Divisora boleadora	1,10	1	1,10
	Modeladora	0,80	1	0,80
	Batedeira	0,55	1	0,55
Corte de Frios	Cortador de Frios tipo A	0,632	1	0,632
	Cortador de Frios tipo B	0,51	1	0,51
	Cortador de Frios tipo C	0,70	1	0,70
	Embaladora	3,30	1	3,30
Açougue	Fatiadora	0,40	1	0,40
	Embaladora	1,98	1	1,98
	Serra Fita	1,50	1	1,50

Fonte: Autor.

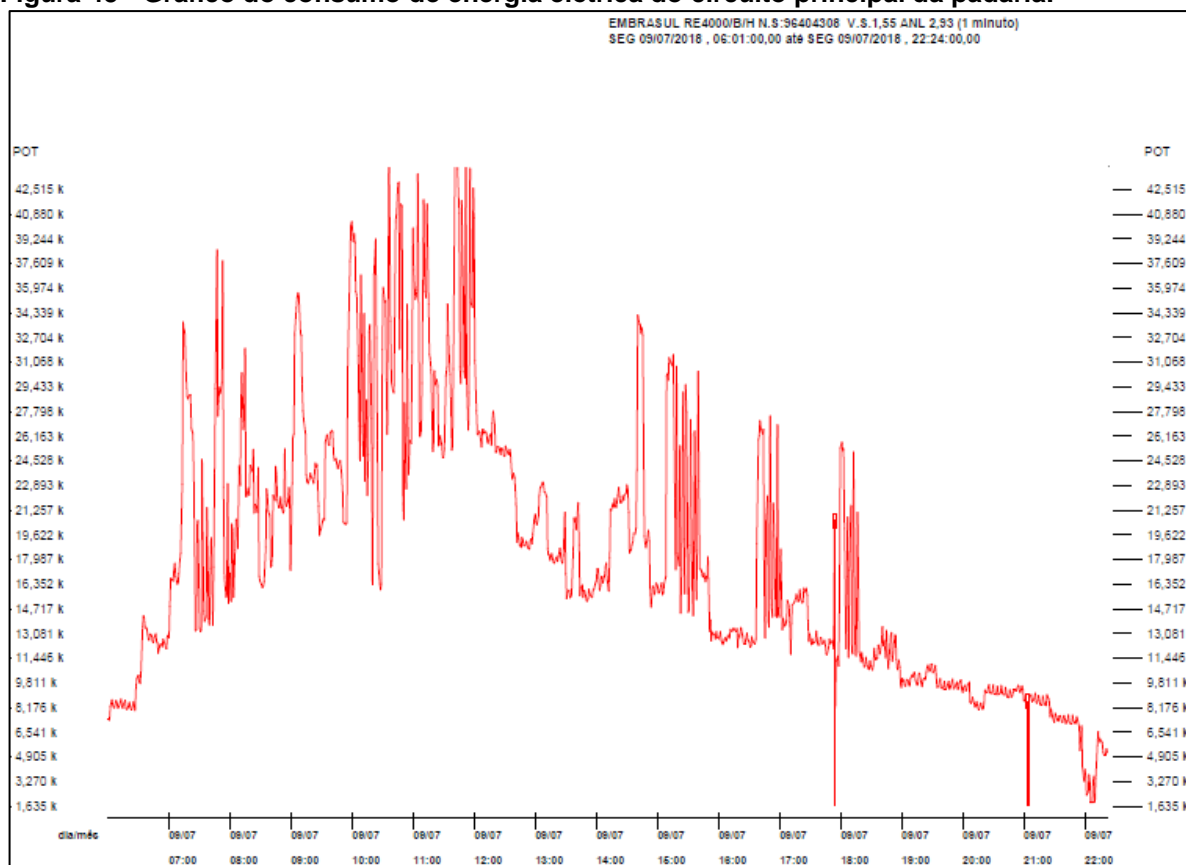
Além de ser o setor com a maior potência instalada de equipamentos, a padaria é a área de preparo com maior continuidade nas operações e utilização das máquinas, sendo assim, a área escolhida como objeto de estudo.

### 3.4.2 Medição do consumo de energia elétrica

O equipamento utilizado para medir o consumo de energia elétrica na padaria é o mesmo mostrado na Figura 37 (RE4000 da EMBRASUL). A instalação do equipamento foi realizada segundo as orientações do fabricante e no circuito elétrico da padaria. As medições contemplam o período entre 07/07/2018 às 10:54 até 20/07/2018 às 13:05.

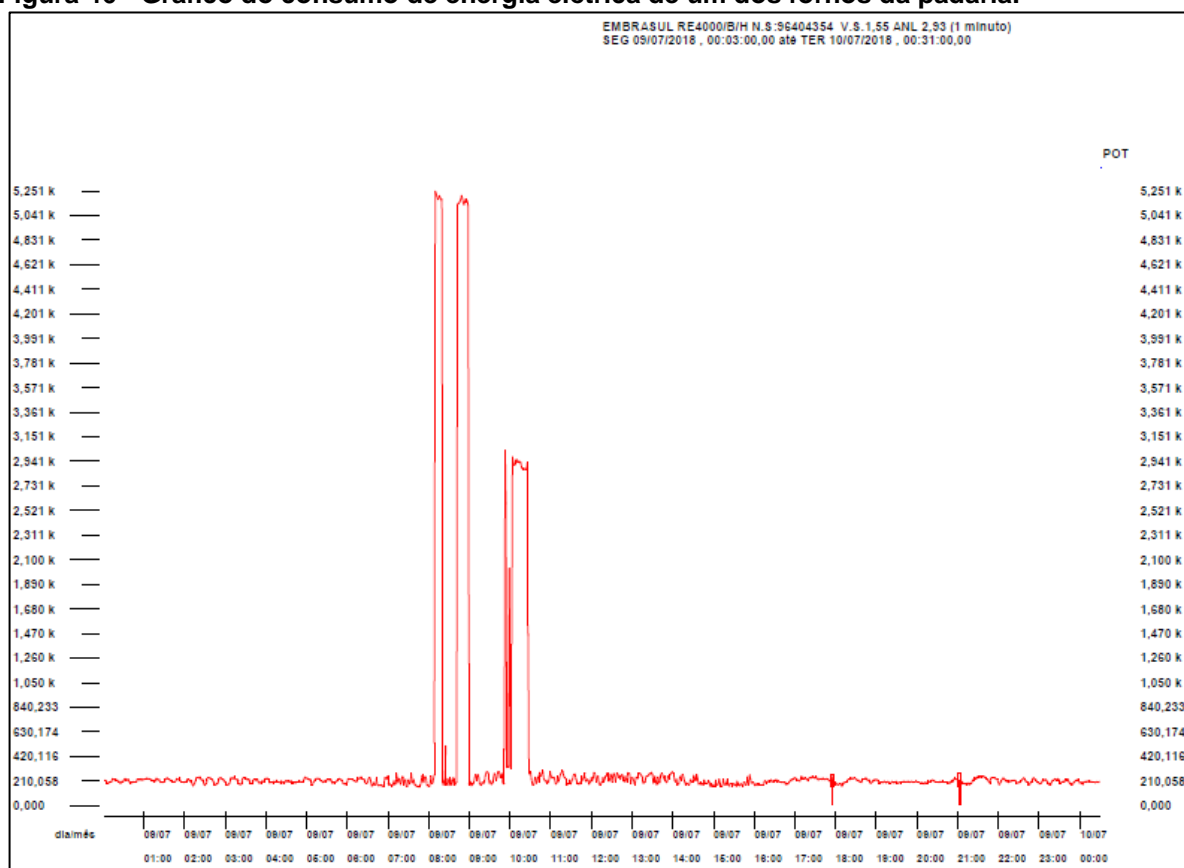
A padaria possui dois circuitos, sendo que um é específico para a utilização de um dos fornos. Ao todo, em 13 dias de medição, a padaria teve um consumo de 4.119,983 kWh, sendo 3.968 kWh para o circuito geral do setor e 151,983 kWh do forno. A Figura 45 mostra o gráfico de consumo do circuito geral da padaria e a Figura 46 do circuito do forno, ambas representam a variação do consumo no decorrer de um dia.

