



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO BAIXO TOCANTINS
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

ADMILDO AZEVEDO SANTOS JUNIOR

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO E PROPOSTAS DE MELHORIAS EM UMA
PANIFICADORA NO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA/PA**

Abaetetuba, Pará

2018

ADMILDO AZEVEDO SANTOS JUNIOR

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO E PROPOSTAS DE MELHORIAS EM UMA
PANIFICADORA NO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA/PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Industrial da Universidade Federal do Pará, *Campus* Universitário do Baixo Tocantins, como requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Industrial.

Orientador: Prof. Me. Hallan Max Silva Souza

Abaetetuba, Pará

2018





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO BAIXO TOCANTINS
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL
RUA Manoel de Abreu, s/n, Bairro: Mutirão, CEP: 68.440-000
Fone/Fax: (91) 37571131/37511107

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia 12 de dezembro de 2018, às 9:00 horas, no Laboratório de Conforto Ambiental do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas - GEDAE, localizado na Universidade Federal do Pará, Campus Belém, reuniu-se a banca examinadora do trabalho acadêmico de conclusão de curso de Engenharia Industrial, constituída pelos professores: Claudomiro Fábio de Oliveira Barbosa, Harley dos Santos Martins e Hallan Max Silva Souza, para avaliar o Trabalho de Conclusão de Curso do aluno: **ADMILDO AZEVEDO SANTOS JUNIOR**, orientado pelo docente Hallan Max Silva Souza, com o Título: **DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO E PROPOSTAS DE MELHORIAS EM UMA PANIFICADORA NO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA/PA**. Após a apresentação do trabalho, o aluno foi arguido pela banca. Em seguida a banca reuniu-se para deliberar sobre o parecer final, tendo decidido pelo parecer FAVORÁVEL com conceito BOM (8,5), este conceito está vinculado ao atendimento às alterações solicitadas pela banca examinadora, descritas nas fichas de avaliação de cada componente da banca, e verificadas pelo orientador. A sessão foi encerrada às 10:30 horas, sendo lavrada a presente ata que vai assinada por mim, presidente da banca, e pelos demais membros da banca.


Prof.º Me. Hallan Max Silva Souza
(Presidente / Orientador)


Prof.º Dr. Harley dos Santos Martins
(Membro)


Prof.º Me. Claudomiro Fábio de Oliveira Barbosa
(Membro)

Dedico este trabalho a minha vó, Bernadete C. de Paiva, minha mãe Adriana Lize C. de Paiva e meu tio Rui Sérgio C. Paiva, por oferecerem o suporte familiar necessário durante minha trajetória. Ao meu Deus, por nunca me abandonar nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre iluminar meus caminhos, me dar forças para superar todas as dificuldades e proteger de todo mal.

Agradeço os meus familiares, por todo apoio e incentivo. Em especial a minha vó Bernadete Carneiro de Paiva por servi tanto de inspiração, quanto de alicerce em minha caminhada nos estudos. À minha mãe Adriana Lize Carneiro de Paiva, que apesar de longe sempre contribuiu em minha educação e com acolhimento em situações difíceis. Ao meu tio Rui Sérgio Carneiro Paiva pelo modelo paternal e os ensinamentos durante a minha trajetória. À minha tia Regina Lúcia de Paiva, por me acolher sempre que necessário em sua residência. Ao meu irmão Adriano Paiva que apesar da pouca idade sempre que me via em situação difícil tenta me trazer alegria.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Industrial em especial ao meu orientador Hallan Max Silva Souza pela paciência, por todas as conversas, conselhos, orientações e momentos de descontração. A professora Ana Áurea B. Maia, sempre me inspirou a ser melhor, com sua de responsabilidade e comprometimento com os alunos e o curso.

Agradeço também ao meu amor Naír Costa, por sempre estar ao meu lado nos momentos mais difíceis destes últimos anos, me dando carinho e aconchego quando eu não conseguia ser forte para continuar.

Agradeço aos meus amigos pela amizade e companheirismo, em especial aos meus melhores amigos Renan Souza, Thiago Rodrigues e Daniel Oliveira, pelos momentos de descontração e risadas.

Aos meus amigos de sala pelo convívio e momentos de estudo, em especial aos amigos Victor Vieira, Felipe Góes, Adalberto Malato e Mikael Barbosa, que acompanharam nos cinco anos de curso, sempre compartilhando conhecimento.

Agradeço aos colegas de trabalho da Sala da Monitoração do GEDAE, que acompanharam de perto a produção deste estudo. Em especial o Professor Claudomiro Fábio, sempre disposto a ajudar.

Agradeço a Universidade Federal do Pará por me proporcionar um ensino público de qualidade.

O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou ao caminhar.

Abraham Lincoln

RESUMO

Este trabalho propõe um diagnóstico energético e a elaboração de propostas de melhorias objetivando a redução do consumo elétrico em uma panificadora, localizada, no município de Abaetetuba no estado do Pará. Foram feitas entrevistas com o proprietário e os colaboradores com o objetivo de obter dados sobre o consumo elétrico e características da edificação. Posteriormente, elaboraram-se duas propostas de melhorias, levando em consideração os principais conceitos de eficiência energética. A primeira proposta utilizou a análise de Pareto, que admite um cenário onde há um menor custo de investimento, sendo sugerida a troca, apenas, dos equipamentos com maior influência no consumo de energia elétrica; e a segunda propôs a troca de todos os equipamentos antigos e/ou pouco eficientes. Após a elaboração das propostas utilizou-se métodos de análise econômica (*payback* simples, *payback* descontado, valor presente líquido) para a verificação de viabilidade financeira. Por fim, mostrou-se que as duas propostas possuem resultados viáveis, dando autonomia ao proprietário decidir qual será utilizada, tendo em vista que as principais diferenças entre elas são o custo e o tempo de retorno do investimento.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Panificadora. Diagnóstico Energético. Análise Econômica

ABSTRACT

This research proposes an energy diagnosis and an elaboration of improvement proposals, aiming electricity consumption reduction in a bakery, located in Abaetetuba city, state of Pará. The owner and collaborators were interviewed in order to obtain data on electricity consumption and characteristics of the building. Subsequently, two proposals were made aiming improvements, taking into account the main concepts of energy efficiency. The first proposal was based in the analysis of Pareto, which admits a scenario where a lower cost of investment exists, being suggested an exchange of just the equipment which has greater influence in the consumption of electricity; and the second proposed the exchange of old and / or inefficient equipment. After the proposals were obtained, economical analysis methods (simple payback, discounted payback, net present value) were used to verify financial viability. Finally, it was shown that the two proposals had valid results, giving the owner an autonomy in the decision of which way will be used, since the main differences between them were cost and the return of the investment in a short period of time.

Key-Words: Energy Efficiency. Bakery. Energy Diagnosis. Economic Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Reservatório da Usina de Funil (RJ), que atingiu o nível mais baixo desde 1969.	20
Figura 1.2 - Economia de energia decorrentes das ações do PROCEL nos últimos cinco anos (bilhões de kWh).	23
Figura 1.3 - Selo PROCEL, fixado em equipamentos elétricos eficientes.....	23
Figura 1.4 - Selo CONPET, fixado em equipamentos a gás ou petróleo eficientes.....	25
Figura 1.5 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)	26
Figura 1.6 – Projetos de Eficiência Energética dividido por grupos, verificação da quantidade de projetos e de investimento em cada um.....	27
Figura 1.7 – Mapa de cobrança do acréscimo por bandeiras tarifárias.	28
Figura 1.8 – Histórico de Bandeiras Tarifárias.	29
Figura 1.9 – Logotipo da Associação Brasileira das Empresas e Serviços de Conservação de Energia - ABESCO.....	30
Figura 2.1 – Exemplo de iluminação.....	33
Figura 2.2 – Temperaturas de cor típicas de acordo com o ambiente.	36
Figura 2.3 – Lâmpada incandescente comum e seus componentes.	38
Figura 2.4 – Lâmpada incandescente halógena.....	39
Figura 2.5 – Lâmpada fluorescente tubular.....	39
Figura 2.6 – Lâmpada fluorescente compacta.....	40
Figura 2.7 – Lâmpada a vapor de mercúrio.....	41
Figura 2.8 – Lâmpada a vapor metálico.	42
Figura 2.9 – Lâmpada mista.	42
Figura 2.10 – Lâmpada a vapor de sódio.	43
Figura 2.11 – Lâmpada de LED, residencial.....	44
Figura 2.12 – Ventilador de parede usado na panificadora.	47
Figura 2.13 – Principais componentes num sistema de condicionamento de ar.	48

Figura 2.14 – Ar-condicionado tipo janela.....	50
Figura 2.15 – Ar-condicionado tipo Split (a) e Cassete (b).....	51
Figura 2.16 – Comparativo do aparelho de ar-condicionado Split convencional e o Split inverter.....	52
Figura 2.17 – Ar-condicionado Self Contained.....	52
Figura 2.18 – Classificação dos equipamentos de ar-condicionado.....	53
Figura 2.19 – Princípio de funcionamento dos refrigeradores e freezers.....	55
Figura 2.20 – Refrigerador usado na panificadora.	55
Figura 2.21 – Freezer horizontal (a) e vertical com porta de vidro (b) usado na panificadora.	56
Figura 2.22 – Forno híbrido (elétrico e lenha) usado na panificadora.	59
Figura 2.23 – Batedeira de massas usada na panificadora.	60
Figura 2.24 – Batedeira de massas usada na panificadora.	60
Figura 2.25 – Balcões frio (a), neutro (b) e quente (c) usados na panificadora.	61
Figura 2.26 – Aparelho de Micro-ondas utilizado na panificadora.....	62
Figura 2.27 – Liquidificador industrial utilizado na panificadora.....	63
Figura 2.28 – Sanduicheira utilizada na panificadora.	63
Figura 2.29 – Espregador de frutas utilizado na panificadora.....	64
Figura 2.30 – Equipamentos de informática no escritório da empresa.	64
Figura 2.31 – Caixa de distribuição do setor produtivo em má condição.....	66
Figura 3.1 – Dispositivos utilizados na medição de grandezas elétricas dos equipamentos da panificadora.	69
Figura 3.2 – Gráfico do consumo médio mensal por equipamento no setor de produção.	71
Figura 3.3 – Gráfico do consumo médio mensal por equipamento no setor de confeitaria.	73
Figura 3.4 – Gráfico do consumo médio mensal por equipamento no setor de escritório.	75
Figura 3.5 – Gráfico do consumo médio mensal por equipamento no setor de área comercial.	78

Figura 3.6 – Gráfico do consumo médio mensal por setor em porcentagem da edificação.	80
Figura 3.7 – Gráfico do consumo médio mensal por grupo de consumo em porcentagem da edificação.....	81
Figura 4.1 – Gráfico representando a análise de Pareto para o consumo dos equipamentos a serem substituídos.	88
Figura 4.2 – Gráfico representando a análise de Pareto para a energia economizada dos equipamentos a serem substituídos.	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Índice de Reprodução de Cores	33
Tabela 2.2 - Índices de iluminância, limitação de ofuscamento e índice de reprodução de cores mínimo para alguns ambientes.	36
Tabela 2.3 – Tipos de lâmpadas tubulares e a diminuição do tubo sem a perda de fluxo luminoso.	40
Tabela 2.4 - Calculo de Capacidade Térmica para cada tipo de Ambiente.	50
Tabela 2.5 - Classificação dos equipamentos de refrigeração.	57
Tabela 3.1 – Estimativa de consumo de energia mensal em (kWh) do setor de produção.	71
Tabela 3.2 – Observações realizadas no setor de produção.	72
Tabela 3.3 – Estimativa de consumo de energia mensal em (kWh) do setor de confeitaria. ..	73
Tabela 3.4 – Observações realizadas no setor de confeitaria.	74
Tabela 3.5 – Estimativa de consumo de energia mensal em (kWh) do setor de escritório.	75
Tabela 3.6 – Observações realizadas no setor de escritório.	76
Tabela 3.7 – Estimativa de consumo de energia mensal em (kWh) do setor de área comercial.	77
Tabela 3.8 – Observações realizadas no setor de área comercial.	79
Tabela 3.9 – Estimativa do consumo total da edificação por setor.	80
Tabela 3.10 – Estimativa do consumo total da edificação por grupo de consumo.	81
Tabela 3.11 – Tarifa convencional cobrada por classe de consumidores de baixa tensão.	82
Tabela 4.1 – Equipamentos que devem ser trocados de acordo com os parâmetros.	85
Tabela 4.2 – Cálculo de energia economizada – Proposta 1.	89
Tabela 4.3 – Custo de aquisição dos equipamentos (CAE) substituintes – Proposta 1.	90
Tabela 4.4 – Cálculo de energia economizada – Proposta 2.	90
Tabela 4.5 – Custo de aquisição dos equipamentos (CAE) substituintes – Proposta 2.	91
Tabela 5.1 – Cálculo do VPL da proposta 1.	101
Tabela 5.2 – Cálculo do VPL da proposta 2.	102

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas e Serviços de Conservação de Energia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAE	Custo de aquisição dos equipamentos
CE	Carga Específica
CELPA	Centrais Elétricas do Pará
CGH	Centrais Geradoras Hidrelétricas
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
ELETROBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
ENGEL	Engenharia Eficiente e Serviços LTDA
ESCOS	Empresas Especializadas em Serviços de Conservação de Energia
FRC	Fator de Recuperação de Capital
IEE	Índice de Eficiência Energética
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IRC	Índice de Reprodução de Cores
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LED	Diodo Emissor de Luz
LEE	Lei de Eficiência Energética
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira aprovada pela ABNT
TCC	Temperatura Correlata de Cor
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem

PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PD	Payback descontado
PEE	Programa de Eficiência Energética
PERCEE	Programa Emergencial de Redução do Consumo de Energia Elétrica
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A
PL	Lâmpada Fluorescente Compacta
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROESCO	Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética
PS	Payback simples
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade
RMS	<i>Root-Mean-Square</i>
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SENGE-MG	Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais
SIN	Sistema Interligado Nacional
UGR	Índice de ofuscamento aceitável
UHE	Usinas Hidrelétricas
VPL	Valor presente líquido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
1.1 Histórico de eficiência energética no Brasil	18
1.2 Conceitos iniciais sobre eficiência e energia	20
1.3 Conceitos sobre eficiência energética.....	21
1.4 Programas e leis brasileiras de eficiência energética.....	22
1.4.1 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).....	22
1.4.2 Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural (CONPET).....	24
1.4.3 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).....	25
1.4.4 Lei de Eficiência Energética (LEE).....	26
1.4.5 Programa de Eficiência Energética - PEE.....	27
1.4.6 Bandeiras Tarifárias.....	28
1.4.7 Empresas Especializadas em Serviços de Conservação de Energia - ESCOS ...	29
2. PRINCIPAIS ASPECTOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SETORES RESIDÊNCIAIS E COMERCIAIS.....	31
2.1 Sistemas de iluminação.....	31
2.1.1 Iluminância	32
2.1.2 Índice de reprodução de cores	33
2.1.3 Eficiência luminosa	34
2.1.4 Ofuscamento.....	34
2.1.5 Temperatura correlata de cor.....	35
2.1.6 Componentes de iluminação.....	36
2.2 Sistemas de climatização	46
2.2.1 Ventilador	46
2.2.2 Condicionadores de ar	47

2.3	Sistemas de refrigeração	54
2.3.1	Refrigerador.....	55
2.3.2	Freezer	56
2.3.3	Eficiência energética em equipamentos de refrigeração	57
2.3.4	Medidas contra os desperdícios.....	57
2.4	Cargas específicas de uma panificadora	58
2.4.1	Forno elétrico.....	58
2.4.2	Batedeira de massas.....	59
2.4.3	Cortador de frios.....	60
2.4.4	Balcões de exposição.....	61
2.5	Demais cargas utilizadas na panificadora	62
2.5.1	Micro-ondas.....	62
2.5.2	Liquidificador industrial	62
2.5.3	Sanduicheira	63
2.5.4	Espremedor de frutas	63
2.5.5	Equipamentos de informática	64
2.6	Instalações elétricas	64
2.7	Considerações do capítulo	66
3.	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	67
3.1	Descrição do estudo	67
3.2	Local de estudo	69
3.3	Caracterização do consumo elétrico da panificadora por ambiente.....	70
3.3.1	Produção	70
3.3.2	Confeitaria	72
3.3.3	Escritório	74
3.3.4	Área comercial.....	76

3.4	Estimativa de consumo geral da panificadora	79
3.5	Estimativa do valor cobrado do consumo de energia da panificadora.....	82
4.	PROPOSTA DE MELHORIAS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	84
4.1	Introdução	84
4.2	Aspectos relevantes na realização do <i>retrofit</i>	84
4.3	Cálculo de energia economizada	85
4.4	Custo de aquisição de equipamento.....	86
4.5	Propostas de melhorias	87
4.5.1	Proposta 1 – Troca dos equipamentos utilizando a análise de Pareto	87
4.5.2	Proposta 2 – Trocas de todos os equipamentos da Tabela 4.1	90
4.6	Considerações do capítulo	91
5.	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	93
5.1	Introdução	93
5.2	Avaliação econômica das propostas	93
5.2.1	Vida útil	93
5.2.2	Energia economizada anual	94
5.3	Métodos de análise econômica	95
5.3.1	<i>Payback</i> simples (PS)	96
5.3.2	<i>Payback</i> descontado (PD).....	97
5.3.3	Valor presente líquido (VPL)	99
5.4	Considerações do capítulo	103
	CONCLUSÃO.....	104
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
	ANEXO A – Tabela de coleta de dados.	111
	ANEXO B – Estimativa de consumo	112

INTRODUÇÃO

A falta de planejamento (novas linhas de transmissão e aumento na produção), ausência de investimentos e fatores ambientais (estiagem prolongada) no setor de energia elétrica no Brasil resultaram na tão conhecida “Crise do Apagão”, que aconteceu em 2001. Essa crise prejudicou a geração e distribuição de energia elétrica do País deixando algumas regiões sem energia.