**Figura 45 - Gráfico do consumo de energia elétrica do circuito principal da padaria.**



Fonte: Adaptado do ANL6000.

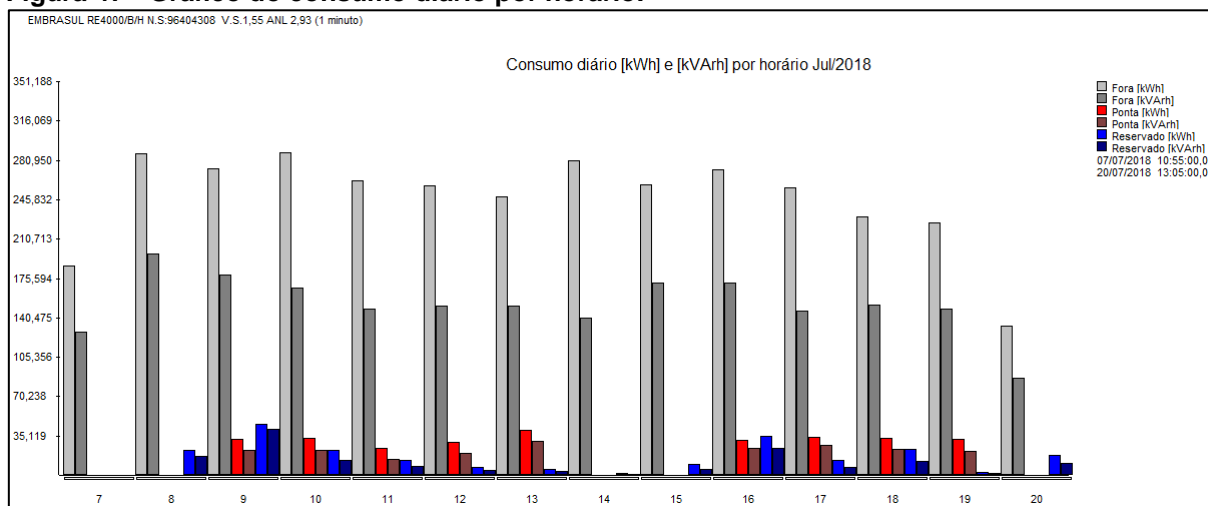
**Figura 46 - Gráfico do consumo de energia elétrica de um dos fornos da padaria.**



Fonte: Adaptado do ANL6000.

O consumo de energia está concentrado nos horários fora de ponta, o que fica evidente se observado pelo gráfico da Figura 47 e nos relatórios gerador pelo software e representados nas Figuras 48 e 49.

**Figura 47 - Gráfico do consumo diário por horário.**



Fonte: Adaptado de ANL6000.

Figura 48 - Relatório do circuito principal da padaria.

Intervalo considerado:										
sábado 07/07/2018 10:54:47,00 até sexta-feira 20/07/2018 13:05:00,00										
Faixas de horário estabelecidas no software										
Intervalo - Fora de ponta: 06:00 - 18:00 21:00 - 24:00										
Intervalo - Ponta: 18:00 - 21:00										
Intervalo - Reservado: 00:00 - 06:00										
Máximos, médios e mínimos de tensões e correntes por fase.										
Não considerados registros em queda e volta de energia. Tensão zero: 44,00 V										
Fase A: tensões [V]					Correntes [A]					
Média	127,59				Média	44,16				
Mínimo	124,17	11:08:00,00	08/07/2018		Mínimo	0,00	04:34:00,00	10/07/2018		
Máximo	131,21	20:01:00,00	16/07/2018		Máximo	130,80	11:44:00,00	14/07/2018		
Fase B: tensões [V]					Correntes [A]					
Média	127,68				Média	34,09				
Mínimo	124,23	11:08:00,00	08/07/2018		Mínimo	0,00	22:40:00,00	07/07/2018		
Máximo	130,78	20:39:00,00	16/07/2018		Máximo	146,09	11:24:00,00	14/07/2018		
Fase C: tensões [V]					Correntes [A]					
Média	127,64				Média	40,88				
Mínimo	124,34	11:18:00,00	08/07/2018		Mínimo	0,00	22:06:00,00	09/07/2018		
Máximo	130,65	18:35:00,00	16/07/2018		Máximo	194,09	11:24:00,00	14/07/2018		
Fora de ponta					Ponta					
FASE	kWh	kWh(g)	kVArh	kVAh	FP	kWh	kWh(g)	kVArh	kVAh	FP
A	1,157 k	0,000	888,853	1,459 k	0,793	110,925	0,000	88,464	141,881	0,782
B	1,041 k	0,000	568,234	1,186 k	0,878	75,537	0,000	64,325	99,215	0,761
C	1,263 k	0,000	681,437	1,435 k	0,880	102,411	0,000	51,064	114,435	0,895
Total	3,461 k	0,000	2,138 k	4,068 k	0,851	288,872	0,000	203,853	353,558	0,817
Reservado					Total					
FASE	kWh	kWh(g)	kVArh	kVAh	FP	kWh	kWh(g)	kVArh	kVAh	FP
A	125,863	0,000	93,693	156,908	0,802	1,394 k	0,000	1,071 k	1,758 k	0,793
B	27,811	0,000	27,939	39,421	0,705	1,144 k	0,000	660,498	1,321 k	0,866
C	64,760	0,000	28,979	70,948	0,913	1,430 k	0,000	761,480	1,620 k	0,883
Total	218,434	0,000	150,611	265,325	0,823	3,968 k	0,000	2,493 k	4,686 k	0,847

Fonte: Adaptado de ANL6000.

Figura 49 - Relatório do circuito de um dos fornos da padaria.

Intervalo considerado:										
sábado 07/07/2018 10:58:16,00 até sexta-feira 20/07/2018 13:11:00,00										
Faixas de horário estabelecidas no software										
Intervalo - Fora de ponta: 06:00 - 18:00 21:00 - 24:00										
Intervalo - Ponta: 18:00 - 21:00										
Intervalo - Reservado: 00:00 - 06:00										
Máximos, médios e mínimos de tensões e correntes por fase.										
Não considerados registros em queda e volta de energia. Tensão zero: 44,00 V										
Fase A: tensões [V]					Correntes [A]					
Média	127,18				Média	0,19				
Mínimo	123,90	08:58:00,00	14/07/2018		Mínimo	0,00	11:03:00,00	07/07/2018		
Máximo	130,84	19:59:00,00	16/07/2018		Máximo	13,23	09:53:00,00	09/07/2018		
Fase B: tensões [V]					Correntes [A]					
Média	127,27				Média	2,47				
Mínimo	123,93	11:07:00,00	08/07/2018		Mínimo	0,00	10:59:00,00	07/07/2018		
Máximo	130,37	20:37:00,00	16/07/2018		Máximo	24,64	10:13:00,00	20/07/2018		
Fase C: tensões [V]					Correntes [A]					
Média	127,21				Média	2,56				
Mínimo	106,00	13:04:00,00	20/07/2018		Mínimo	0,00	10:59:00,00	07/07/2018		
Máximo	130,24	18:32:00,00	16/07/2018		Máximo	30,73	11:31:00,00	10/07/2018		
Fora de ponta					Ponta					
FASE	kWh	kWh(g)	kVArh	kVAh	FP	kWh	kWh(g)	kVArh	kVAh	FP
A	6,405	0,000	3,490	7,294	0,878	0,537	0,000	0,232	0,585	0,918
B	74,139	0,000	-13,978	75,445	-0,983	4,472	0,000	1,315	4,661	0,959
C	49,236	0,000	20,616	53,378	0,922	0,939	0,000	-2,475	2,648	-0,355
Total	129,780	0,000	10,127	130,174	0,997	5,948	0,000	-0,928	6,020	-0,988
Reservado					Total					
FASE	kWh	kWh(g)	kVArh	kVAh	FP	kWh	kWh(g)	kVArh	kVAh	FP
A	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	6,942	0,000	3,721	7,877	0,881
B	12,622	0,000	3,432	13,080	0,965	91,232	0,000	-9,230	91,698	-0,995
C	3,633	0,000	-13,609	14,086	-0,258	53,809	0,000	4,531	53,999	0,996
Total	16,255	0,000	-10,177	19,178	-0,847	151,983	0,000	-0,977	151,986	-0,999

Fonte: Adaptado de ANL6000.

O consumo médio de energia elétrica da padaria, nestes 13 dias de medição, foi de 316,921 kWh/dia, estimando-se o consumo médio mensal (30 dias), obtém-se o valor de 9.507,65 kWh/mês, representando 9,78% do consumo total médio (97.234 kWh/mês).

### 3.4.3 Análise dos processos

A padaria do supermercado funciona das 06:30 às 22:00, de segunda a sábado, e das 06:30 às 21:00 no domingo, totalizando 107,5 horas semanais de operação. O setor possui 112 m<sup>2</sup> e conta com 21 funcionários.

Há uma grande diversidade de produtos vendidos pela padaria, por conta disso a produção é contínua, ou seja, durante todo o período de funcionamento há algum processo em andamento. Mesmo com a grande variedade de produtos produzidos, as máquinas utilizadas são basicamente as mesmas e o fluxo de produção difere apenas em alguns pontos.

O processo inicia com a seleção dos ingredientes e retirada dos mesmos no depósito, em seguida é realizada a pesagem da matéria prima conforme a receita selecionada e quantidade desejada para a produção, para o produto mais vendido cada etapa inicia com aproximadamente 50 kg.

Em seguida, os ingredientes são inseridos na amassadeira, o qual realizará a mistura por cerca de 20 a 30 minutos, nesta etapa são utilizados água gelada e gelo.

Finalizada a mistura, a massa é colocada sobre a mesa de trabalho, onde 2 ou 3 funcionários são responsáveis por separar a massa em pedaços menores, com aproximadamente 2,6 kg, para a modelagem na divisora boleadora. Essa máquina irá dividir a massa em pedaços menores para então ser inserida na máquina modeladora.

Do corte da massa à modelagem e inserção nas formas o processo leva aproximadamente 30 minutos. As formas são colocadas em carrinhos com capacidade para 15 formas e aproximadamente 720 pães (do tipo mais vendido).

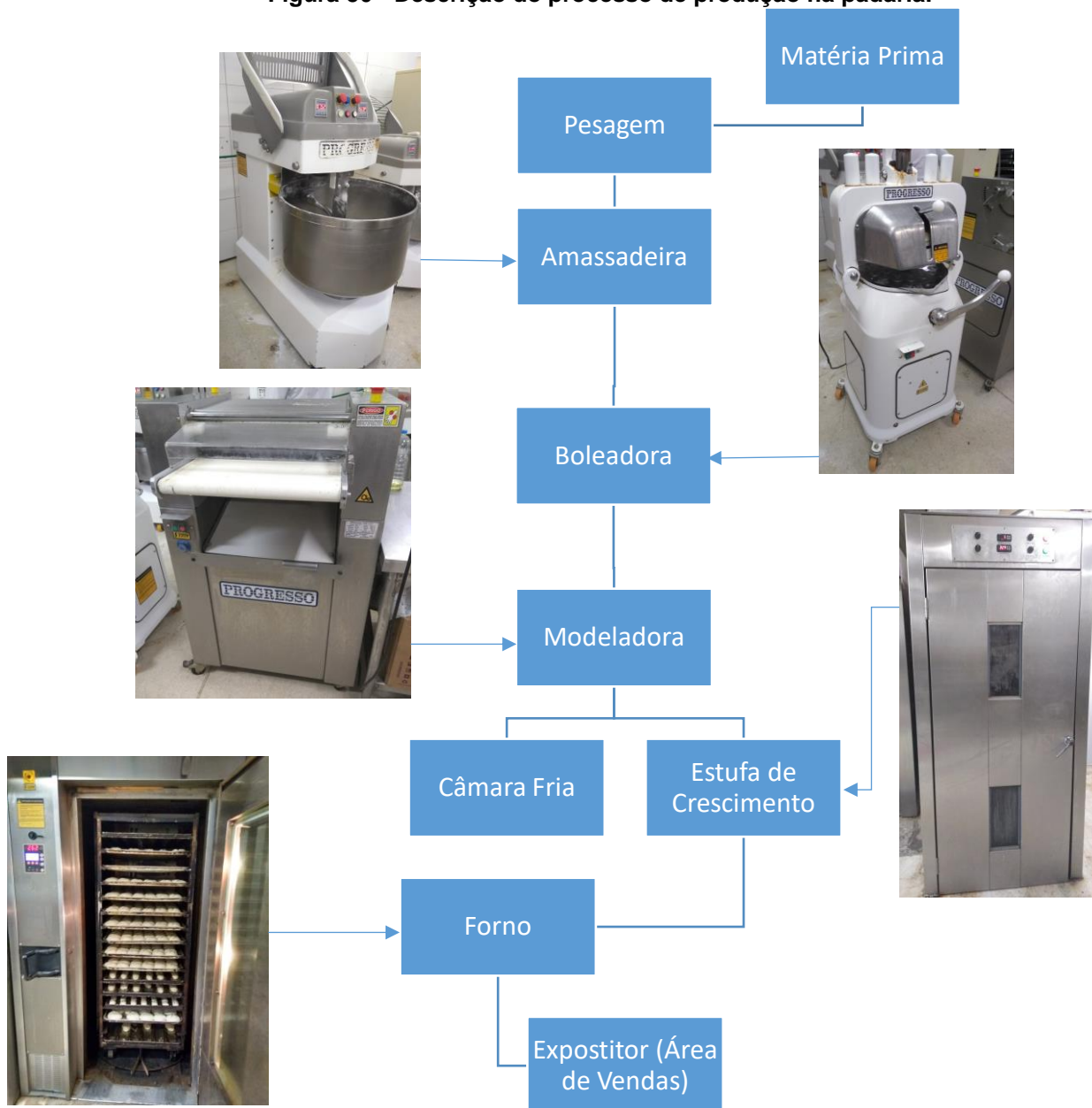
Como o produto necessita passar pelo processo de “crescimento” da massa, a produção é destinada para o dia seguinte, ou para a equipe do próximo turno, neste caso a massa é armazenada na câmara fria. Caso contrário o carrinho é levado à estufa de crescimento, onde permanece por 2 a 3 horas, em seguida é massa é



colocada no forno por 18 a 25 minutos (dependendo do produto) e então embalada e levada ao expositor na área de vendas.

A Figura 50 representa o processo produtivo da padaria, bem como dos equipamentos utilizados em cada etapa.

**Figura 50 - Descrição do processo de produção na padaria.**



**Fonte: Autor.**

Ao todo, um processo completo pode levar de 3,5 horas a 4,5 horas, para a produção de 720 pães.