Os órgãos públicos responsáveis pelo setor de energia no País investiram inicialmente em ações de eficiência energética, objetivando adiar a construção de novas hidrelétricas e termelétricas, pois com o aumento gradativo do consumo elétrico na indústria, comércio e residências, os sistemas elétricos de potência acabariam não suportando a quantidade de potência demandada.

No cenário atual, o consumo de energia possui uma grande relevância para os setores da indústria, comércio e serviços, visto que os empresários demonstram cada vez mais interesse neste insumo que dependendo de sua utilização pode acarretar em grandes gastos para a organização, onerando ainda mais os produtos e serviços prestados.

Diversos programas e leis voltadas para a eficiência energética, iniciaram seu desenvolvimento desde a década de 70. Dentre estes, destaca-se o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o qual promove atividades de conscientização da sociedade em relação ao desperdício de energia, além de possuir grande abrangência aos setores quando é observado todas as suas vertentes, como por exemplo o PROCEL Edifica e o PROCEL Indústria.

Outro programa muito popular para os consumidores é o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), o qual através de uma etiqueta (fixada nos produtos comercializados no Brasil) informa diversos parâmetros (como por exemplo tipo de equipamento e seu consumo mensal) além de possuir uma classificação pela sua eficiência energética. Auxiliando assim o consumidor na escolha consciente dos produtos.

Nos últimos anos houve um crescimento na demanda em projetos de eficiência energética, na qual as empresas com grande consumo elétrico buscam profissionais qualificados para elaboração de diagnósticos energéticos, tendo em vista a otimização do consumo das organizações.

Tais fatos, justificam as pesquisas relacionando o tema de eficiência energética, a fim de melhorar o consumo elétrico de diversos setores (residenciais, comerciais, industriais e de

serviços), haja vista que a demanda por este tipo de energia só tende a crescer com o passar dos anos.

Desta forma, o presente estudo tem por objetivo a elaboração de um diagnóstico energético realizado em uma panificadora localizada no Município de Abaetetuba, Estado do Pará. Para alcançar tal objetivo é necessário a realização de um levantamento bibliográfico, a escolha do local onde os dados serão obtidos e posteriormente a construção de duas propostas para a redução do consumo elétrico da edificação.

Como resultado deste diagnóstico são apresentadas duas propostas técnicas a fim de diminuir as perdas e aumentar a eficiência energética da panificadora. Além disso, as análises financeiras das propostas proporcionam verificar a disponibilidade de serem realizadas.

O estudo encontra-se dividido nesta introdução, em cinco capítulos e uma conclusão, que abordam os seguintes assuntos:

No capítulo 1 é realizada uma breve abordagem sobre os acontecimentos históricos e como isso impactou a sociedade. Além disso, são apresentados os conceitos relacionados a eficiência energética e a criação dos programas e leis sobre o tema no País.

Em seguida, no capítulo 2 são mostrados os principais aspectos da eficiência energética em setores comerciais, apresentando os conceitos e normativas dos sistemas de iluminação, climatização e refrigeração. Posteriormente, são apresentados os equipamentos da panificadora, assim como as demais cargas elétricas encontradas e as condições da instalação elétrica no local.

No capítulo 3, é apresentada a descrição do local de estudo, bem como o levantamento das cargas e o tempo de operação das mesmas, a fim de proporcionar a estimativa do consumo de energia da panificadora, a qual está dividida nos setores de produção, confeitaria, escritório e área comercial.

Posteriormente, no capítulo 4 são apresentados os aspectos para a realização da troca dos equipamentos e os cálculos da energia a ser economizada. Também são elaboradas as duas propostas de melhorias, uma utilizando a análise de Pareto e a outra considerando a substituição de equipamentos elétricos pouco eficientes e/ou com condições precárias de operação.

No capítulo 5 são mostradas as avaliações econômicas das propostas, o tempo de vida útil e os métodos utilizados para a verificação de viabilidade de um projeto energético, tais como o *payback* simples e o descontado, assim como o valor presente líquido.

Por fim, na conclusão são discutidas as contribuições do estudo, os aspectos positivos e negativos, além de indicar algumas sugestões para trabalhos futuros.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é inicialmente apresentado um breve histórico sobre os momentos que contribuíram para que o Brasil começasse a se preocupar em utilizar a sua matriz energética de forma mais eficiente. Em seguida é mostrada uma visão geral sobre os conceitos que envolvem a energia elétrica e a sua utilização de forma eficiente, acarretando em uma diminuição do desperdício desta forma de energia. É mostrado também o ponto de vista de diversos autores, associando o conceito de eficiência energética em diferentes áreas de estudos como administração, economia, engenharia, entre outras. Para finalizar apresentam-se as leis e os programas criados com o objetivo de proporcionar a utilização da energia elétrica de forma mais racional no País.

1.1 Histórico de eficiência energética no Brasil

A tendência de implantação de medidas corretivas ocorre, muitas das vezes, na hora da necessidade e não na prevenção como seria o ideal. Com a “Crise do Petróleo” nos anos 70, iniciou-se a preocupação com o uso eficiente da energia, já que neste período houve o surgimento de crises econômicas em todos os Países que dependiam do petróleo. Além disso, estudos apontaram que as reservas de combustíveis fósseis eram finitas, e com a larga utilização dessas reservas pela sociedade, em um futuro não tão distante poderia ocorrer a escassez deste tipo de combustível. Através da visualização deste cenário, as pessoas buscaram mecanismos para conseguir desenvolver os seus produtos e serviços através de um menor gasto de energia, gerando assim menores impactos ambientais, econômicos e sociais.

Nos anos 70 a importação do petróleo no Brasil era de 70% em relação ao consumo, durante esse período de escassez o petróleo chegou a subir mais de 40% em um ano. Desta forma, o preço da gasolina acompanhou a alta e o governo implantou medidas de racionamento, tais como a gasolina não era vendida nos finais de semana e também a proibição do tráfego de veículos a mais de 80 quilômetros por hora nas estradas [1].

Em 2001 a “Crise do Apagão” teve como uma das causas à inexistência de planejamento e a falta de recursos investidos na geração e distribuição de energia elétrica no Brasil. Este cenário fez com que assuntos como racionalização de energia e eficiência energética comessem a serem abordados de uma forma mais constantes em várias classes sociais, já que as medidas governamentais de racionamento implantadas emergencialmente afetaram diretamente o consumidor final. Acarretando no aumento de tarifas e a utilização de energia proveniente das usinas termelétricas que, conseqüentemente, tem um custo mais elevado.

Segundo o Relatório de Auditoria do Tribunal de Contas da União [2] o governo preparou um plano emergencial chamado Programa Emergencial de Redução do Consumo de Energia Elétrica - PERCEE, baseado no acionamento de usinas termelétricas, já que naquela época as hidrelétricas estavam com os níveis de água dos seus reservatórios baixos devido à escassez de água das chuvas, além de realizar investimentos na construção de linhas de transmissão para poder levar energia de locais onde tinham sobra para locais onde havia a falta de eletricidade. Com base nesse plano às medidas tomadas para o racionamento de energia entraram em vigor a partir de 1º de junho de 2001 consistindo em não aplicar sobretaxas para consumidores residenciais se o consumo mensal fosse abaixo ou igual a 200 quilowatts-hora. Para a parcela de clientes com consumo entre 200 e 500 quilowatts-hora era acrescido uma sobretaxa de 50% do valor respectivo da conta. Já os consumidores que ultrapassavam os 500 quilowatts-hora tinham uma taxa de 200% em cima do valor respectivo da conta.

Em seguida, devido ao aumento das tarifas ocorreram mudanças bruscas na utilização da energia elétrica, entre elas, o início das trocas de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes que apresentavam o consumo bem menor de energia e uma eficiência luminosa igual ou na grande maioria maior. Tendo em vista que as lâmpadas incandescentes transformam a maior parte da energia elétrica em calor e uma pequena parte em luminosidade [3]. Outras medidas tomadas nas residências foram o desligamento de equipamentos eletrodomésticos em determinados horários, principalmente nos horários considerados de ponta (maior custo do quilowatts-hora), como geladeiras, *freezers*, televisores, ventiladores, aparelhos de ar condicionado entre outros. As indústrias do País também tiveram que se adequar com a realidade da época, realizando a troca de equipamentos alimentados por energia elétrica por outros que funcionassem com alimentação a gás [3].

De acordo com o relatório do Tribunal de Contas da União, o prejuízo causado pelo apagão de 2001 foi de R\$ 45,2 bilhões. Deste valor, R\$ 27,12 bilhões foram pagos pela população por meio do chamado repasse tarifário, o restante foi custeado pelo Tesouro Nacional. Esse último valor poderia ter sido economizado, se houvesse um planejamento de prevenção no passado, e investido em mais tecnologias para geração e distribuição de energia elétrica no País [2].

A maior parte da geração de energia elétrica do Brasil é feita por hidrelétricas. O que torna este setor altamente dependente de aspectos climáticos, como a chuva. Nos últimos anos as estiagens afetaram tanto as produtoras de energia elétrica, devido à baixa geração proveniente das hidrelétricas, quanto dos consumidores no aumento do preço da energia. Aumento esse

proporcionado pela utilização de usinas termelétricas e a implantação de bandeiras tarifárias deixando a energia cada vez mais cara.

Em 2015 os meteorologistas registraram o janeiro mais seco em 85 anos, na região Centro-Oeste e Sudeste que corresponde cerca de 70% da geração de energia do país, choveu apenas 38% do volume esperado para este período, ligando assim o alerta para que um novo racionamento de energia como o de 2001 fosse feito [4]. Pode-se observar na Figura 1.1 o quão a situação da região Sudeste esteve afetada no período.

Figura 1.1 - Reservatório da Usina de Funil (RJ), que atingiu o nível mais baixo desde 1969.



Fonte: [4]

Devido a esse fato foram acionadas as usinas termelétricas na sua máxima capacidade para suprir a demanda de energia e evitar um possível apagão, apesar da geração mais cara e o impacto ao meio ambiente, ela torna-se uma alternativa emergencial para casos desse tipo.

Posteriormente, foram implantadas as bandeiras tarifárias, as quais são taxas, acrescidas na fatura da conta de energia, que apresentam uma variação conforme a disponibilidade de energia das hidrelétricas. Este último assunto será comentado com mais detalhes no decorrer do trabalho.

1.2 Conceitos iniciais sobre eficiência e energia

A palavra eficiência vem do latim “*efficientia*” que se refere à utilização dos meios de forma racional com o objetivo de atingir objetivos determinados. Outra forma de definição de eficiência é o uso mínimo de recursos disponíveis em um menor tempo para alcançar os objetivos e as metas estabelecidas, desta forma obtendo a otimização do processo [5].

De acordo com [6], eficiência não se trata apenas de uma medida de desempenho e sim da administração dos recursos da melhor forma possível, conseguindo assim um bom resultado com menos esforço.

Já a palavra energia advém do grego *εργος* (ergos), que expressa trabalho. Em dicionários da Língua Portuguesa se encontra também a definição de energia como sendo a capacidade dos corpos de desenvolver uma força ou produzir trabalho [7].

Energia também é definida como um fenômeno presente no funcionamento de todos os sistemas do universo e encarregado pelos processos de transformações físicas, químicas e biológicas. Sendo assim a energia tem um papel vital nas atividades da sociedade moderna [8].

De acordo com [9], fontes de energia são as formas como ela se apresenta na natureza. Com relação ao consumo, a energia pode ser usada em máquinas, lâmpadas e transporte de bens e pessoas.

1.3 Conceitos sobre eficiência energética

Ao longo dos anos, o homem vem buscando soluções para as mudanças que vem ocorrendo no mundo, visto que muitas dessas mudanças estão associadas à energia. Devido ao alto consumo de energia advinda de fontes não renováveis, como exemplo a queima de combustíveis fósseis, estes geram um impacto bastante negativo ao meio ambiente através da liberação de gases.

Segundo [10], atualmente no Brasil, a maior parte da energia elétrica utilizada é produzida pelas Centrais Geradoras Hidrelétricas, Pequenas Centrais Hidrelétricas e Usinas Hidrelétricas (CGH, PCH, UHE), correspondendo a aproximadamente 102,22 GW, o que é equivalente a cerca de 63,87% da capacidade de energia fiscalizada no país. Contudo, em períodos de estiagem a tendência consiste no aumento de geração de energia elétrica a partir das usinas termelétricas, causando assim uma elevação no custo da energia e além de diversos problemas ambientais.

Com o aumento constante dos custos de geração de energia associado com a maior demanda pela mesma, é necessário ficar alerta ao consumo consciente. Por esta razão, torna-se essencial que as organizações e a própria população iniciem a mudança de seus hábitos, adotando a utilização de conceitos de eficiência energética para que possa ter um melhor aproveitamento desse insumo, o qual é atualmente indispensável para a vida humana.

O projeto de eficiência energética estar incluso em várias etapas de um sistema energético, desde sua transmissão, distribuição até o seu consumo. O avanço tecnológico permite um maior uso de equipamentos eficientes com alternativas sustentáveis para grande parte da sociedade. Através de uma diminuição nos custos destes equipamentos eficientes, pode-se ter uma maior utilização dos mesmos dentro das indústrias, instituições públicas e

privadas, setor comercial, dentre outros, proporcionando, além de um menor consumo de energia elétrica um ambiente agradável para o desenvolvimento das atividades das pessoas, como exemplo podem ser citados os motores de alto rendimento, os equipamentos de condicionamento de ar e as lâmpadas eficientes, que podem substituir os equipamentos antigos ou que apresentam baixo rendimento.

De acordo com [11], define-se eficiência energética de forma que a empresa ou instituição em questão passa a produzir mais produtos (ou serviços), gastando menos energia possível, sem que a qualidade do produto (ou serviço) seja alterada. Essa medida acaba sendo a principal diferença entre a eficiência energética e o racionamento de energia, tendo como exemplo, o desligamento do ar condicionado de uma loja para a diminuição do consumo de energia gerando desconforto para os clientes, isso seria um racionamento, por outro lado, a manutenção ou troca do equipamento por outro mais eficiente obtendo o mesmo resultado consumindo menos energia seria considerado uma medida típica de eficiência energética.

1.4 Programas e leis brasileiras de eficiência energética

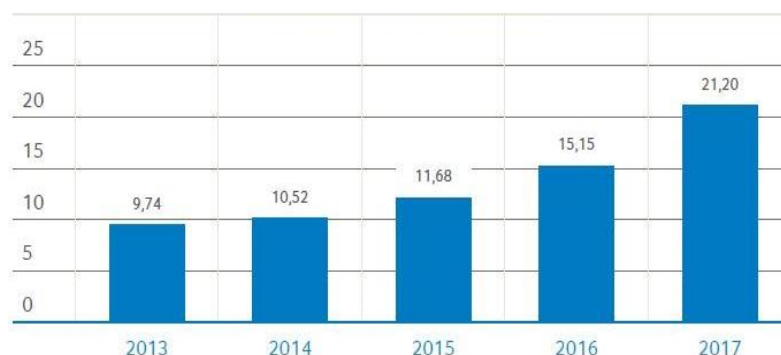
1.4.1 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), instituído em 30 de dezembro de 1985, consiste em um programa do governo brasileiro coordenado pelo Ministério de Minas e Energia - MME e executado pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A – ELETROBRAS. Tem o objetivo de promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Todos os anos são produzidos relatórios com resultados energéticos obtidos através das ações do programa, os quais contribuem para a eficiência dos bens e serviços, bem como possibilitam a postergação de investimentos com empreendimentos de grande porte no setor elétrico, reduzindo possíveis impactos ambientais [12].

Com base nos resultados divulgados pelo relatório de 2018, estima-se que em 2017 o PROCEL atingiu uma economia aproximada de 21,2 bilhões de quilowatts-hora. Este valor, a título de comparação, seria equivalente à geração de energia de um ano de uma usina hidrelétrica com capacidade de 5.084 MW.

A Figura 1.2 apresenta o gráfico onde observa-se a economia nos últimos cinco anos, com base nos relatórios anuais do PROCEL.

Figura 1.2 - Economia de energia decorrentes das ações do PROCEL nos últimos cinco anos (bilhões de kWh).



Fonte: [12]

Outro dado interessante do programa consiste na avaliação dos resultados acumulados no período de 1986 a 2017, a qual mostra que a economia de energia total obtida foi da ordem de 128,6 bilhões de kWh, sendo que aproximadamente 16,48% desse montante foram economizados somente em 2017.

Em 1993 o programa instituiu um selo para equipamentos vendidos no país que tinham maior eficiência no seu consumo de energia. Este selo denominado Selo PROCEL possui cerca de 25 anos, tendo uma parceria sólida com as empresas, fabricantes de equipamentos, laboratórios de ensaios, universidades, e centro de pesquisas. Dentre estes está incluso o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO [12]. A Figura 1.3 ilustra o Selo PROCEL encontrado nos equipamentos eficientes.

Figura 1.3 - Selo PROCEL, fixado em equipamentos elétricos eficientes.



Fonte: [12]

A partir da concessão deste selo aos equipamentos, os consumidores tiveram de forma mais explícita a informação dos produtos com níveis de eficiência e desempenho de melhor avaliação que os outros. Em contrapartida, devido esses produtos serem de certa forma mais refinados em seu processo de fabricação, isso acabou encarecendo seu preço final.

Além do selo supracitado, o PROCEL possui diversos subprogramas que dizem respeito as ações de obtenção de um consumo eficiente de energia, eles são denominados como:

- Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (PROCEL Info);
- Eficiência Energética em Edificações (PROCEL Edifica);
- Eficiência Energética em Equipamentos (PROCEL Selo);
- Eficiência Energética Industrial (PROCEL Indústria);
- Eficiência Energética no Saneamento Ambiental (PROCEL Sanear);
- Eficiência Energética nos Prédios Públicos (PROCEL EPP);
- Gestão Energética Municipal (PROCEL GEM);
- Informação e Cidadania (PROCEL Educação); e
- Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica (PROCEL Reluz).

Todos eles tem o propósito de disseminar o conhecimento aos consumidores sobre eficiência energética, bem como informar as tecnologias que consomem menos energia.