#### 3.4.4 Indicador de desempenho energético

Atualmente o supermercado não possui indicadores de desempenho energético ou dados de referência para estudo da eficiência energética nos processos. Contudo, a padaria possui um sistema de armazenamento de dados onde ficam registrados a quantidade (em kg) de produtos vendidos.

Foram coletadas essas informações no período condizente com as medições realizadas, conforme demonstrado em 3.4.2, e desenvolveu-se um indicador de desempenho energético entre a quantidade produzida, ou vendida, e o consumo de energia elétrica da padaria. O valor de quebra (perda de produtos), é de aproximadamente 15% do total vendido.

No período entre 07/07/2018 a 20/07/2018 a padaria vendeu 6.018,19 kg de produtos. Considerando-se o percentual de quebra (produtos não vendidos ou vencidos), foram produzidos um total de 6.920,918 kg.

Tendo como base o valor de 4.119,983 kWh de consumo de energia elétrica no mesmo período, é possível obter um Indicador de Desempenho Energético de 0,59529 kWh/kg. Assim, este IDE poderá ser utilizado como referência em análises contínuas de eficiência energética no sistema de produção da padaria.

Vale ressaltar que, assim como menciona a NBR 50001, é preciso revisar constantemente o indicador de referência, inclusive a forma como o mesmo é obtido, tendo como preceito os fundamentos do PDCA<sup>4</sup>.

#### 3.4.5 Medidas de eficiência energética nos processos

Nas observações realizadas no processo de produção da padaria foi possível determinar alguns fatores que influenciam no desperdício de energia elétrica, ou ainda, ações que podem tornar os processos mais eficientes. Não foram realizadas medições quanto ao desperdício de energia elétrica nestas etapas, ficando como sugestão para trabalhos futuros.

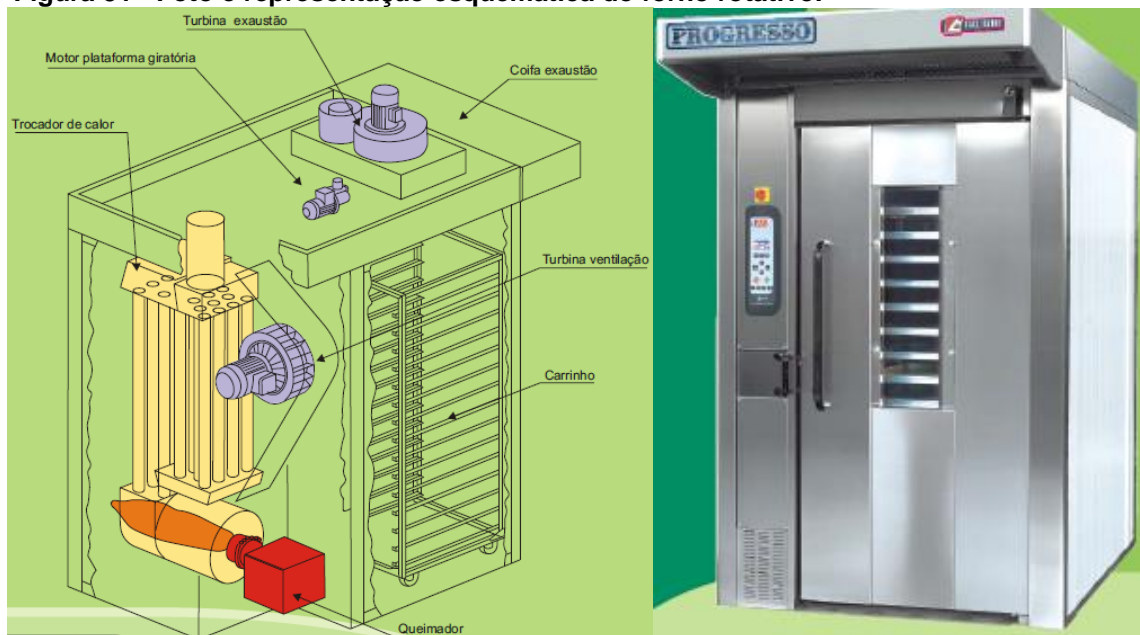
Durante os processos, notou-se que os dois fornos rotativos permanecem ligados por períodos sem utilização. Estes equipamentos são alimentados com gás

---

<sup>4</sup> Do inglês, *Plan, Do, Check, Act*, em livre tradução, "Planejar, Fazer, Verificar e Agir".

GLP e eletricidade. Conta com três motores: um para a turbina de exaustão, outro para a plataforma giratória e um para a turbina de ventilação, como mostrado na Figura 51

**Figura 51 - Foto e representação esquemática do forno rotativo.**



**Fonte: Catálogo do produto RT-68, PROGRESSO.**

Mesmo quando não utilizados os fornos permaneceram por temperaturas constantes entre 160°C e 180°C e a plataforma giratório permanece em movimento. A temperatura mais alta requerida é de 210°C e quando desligado, o equipamento leva aproximadamente 30 minutos para atingir esta temperatura.

Como observado na Figura 45 a produção diminui após às 12:00 e tem alguns períodos de pico até às 18:00, mas nas observações realizadas, mesmo com a produção contínua e variada de produtos, nem sempre os dois fornos são utilizados simultaneamente, ou ainda, leva-se muito tempo para utilizar os dois.

Portanto, algumas recomendações podem auxiliar na diminuição do consumo de energia, tais como:

- Programação da produção, determinando previamente a utilização dos fornos rotativos, prevendo o tempo de estabilização até a temperatura ideal e evitando o funcionamento do equipamento sem produção;
- Em horários de menor operação, manter apenas um dos fornos ligados, com temperaturas menores, configurando a máquina para que a plataforma giratória não permaneça em movimento;

- Inserir a maior quantidade de produtos possível nos fornos, selecionando aqueles que são produzidos a uma mesma temperatura.

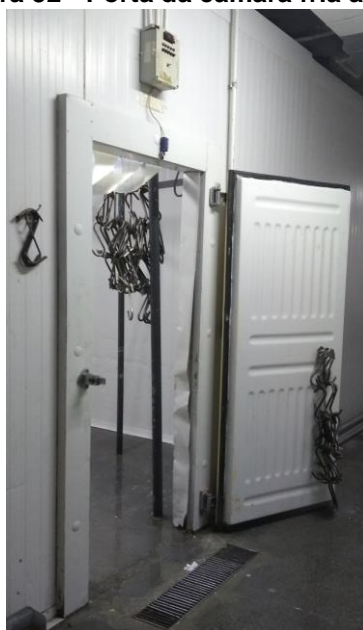
Além do forno, um dos equipamentos com maior potência instalada é a estufa de crescimento (8,3 kW). Este equipamento é utilizado quando há a necessidade de acelerar o processo de “crescimento” da massa, normalmente aplicado a produtos que serão produzidos no mesmo dia.

Recomenda-se para este equipamento que seja realizada a programação da produção, armazenando as massas na câmara fria em dias anteriores ou em tempo suficiente para que o produto seja levado ao forno, diminuindo a necessidade de utilização da estufa.

Além da padaria outros processos também necessitam ser analisados, como exemplo cita-se o procedimento de recebimento de carnes pela equipe do açougue. Durante este processo notou-se que a porta da câmara fria permaneceu aberta por aproximadamente 1 hora, sem que de fato ocorresse o armazenamento dos produtos.

Como foi visto em 3.3.2, a entrada de calor em ambientes refrigerados faz com o sistema opere constantemente para a regulação da temperatura, desta forma quando o produto for armazenado o ambiente levará muito mais tempo para ser refrigerado, ocasionando não apenas o consumo excessivo de energia elétrica, mas também o risco de armazenagem incorreta do produto por um período de tempo, pois a temperatura pode não estar no valor ideal.