1.4.2 Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural (CONPET)

O Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) foi instituído em 1991, por um decreto da presidência, a fim de estimular hábitos de consumo consciente dos recursos naturais não renováveis no Brasil, garantindo assim um futuro melhor para as próximas gerações [13].

Além de conscientizar a população a utilizar de forma racional o uso de energia advindas de recursos fósseis, o programa incentiva os estudos em busca de novas tecnologias, otimizando assim o uso final da energia. Tendo parcerias com o Ministério de Minas e Energia - MME, e tendo o apoio técnico e administrativo da Petróleo Brasileiro S.A – PETROBRAS, o CONPET desenvolve ações de educação ambiental com o CONPET na Escola e também estudando formas alternativas para a redução de emissão de gases nocivos para natureza vinda de veículos através do CONPET no Transporte.

Desde 2005 o CONPET rotula equipamentos que possuem menores taxas no consumo de combustível através do Selo CONPET de Eficiência Energética (Figura 1.4). Este selo é aplicado em aquecedores de água a gás, fogões e fornos e automóveis leves.

Figura 1.4 - Selo CONPET, fixado em equipamentos a gás ou petróleo eficientes.



Fonte: [13]

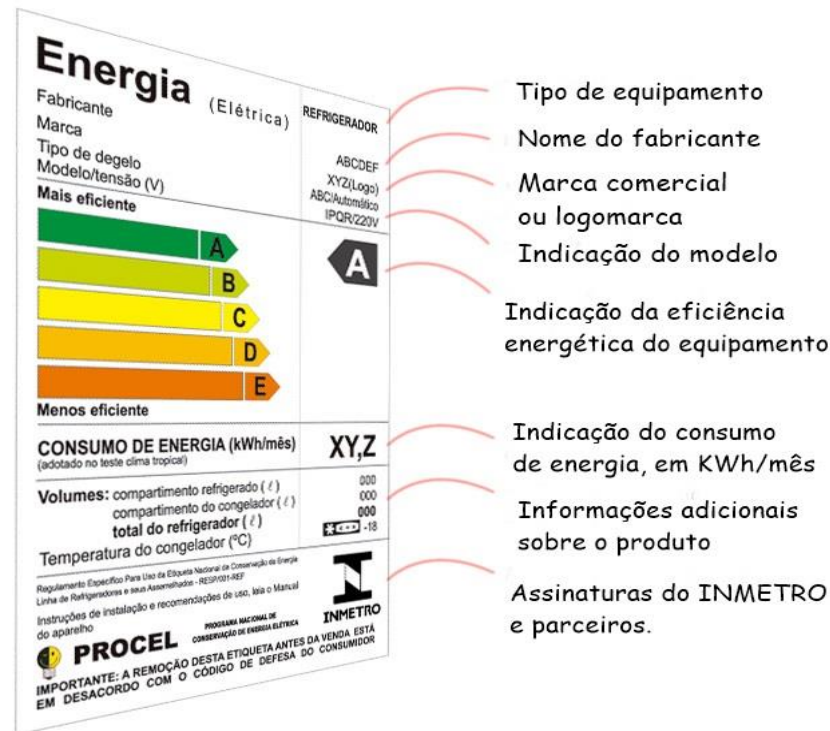
Uma observação importante a ser feita é que o Selo CONPET se diferencia da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) produzida pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE, pois a etiqueta classifica todos os produtos, caracterizando-os de acordo com sua eficiência energética, enquanto que os selos PROCEL e CONPET apenas constataam que os produtos são mais eficientes dentro de um determinado grupo de equipamentos.

1.4.3 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), administrado pelo INMETRO, contribui de maneira informativa para análise de desempenho dos produtos, considerando aspectos como eficiência energética, ruído, indicação do consumo e outros fatores, que podem influenciar na aquisição de tal produto pelo consumidor. Com estas informações, além do consumidor criar o hábito de compra mais consciente, estimulam também as indústrias a cada vez mais melhorarem as tecnologias envolvidas nos processos de fabricação dos seus produtos, a fim de torná-los mais eficientes e competitivos no mercado [14].

Constituído em 1984, o PBE de forma pioneira promoveu uma discussão com a sociedade acerca da conservação de energia com a finalidade de contribuir para o uso racional de energia no País. Atualmente, tem como parceira a ELETROBRAS, o PROCEL e o CONPET. A Figura 1.5 ilustra a etiqueta do programa com várias informações importantes para o consumidor.

Figura 1.5 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)



Fonte: Adaptado de [14]

Através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), afixada nos produtos de forma voluntária ou obrigatória, o consumidor é informado sobre a eficiência energética ou consumo de modelos similares, podendo compará-los por uma escala de classificação através de letras, denominando os modelos de tipo "A" (mais eficiente) até "E" (menos eficiente) [14].

1.4.4 Lei de Eficiência Energética (LEE)

A Lei de Eficiência Energética (LEE) foi instituída na crise energética de 2000/2001 com o nº 10.295/01, tendo como objetivo estabelecer os níveis mínimos de eficiência energética, ou máximos de consumo, de equipamentos que se alimentam de energia elétrica, incluindo veículos e edificações. Em dezembro de 2001, o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE ficou encarregado de regulamentar e aplicar a lei [15].

Com base em um estudo realizado em 2012, estima-se que até o ano de 2030 com o enquadramento dos equipamentos conforme a lei, refletirá numa economia de energia de 14 TWh/ano, e uma redução no consumo de ponta de 9 GW [15].

Em junho de 2012, iniciou-se a remoção das lâmpadas incandescentes em todo território nacional, com isso, em 20 anos a economia representará cerca de 10 TWh/ano, promovendo

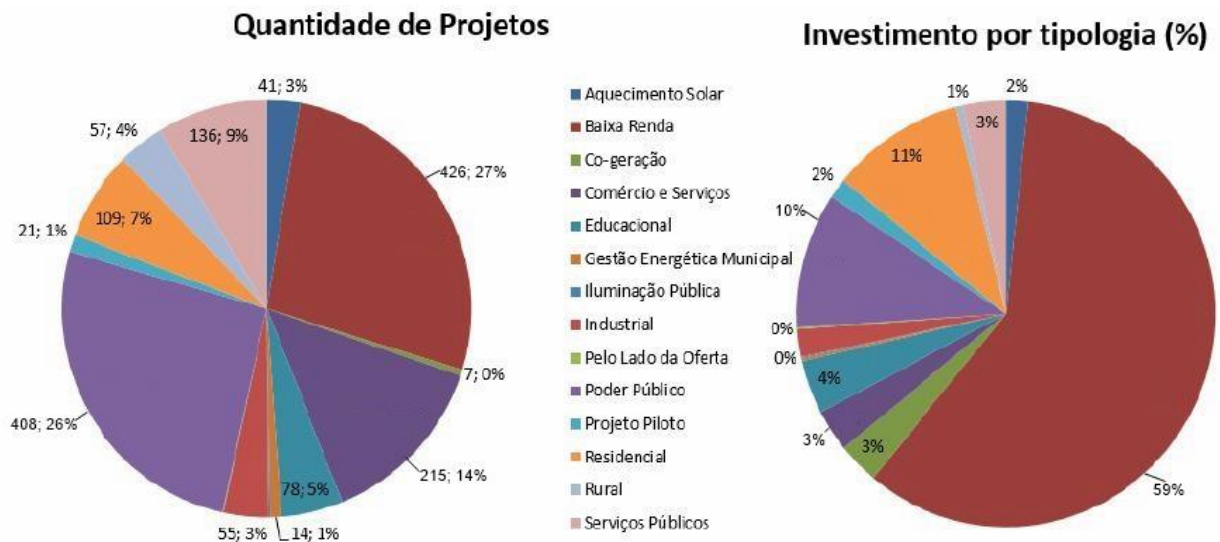
uma redução de aproximadamente 6 bilhões em custos de geração, transmissão e distribuição de energia [16].

1.4.5 Programa de Eficiência Energética - PEE

O Programa de Eficiência Energética - PEE regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi instituído com base nos compromissos relatados nos contratos de concessão, aprovado em 1998, entre as concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica e a Agência. Com o surgimento da Lei nº. 9.991, de 24 de julho de 2000, foi atribuído às concessionárias a obrigação de investir do montante anual no mínimo 0,5% de sua receita operacional líquida em iniciativas contra o desperdício de energia elétrica [17].

Segundo [15], os resultados com maior relevância obtidos pelos PEEs no período de 1998 a 2015 foram: 6,35 bilhões de reais investidos; 4.789 projetos realizados; 9,69 TWh/ano de energia economizada e 3 GW de demanda retirada do horário de ponta. A Figura 1.6 mostra graficamente as distribuições da quantidade de projetos e do investimento realizado por tipo de projeto nos PEEs de 2008 a 2015.

Figura 1.6 – Projetos de Eficiência Energética dividido por grupos, verificação da quantidade de projetos e de investimento em cada um.



Fonte: [15]

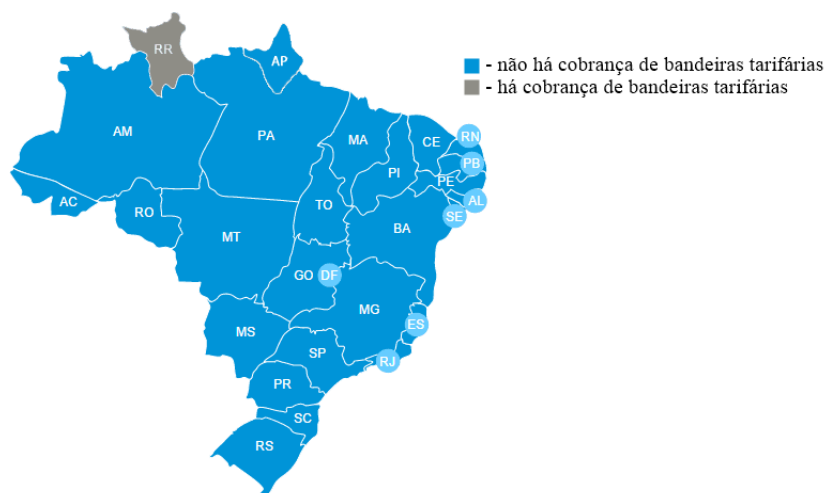
1.4.6 Bandeiras Tarifárias

Com a crise hídrica no período de 2015, o governo federal estipulou um novo sistema de cobrança com base no potencial de geração de eletricidade, as contas de energia passaram a possuir uma sinalização por bandeiras, denominado de: Sistema de Bandeiras Tarifárias. Tal sistema que apresenta as seguintes modalidades: verde, amarela e vermelha (as mesmas cores dos semáforos), as quais indicam se ocorrerá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final [18]. Cada modalidade apresenta as seguintes características:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,010 para cada quilowatts-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais onerosa de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatts-hora (kWh) consumido.
- Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais onerosa de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,050 para cada quilowatts-hora (kWh) consumido.

Salienta-se que todos os consumidores com contrato com as distribuidoras terão esse acréscimo em sua conta causado pelo Sistema de Bandeiras Tarifárias, com exceção daqueles localizados em sistemas isolados, caso dos consumidores de Roraima (Figura 1.7).

Figura 1.7 – Mapa de cobrança do acréscimo por bandeiras tarifárias.



Fonte: [18]

O Sistema de Bandeira Tarifária atua de forma sazonal, com variação dependendo muito dos níveis dos reservatórios das hidroelétricas, nas épocas de “cheia” a bandeira tende a ficar verde, mostrando que o consumo está de acordo com a capacidade de produção, já quando

ocorre a “seca” a tendência é as tarifas aumentarem, podendo alcançar a bandeira vermelha de patamar 2. Com base no relatório de acionamento das bandeiras tarifárias da ANEEL, pode-se observar através da Figura 1.8 os tipos de bandeiras que foram adotadas no período de Nov/17 a Set/18.

Figura 1.8 – Histórico de Bandeiras Tarifárias.

Mês	Bandeira Tarifária
nov/17	Vermelha 2
dez/17	Vermelha 1
jan/18	Verde
fev/18	Verde
mar/18	Verde
abr/18	Verde
mai/18	Amarela
jun/18	Vermelha 2
jul/18	Vermelha 2
ago/18	Vermelha 2
set/18	Vermelha 2

Fonte: [18]

1.4.7 Empresas Especializadas em Serviços de Conservação de Energia - ESCOS

Atualmente, é cada vez mais importante investir na área de eficiência energética em todos os setores da economia, com isso é notável a importância desses tipos de empresas especializadas nessa área. Vários fatos ao longo dos anos fizeram com que as organizações se preocupassem com o consumo consciente de energia, isso ocasionou o surgimento de Empresas Especializadas em Serviços de Conservação de Energia (ESCOs) (do inglês, *Energy Service Company*), sendo que, nos últimos anos, com a preocupação relacionada ao meio ambiente, ao desenvolvimento sustentável e ao crescente objetivo de aumentar a lucratividade, as ESCOs vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado.

Empresas denominadas ESCOs, têm por função o planejamento e execução de projetos de eficiência energética em organizações que tenham por objetivo reduzir o consumo de energia com base nos históricos anteriores de consumo, aperfeiçoamento a distribuição de cargas conforme a necessidade do local, evitando perdas e desperdícios, também atua na redução do consumo de água. No Brasil essas empresas estão associadas na Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO) e seguem diversos padrões, garantindo assim uma maior confiança ao consumidor ao contratar um projeto de eficiência energética [19]. A Figura 1.9 apresenta a logotipo da ABESCO.

Figura 1.9 – Logotipo da Associação Brasileira das Empresas e Serviços de Conservação de Energia - ABESCO.



Fonte: [19]

Destaca-se que a análise energética nas empresas se inicia através de um “pre-diagnóstico”, no qual são verificados os gastos energéticos da empresa nos últimos doze meses e de que forma os mesmos podem ser reduzidos através de um gerenciamento. Após isso, a empresa passa por uma análise detalhada na etapa de “diagnóstico energético” onde serão avaliadas as condições dos ambientes e equipamentos, a fim de propor ações de intervenção. Nesta etapa é possível calcular o valor do investimento necessário para a implantação das ações corretivas em um projeto de conservação energética. Normalmente, as ações propostas por uma ESCO consistem em; troca ou manutenção de equipamentos; substituição de lâmpadas por modelos mais eficientes; otimização das instalações elétricas a fim de evitar as perdas por aquecimento dos alimentadores; implementação de sinalizações de forma que os colaboradores sejam conscientizados sobre o tema.

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) criou o Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO), uma espécie de crédito específico para financiamento dos projetos desenvolvidos pelas ESCOs. Com isso os empresários objetivam uma maior facilidade em conseguir recursos para a realização de projetos em eficiência energética. Porém, esse crédito demonstra um certo receio em relação ao retorno do investimento e dos resultados obtidos [19].

A título de informação no Pará tem-se a Engenharia Eficiente e Serviços LTDA (ENGEL) uma empresa ESCO referência no Norte do país que já realizou diversos diagnósticos energéticos e implementação de vários projetos em mais de 50 empresas. Seus clientes são na grande maioria do setor privado, como concessionárias de distribuição de energia, rede de supermercados, indústrias, hotéis, universidades particulares e hospitais [20].

2. PRINCIPAIS ASPECTOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SETORES RESIDÊNCIAIS E COMERCIAIS

Para a elaboração de um diagnóstico energético é necessário o conhecimento de diferentes tipos de equipamento e quais aspectos podem influenciar no consumo elétrico da edificação. Diante disso, neste capítulo são apresentadas as características dos sistemas de iluminação, climatização e refrigeração; também são observados parâmetros das cargas específicas encontradas na panificadora e as demais cargas utilizadas; por fim são mostrados os aspectos da instalação elétrica, são comentadas as condições do local.

2.1 Sistemas de iluminação

A iluminação artificial nas edificações desempenha um papel muito importante tanto para a melhor execução de tarefas quanto ao conforto do usuário, esse tipo de conversão de energia elétrica vem se tornando cada vez mais econômico, conseguindo iluminar mais gastando menos energia. Entretanto, o custo de novas tecnologias muitas das vezes é elevado, implicando em uma barreira financeira para os empresários realizarem as trocas de equipamentos antigos por novos. Deste modo, há uma necessidade de apresentar essa troca de tecnologia como um investimento, que após um determinado período de tempo terá como retorno a diminuição da conta de energia a ser paga pelo empresário.

Segundo [21] algumas empresas do setor comercial tem um custo elevado de energia devido ao mau planejamento e gerenciamento dos sistemas de iluminação. Desta forma, ao promover ações de eficiência energética haverá uma contribuição para a redução desse consumo. Os problemas comumente encontrados em relação à iluminação são:

- a) Mau aproveitamento da iluminação natural;
- b) Uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa;
- c) Ausência de comandos para a alimentação de um grupo de luminárias;
- d) Uso inadequado de equipamentos e lâmpadas que não condizem com a função ou atividade que é realizada no local;
- e) Falta de manutenção preventiva, comprometendo assim a eficiência do sistema;
- f) Comportamento dos funcionários e usuários;
- g) Desconhecimento em relação aos conceitos luminotécnicos;
- h) Fatores ambientais, como disposição das divisórias, layout, cor do piso, teto e paredes.

- i) Ausência de manutenção corretiva, como por exemplo, quando um equipamento deixa de funcionar e não são tomadas ações para a troca ou remoção desses equipamentos.

A grande maioria desses problemas podem ser evitados na fase de construção e instalação da edificação, utilizando equipamentos em busca de obter um melhor aproveitamento da energia elétrica consumida, através de um bom planejamento da edificação e uma boa manutenção periódica. Infelizmente, nem todas as empresas possuem condições (por falta de conhecimento técnico e por questões econômicas) de elaborar um projeto antes da execução da obra, o que causa problemas futuros. Nestas situações, ações corretivas, como o caso desse trabalho, onde a edificação já existe busca a otimização da iluminação em determinados espaços.

É importante ressaltar que existe uma norma específica acerca do assunto; trata-se da NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminância de ambientes de trabalho. Norma esta que substitui a antiga NBR 5413 que há vários anos não era revisada. Tal norma abrange vários aspectos luminotécnicos, descrevendo os padrões de iluminância para cada tipo de ambiente, o ofuscamento, índice de reprodução de cores (IRC), a temperatura correlata de cor (TCC), entre outras grandezas [22].

2.1.1 Iluminância

Trata-se de um fluxo luminoso expresso em lux (lx) calculado através da razão entre o fluxo luminoso dado em lúmens (lm) e a medida de área dado em (m²) da superfície que recebe esse fluxo [23].

$$E = \frac{F}{S} [lx] \quad (2.1)$$

Onde:

E – Iluminância, em lux;

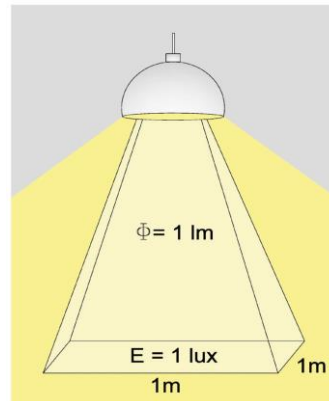
F – Fluxo luminoso, em lúmens;

S – Área da superfície iluminada, em m².

Essa grandeza é medida através de um dispositivo chamado luxímetro, vale ressaltar que a iluminância não é a mesma em toda a área incidida devido o fluxo luminoso não se distribuir uniformemente [21]. Essa grandeza é ilustrada na Figura 2.1, onde observa-se uma

fonte de luz produzindo um fluxo luminoso que ao atingir a superfície é verificada a iluminância.

Figura 2.1 – Exemplo de iluminância.



Fonte: [24]

2.1.2 Índice de reprodução de cores

Essa grandeza serve para quantificar o quanto a luz artificial consegue se assemelhar a luz natural. Por conversão, considera-se que a luz do sol num dia claro de verão é equivalente a 100, tendo isso como valor base da escala de 0-100. Quanto maior o valor desse índice, maior será a confiabilidade das cores observadas. Em contrapartida, quanto menor o valor do índice menor será a confiabilidade nas cores [25].

Na Tabela 2.1, pode-se observar a faixa do IRC adequada para algumas situações, frisando sempre que quanto maior o grau de importância de descrição de cores melhor deve ser esse índice para evitar erros. Por exemplo, em cirurgias onde deve ter uma atenção elevada em relação às cores da pele e outros tecidos corporais o IRC deve ser o mais próximo de 100.

Tabela 2.1 - Índice de Reprodução de Cores

IRC	Reprodução de Cores	Níveis	Faixa de IRC	Aplicação
100	Excelente	Nível 1	90 a 100	Testes de cor, floricultura, escritórios, residências, lojas.
	Muito Bom		80 a 89	
80	Bom	Nível 2	70 a 79	Áreas de circulação, escadas, oficinas, ginásios esportivos.
	Razoável		60 a 69	
60	Regular	Nível 3	40 a 59	Depósitos, postos de gasolina, pátio de montagem industrial.
40	Insuficiente	Nível 4	20 a 39	

Fonte: Adaptado de [25]

2.1.3 Eficiência luminosa

Trata-se de uma relação entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte luminosa e a potência em watts demandada da rede pela fonte. Deve-se ressaltar que a eficiência luminosa de uma fonte pode ser influenciada pelo tipo de vidro difusor da luminária, caso este absorva alguma quantidade de energia luminosa irradiada.

A eficiência luminosa é dada pela expressão:

$$\eta = \frac{F}{P} \text{ [lúmens/W]} \quad (2.2)$$

Onde:

η – Eficiência luminosa, em lúmens/watts;

F – Fluxo luminoso, em lúmens;

P – Potência consumida, em watts.

2.1.4 Ofuscamento

É o efeito de uma luz forte no campo de visão dos olhos, que provoca sensação de desconforto e podendo até mesmo ser prejudicial ao desempenho visual das pessoas em determinados ambientes. O ofuscamento pode ser evitado, por exemplo, aplicando uma proteção contra a visão direta para as lâmpadas (iluminação artificial) ou por um escurecimento nas janelas (iluminação natural) [25].

Ressalta-se a importância da limitação do ofuscamento para prevenir erros, fadigas e acidentes, no local de trabalho, principalmente os que precisam essencialmente de iluminação. Nos interiores dos ambientes normalmente o desconforto é gerado através das luminárias muito brilhantes ou janelas, para isso são tomadas medidas de proteção contra o ofuscamento, estas levam em consideração a angulação da iluminação em relação ao usuário.

Para uma melhor avaliação do aspecto de ofuscamento para cada tipo de ambiente, utiliza-se o parâmetro **UGR** (Índice de ofuscamento aceitável) parâmetro usado para a análise do ofuscamento aceitável, o qual é dado pela expressão:

$$UGR = 8 \cdot \log \left(\frac{0,25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right) \quad (2.3)$$

Onde:

UGR – Índice de ofuscamento aceitável;

L_b – Luminância de fundo (cd/m^2);

L – Luminância da parte luminosa de cada luminária na direção do olho do observador (cd/m^2);

ω – Ângulo sólido da parte luminosa de cada luminária junto ao olho do observador (esferorradiano);

p – Índice de posição Guth de cada luminária, individualmente relacionado ao seu deslocamento a partir da linha de visão.

2.1.5 Temperatura correlata de cor

É a grandeza que expressa a cor da luz emitida pelos equipamentos de iluminação. Há várias tonalidades de cores as quais são classificadas conforme sua temperatura em Kelvin. Quanto mais alta a temperatura em Kelvin, mais branca é a cor da luz. Por outro lado, quanto mais baixa a temperatura, mais amarela e avermelhada a cor será. Usualmente as cores se dividem em três faixas: Quentes (com temperatura de cor menor ou igual a 3.300 K), Neutras (com temperatura de cor entre 3.300 K e 5.300 K) e Frias (com temperatura de cor acima de 5.300 K). O parâmetro de comparação é a luz branca natural, emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, cuja temperatura de cor é 5.800 K [21].

A Figura 2.2 representa a escala de classificação de temperatura de cor de lâmpadas, mostrando ainda suas aplicações usuais.

Figura 2.2 – Temperaturas de cor típicas de acordo com o ambiente.



Fonte: [27]

Da Figura 2.2, observa-se que a luz amarela é indicada para ambientes onde a intenção seja proporcionar conforto e tranquilidade como em ambientes residenciais e hotéis. Já a luz branca é ideal para ambientes de trabalho como escritórios, onde o foco nas atividades é importante. Por fim, luz branca azulada sendo indicada para ambientes que precisam de uma aparência limpa, ou até mesmo mais fria, como em hospitais e locais onde a exigência de atenção é elevada.

A avaliação dos parâmetros supracitados proporciona a possibilidade de adequar a iluminação do ambiente de acordo com as atividades que nele serão executadas. A norma NBR ISO/CIE 8995-1 [22] possui uma tabela com os índices mínimos necessários para cada ambiente de trabalho. Com essas informações, pode-se projetar um espaço cuja a intenção seja mais adequada possível. A Tabela 2.2 indica os índices mínimos de iluminância, ofuscamento e reprodução de cores para cada tipo de ambiente conforme a norma.

Tabela 2.2 - Índices de iluminância, limitação de ofuscamento e índice de reprodução de cores mínimo para alguns ambientes.

Tipo de ambiente, Tarefa ou Atividade	Iluminância (lux)	Ofuscamento (UGR)	Índice de Reprodução de Cores (IRC)
Padaria - Preparação e Fornada	300	22	80
Padaria - Acabamento, Decoração	500	22	80
Fabricação de Alimentos Finos, Cozinha	500	22	80
Escritórios - Escrever, Ler, Processar dados	500	19	80

Fonte: Adaptado de [22]

2.1.6 Componentes de iluminação

2.1.6.1 Lâmpadas

A iluminação é responsável por parte significativa no consumo de energia elétrica em empresas comerciais e prestadoras de serviços, em alguns casos seu consumo pode alcançar os 80% do consumo total de energia, desta forma, é extremamente necessário usá-la de forma eficiente a fim de reduzir o consumo, tendo assim uma diminuição de custos, objetivo o qual toda a empresa busca para permanecer no mercado [28].

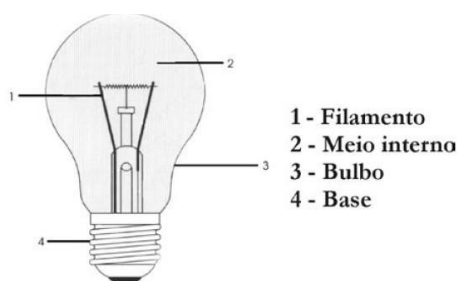
Analisando esse dado é possível ver a importância da iluminação em relação a um projeto de eficiência energética, com isso se torna primordial o conhecimento acerca dos tipos de lâmpadas e equipamentos adequados para cada tipo de aplicação, para que com isso possa ter uma melhor escolha.

➤ Lâmpadas incandescentes

Comum

Estas lâmpadas possuem um funcionamento através da passagem de corrente elétrica por um filamento de Tungstênio representado por “W” na tabela periódica, e com o aquecimento produz luz, a presença de gases como Argônio “Ar” ou Nitrogênio “N” em seu bulbo evita a rápida oxidação do filamento. Possui uma temperatura de cor próxima a 2700 K, classificando-a assim como “amarelada” e IRC próximo a 100%, tem por característica predominante o uso residencial [21]. A Figura 2.3 mostra o formato e os componentes que fazem parte da lâmpada incandescente.

Figura 2.3 – Lâmpada incandescente comum e seus componentes.



Fonte: [26]

Atualmente, estas lâmpadas já não são mais comercializadas no Brasil por conta de sua ineficiência. Somente 8% da potência elétrica consumida pela lâmpada são transformadas em luz, sendo os 92% restantes dissipados em calor [29]. Assim, estas lâmpadas são aceitáveis apenas para decoração e alguns tipos de fornos pelo seu alto índice de IRC.

Halógena

Possui diferenças em relação a lâmpada incandescente comum que tornam a halógena mais eficiente, o tubo que envolve o filamento é de quartzo suportando maiores temperaturas que o vidro comum, e também no chamado ciclo de halogênio que consiste na combinação dos gases dentro do bulbo e as partículas desprendidas no processo retornam para o filamento conservando-o assim por mais tempo [25].

As lâmpadas halógenas são lâmpadas incandescentes de alta pressão, contendo gases halógenos, como o Iodo “I” ou o Bromo “Br”, os quais permitem que os filamentos tenham uma temperatura de operação maior e com isso uma maior eficiência luminosa, resultando em uma lâmpada superior na vida útil quando comparada as incandescentes comuns [24]. A Figura 2.4 apresenta a lâmpada incandescente halógena.

Figura 2.4 – Lâmpada incandescente halógena.



Fonte: [30]

Devido ao fato de apresentarem um fluxo luminoso maior e uma maior durabilidade comparada a incandescente comum, suas aplicações são diversas como iluminação de áreas de lazer, estacionamentos, artes gráficas, teatros e estúdios de TV, faróis de automóveis, entre outras.

➤ **Lâmpada de descargas**

Fluorescentes tubulares

Trata-se de lâmpadas de descarga de baixa pressão, onde a luz é produzida através da passagem de corrente elétrica nos gases no interior da lâmpada emitindo radiação ultravioleta, radiação essa que se converte em luz ao entrar em contato com o pó fluorescente que envolve o bulbo [26]. Normalmente tem o formato tubular com um filamento em cada extremidade, além disso, possui reator e starter para seu funcionamento, conceitos que serão explicados no transcorrer do capítulo. A Figura 2.5 mostra uma lâmpada fluorescente tubular.

Figura 2.5 – Lâmpada fluorescente tubular.



Fonte: [31]

Possui grande utilização por suas diversas aplicações, em termos de eficiência é importante ressaltar a diminuição dos diâmetros das lâmpadas sem a perda de fluxo luminoso ao longo dos anos, para que com isso a utilização em luminárias possa proporcionar um melhor aproveitamento de iluminação por reflexão, trazendo com isso uma maior economia no

consumo de energia [21]. A Tabela 2.3 apresenta as características dos tipos de lâmpadas fluorescentes tubulares.

Tabela 2.3 – Tipos de lâmpadas tubulares e a diminuição do tubo sem a perda de fluxo luminoso.

Tipo	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Potência (W)	Fluxo (lm)
T12	1.200	38	40	2.700
T10	1.200	33	40	2.700
T8	1.200	26	32	3.050
T5	1.149	16	28	2.900

Fonte: Adaptado de [21]

Como pode ser observado na Tabela 2.3, foram criados novos tipos de lâmpadas com diâmetros menores, porém com o mesmo fluxo luminoso, a substituição de lâmpadas T12 por T8 num projeto, seria um exemplo de uma economia significativa no consumo de energia.

Fluorescente compacta

Consistem em lâmpadas fluorescentes de tamanho reduzido, criadas para substituir as lâmpadas incandescentes em várias aplicações com uma melhor eficiência a um custo baixo, devido a maioria das trocas só consistirem nas lâmpadas em si, já que a base tipo rosca ocasiona a não substituição do bocal. A Figura 2.6 ilustra a lâmpada fluorescente compacta.

Figura 2.6 – Lâmpada fluorescente compacta.



Fonte: [32]

As principais vantagens em relação às incandescentes, estão relacionadas principalmente na apresentação do mesmo fluxo luminoso com potências menores, proporcionando assim, uma economia de energia de até 80 %. A vida útil muito maior, um bom

índice de IRC, além de ser recomendada para ambientes climatizados, devido uma baixa dissipação de calor, são também vantagens da aplicação deste tipo de equipamento [21].

Vapor de mercúrio

Possui o mesmo princípio de funcionamento da lâmpada fluorescente, porém em seu interior o filamento é revestido por quartzo para suportar altas temperaturas. Contém Argônio “Ar” e Mercúrio “Hg” para quando vaporizar ter a produção do efeito luminoso. Apresenta também em cada uma de suas extremidades um eletrodo principal de tungstênio. Na parte interna da lâmpada é inserido um gás inerte com o intuito de manter a temperatura constante. A Figura 2.7 mostra a aparência da lâmpada de mercúrio.

Figura 2.7 – Lâmpada a vapor de mercúrio.



Fonte: [33]

As lâmpadas de vapor de mercúrio são bastante utilizadas em iluminação pública, industrial interna e externa, monumentos e jardins. Estas lâmpadas devem ser instaladas em locais que possuam um pé direito superior a 4 metros para não produzir ofuscamento nas as pessoas.

Vapor metálico

Segundo [23], estas lâmpadas se assemelham com as de vapor de mercúrio, a diferença é a presença de iodetos metálicos, possibilitando um maior desempenho, e uma maior possibilidade de variação da coloração da lâmpada, devido a seleção dos iodetos metálicos presentes dentro do tubo de descarga. A Figura 2.8 ilustra a lâmpada de vapor metálico.

Figura 2.8 – Lâmpada a vapor metálico.



Fonte: [34]

Elas possuem um grande número de aplicações, sendo um dispositivo utilizado nos projetos de eficiência energética, em sistemas de iluminação de lojas de departamentos, estádios de futebol, monumentos, indústrias, iluminação residencial, e até para iluminação automotiva, como as lâmpadas de xenônio, que são lâmpadas de vapor metálico com atmosfera de xenônio, capazes de acender instantaneamente [26].

Lâmpada mista

Possui um funcionamento similar ao da lâmpada vapor de mercúrio, entretanto, a lâmpada mista não precisa de reator para funcionar, devido ao filamento emitir energia luminosa e trabalhar como um dispositivo de estabilização da lâmpada. A Figura 2.9 ilustra a lâmpada mista.

Figura 2.9 – Lâmpada mista.



Fonte: [35]

As lâmpadas mistas possuem a variação de cor quente, proporcionando uma aparência agradável, boa reprodução de cores, comumente usados em: jardins, praças, estacionamentos, comércio em geral.

Vapor de Sódio

São lâmpadas que apresentam a melhor eficiência luminosa; por isso, para o mesmo nível de iluminamento, pode-se economizar mais energia do que qualquer outro tipo de lâmpada. Devido às radiações, estas lâmpadas apresentam um aspecto de luz branco-dourada, porem permitem visualização de todas as cores [36]. A Figura 2.10 ilustra a lâmpada vapor de sódio.

Figura 2.10 – Lâmpada a vapor de sódio.



Fonte: [37]

A lâmpada de vapor de sódio é indicada para a iluminação de locais onde a reprodução de cor não é fator tão relevante, como vias públicas, áreas de estacionamentos, ferrovias entre outros setores.

➤ **LED**

O Diodo Emissor de Luz (LED) é um componente que transforma corrente elétrica em luz visível, através de um processo que o ocorre dentro do diodo [26]. Ao longo dos anos se tornou uma alternativa em destaque e com grande demanda para iluminação, devido suas diversas aplicações tanto residencial quanto comercial, elevada eficiência luminosa, seu baixíssimo consumo, sua grande vida útil e além de um índice de cores aceitáveis comparados a outros tipos de lâmpada [38]. A Figura 2.11 ilustra uma lâmpada de LED com crescente utilização nas residências.

Figura 2.11 – Lâmpada de LED, residencial.



Fonte: [39]

Com o avanço da tecnologia empregada para a produção destas lâmpadas e ao crescimento da produção em larga escala, ocorreu a redução dos seus custos tornando as mesmas uma alternativa economicamente viável para a substituição de lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Além disso, apresenta um consumo muito inferior e diversos fatores que fazem com que ela seja mais vantajosa como:

- a) Baixa depreciação luminosa, não alterando assim o brilho durante sua vida útil;
- b) Emissão nula de raios infravermelhos e ultravioletas, gerando assim menos calor aos ambientes e desgaste do material;
- c) Pequeno impacto ao meio ambiente, por não possuir mercúrio ou chumbo no seu processo de fabricação, facilitando o descarte ou até mesmo sua reciclagem.

2.1.6.2 Luminárias

São dispositivos utilizados na fixação de lâmpadas levando em consideração aspectos como: ser agradável ao observador, com isso evitar o ofuscamento; fazer a melhor distribuição do fluxo luminoso, para que consiga um melhor aproveitamento da luz emitida pela lâmpada; serem facilmente acessíveis, possibilitando uma fácil instalação e manutenção; servir como suporte para a lâmpada [23].