**Figura 52 - Porta da câmara fria aberta.**



**Fonte: Autor.**

### 3.5 VIABILIDADE DO USO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

#### 3.5.1 Análise solar

A energia solar que pode ser captada depende de três fatores: área de captação do coletor solar (em m<sup>2</sup>), o tempo de exposição à radiação solar (horas) e a irradiância solar (W/m<sup>2</sup>). Segundo Galdino e Pinho (2014), umas das etapas iniciais para um projeto fotovoltaico é analisar o recurso solar, “quantificando a radiação solar incidente sobre o painel fotovoltaico” (GALDINO e PINHO, 2014 p.300).

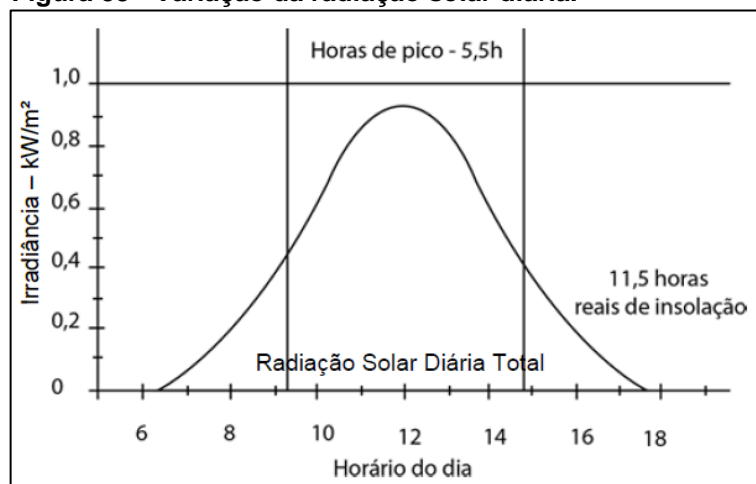
Ao estimar a produção de energia elétrica não se faz necessário analisar a variação momentânea da irradiação, mas sim considerar a totalidade da energia elétrica produzida em intervalos horários. Pelo fato de existir a linearidade entre a geração fotovoltaica e a irradiação horária, o conceito de Horas de Sol Pleno (HSP) se torna conveniente para expressar o valor de energia solar acumulado ao longo de um dia (GALDINO e PINHO, 2014 p.300).

Esta grandeza representa o número de horas em que a irradiância solar permanece constante, a 1 kW/m<sup>2</sup>, resultando na energia equivalente disponibilizada pelo sol e acumulado ao longo de um dia. A Equação (9) exemplifica o cálculo da HSP para Curitiba, segundo os dados mostrados na Figura H, em que a irradiação média anual é igual a 4, kWh/m<sup>2</sup>.dia.

$$HSP = \frac{4,19 \left[ \frac{kWh}{m^2} \cdot dia \right]}{1 \left[ \frac{kW}{m^2} \right]} = 4,19 \left[ \frac{h}{dia} \right] \quad (9)$$

Em geral os momentos de pico de irradiação variam conforme a Figura 53, entre 09:00 e 15:00, mas diferem de acordo com cada localidade.

**Figura 53 - Variação da radiação solar diária.**



Fonte: CRESESB.

As coordenadas do supermercado são 25°25'34,43" sul e 49°15'05,02" oeste, conforme as informações do software Google Earth Pro (Figura 54), estes dados foram inseridos no programa SunDATA, do CRESESB<sup>5</sup>, que fornecem os níveis médios diários mensais e anuais de irradiação em kWh/m<sup>2</sup>.dia, em uma localização aproximada (Figura 55).

**Figura 54 - Localização geográfica do supermercado analisado.**



Fonte: Google Earth Pro.

<sup>5</sup> CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica.

**Figura 55 - Dados de irradiação média diária mensal e anual.****Localidades próximas**

Latitude: 25,426389° S  
 Longitude: 49,251111° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]																
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input type="checkbox"/>	Curitiba	Curitiba	PR	BRASIL	25,401° S	49,249° O	2,8	5,32	5,16	4,54	3,78	3,05	2,76	2,89	3,86	3,83	4,36	5,23	5,56	4,19	2,80

**Cálculo no Plano Inclinado**

Estação: Curitiba  
 Município: Curitiba , PR - BRASIL  
 Latitude: 25,401° S  
 Longitude: 49,249° O  
 Distância do ponto de ref. ( 25,426389° S; 49,251111° O ) : 2,8 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]																
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta			
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,32	5,16	4,54	3,78	3,05	2,76	2,89	3,86	3,83	4,36	5,23	5,56	4,19	2,80			
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	25° N	4,81	4,93	4,69	4,32	3,80	3,62	3,72	4,65	4,08	4,26	4,80	4,94	4,39	1,32			
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	21° N	4,93	5,01	4,71	4,27	3,72	3,52	3,62	4,57	4,08	4,32	4,91	5,08	4,39	1,56			
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	41° N	4,20	4,46	4,46	4,35	4,01	3,91	3,97	4,80	3,97	3,93	4,23	4,27	4,21	,90			

Fonte: SunDATA, CRESESB.

Como observado, a irradiação diária média mensal é menor nos períodos de junho e julho, caracterizados pelo solstício de inverno.