Segundo o [24] basicamente a luminária abriga e fixa a lâmpada e direciona a luz. Trata-se de equipamentos que conectam a fonte de luz (lâmpada) com um suporte capaz de modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela mesma. Existem diversos tipos de luminárias no mercado, em um projeto de edificação é importante conhecer esses tipos afim de aplicá-los da melhor forma em cada caso. A seguir apresentam-se os principais tipos de luminárias com maior utilização:

- a) Abertas: podem ser encontradas com ou sem componentes de controle de luz, apresentam um melhor rendimento em relação às luminárias fechadas, facilidade na manutenção, podem ser suspensas, embutidas ou fixadas sobre a superfície do teto. Muito utilizadas para iluminação geral de ambientes como escritórios, comércios, depósitos e iluminação localizada (balcões).
- b) Fechadas: possuem difusores, que podem ser de vidro temperado ou acrílico, podem ser herméticas ou também pode ser encontrada com vários tipos de elementos de controle de luz, tem-se dificuldade para realizar manutenção, podem ser suspensas, embutidas ou fixadas sobre a superfície do teto, comumente utilizada para alocar lâmpadas fluorescentes tubulares.
- c) Spots: utilizadas com vários tipos de lâmpadas incandescentes refletoras, halógenas, lâmpadas coloridas e outros dispositivos, como filtros e refletores, se aplica em iluminação direcional, apresenta grande flexibilidade no direcionamento do fluxo luminoso, possuem fácil manutenção, a fixação pode ser feita sobre superfícies ou embutida, possui diversas aplicações residenciais.
- d) Projetores: possuem vários tamanhos, bom rendimento luminoso, comumente fixado sobre as superfícies ou até mesmo suspenso, é usado com diversos tipos de lâmpadas, desde as incandescentes comuns, halógenas, até as lâmpadas de vapor de sódio, possuem fácil manutenção, dependendo das condições do local. Possui aplicações em fachadas, depósitos e estacionamentos.
- e) Plafon (Bocal Simples): possui um padrão compatível com diversos tipos de lâmpada como incandescentes, fluorescentes compactas e as de LED tipo residencial, possuem um menor aproveitamento do fluxo luminoso e maior vulnerabilidade ao ofuscamento por não possuir dispositivos de reflexão e controle de luz, fácil manutenção. Tem aplicações na maioria das residências populares.

2.1.6.3 Reatores

Segundo [40], trata-se de um equipamento que limita a corrente e alimenta a lâmpada com uma tensão mínima adequada para dar partida. Podem ser classificados como: eletromagnético, eletrônico ou eletrônico dimerizável, e com alto ou baixo fator de potência.

A seguir são apresentados os principais tipos de reatores:

- a) Reatores Eletromagnéticos: possuem um núcleo laminado de aço silício e bobinas de fio de cobre esmaltado; geram perdas consideráveis pela produção de um campo magnético em seu funcionamento, apresentando um baixo fator de potência.
- b) Reatores Eletrônicos: possui um menor tamanho devido a ser constituído por um sistema eletrônico que trabalha como chave, ativando ou não a energização da lâmpada; proporciona um maior fluxo luminoso com um menor consumo de energia. Com isso se torna uma opção mais eficiente quando comparados aos magnéticos.
- c) Reatores Eletrônicos Dimerizáveis: são dispositivos que permitem o ajuste (pelo dimmer) do fluxo luminoso emitido pela lâmpada de 0 a 100%, de acordo com o nível de iluminação do ambiente; podem ser adicionados sensores de luminosidade, possibilitando uma integração entre a luz artificial e a luz natural. Esta integração do fluxo luminoso acontece de forma automática, permitindo uma boa economia comparada aos demais tipos de reatores.

2.2 Sistemas de climatização

Em qualquer edificação, a climatização é uma variável importante de ser analisada. No presente estudo são verificados os ventiladores e os equipamento de condicionamento de ar, os quais contribuem com uma grande parcela de consumo de energia tanto no setor comercial quanto residencial.

2.2.1 Ventilador

Na falta de um equipamento de condicionamento de ar, o ventilador se torna praticamente essencial para o ambiente, tendo em vista que a região norte possui calor intenso em todos os períodos do ano.

O equipamento possui um motor elétrico ligado ao eixo acoplado a uma palheta com a função de direcionar o fluxo de ar, fazendo com que o ar circule com maior velocidade no local e, conseqüentemente, proporcionando um conforto térmico para os usuários. Sua praticidade faz com que seja encontrado facilmente em vários locais, com algumas variantes (ventilador de teto, parede, mesa) e diversos modelos. Estas características associadas com o preço baixo quando comparados com os condicionadores, são fatores que influenciam para a sua aquisição. A Figura 2.12 mostra o ventilador de parede utilizado no setor de confeitaria da panificadora.

Figura 2.12 – Ventilador de parede usado na panificadora.



Fonte: Autoria Própria

2.2.2 Condicionadores de ar

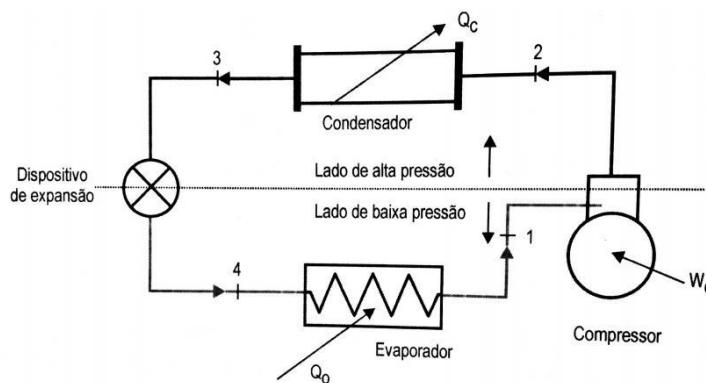
O processo de condicionamento de ar tem por objetivo controlar o ambiente demarcando a temperatura, umidade, pureza e movimentação do ar [26]. Tem seu uso nos mais diversos tipos de ambiente e se torna indispensável em:

- a) Ambientes de trabalho, com o objetivo de melhorar o conforto do operário e consequentemente aumentar sua produtividade.
- b) Ambientes onde se operam inflamáveis ou produtos tóxicos.
- c) Processos de manufatura que exigem que fatores de (umidade, temperatura e pureza do ar) sejam controlados, como fabricação de produtos farmacêuticos e alimentícios, impressão em cores, etc.
- d) Etapas de produção que exigem controle das reações químicas (cristalização, corrosão de metais, ação de microrganismos).
- e) Operações de usinagem com tolerância mínima.
- f) Laboratórios de controle e teste de materiais.

2.2.2.1 Princípios básicos de funcionamento dos condicionadores de ar

Grande parte dos sistemas de condicionadores de ar constitui-se num circuito formado por um compressor, condensador, válvula de expansão, evaporador e uma serpentina, a qual conecta os dispositivos. Na serpentina circula um fluido chamado refrigerante que tem a função de conduzir a energia térmica de um ponto a outro do sistema podendo durante o percurso passar por uma mudança de estado físico. A Figura 2.13 apresenta os principais componentes num sistema de condicionamento de ar.

Figura 2.13 – Principais componentes num sistema de condicionamento de ar.



Fonte: [21]

O evaporador faz com que o fluido refrigerante se aqueça devido à retirada do calor do sistema, quando chega ao compressor ele atua através da compressão do fluido refrigerante fazendo-o circular pelo sistema e conseqüentemente ocorre um aumento de temperatura. Quando o fluido chega ao condensador ele está com a temperatura elevada devido à absorção de calor e o processo de compressão, o condensador resfria o fluido após isso ele é encaminhado até a válvula de expansão que faz com que o fluido seja expandido e depois retorna ao evaporador fechando o ciclo do sistema.

De acordo com [36], os sistemas de condicionamento de ar podem ser classificados pela forma com que realizam a troca de calor com o ar como:

- a) Expansão direta: O aparelho condicionador recebe o ar diretamente do ambiente ou por meio de dutos;
- b) Expansão indireta: A troca de calor acontece por meio de um fluido intermediário (necessita-se de um equipamento de resfriamento da água denominado Chiller).

Os aparelhos de expansão direta são os comumente mais utilizados, sendo os principais modelos oferecidos pelo mercado os do tipo janela (possuem evaporador e condensador no mesmo gabinete), *split* (evaporador e condensador conectados por tubulações de cobre que permite a distância entre eles) e cassete (máquinas do tipo Split embutidas no teto).

2.2.2.2 Grandezas e normas Referentes ao uso de condicionadores de ar

Devido às altas temperaturas em grande parte do país, os sistemas de climatização no Brasil comumente são utilizados para a redução de temperatura. No Pará, região onde este trabalho é realizado, isso se torna cada vez mais relevante, por se registrar temperaturas consideravelmente elevadas em grande parte do ano. Assim como outros fatores, a climatização

vem passando cada vez mais por processos de inovação, para que consigam proporcionar ao consumidor um produto cada vez mais eficiente, respeitando claro, a demanda e características de cada ambiente, bem como as normas destinadas a esse segmento.

Assim como possui normas para instalações de iluminação artificial, o Brasil também define normas para implantação de aparelhos de climatização para cada tipo de ambiente e atividade. Trata-se da norma (ABNT NBR 16401 – Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários), que se subdivide em três partes:

- a) ABNT NBR 16401-1 - Parte 1: Projetos das instalações;
- b) ABNT NBR 16401-2 - Parte 2: Parâmetros de conforto térmico;
- c) ABNT NBR 16401-3 - Parte 3: Qualidade do ar interior.

Na primeira parte verifica os parâmetros técnicos de instalação dos equipamentos de condicionamento de ar, define a forma de calcular a carga térmica, grandeza na qual está relacionada com o tipo de equipamento, condições climáticas do local, envoltória da edificação, nível de ruído, entre outros. Com esse valor pode ser comparado diversos modelos e sua ideal aplicação. Na parte dois, observam-se os parâmetros associados ao conforto térmico do ambiente ocupado, são estabelecidos indicadores em relação à umidade do ar e temperatura do ambiente, além do número de pessoas no ambiente. Já na parte três identificam-se os requisitos mínimos de qualidade do ar no interior do ambiente, ressaltando a importância dos processos de filtração do ar para não ocasionar danos à saúde dos ocupantes [41].

Alguns fabricantes e sites da área disponibilizam simuladores onde é possível estimar a capacidade térmica a ser instalada de acordo com o tipo de ambiente. Neste caso, são inseridos parâmetros como as características da edificação, dimensões do ambiente, números de equipamentos que possuem cargas térmicas no ambiente, quantidade de janelas, número de pessoas que circulam e permanecem no ambiente.

A fim de um melhor entendimento, foram feitas simulações para estimar a capacidade térmica, caracterizando os ambientes a serem estudados no trabalho. Os resultados são apresentados na Tabela 2.4 a seguir. Tais resultados servirão como referência para possíveis trocas.

Tabela 2.4 - Calculo de Capacidade Térmica para cada tipo de Ambiente.

Ambiente	Frente-Loja	Escritório	Confeitaria	Produção
Tipo de Ambiente Simulado	Sala	Escritório	Cozinha	Cozinha
Maior Incidência Solar no Local	Tarde	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Dimensões do Ambiente (m ²)	100	9	24	100
Janelas	2	1	0	1
Quantidade de Lâmpadas	9	1	2	3
Quantidade de Pessoas	10	1	2	2
Quantidade de Eletrônicos	10	4	5	10
Capacidade Térmica Necessária Btu/h	58000	7500	12000	48000

Fonte: Adaptado [42]

É importante mencionar que os dados inseridos no simulador foram obtidos através de coleta de informações no local de estudo. Por se tratar de uma simulação residencial alguns ambientes tiveram que ser adaptados, e ainda obrigando a criar uma linha denominada “Tipo de Ambiente Simulado” para efeito de comparação com os ambientes supracitados. Observa-se também que os valores simulados são aproximados, ou seja, podendo ter variação dos resultados para mais ou para menos.

2.2.2.3 Tipos de aparelhos de condicionamento de ar

Janela

São equipamentos que possuem fácil instalação, como o nome diz, é necessário fazer uma janela na parede para sua fixação, possui um único modulo onde já estão instalados todos seus componentes. A Figura 2.14 ilustra o ar-condicionado do tipo janela.

Figura 2.14 – Ar-condicionado tipo janela.



Fonte: [43]

Suas principais utilizações são residenciais em ambientes pequenos. Todavia, em geral por não terem uma distribuição de ar uniforme devido ao único direcionamento do fluxo por aletas para resfriar determinada faixa do local, são as vezes incapaz de proporcionar o conforto térmico para o espaço.

Split

Este equipamento é considerado uma evolução do ar-condicionado de janela, por ser muito mais eficiente em seu consumo elétrico e possuir duas unidades separadas, uma no ambiente interno e outra no externo, as quais são ligadas através de uma tubulação de cobre revestida por um isolante térmico, evitando grandes aberturas na parede.

Também permite a melhor distribuição de ar no interior, podendo ser instalado na parede ou até mesmo no teto com os equipamentos tipo cassete, sua desvantagem é não possuir um sistema de renovação do ar podendo assim, dependendo do tipo de uso deixar o ambiente inadequado para as atividades. As Figura 2.15 (a) e (b) apresentam os condicionadores de ar do tipo *Split* e cassete.

Figura 2.15 – Ar-condicionado tipo Split (a) e Cassete (b).



(a)

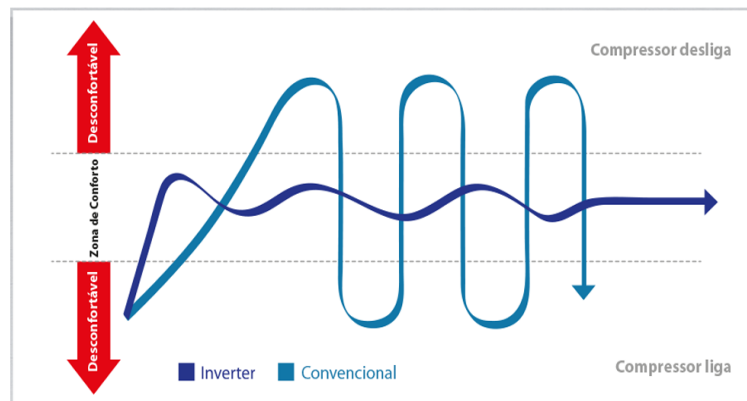


(b)

Fonte: [44]

Atualmente para atender as necessidade de maior eficiência originou-se as *splits inverters*, se apresentam mais eficientes, pois o compressor não é desligado ao atingir a temperatura ideal evitando assim picos de energia como pode-se verificar na Figura 2.16.

Figura 2.16 – Comparativo do aparelho de ar-condicionado Split convencional e o Split inverter.



Fonte: [45]

O modelo *Split* por todas as suas vantagens possui grande aplicação nos mais variados ambientes podendo ser visualizado em residências, ambientes de escritório, consultórios médicos, agências bancárias, padarias, confeitarias entre outros. A tecnologia *inverter* só não é aconselhada em ambientes com um alto volume de aberturas, fazendo com que o compressor seja acionado muitas vezes, gerando picos que possam danificar o equipamento.

Self contained

Este aparelho é usado na climatização de grandes edificações, distribuindo o ar refrigerado através de dutos com terminais dotados de grelhas. O *self contained* condensa o ar num único modulo onde se encontram todos os seus componentes, assim cada ambiente deixa de ser atendido individualmente por um aparelho. A Figura 2.17 mostra o ar-condicionado tipo *self contained*.

Figura 2.17 – Ar-condicionado Self Contained.



Fonte: [46]

Entretanto, a desvantagem desse equipamento é a não possibilidade de adequar a temperatura para cada ambiente, tendo como único dispositivo de controle o fechamento ou não da grelha distribuidora. Normalmente utilizados em shoppings, supermercados, lojas de departamentos entre outros.

2.2.2.4 Eficiência dos condicionadores de ar

A eficiência energética de um condicionador de ar é definida como sendo a razão entre a sua capacidade de refrigeração e a potência elétrica consumida por este equipamento, esse resultado sendo determinado segundo a Norma ISO 5151 em complementaridade com o procedimento de instalação de condicionadores de ar tipo Split e pelos Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) de Condicionadores de Ar [47].

$$CEE = \frac{C_R}{P} \quad (2.4)$$

Onde:

CEE – Coeficiente de eficiência energética, em watts/watts;

C_R – Capacidade de refrigeração, em watts;

P – Potência elétrica consumida pelo condicionador de ar, em watts.

Quanto maior esse coeficiente, mais eficiente será o equipamento. Com base em tal parâmetro são definidos valores mínimos para a classificação dos aparelhos de ar-condicionado de acordo com o ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia). A Figura 2.18 apresenta a faixa de atuação e os valores mínimos atuais para cada classificação.

Figura 2.18 – Classificação dos equipamentos de ar-condicionado.

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)	
A	3,23	$<CEE$
B	3,02	$<CEE \leq 3,23$
C	2,81	$<CEE \leq 3,02$
D	2,60	$\leq CEE \leq 2,81$

Fonte: [48]

Um mau gerenciamento da climatização pode acarretar um grande desperdício de energia, ocasionando maiores custos para os estabelecimentos. A climatização tem papel crucial em determinadas áreas, mantendo o conforto térmico do ambiente, umidade adequada, dentre outros parâmetros considerados ideais para realização de diversas atividades. Ocasionalmente alguns fatores influenciam para o alto consumo desses tipos de equipamento [21]:

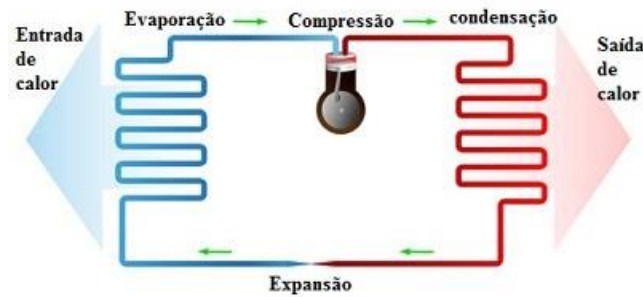
- a) Uso de equipamento com baixa eficiência, e baixa capacidade térmica;
- b) Falta de manutenção do equipamento que encontra alguma anomalia, como por exemplo, vazamento de água;
- c) Excesso de sujeira no filtro de ar, obstruindo a passagem do mesmo ocasionando um maior consumo de energia;
- d) Má operação do equipamento, configurando a uma temperatura mais alta ou baixa que o necessário, exigindo assim uma maior operação;
- e) Falta de manutenção preventiva, comprometendo assim a eficiência do equipamento;
- f) Esquecimento do desligamento do aparelho, gerando assim um consumo desnecessário tendo em visto que não possui pessoas no local;
- g) Não substituição de equipamentos antigos que não tem uma boa atuação por mais novos e com novas tecnologias.

2.3 Sistemas de refrigeração

Equipamentos que compõem esse sistema no caso os refrigeradores e os freezers, têm um representativo médio de 23% do valor da conta em edificações residenciais e comerciais. Utiliza-se este equipamento devido a necessidade de armazenamento de em baixas temperaturas. A falta de manutenção ou o mau uso desses equipamentos pode acarretar num consumo significativo que poderia ser evitado com medidas de conscientização [49].

O sistema tem o seu princípio básico de funcionamento de forma análoga ao de ar-condicionado, já explanado no presente trabalho, porém ao invés de retirar calor de um ambiente (sala, escritório e etc.) se retira de um dispositivo, no caso o compartimento interno tanto do freezer quanto do refrigerador. A Figura 2.19 mostra o princípio de funcionamento dos refrigeradores e *freezers*.

Figura 2.19 – Princípio de funcionamento dos refrigeradores e freezers.



Fonte: [50]

2.3.1 Refrigerador

Este equipamento por sua utilização muito comum para refrigerar alimentos (com o objetivo de conservação) é encontrado com muita facilidade na maioria dos locais, sendo um dos eletrodomésticos mais importantes de se possuir em uma residência.

Grande parte dos refrigeradores são denominados combinados por possuírem um compartimento denominado congelador, onde se aloca insumos que precisam de uma temperatura menor, este compartimento faz com que em pequenas demandas não seja necessária à aquisição de um equipamento exclusivamente com a função de congelar. Por se tratar de um equipamento muito utilizado ao longo do tempo se criou diversas variantes, modelos com uma ou duas portas, com diferentes tamanhos e capacidades, alguns modelos possuem ainda bebedouro acoplado na porta. A Figura 2.20 ilustra o refrigerador de uma porta encontrado no setor de produção da panificadora.

Figura 2.20 – Refrigerador usado na panificadora.



Fonte: Autoria própria

2.3.2 Freezer

Diferentemente do refrigerador, este equipamento possui aplicação em locais onde existe uma grande demanda de conservação de alimentos por um longo período de tempo. Isso é possível, pois ele opera em temperaturas mais baixas, chegando até -20°C em alguns modelos, para residências com muitas pessoas e estabelecimentos comerciais, esse dispositivo se torna indispensável visando o estoque de produtos alimentícios. Também possui diversos modelos que podem ser escolhidos de acordo com o tipo de uso [51]:

- a) Horizontal: é utilizado quando se necessita de um estoque com materiais de grande volume e onde é possível ter um espaço grande para ser alocado;
- b) Vertical: é utilizado quando se precisa de mais praticidade e menos espaço, comporta materiais com um volume menor, possui gavetas com maior organização do (material) que está sendo armazenado;
- c) Modelos com porta de vidro: tem sua aplicação em locais onde é necessário ter a visualização dos produtos armazenados antes da abertura da porta, muito utilizado em comércios para a visualização de bebidas e sorvetes.

As Figuras 2.21 (a) e (b) mostram os refrigeradores encontrados na panificadora, sendo que na primeira imagem pode-se verificar as más condições dos equipamentos.

Figura 2.21 – Freezer horizontal (a) e vertical com porta de vidro (b) usado na panificadora.



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria

2.3.3 Eficiência energética em equipamentos de refrigeração

Assim como no setor de climatização, o PBE também utiliza um cálculo de um índice para a verificação da classificação do consumo dos equipamentos de refrigeração. Valor este denominado IEE (Índice de Eficiência Energética) que obtido através da razão entre o consumo declarado (valor medido em processos de testes em laboratório) e o consumo padrão, de acordo com a equação a seguir [52]:

$$IEE = \frac{C}{C_p} \quad (2.5)$$

Onde:

IEE – Índice de eficiência energética, adimensional;

C – Consumo declarado, quilowatt hora/mês;

C_p – Consumo padrão, quilowatt hora/mês.

De posse do valor do IEE, pode-se consultar a Tabela 2.5 a seguir e classificar os equipamentos de refrigeração desde a Classe A (mais eficiente) até a Classe E (menos eficiente).

Tabela 2.5 - Classificação dos equipamentos de refrigeração.

Classes	Refrigerador	Combinado	Combinado frost-free	Congelador vertical	Congelador vertical frost-free	Congelador horizontal
A	0,820	0,820	0,812	0,820	0,820	0,820
B	0,893	0,893	0,884	0,893	0,893	0,893
C	0,972	0,972	0,963	0,972	0,972	0,972
D	1,059	1,059	1,049	1,059	1,059	1,059
E	> 1,059	> 1,059	> 1,049	> 1,059	> 1,059	> 1,059

Fonte: Adaptado [53]

2.3.4 Medidas contra os desperdícios

Além da aquisição de equipamentos com classificação “A” de eficiência segundo a etiqueta do INMETRO deve-se também nos atentar aos hábitos e ações que podem acarretar um grande desperdício de energia, desta forma algumas medidas podem ser tomadas afim de minimizar essas perdas e até mesmo prolongar o tempo de vida útil do equipamento [54].

- a) Não utilizar aparelhos de refrigeração em locais quentes, como cozinha, por exemplo, onde os fornos ficam ligados, pois o calor excessivo diminui a eficiência desses equipamentos;
- b) Evitar expositores abertos que podem consumir o dobro de energia;
- c) Evitar o uso de freezers na função de refrigeradores;
- d) Inspecionar as condições de isolamento térmica entre o interior da câmara refrigerada e o meio ambiente, fazendo verificações periódicas na vedação das portas e borrachas;
- e) Evitar a formação de camada de gelo entre a superfície e a área refrigerada;
- f) Não colocar produtos quentes nas geladeiras e freezers;
- g) Programar o abastecimento e a retirada de produtos dos equipamentos, alocando os itens congelados em apenas um local, diminuindo assim a abertura desnecessária das portas dos equipamentos;
- h) Fazer limpezas periódicas no equipamento evitando assim que a sujeira influencie no seu funcionamento;
- i) Realizar manutenções preventivas e corretivas.

2.4 Cargas específicas de uma panificadora

Além desses três sistemas que consomem grande parte da energia em residências e estabelecimentos comerciais de pequeno porte, é objeto de estudo identificar os demais equipamentos específicos encontrados em uma panificadora, estes possuem também um consumo significativo dependendo da frequência que se utiliza.

Com o auxílio de diversas cartilhas de instituições como: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE, Confederação Nacional da Indústria - CNI, Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais - SENGE-MG e Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, onde são abordados temas como eficiência energética foi possível apresentar alguns equipamentos encontrados comumente em panificadoras, assim como suas características de uso.

2.4.1 Forno elétrico

Os fornos elétricos são equipamentos de aquecimento que operam utilizando o princípio do efeito joule onde é transformada energia elétrica em energia térmica através da dissipação de calor em resistências. Este equipamento consome volumes expressivos de energia nas

instalações comerciais onde se possui grande utilização como é o caso da panificadora. A Figura 2.22 ilustra as condições do forno utilizado.

Figura 2.22 – Forno híbrido (elétrico e lenha) usado na panificadora.



Fonte: Autoria própria

Apesar de serem considerados equipamentos de elevada eficiência (comparado aos fornos totalmente elétricos), costumam apresentar perdas significativas quando utilizado de forma inadequada. Podem apresentar dimensões desde pequeno até grande e são utilizados principalmente para a fornalha de pães e massas.

2.4.2 Batedeira de massas

Também conhecida como “maseira” esse equipamento tem seu funcionamento através da transformação de energia elétrica em energia cinética gerando rotação num eixo. Neste eixo em uma das suas extremidades é acoplado um dispositivo denominado batedor, que possui a função de, quando rotacionado, misturar os componentes de forma uniforme com o objetivo de conseguir uma mistura homogênea. A Figura 2.23 mostra as condições da batedeira de massas utilizada na panificadora.

Figura 2.23 – Batedeira de massas usada na panificadora.



Fonte: Autoria própria

Em panificadoras, esse equipamento é muito usado para a produção de massa de pães, pastéis, bolos e etc. O equipamento deve ser utilizado de forma correta respeitando sua capacidade, evitando assim eventuais defeitos.

2.4.3 Cortador de frios

O equipamento possui uma lâmina que se movimenta (quando ligado) com o objetivo de produzir um corte. Geralmente é utilizado para cortes em queijos, presuntos e mortadelas, garantindo assim um padrão de corte que seria praticamente impossível de ter de forma manual, possui um regulador de espessura podendo ser ajustado. A Figura 2.24 ilustra o cortador de frios utilizado na panificadora.

Figura 2.24 – Batedeira de massas usada na panificadora.



Fonte: Autoria própria

2.4.4 Balcões de exposição

Os balcões de exposição são utilizados com o objetivo é alocar os produtos de forma que se tornem visíveis ao cliente antes do consumo, podendo ter diferentes características para cada tipo de produto, será citado quatro tipos encontrados na panificadora.

- a) Balcão frio: tem como objetivo manter os alimentos que precisam estar numa menor temperatura ao serem consumidos, tem um funcionamento similar a um refrigerador, porém com menor intensidade, usado para expor bolos, cremes, doces;
- b) Balcão neutro: tem como objetivo manter os alimentos que podem se manter a temperatura ambiente, numa forma de expor o alimento e ao mesmo tempo manter em um local fechado protegendo de possíveis contaminações, usado para o armazenamento de pães.
- c) Balcão quente: tem como objetivo manter os alimentos aquecidos, funciona similarmente como o forno elétrico, porém com uma menor intensidade, usado para alocar salgados variados;
- d) Balcão *self service*: possui aplicação em locais que possuem o atendimento de forma que o cliente possa se servir.

As Figura 2.25 (a), (b) e (c) ilustram os balcões utilizados na panificadora. De acordo com o proprietário esses balcões foram produzidos por encomenda para as dimensões da área comercial.

Figura 2.25 – Balcões frio (a), neutro (b) e quente (c) usados na panificadora.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autoria própria

2.5 Demais cargas utilizadas na panificadora

Além dos equipamentos específicos da produção, as panificadoras costumam possuir uma recepção onde são comercializados os produtos e também onde ocorre normalmente a preparação de lanches rápidos e sucos. Para isso alguns itens de cozinha também possuem aplicação neste setor. São eles:

2.5.1 Micro-ondas

O forno micro-ondas muito popular para o aquecimento ou cozimento de alimentos funciona a partir de um gerador que produz micro-ondas com altíssima frequência que ao entrar em contato com o alimento fazem com que as moléculas vibrem, e conseqüentemente ocorre o aumento de temperatura. Sua praticidade faz com que a utilização do equipamento seja frequente no aquecimento de rápido alimentos. A Figura 2.26 ilustra o micro-ondas utilizado na panificadora.

Figura 2.26 – Aparelho de Micro-ondas utilizado na panificadora.



Fonte: Autoria própria

2.5.2 Liquidificador industrial

O liquidificador possui um motor elétrico e um encaixe para um copo com uma lâmina onde a energia elétrica se transforma em cinética fazendo a lâmina girar em alta velocidade conseguindo assim, preparar diversos tipos de alimentos como: sucos, vitaminas, molhos, entre outros. Comumente encontrado em residências e estabelecimentos de setor alimentício.

Deve-se existir uma série de cuidados em relação à escolha do equipamento ideal para o seu tipo de uso, por possuir uma grande variedade de potência de motor, muitas vezes a utilização requer uma maior potência do que a presente no equipamento ocasionando assim uma “quebra” precoce por uma má utilização. A Figura 2.27 mostra o liquidificador industrial utilizado na panificadora.

Figura 2.27 – Liquidificador industrial utilizado na panificadora.



Fonte: Autoria própria

2.5.3 Sanduicheira

Trata-se de uma chapa que é aquecida através do efeito joule utilizada para o preparo de sanduiches, assim como o forno elétrico tem um grande consumo de energia. Quando ligada por longos períodos pode contribuir com uma parcela significativa da conta da unidade consumidora. Muito encontrada em residências pela sua praticidade e o baixo custo. A Figura 2.28 mostra as condições da sanduicheira utilizada na panificadora.

Figura 2.28 – Sanduicheira utilizada na panificadora.



Fonte: Autoria própria

2.5.4 Espremedor de frutas

Possui o motor elétrico acoplado com um espremedor facilitando assim a retirada do suco de frutas cítricas, na maioria das vezes a laranja. Por sua praticidade e facilidade na utilização é uma ferramenta importante no intuito de conseguir mais agilidade no processo de produção do suco. A Figura 2.29 ilustra o espremedor de frutas utilizado na panificadora para a produção de sucos.

Figura 2.29 – Espregedor de frutas utilizado na panificadora.

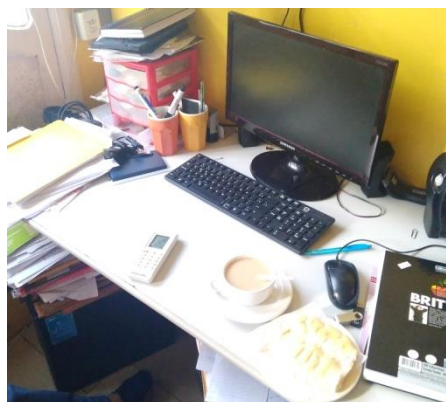


Fonte: Autoria própria

2.5.5 Equipamentos de informática

Um setor comercial usualmente possui um escritório para atendimento e controles da parte administrativa, com isso são necessários equipamentos de informática para o armazenamento de dados, compartilhamentos de informações, impressões de documentos e acesso à internet. A Figura 2.30 mostra os equipamentos de informática localizados no escritório da empresa.

Figura 2.30 – Equipamentos de informática no escritório da empresa.



Fonte: Autoria própria

2.6 Instalações elétricas

Em qualquer edificação uma não conformidade nas instalações elétricas podem causar vários problemas, como por exemplo, o aumento do consumo de energia, causado pelo aquecimento excessivo em condutores mal dimensionados. Ademais, também podem ocorrer fugas de corrente e curto-circuitos, dentre outros. Grande parte dos problemas recorrentes no sistema elétrico se dá pelo mau dimensionamento da instalação ou a falta de manutenção, tanto preventiva quanto corretiva. A norma brasileira NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa

tensão da Associação Brasileira de Normas Técnicas [55] apresentam as condições que devem ser atendidas para o funcionamento correto das instalações elétricas, além de prevenir a edificação contra possíveis danos a equipamentos e acidentes com pessoas e animais.

Visando a importância desse ponto, são necessárias a adoção de medidas de eficiência para que ocorra a otimização das instalações, garantindo assim um funcionamento correto. As cartilhas de [56] e de [57], apresentam pontos a serem analisados no planejamento das instalações verificando assim o surgimento de possíveis problemas e a forma de fazer uma manutenção preventiva e corretiva:

- a) A instalação elétrica deve ser de acordo com a norma NBR 5410, incluindo possíveis reformas.
- b) Verificar uma revisão da instalação onde se possa observar a capacidade de condução dos cabos elétricos e se os sistemas de proteção dos circuitos ainda estarão adequados após as modificações.
- c) Qualquer mudança proposta na instalação deve submeter-se a padrões de segurança;
- d) Utilizar materiais de boa qualidade e de origem certificada nas instalações, a utilização de materiais de baixa qualidade implica num possível desgaste acelerado dos componentes, causando fugas de corrente e curtos-circuitos que aumentam o risco de acidentes e aumentam o consumo de energia;
- e) Eliminar maus contatos em chaves fusíveis, elos fusíveis, condutores, entre outros, pois acarretam perdas significativas de energia;
- f) Instalar os quadros de distribuição o mais próximo possível das cargas;
- g) Verificações e manutenções devem ser feitas por profissionais qualificados.

Exemplificando, a Figura 2.31 mostra a má condição da caixa de distribuição de energia elétrica para a alimentação dos equipamentos da produção.

Figura 2.31 – Caixa de distribuição do setor produtivo em má condição.



Fonte: Autoria própria

2.7 Considerações do capítulo

Observa-se que existe uma série de equipamentos que se assemelham tanto no setor residencial como no comercial. O bom gerenciamento de todos eles são de suma importância para um menor custo de energia, com isso pode-se ressaltar a importância da etiqueta do PBE juntamente com o selo PROCEL fornecidos a equipamentos que operam de maneira mais eficiente. Efetuar possíveis trocas de equipamentos antigos por novos que consomem menos energia também é uma alternativa de efficientização a longo prazo, visando sempre a manutenção periódica do equipamento para que o tempo de vida útil não seja comprometido.

Com posse de todas estas informações aqui citadas, pode-se adentrar na metodologia da pesquisa, onde será feita uma análise por setor, observando todos estes equipamentos e diagnosticando o cenário atual do comércio em questão, levantando o consumo por setor e comparando com o consumo total da edificação, obtendo assim parâmetros para possíveis propostas de melhorias nos ambientes determinados.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para a elaboração das propostas, apresentando os aspectos a serem considerados na substituição dos equipamentos da panificadora.

3.1 Descrição do estudo

Com o intuito de possuir maior conhecimento sobre o presente estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em livros, cartilhas, artigos, monografias e dissertações que tratam os conceitos ligados à área de eficiência energética. Após isso, definiu-se o local do estudo, nesse caso uma panificadora localizada no município de Abaetetuba, com a intenção de pôr em prática os conceitos adquiridos visando a melhora na eficiência deste setor comercial, acarretando desta forma um menor consumo de energia nas atividades desenvolvidas na panificadora.