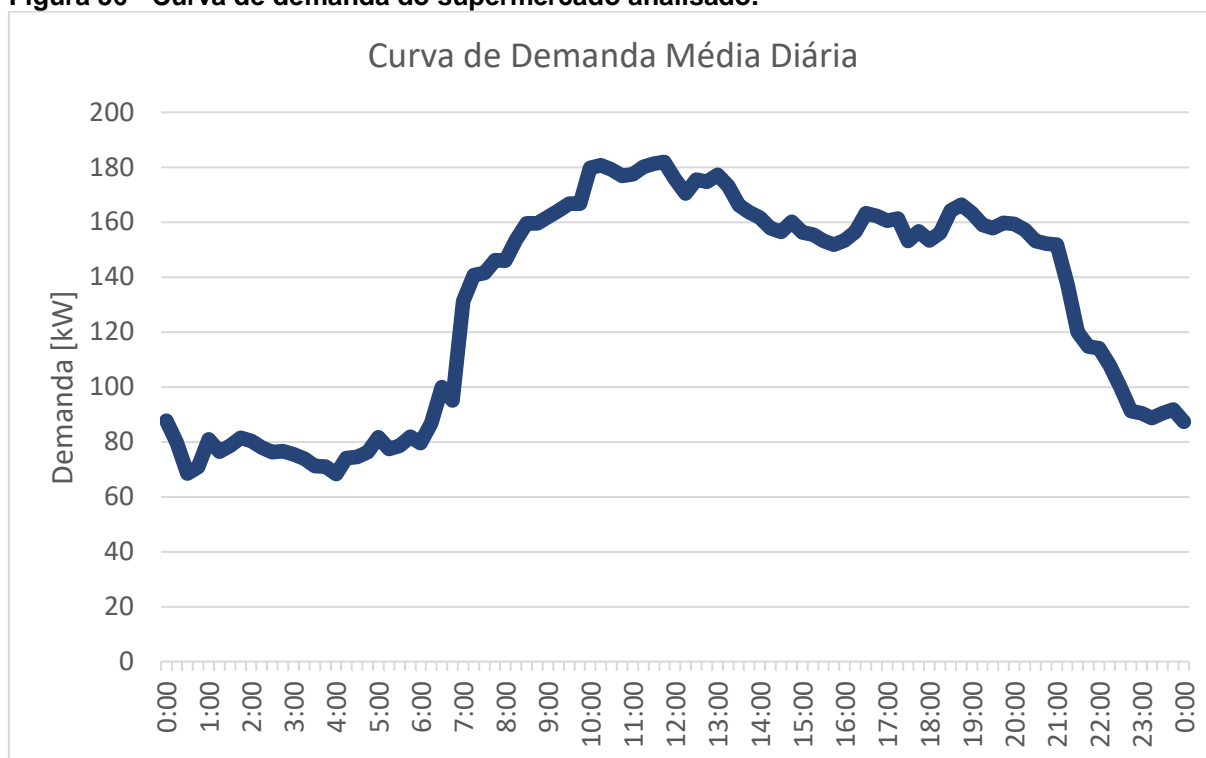
### 3.5.2 Curva de Demanda

O supermercado realizou estudos anteriores visando reduzir os custos com o consumo de energia elétrica. Para tanto, uma empresa foi contratada e realizou medições instalando um analisador de energia no quadro geral do estabelecimento, no período entre 04/09/2015 e 08/09/2015, e disponibilizou os dados para o desenvolvimento deste trabalho. Desde o período das medições, ocorreram poucas alterações nas instalações da loja, o que permite utilizar destes resultados para elaboração de uma curva de demanda.

A curva de demanda foi elaborada por meio da média dos resultados obtidos nas medições e caracteriza o consumo de energia elétrica durante o dia. A Figura 56 evidencia um aumento do consumo no horário de funcionamento da loja (07:00 às 22:00) e com alguns picos entre 10:00 e 15:00, porém nota-se que há uma certa constância na demanda no horário de operação do supermercado.



**Figura 56 - Curva de demanda do supermercado analisado.**



**Fonte: Adaptado pelo autor.**

É possível observar ainda que parte da curva de demanda coincide com o gráfico das horas de pico de irradiação (Figura 53), indicando que o recurso solar está presente nos momentos de maior consumo de energia elétrica.

De acordo com a análise da fatura em 3.2.1 o supermercado teve um consumo total de 1.166,81 MWh em 12 meses, uma média mensal de 92.234,16 kWh e diária de 3.196,75 kWh/dia. É preciso analisar ainda qual o potencial de geração e a configuração mais adequada para a instalação da geração fotovoltaica.

### 3.5.3 Potencial de geração fotovoltaica para o supermercado

O supermercado possui uma área de aproximadamente 2.044,98 m<sup>2</sup> disponíveis para a instalação de painéis fotovoltaicos, no entanto o telhado possui inclinações voltadas para o leste, como observado na Figura 54, sendo necessário considerar a instalação de suportes que permitam o direcionamento dos painéis para o norte, com o ângulo da latitude do local para uma melhor eficiência na geração (CAMPOS, 2016 p.54).



Com intuito de simplificar a análise, foram adotados diversos valores de capacidade de geração, amplamente comercializados. Este estudo não considerou a análise financeira com relação a valor de aquisição do material, mão de obra e manutenção, ficando como sugestão para outros trabalhos.

A Tabela 11 mostra o comparativo da capacidade de geração dos módulos fotovoltaicos inseridos na área disponível do supermercado, já considerando a capacidade de geração a temperatura nominal do módulo, informado pelo fabricante, visto que o desempenho do equipamento difere entre as condições de teste em laboratório e na aplicação real.

Foi considerado a área do módulo FV e mensurado a quantidade conforme a área disponível para instalação, posteriormente foi calculado a potência total gerada para um período diário de 4 horas e analisado o percentual de atendimento do consumo de energia elétrica diário do supermercado (3.196,75kWh/dia).

Ressalta-se que esta é uma análise simplificada e não possui o objetivo de elaborar um projeto fotovoltaico, mas sim de analisar a viabilidade da utilização desta fonte de energia alternativa, ficando como sugestão para trabalhos futuros a análise detalhada para confirmação das informações aqui expostas.

**Tabela 11 - Análise do potencial de geração fotovoltaico.**

Pot.Nominal do módulo FV [W]	Desempenho Real [W]	Tecnologia	Tamanho do módulo FV [m <sup>2</sup> ]	Capacidade de geração em 4 h/dia [kWh]	Percentual de atendimento da carga [%]
210	147	Silício Policristalino	1,485	809,088	25,3
315	232	Silício Monocristalino	1,713	1.107,84	34,65
330	253	Silício Policristalino	1,674	1.231,38	38,52

**Fonte: Adaptado pelo autor.**

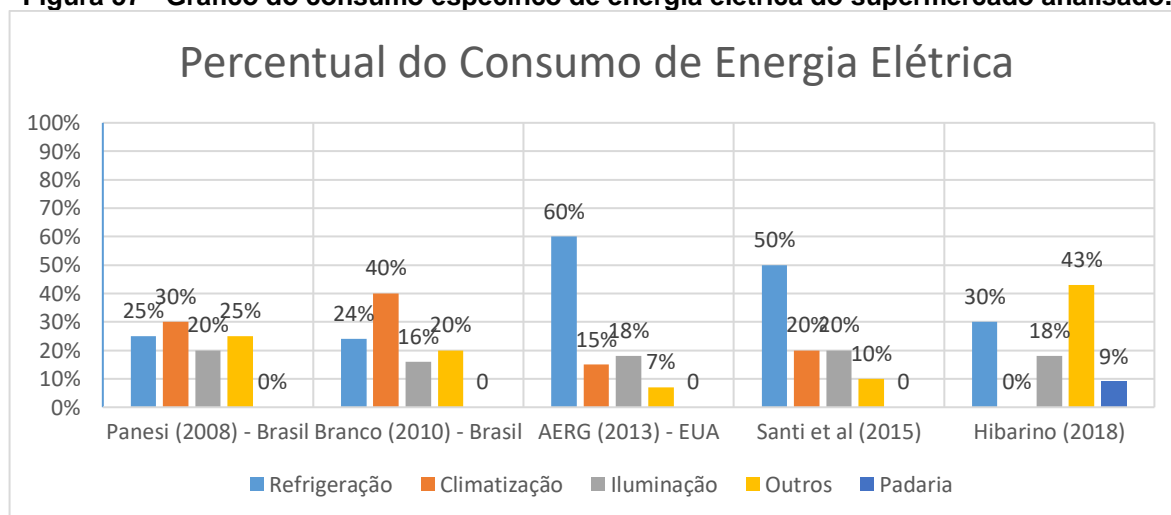
Supondo-se a geração de 1.231,38 kWh/dia, um total de 36.941,40 kWh/mês, a valor economizado na fatura de energia elétrica, por mês, seria aproximadamente R\$18.756,62, com a tarifa fora de ponta no valor de 0,50774 R\$/kWh. Em um ano a economia seria de R\$225.079,44.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos na análise do supermercado permitiram a comparação das informações com o referencial teórico, confirmado e acrescentando dados quanto a forma de utilização da energia elétrica neste tipo de estabelecimento. As visitas no local foram determinantes para recolher as informações necessárias na execução deste trabalho, bem como da elaboração de medidas que possam tornar o consumo de energia elétrica mais eficiente, principalmente nos processos.

Adaptando-se a Figura 7 com os dados obtidos nota-se que o consumo de energia elétrica do estabelecimento analisado está semelhante aos parâmetros de outros autores, com relação ao sistema de refrigeração e iluminação, como observado na Figura 57. O supermercado não possui sistema de climatização.

**Figura 57 - Gráfico do consumo específico de energia elétrica do supermercado analisado.**



**Fonte: Adaptado de PANESI (2008), BRANCO (2010), AERG (2013) e SANTI et al (2015).**

Percebe-se ainda que o percentual de cargas não identificadas neste estudo é maior comparado aos outros, isso se deve ao fato de que os valores obtidos nas análises setoriais de iluminação, refrigeração e padaria é baseado em cálculos pela média de consumo, além disso, nem todas as áreas do supermercado foram estudadas. Sendo assim, é muito provável que o percentual de consumo nas áreas analisadas seja superior quando observado o consumo real mês a mês.

Focando-se no consumo de energia elétrica verificou-se que o supermercado está adequado à modalidade tarifária que se encontra. Deve-se enfatizar a

importância de considerar o custo de geração quando o estabelecimento possui fontes alternativas de energia, como o caso do gerador a diesel, e incluir estas informações nas análises tarifárias para uma melhor precisão nos resultados.

Quanto ao uso específico da energia, foram utilizados métodos aproximados por cálculo e medição, conforme o tempo de utilização dos sistemas de iluminação e refrigeração, porém em curtos períodos de tempo. Como recomendação, a maneira ideal de se obter estes dados é a instalação de medidores em períodos mais prolongados, aproximadamente 30 dias para a iluminação e 1 ano para o sistema de refrigeração.

Ao contrário da iluminação, a refrigeração tende a sofrer variações no consumo por conta da sazonalidade na temperatura ambiente, conforme as estações do ano, além de sofrer interferências nos processos que envolvem ambientes refrigerados.

Para a iluminação constatou-se a possibilidade de implementar melhorias com base na alteração dos equipamentos, podendo chegar a uma redução superior a 50% no consumo de energia elétrica. No entanto, este trabalho não contemplou as análises financeiras, no que se refere ao custo de aquisição dos produtos, mão de obra, manutenção e taxa de retorno de investimento, ficando como proposta para futuros trabalhos. De maneira semelhante, o sistema de refrigeração também demonstrou a possibilidade de implementar melhorias, principalmente no que se refere aos métodos qualitativos (formas de utilização) e de manutenção preventiva.

Com relação aos processos, foi possível determinar o consumo de energia elétrica na área da padaria, uma área de preparo de alimentos cada vez mais comum e encontrado em diversos supermercados. Constatou-se que este setor possui a maior carga instalada entre as áreas de preparo, representando quase 10% do consumo de energia elétrica do estabelecimento, além de possuir processos de produção contínuos e em maior escala, quando comparados com outros setores.

Foram necessárias diversas visitas no local para compreender os processos e rotinas organizacionais da padaria, possibilitando a elaboração de um fluxograma identificando os equipamentos mais utilizados. A instalação do analisador de energia foi essencial para determinar o Índice de Desempenho Energético deste setor, que poderá ser utilizado como referência em outros estudos, mas sua metodologia deve ser sempre reanalisada constantemente, visto as recomendações da NBR 50001.

Por fim, um estudo simplificado teve como objetivo analisar a viabilidade da implementação de outra fonte alternativa de energia. Como o supermercado já possui um GMG, foi estudado a instalação de um sistema de geração fotovoltaico, analisando a disponibilidade de área para a instalação dos painéis FV e do recurso solar na região.

Contatou-se que o recurso solar possui uma disponibilidade condizente com o período de funcionamento do supermercado, podendo suprir 25% a 38% do consumo de energia elétrica diário, evidenciando a viabilidade de instalar um sistema de geração fotovoltaico se o objetivo for o atendimento parcial das cargas, trazendo economia por meio de créditos em um sistema de geração conectado junto a rede principal de fornecimento, além disso com a geração fotovoltaica seria possível reduzir a demanda contratada e diminuir o valor fatura de energia elétrica.

No Quadro 12 estão relacionados o consumo médio mensal atual e a estimativa com as ações propostas neste trabalho, juntamente com a estimativa de economia mensal e anual.

**Quadro 12 - Estimativa da redução do consumo e custo de energia elétrica.**

<b>Consumo Médio Mensal</b>			
<b>Sistema</b>	<b>Unidade</b>	<b>Atual</b>	<b>Proposto</b>
Iluminação	kWh/mês	17.226,75	7.470,24
Refrigeração	kWh/mês	29.647,02	23.717,62
Padaria	kWh/mês	9.507,65	9.507,65
Outros	kWh/mês	40.852,58	40.852,58
<b>Total</b>	<b>kWh/mês</b>	<b>97.234,00</b>	<b>81.548,09</b>
<b>Economia estimada para as ações propostas</b>			
<b>Sistema</b>	<b>Unidade</b>	<b>Mensal</b>	<b>Anual</b>
Iluminação	R\$	4.840,86	58.090,32
Refrigeração	R\$	3.150,62	37.807,44
Padaria	R\$	-	-
Outros	R\$	-	-
Geração Fotovoltaica	R\$	18.756,62	225.079,44
<b>Total</b>	<b>R\$</b>	<b>26.748,10</b>	<b>320.977,20</b>

**Fonte: Autor.**

## 5 CONCLUSÃO

A partir da metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho, foi possível atingir o objetivo geral e os objetivos específicos.

O referencial teórico possibilitou o aprendizado de conceitos que embasaram as observações e análises realizadas no trabalho em campo. Desta forma, a partir da aquisição das informações de consumo, por meio das faturas, medições e análises das operações e processos, foi possível traçar um perfil energético do supermercado, identificando os sistemas com maior consumo de energia elétrica.

Ao identificar estes sistemas, estudou-se individualmente o funcionamento e as possibilidades de reduzir o consumo de energia elétrica. Apesar dos cálculos estimados, há oportunidades de aplicar medidas de eficiência energética tanto na substituição de equipamentos quanto nas operações e processos produtivos, mantendo-se os mesmos resultados ou ainda melhorando-os. Recomenda-se em trabalhos futuros que sejam aplicadas as ações propostas e realizadas novas medições para se comparar os resultados.

De acordo com a área disponível do estabelecimento e das horas médias de irradiação na cidade, que coincidem com o horário de funcionamento do supermercado, existe a viabilidade de utilizar a geração fotovoltaica para suprir parcialmente a demanda, trazendo benefícios como a redução no custo com a energia elétrica.

Em relação aos aspectos econômicos, é preciso ainda analisar informações quando ao custo de investimento, manutenções e adequações físicas para elaborar cálculos de *payback*, ficando como sugestão para a realização de trabalhos futuros.

Recomenda-se ainda que o período das medições seja superior a 30 dias, e em diferentes épocas do ano, visto a influência climática nos sistemas de refrigeração e geração fotovoltaica.

Reitera-se que o objetivo inicial deste trabalho era principalmente reduzir o consumo de energia elétrica em supermercados, por meio de métodos e ações para determinar um diagnóstico energético e assim trazer parâmetros para auxiliar na tomada de decisões. As propostas descritas neste trabalho podem ser aplicadas em supermercados de diversos portes ou ainda em empresas de diferentes segmentos.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, Luiz Antônio; FERREIRA, Marco Aurélio Marques; VENÂNCIO, Michele Moutinho. **Análise da eficiência do setor de supermercados no Brasil**. Economia Aplicada. v. 13, n. 2, 2009, p. 333-347.

ABRAS, Associação Brasileira de Supermercados. Ranking Abras, **Os Números do Setor**. São Paulo, 2016. Disponível em < <https://goo.gl/SSaixM>>. Acesso em 06 nov. 2017.

\_\_\_\_\_, **17ª Avaliação de Perdas no Varejo Brasileiro de Supermercados**. São Paulo, 2017. Disponível em <[http://www.abras.com.br/pdf/Apres\\_perdas\\_17.pdf](http://www.abras.com.br/pdf/Apres_perdas_17.pdf)>. Acesso em 29 de outubro de 2017.