Em um segundo momento, iniciou-se a pesquisa de campo, ocorrendo o primeiro contato com o proprietário, para o qual foi explanado o objetivo e a importância da realização do estudo. Posteriormente, foi marcada uma data para a coleta de informações no estabelecimento de forma que não interferissem nas atividades diárias da panificadora.

A visita ao local foi realizada no dia 07 de agosto de 2018, de 14:00 as 16:00 h, horário este onde o fluxo de clientes na panificadora é relativamente baixo, podendo assim realizar as medições sem atrapalhar o processo de produção e/ou atendimento. Nesta visita foram coletadas informações sobre os ambientes que compõe a edificação, a saber: produção, confeitaria, escritório e área comercial. Informações estas divididas em grupos de cargas elétricas: iluminação, refrigeração, climatização, cargas específicas (CE) da panificadora e demais cargas utilizadas. Todas estas cargas foram registradas no documento em formulário próprio de coleta de dados, cujo modelo se encontra no ANEXO A deste trabalho.

Estas informações foram coletadas através de verificações dos dados de placas dos equipamentos, a fim de possibilitar a visualização das grandezas elétricas tais como a tensão de operação e a potência demandada da rede, também foram feitas entrevistas com os colaboradores responsáveis por cada ambiente, com o intuito de obter os dados referentes às condições do local, tempo de uso do equipamento e periodicidade de utilização na semana, o que permiti estimar o consumo de energia elétrica dos ambientes da panificadora.

Vale ressaltar a dificuldade na coleta de dados em relação aos equipamentos muito antigos ou que não possuíam informações sobre a potência, tensão ou corrente elétrica. Diante desta situação, a solução adotada foi a utilização de um alicate amperímetro que também possui

uma unidade de medição de tensão (voltímetro). Tal instrumento possibilitou a realização da leitura de corrente e da tensão elétrica solicitadas pelos equipamentos durante suas operações. De posse dos dados e utilizando as Equações 3.1 a 3.3 foi possível estimar a potência ativa e, conseqüentemente, o consumo elétrico dos equipamentos.

A Equação 3.1, onde é mostrada na forma fasorial a potência complexa, sendo o produto da tensão pelo conjugado da corrente elétrica [58]:

$$\bar{S} = \bar{V} \times \bar{I}^* \quad (3.1)$$

Onde:

\bar{S} – Potência complexa na forma fasorial, em volts-ampère (VA);

\bar{V} – Tensão elétrica na forma fasorial, em volts (V_{RMS});

\bar{I}^* – Conjugado da corrente elétrica na forma fasorial, em ampère (I_{RMS}).

Para o alicate amperímetro, os valores de tensão e corrente medidos são valores eficazes, conhecidos como raiz do valor médio quadrático (*root-mean-square* – RMS). A partir da Equação 3.1 desenvolvendo a análise matemática demonstrada em [58] chega-se a Equação 3.2, onde é calculado o módulo da potência complexa demandada da rede de energia elétrica:

$$|S| = V_{RMS} I_{RMS} \quad (3.2)$$

Onde:

$|S|$ – Módulo da potência complexa que é a potência aparente, em VA;

V_{RMS} – Tensão eficaz, em volts;

I_{RMS} – Corrente eficaz, em ampere.

O fator de potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente. É também igual ao cosseno do ângulo que mede a defasagem entre o ângulo da tensão θ_v e o ângulo da corrente θ_i . Para uma carga puramente resistiva utiliza-se o valor para o fator de potência sendo unitário [58], entretanto para cargas indutivas ou capacitivas adota-se para efeito de cálculo um valor típico que neste estudo será de 0,92 [59].

Obtendo o valor da potência aparente pode-se calcular o valor da potência ativa através da Equação 3.3 [58]. Desta forma, será realizado o cálculo para determinar as potências ativas

demandadas da rede de energia elétrica pelos equipamentos da panificadora. Que será usada para o cálculo da potência elétrica dos equipamentos que foram levantados.

$$P = |S| \cos(\theta) \quad (3.3)$$

Onde:

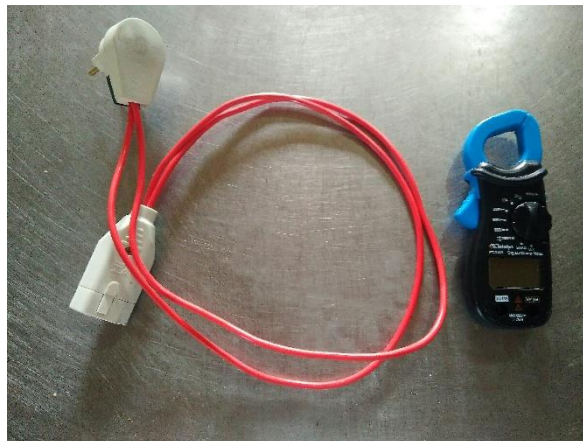
P – Potência ativa, em watt;

$|S|$ – Módulo da Potência aparente, em VA.

$\cos \theta = \cos (\theta_v - \theta_i)$ – Fator de potência, adimensional

Com estas informações foi possível estimar o consumo elétrico de equipamentos antigos e que não possuíam dados de placa, consumo este que será demonstrado nas tabelas e gráficos, posteriormente. A Figura 3.1 apresenta o dispositivo utilizado na medição, a direita, e a esquerda a extensão adaptada para medições.

Figura 3.1 – Dispositivos utilizados na medição de grandezas elétricas dos equipamentos da panificadora.



Fonte: Autoria própria

3.2 Local de estudo

O estabelecimento comercial escolhido para o estudo está localizado no município de Abaetetuba, Estado do Pará, e atua no setor de panificação em geral, oferecendo os mais diversos produtos, refeições e lanches, funcionando no horário de 06:00 h às 14:00 h, fechando para o almoço e retornando das 15:00 h às 19:00 h de segunda a sábado e de 06:00 h às 12:00 h, aos domingos. O local conta com cerca de 15 funcionários que trabalham intercaladamente nos horários de funcionamento, estabelecimento bastante frequentado por sua excelente localização e possui uma alta rotatividade de clientes e de produtos.

O local foi escolhido devido a os poucos estudos encontrados na bibliografia nacional sobre eficiência energética no setor de panificação. Além disso tem por objetivo proporcionar uma contribuição ao proprietário do estabelecimento verificando o potencial de redução do consumo de energia elétrica.

3.3 Caracterização do consumo elétrico da panificadora por ambiente

Para um melhor entendimento escolheu-se apresentar as características de consumo elétrico de cada setor da panificadora individualmente. Com as informações obtidas através da visita ao local foi possível elaborar tabelas onde se encontram diversos dados que quando tratados retratam a estimativa do cenário atual de consumo do local. Os dados de tempo de uso dos equipamentos a seguir foram obtidos através de uma entrevista com os funcionários que frequentam cada setor e as informações sobre o consumo dos equipamentos foram obtidos através de cálculos e consultas no site do INMETRO [60].

Após a apresentação das tabelas relacionadas a cada ambiente é mostrado um gráfico, no qual, pode ser verificado de forma mais nítida as cargas com maior consumo por cada ambiente, com a intenção de ter uma melhor visualização nos equipamentos onde poderá ser avaliada uma possível manutenção ou substituição.

3.3.1 Produção

Este ambiente é onde são produzidos grande parte dos produtos comercializados na panificadora, como por exemplo, pães, salgados e pratos variados. É um local amplo, porém apresenta uma certa desorganização, sendo normalmente frequentado por duas pessoas. As condições das instalações elétricas apresentam-se precárias e muitos equipamentos e máquinas estão inoperantes, comprometendo a movimentação num espaço que é de suma importância na empresa.

A estimativa de tempo de utilização diária e dias de utilização semanal são preenchidos de acordo com os dados obtidos através das entrevistas com os ocupantes de cada espaço. A Tabela 3.1 apresenta dados como nº de equipamentos, tipos de cargas instaladas, tempo de utilização diária e os valores de consumo médio mensal por equipamento, possibilitando assim fazer uma estimativa do consumo mensal do ambiente de produção.

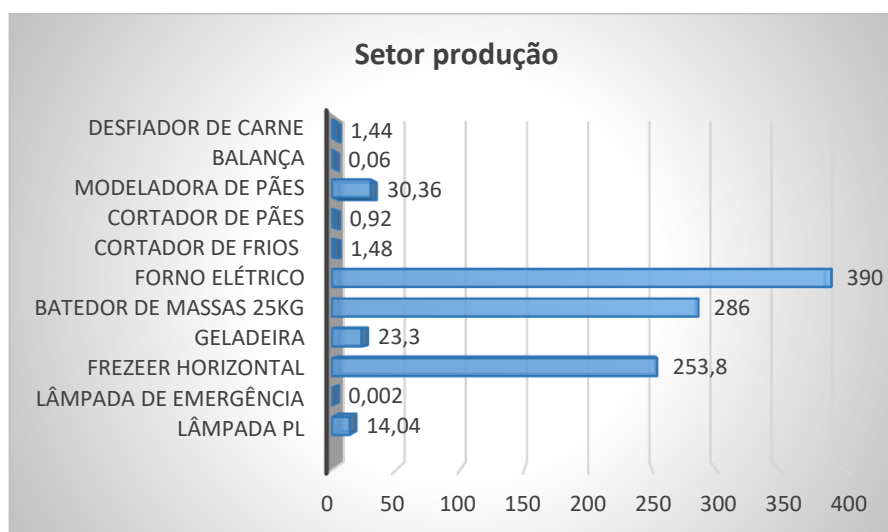
Tabela 3.1 – Estimativa de consumo de energia mensal em (kWh) do setor de produção.

Grupo	Nº de unidades	Equipamentos elétricos	Potência (W)	Nº médio de Dias de Uso no Mês	Tempo médio de Utilização por Dia (h)	Consumo Médio Mensal (kWh)	Consumo Médio Mensal por Tipo (kWh)
Iluminação	3	Lâmpada PL	15	26	12	14,04	14,042
	1	Lâmpada de emergência	2	30	0	0,002	
Refrigeração	3	Freezer horizontal	300	30	24	253,8	277,1
	1	Geladeira	200	30	24	23,3	
CE Panificadora	1	Batedor de massas 25kg	2200	26	5	286	710,3
	1	Forno elétrico	1500	26	10	390	
	1	Cortador de frios	370	20	0,2	1,48	
	1	Cortador de pães	183,9	20	0,25	0,92	
	1	Modeladora de pães	759	20	2	30,36	
	2	Balança	0,5	20	3	0,06	
	1	Desfiador de Carne	360	4	1	1,44	
Consumo de energia no ambiente (em kWh):							1.001,40

Nota: a metodologia do consumo estimado é apresentada em detalhes no ANEXO B

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 3.2 ilustra graficamente a contribuição de cada equipamento no consumo de energia elétrica da área da produção. Como pode ser verificado, o forno elétrico, o batedor de massas e o *freezer* horizontal são as cargas que mais consomem neste setor, isso se explica devido a intensa utilização diária desses equipamentos.

Figura 3.2 – Gráfico do consumo médio mensal por equipamento no setor de produção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Algumas observações foram realizadas durante a visita, em relação às características apresentadas no ambiente, estas informações possuem relevância quando se deseja verificar as condições do ambiente e possíveis ações de melhorias. A Tabela 3.2 elenca as observações realizadas através de grupos.

Tabela 3.2 – Observações realizadas no setor de produção.

Grupo	Observações
Iluminação	- Setor com uma iluminação natural parcialmente aproveitada. - As lâmpadas são ligadas de forma a auxiliar a iluminação natural.
Refrigeração	- Os freezers estão deteriorados, apresentam oxidação na parte externa e por serem antigos não funcionam de maneira adequada.
CE Panificadora	- Os equipamentos de panificação se encontram deteriorados e por serem antigos não possuem uma boa eficiência.
Climatização	- O ambiente possui um ventilador que não funciona e acaba tornando-se um local de difícil permanência pela sua alta temperatura devido ao funcionamento do forno.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.2 Confeitaria

Neste local são produzidos bolos e doces dos mais diversos tipos. O ambiente é pequeno com uma mesa de mármore no centro e uma bancada na lateral, aparentando ter uma organização razoável. Normalmente a confeitaria é frequentada por uma pessoa.

O de tempo de utilização mensal foi obtido em entrevista com o responsável do ambiente. De maneira análoga a Tabela 3.1 é confeccionada a Tabela 3.3 apresentando os dados obtidos no setor de confeitaria.

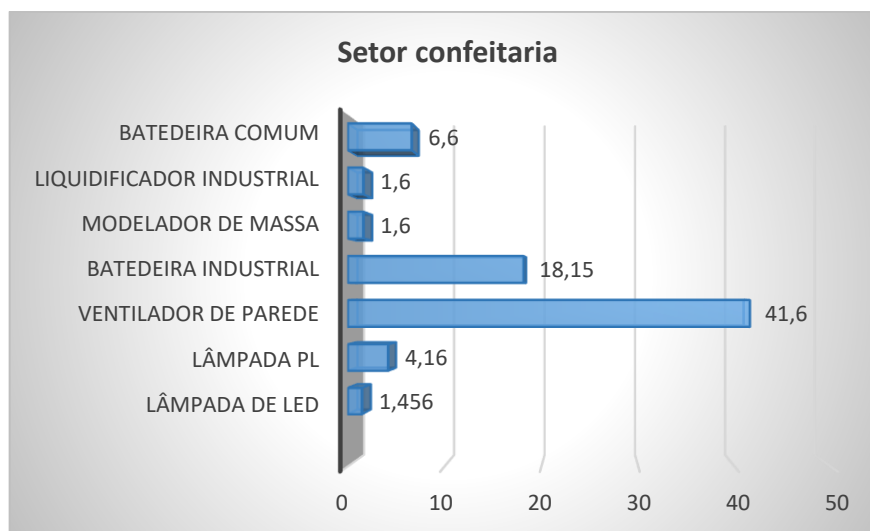
Tabela 3.3 – Estimativa de consumo de energia mensal em (kWh) do setor de confeitaria.

Grupo	Nº de unidades	Equipamentos elétricos	Potência (W)	Nº médio de Dias de Uso no Mês	Tempo médio de Utilização por Dia (h)	Consumo Médio Mensal (kWh)	Consumo Médio Mensal por Tipo (kWh)
Iluminação	1	Lâmpada de LED	7	26	8	1,456	5,616
	1	Lâmpada PL	20	26	8	4,16	
Climatização	1	Ventilador de parede	200	26	8	41,6	41,6
CE panificadora	1	Batedeira industrial	550	22	1,5	18,15	21,35
	1	Modelador de massa	400	8	0,5	1,6	
	1	Liquidificador industrial	800	8	0,25	1,6	
Demais cargas da panificadora	1	Batedeira comum	300	22	1	6,6	6,6
Consumo de energia no ambiente (em kWh):							75,17

Nota: a metodologia do consumo estimado é apresentada em detalhes no ANEXO B

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para melhor visualizar o quanto cada equipamento contribui no consumo elétrico da confeitaria, foi elaborada a Figura 3.3.

Figura 3.3 – Gráfico do consumo médio mensal por equipamento no setor de confeitaria.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 3.3 observa-se que o ventilador de parede possui o maior consumo mensal no ambiente da produção, seguido pela batedeira industrial. Este alto consumo do ventilador é causado pela sua utilização por todo o período de trabalho do setor.

Visualiza-se também a diferença do consumo entre a lâmpada fluorescente compacta (PL) e a de LED, mostrando que com índices de iluminâncias aproximados a lâmpada de LED é mais eficiente por apresentar uma menor potência.

De forma análoga as observações feitas no setor de produção, na Tabela 3.4 fez-se as observações no setor de confeitaria.

Tabela 3.4 – Observações realizadas no setor de confeitaria.

Grupo	Observações
Iluminação	<ul style="list-style-type: none"> - As lâmpadas estão ligadas grande parte do dia para a utilização do espaço do local. - As lâmpadas apresentam não uniformidade uma é fluorescente compacta (PL) e a outra é de LED.
Climatização	<ul style="list-style-type: none"> - Possui um ventilador de parede com o intuito de climatizar o espaço, porém o colaborador sugeriu a instalação de um equipamento de condicionador de ar tipo <i>Split</i> para melhorar as atividades de confecção de doces.
CE Panificadora	<ul style="list-style-type: none"> - Os equipamentos de panificação se encontram em boas condições.
Demais cargas da panificadora	<ul style="list-style-type: none"> - Apesar de possuírem uma batedeira industrial, devido a aplicação mais prática, utiliza-se muito a batedeira comum.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.3 Escritório

O escritório é um ambiente onde são arquivadas as informações da empresa, um espaço pequeno, muito pouco frequentado, que segundo o proprietário é utilizado normalmente uma vez por semana num período de três horas. O local apresenta o menor consumo de energia entre os ambientes, devido à pouca quantidade de equipamentos e seu tempo reduzido de funcionamento. Utilizando as mesmas características apresentadas na Tabela 3.1, se elaborou Tabela 3.5 apresentando os dados obtidos no setor de escritório.

Tabela 3.5 – Estimativa de consumo de energia mensal em (kWh) do setor de escritório.