\_\_\_\_\_, Revista SuperHiper, **Pesquisa Tendências**. São Paulo. Ano 43, Número 487, p.50. Jan/Fev, 2017. Disponível em: < <https://goo.gl/vGtDmR>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

\_\_\_\_\_, **Setor Supermercado Fatura R\$ 353,2 Bilhões Em 2017**. São Paulo, 2018. Disponível em < <https://goo.gl/iqrXtW>>. Acesso em 22 mai. 2018.

AERG, 2013. *Advanced Energy Retrofit Guide: Practical Ways to Improve Energy Performance – Grocery Stores*. National Renewable Energy Laboratory, June, 2013.

ALVES, Filipe Lopes de Pinho Latourrette. **Medidas de Eficiência Energética na Iluminação Integrando Luz Natural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2008.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa N° 414, de 9 de setembro de 2010. <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em 29 out. 2017.

ARAGÓN, Carolina Salazar; PAMPLONA, Edson; MEDINA, Juan Ricardo Vidal. **Identificação de investimentos em eficiência energética e sua avaliação de risco**. Gest. Prod., São Carlos, v. 20, n. 3, p. 525-536, 2013.

**AS 500 MAIORES**, Revista SuperHiper. São Paulo. Abril, 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/5VUNbh>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

ASANO, Alexandre Massayuki. **Estudo De Viabilidade Técnica E Econômica Da Utilização De Geração Diesel No Horário De Ponta**. 2015. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

BATISTA, Oureste Elias; FLAUZINO, Rogério Andrade. **Medidas de Gestão Energética de baixo custo como estratégia para redução de custos com energia elétrica**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Ano 7, nº 4, out-dez/2012, p. 117-134.

BAUER, Paulo Cezar; CARVALHO, Guilherme Augusto de; ROHR, Michel. **Estudo De Redução De Custos De Energia Elétrica Aplicado Em Supermercados Utilizando Medidas E Conceitos De Eficiência Energética**. 2016. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

\_\_\_\_\_; BETINI, Roberto Cesar; CARVALHO, Guilherme Augusto de; ROHR, Michel. **Análise Energética Em Supermercados**. SmartEnergy 2016 – Conferência Internacional de Energias Renováveis. Curitiba, nov 2016.

BETINI, Roberto Cesar; CASTAGNA, Annemarlen Gehrke; JUNIOR, Osiris Canciglieri; TIEPOLO, Gerson M. **Fontes Renováveis de Energia e a Influência no Planejamento Energético Emergente no Brasil**. VIII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Curitiba, ago 2012.

BRANCO, Natashe Nicoli. **Avaliação de índices de consumo de energia para supermercados**. 2010 72 f. Trabalhos de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade De São Paulo - Escola Politécnica, São Paulo, 2010.

BRUNO, Luciana. **Energia passa a ser 2ª maior despesa de supermercados**. Revista Exame *on-line*. São Paulo, 10 jun. 2015. Disponível em <<https://goo.gl/6uKw6m>>. Acesso em 30 out. 2017.

CAMIOTO, Flávia de Castro; REBELATTO, Daisy Aparecida do Nascimento; ROCHA, Roberta Teixeira. **Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a Análise por Envoltória de Dados**. Gest. Prod., São Carlos, v. 23, n. 1, p. 192-203, 2016.

COSTA, Haroldo José Meyer. **Roteiro de pré-diagnóstico para otimizar o uso de energia elétrica em empresas de pequeno porte**. Dissertação. (Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Solar Princípios e Aplicações**. Rio de Janeiro, 2006.

DEPEC, Departamento De Pesquisas E Estudos Econômicos. **Supermercados**. São Paulo, julho de 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/5NKLR4>>. Acesso em 6 nov 2017.

ENGENHARIA DE APLICAÇÕES, **Manual de aplicações para Grupos Geradores Arrefecidos a Água**. 2011. Cummins. Disponível em <<https://goo.gl/CFVS5S>>. Acesso em 28 de maio de 2018.

FILHO, Nunes Roberto. **Ranking 2016: 500 maiores voltam a crescer**. Revista SuperHiper, São Paulo, abril de 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/GZGGwm>>. Acesso em: set 2016.

HUAYLLAS, Tesoro Elena Del Carpio. **Micro-redes elétricas: estado da arte e contribuição para dimensionamento, aplicação e comercialização da energia produzida**. 2015. Tese (doutorado em ciências) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MARQUES, Milton César Silva; HADDAD, Jamil; GUARDIA, Eduardo Crestana. **Eficiência Energética: Teoria e Prática**. 1. Ed. Itajubá: FUPAI, 2007.

NAVAJAS, Teresa Parejo-. ***Achieving a more Sustainable and Fair Society: How Individual and Collective Action Shape the Energy Efficiency of Buildings***. Direito, Estado e Sociedade, Getafe-Madrid, Espanha, n. 49 p. 234 a 248 jul/dez 2016.

**NBR ISO 50001: Sistemas de gestão de energia – Requisitos com orientações para uso**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2011.

**NBR ISO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2013.



PANESI, André Ricardo Quinteros. **Eficiência Energética em Supermercados**. II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, 14 e 15 de agosto de 2008. Ponta Grossa, 2008.

PEPPLOW, Luiz Amilton. **Eficiência energética em processos produtivos**. Curso de Especialização em Eficiência Energética. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017. Disponível em <<https://goo.gl/4YWzuN>> Acesso em 02 de out de 2017.

PIRANI, Marcelo José; VENTURINI, Osvaldo José. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial**. Eletrobrás, Rio de Janeiro, 2005

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CEPEL – CRESESB, Rio de Janeiro, março de 2014.

**PNAD, Pesquisa Nacional por Amostra a Domicílio Contínua**. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<https://goo.gl/pCUngR>>. Acesso em 23 de mai. de 2018.

PROENÇA, Emanuel Dâmaso Rodrigues Brinquete. **A Energia Fotovoltaica em Portugal**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

REIS, Brenda Alves de Oliveira; JOTA, Patrícia Romeiro da Silva. **Integração De Fontes Renováveis Em Edificações – Estudo De Caso**. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Gramado, abril de 2018.

**RITMO de vendas do autosserviço diminui em agosto**. ABRAS ECONOMIA, São Paulo, 29 set. 2017. Disponível em < <https://goo.gl/3CJCWK>>. Acesso em 6 nov. 2017.

ROSA, Bernadete Marcia Voichcoski Franco da. **Método de treinamento para racionalização do consumo de energia na reestruturação de processos produtivos**. 2003. 98 f. Trabalhos de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

SANTI, Federico; CAIAZZO, P; NIGRO, T. Marciano. **Energy Efficiency in Supermarkets: Structured Project Financing for ESCOs**. IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers. Studio Santi – Innovation in Energy. Santa Marinella, Italy, 2015.

**TERMODINÂMICA, Ciclos de Refrigeração.** Aula ministrada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em <<https://goo.gl/wFra8Q>>. Acesso em 21 de julho de 2018.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho; BORTONI, Edson da Costa; NOGUEIRA, Fábio José Horta; HADDAD, Jamil; NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta; VENTURINI, Osvaldo José; YAMACHITA, Roberto Akira. **Eficiência Energética Fundamentos e Aplicações.** PEE – Programa de Eficiência Energética da ANEEL. Campinas, 2012.

ZORZETTO, Ricardo. **Premissas de eficiência energética no dimensionamento elétrico de um motor gerador a diesel.** 2015. 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Eficiência Energética em Processos Produtivos) – Educação à Distância da Universidade Federal de Santa Maria, Camargo, 2015. Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/139223>>. Acesso em 28 de maio de 2018.