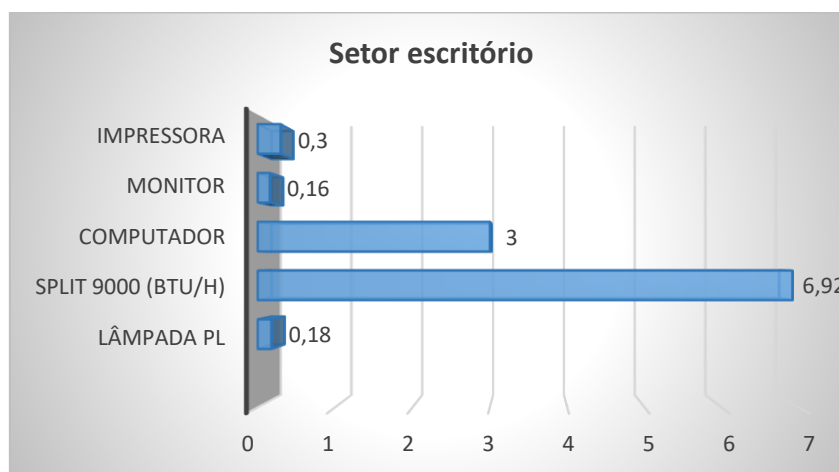
Grupo	Nº de unidades	Equipamentos elétricos	Potência (W)	Nº médio de Dias de Uso no Mês	Tempo médio de Utilização por Dia (h)	Consumo Médio Mensal (kWh)	Consumo Médio Mensal por Tipo (kWh)
Iluminação	1	Lâmpada PL	15	4	3	0,18	0,18
Climatização	1	Split 9000 (Btu/h)	2640	4	3	6,92	6,92
Demais cargas da panificadora	1	Computador	250	4	3	3	3,46
	1	Monitor	13	4	3	0,16	
	1	Impressora	150	4	0,5	0,3	
Consumo de energia no ambiente (em kWh):							10,56

Nota: a metodologia do consumo estimado é apresentada em detalhes no ANEXO B

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se através da Tabela 3.5 que o setor denominado de escritório é responsável apenas pelo consumo de 10,56 (kWh) mensal, com isso, este setor é o único onde aparentemente não precisa de nenhuma aplicação de melhorias em termo de eficiência, devido a sua baixa utilização e os equipamentos se encontrarem em boas condições.

A Figura 3.4 apresenta o consumo elétrico dos equipamentos apresentados na Tabela 3.5, proporcionando uma melhor visualização de quanto cada equipamento pode impactar no consumo elétrico.

Figura 3.4 – Gráfico do consumo médio mensal por equipamento no setor de escritório.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 3.4 pode-se observar que o maior consumo mensal no ambiente de escritório é do equipamento de condicionamento de ar tipo *Split*.

A Tabela 3.6 identifica as observações realizadas através de grupos.

Tabela 3.6 – Observações realizadas no setor de escritório.

Grupo	Observações
Iluminação	- A lâmpada está funcionando bem.
Climatização	- A Split instalada no local atende bem as necessidades do espaço, porém a muito tempo não passa por manutenção.
Demais cargas da panificadora	- Os equipamentos de informática estão funcionando bem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.4 Área comercial

Nesse ambiente são comercializados os produtos tanto de produção própria quanto os de revenda. Há também o atendimento aos clientes, pois mesas e cadeiras são alocadas no espaço. É um local com grande movimentação de pessoas, tanto por parte de funcionários da panificadora quanto de clientes que frequentam em diversos momentos do dia. Neste setor também ocorre a preparação de bebidas e lanches consumidos no estabelecimento, devido a isso, possuem uma grande variedade de eletrodomésticos. De maneira análoga a Tabela 3.1 é confeccionada a Tabela 3.7 apresentando os dados obtidos no setor de área comercial.

Tabela 3.7 – Estimativa de consumo de energia mensal em (kWh) do setor de área comercial.

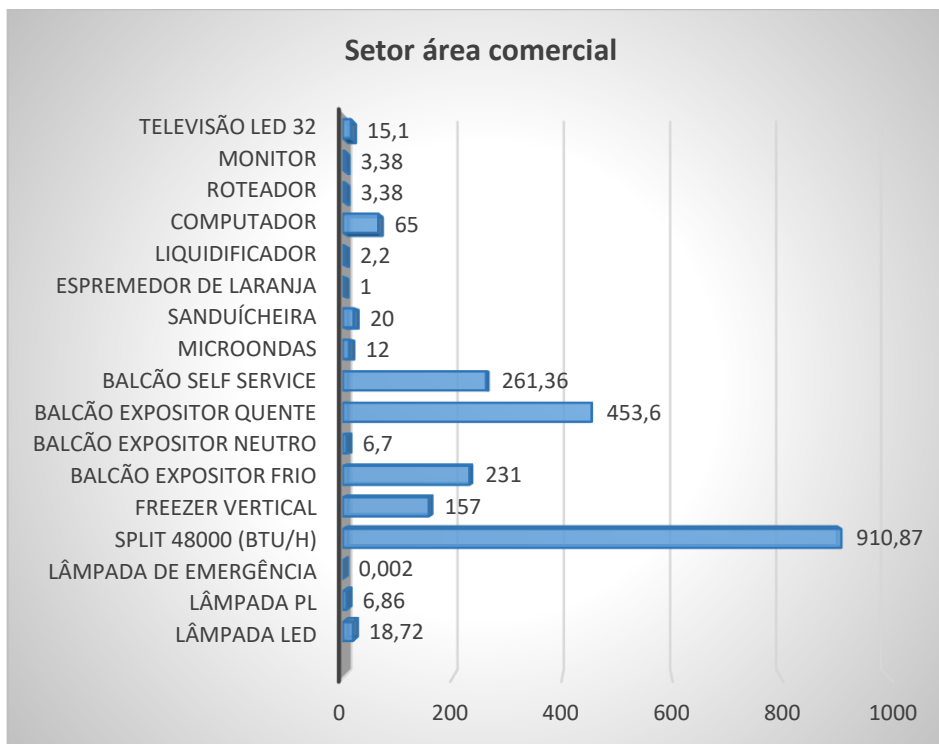
Grupo	N° de unidades	Equipamentos elétricos	Potência (W)	N° médio de Dias de Uso no Mês	Tempo médio de Utilização por Dia (h)	Consumo Médio Mensal (kWh)	Consumo Médio Mensal por Tipo (kWh)
Iluminação	6	Lâmpada Led	15	26	8	18,72	25,59
	3	Lâmpada PL	11	26	8	6,86	
	1	Lâmpada de emergência	2	30	0	0,002	
Climatização	1	Split 48000 (Btu/h)	300	26	10	910,87	910,87
Refrigeração	1	Freezer vertical	500	30	24	157	157
CE Panificadora	1	Balcão expositor frio	687,5	28	12	231	952,66
	1	Balcão expositor neutro	11	26	12	6,7	
	1	Balcão expositor quente	1350	28	12	453,6	
	1	Balcão self service	3267	20	4	261,36	
Demais cargas da panificadora	1	Micro-ondas	1200	20	0,5	12	122,04
	1	Sanduicheira	1000	20	1	20	
	1	Espremedor de Laranja	500	4	0,5	1	
	1	Liquidificador	550	8	0,5	2,2	
	1	Computador	250	26	10	65	
	1	Roteador	4,7	30	24	3,38	
	1	Monitor	13	26	10	3,38	
	1	Televisão Led 32	58	26	10	15,1	
Consumo de energia no ambiente (em kWh):							2.168,16

Nota: a metodologia do consumo estimado é apresentada em detalhes no ANEXO B

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observada na Tabela 3.7, o setor de Área Comercial possui o maior consumo entre todos os setores, totalizando 2.168,16 (kWh) mensalmente. Sendo este setor o responsável por grande parte do consumo total da edificação se torna de grande importância a representação gráfica do consumo dos equipamentos localizados na área comercial apresentados na Tabela 3.7. A Figura 3.5 mostra a comparação entre os valores de cada equipamento do setor de área comercial.

Figura 3.5 – Gráfico do consumo médio mensal por equipamento no setor de área comercial.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 3.5 ilustra que como esperado o equipamento de condicionamento de ar tipo *Split* possui o maior consumo mensal no ambiente de área comercial, devido à grande quantidade de pessoas que utilizam o espaço gerando assim uma grande demanda por capacidade térmica do equipamento como observado na Tabela 2.4, para proporcionar o conforto térmico adequado. O segundo e o terceiro maior consumo são os balcões quentes e de *self service* ambas cargas resistivas.

Algumas observações foram realizadas durante a visita, em relação as características apresentadas no ambiente, estas informações possuem relevância quando se deseja verificar as condições do ambiente e possíveis ações de melhorias. A Tabela 3.8 identifica as observações realizadas através de grupos.

Tabela 3.8 – Observações realizadas no setor de área comercial.

Grupo	Observações
Iluminação	<ul style="list-style-type: none"> - As lâmpadas estão ligadas grande parte do dia, muita das vezes de forma desnecessária devido ao bom aproveitamento de luz natural no espaço. - As lâmpadas apresentam não uniformidade umas são fluorescentes compacta (PL) e outras são de LED.
Climatização	<ul style="list-style-type: none"> - Possui ventiladores de teto e de parede que não funcionam - Possui uma Split de classificação “C” no PBE ocasionando assim um consumo menos elevado quando comparado aos modelos que possuem classificação “A” ou “B”. - Foi observado um vazamento de água na Split comprometendo assim seu funcionamento correto, o proprietário relatou que iria chamar o técnico responsável pela manutenção.
Refrigeração	<ul style="list-style-type: none"> - O <i>freezer</i> vertical não apresentou nenhum problema visível.
CE Panificadora	<ul style="list-style-type: none"> - Os balcões encontrados no estabelecimento foram feitos por encomenda, como não possuem dados de placa o consumo foi medido através do procedimento citado anteriormente.
Demais cargas da panificadora	<ul style="list-style-type: none"> - Alguns equipamentos estão deteriorados pelo uso excessivo devido a demanda de produção, muitas vezes acontece o mal gerenciamento de uso desses dispositivos, como por exemplo a permanência da sanduicheira ligada quando não possui nenhum alimento no seu interior.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Estimativa de consumo geral da panificadora

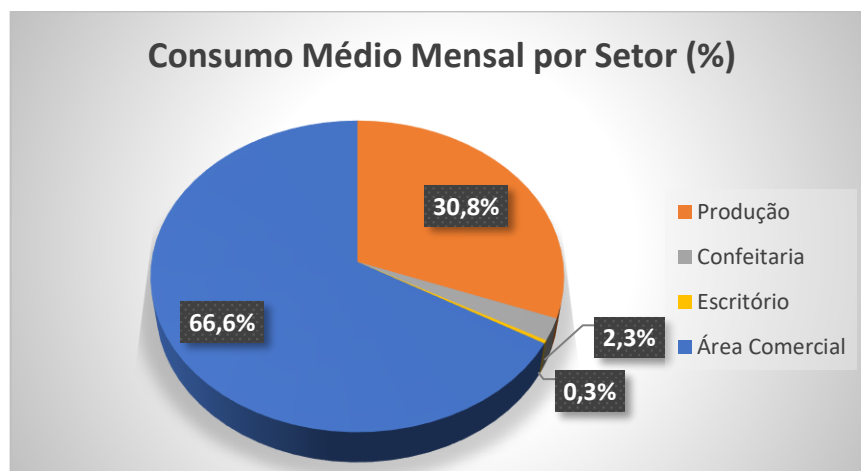
Após verificação das cargas por ambiente de forma individual, pode-se estimar o consumo mensal total da edificação, somando o consumo mensal dos quatro setores. A Tabela 3.9 apresenta os consumos estimados dos setores e o consumo mensal total da edificação.

Tabela 3.9 – Estimativa do consumo total da edificação por setor.

Setor	Consumo Médio Mensal (kWh)
Produção	1001,4
Confeitaria	75,17
Escritório	10,556
Área Comercial	2168,2
Total de Consumo mensal da panificadora	3.255,28

Fonte: Elaborado pelo autor.

O consumo estimado mensalmente da panificadora é de 3.255,28 (kWh). Com este valor definido, posteriormente poderá ser feita a elaboração de cenários visando à melhoria energética do ambiente. A Figura 3.6 proporciona uma melhor visualização de como os ambientes contribuem no consumo total da edificação.

Figura 3.6 – Gráfico do consumo médio mensal por setor em porcentagem da edificação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Da Figura 3.6 como esperado o setor de Área Comercial possui o maior consumo da edificação representando 66,6% seguido pelo setor de Produção com 30,8%. Os setores de Confeitaria e Escritório possuem uma pequena parcela no consumo da edificação.

De posse das informações obtidas nas seções destinadas a cada setor é possível identificar também o consumo elétrico por cada grupo de equipamentos. Essas informações servirão de auxílio para análise das possíveis propostas de melhorias. Na Tabela 3.10 são

apresentados os valores de consumo em kWh dos equipamentos de iluminação, refrigeração, climatização, carga específica da panificadora e demais cargas da panificadora.

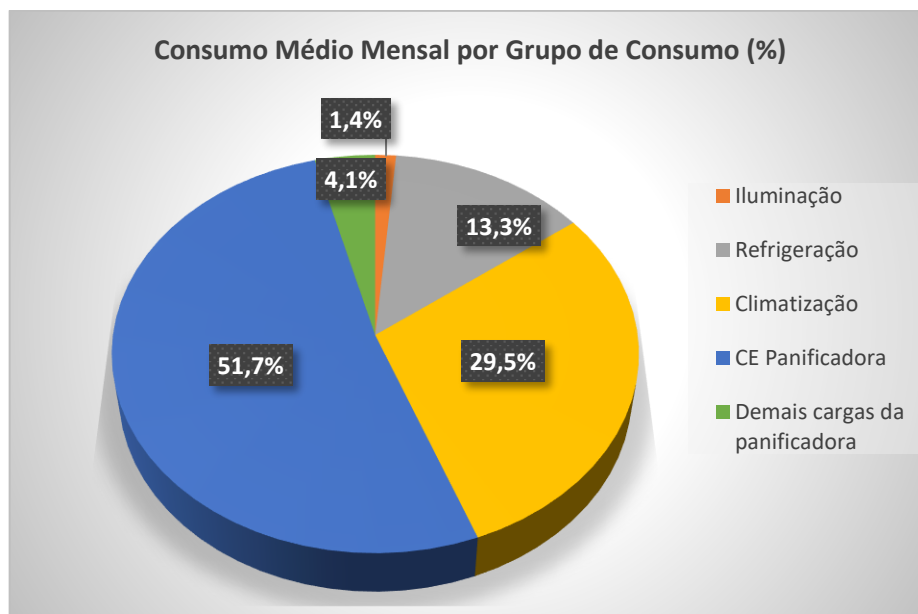
Tabela 3.10 – Estimativa do consumo total da edificação por grupo de consumo.

Grupo de consumo	Consumo Médio Mensal (kWh)
Iluminação	45,4
Refrigeração	434,10
Climatização	959,39
CE Panificadora	1684,3
Demais cargas da panificadora	132,10
Total de Consumo mensal da panificadora	3.255,28

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se visualizar graficamente na Figura 3.7 os valores em porcentagem do consumo total da edificação dividido em relação ao tipo de consumo.

Figura 3.7 – Gráfico do consumo médio mensal por grupo de consumo em porcentagem da edificação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Da Figura 3.7, verifica-se que o consumo de carga específica da panificadora apresenta o maior valor, representando 51,7% do consumo total da edificação, seguido pela climatização 29,5%. É importante frisar que apesar do alto consumo em climatização comparado aos outros grupos, os usuários de alguns setores relataram que o ambiente possui uma temperatura mais alta do que a ideal para as atividades exercidas. Em 3º lugar vem a refrigeração com 13,3%.

Demais cargas da panificadora 4,1% e iluminação com 1,4% completam a lista. Outra observação importante a ser feita é do baixo consumo de energia pelo sistema de iluminação, devido à edificação já possuir muitas lâmpadas eficientes instaladas.

3.5 Estimativa do valor cobrado do consumo de energia da panificadora

Considerando as informações obtidas através dos cálculos na seção 3.3, juntamente com os dados fornecidos pela concessionária que atende a rede da panificadora, pode-se estimar o consumo de energia mensal da panificadora. Destaca-se que não foi levado em consideração os tributos e a taxa de iluminação pública.

A CELPA (Centrais Elétricas do Pará) é a concessionária que atende o Estado do Pará e conseqüentemente a panificadora no estudo em questão. Tal concessionária disponibiliza os dados de tarifação das faixas de consumo para consumidores de baixa tensão (caso da panificadora) de acordo com a resolução homologatória da ANEEL nº 2.433/2018, essa resolução apresenta os valores cobrados por kWh consumidos de acordo com o tipo de classe [61]. Conforme pode-se visualizar na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Tarifa convencional cobrada por classe de consumidores de baixa tensão.

Classe	Tarifa Convencional (R\$/kWh)
Residencial	0,67098
Comercial	0,67098
Industrial	0,67098
Poder Público	0,67098

Fonte: Adaptado [62]

Para efeito de cálculo, será usado esse valor caracterizando a classe da edificação como comercial. O valor financeiro estimado da energia elétrica consumida pela panificadora pode ser obtido através da Equação 3.4:

$$V = C_T \times T \quad (3.4)$$

Onde:

V – Valor do consumo estimado, em R\$;

C_T – Consumo estimado total, em kWh;

T – Tarifa convencional, em R\$/kWh.

Feito isso obtém-se:

$$C_T = 3.255,28 \text{ kWh}$$

$$T = 0,67098 \text{ R\$/kWh.}$$

$$V = 3255,28 \times 0,67098$$

$$V = \text{R\$ } 2.184,28$$

Este valor de R\$ 2.184,28 representa o valor estimado mensal a ser pago, sem a aplicação de tributações e taxa de iluminação, este valor será usado como referência para possíveis comparações com os resultados obtidos pelas propostas, cujo o objetivo é de redução do valor base. Infelizmente, não foram fornecidos os dados de consumo real de energia dos últimos 12 meses da panificadora, histórico esse que possibilitaria uma comparação mas real entre o cenário base e a economia após as propostas.

4. PROPOSTA DE MELHORIAS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Introdução

Com o diagnóstico da edificação demonstrado no capítulo de metodologia da pesquisa pode-se iniciar a avaliação dos dados coletados em campo, através das informações obtidas de parâmetros dos equipamentos nas tabelas no site do INMETRO [60] e pesquisa de mercado para a obtenção do custo de aquisição dos equipamentos. Diante disso elaborar duas propostas, onde serão considerados os aspectos para as possíveis trocas de equipamentos, comparando a situação atual com as propostas. Verificando assim, as economias de consumo apresentadas pelo cálculo da simulação e o quanto à implantação desses cenários iriam custar ao proprietário.

4.2 Aspectos relevantes na realização do *retrofit*

Partindo-se do objetivo de alcançar uma economia no consumo de energia elétrica da edificação, através da troca de equipamentos menos eficientes pelos mais eficientes, é importante definir critérios a serem considerados para realizar a possível substituição. Estas alterações devem ser feitas de forma que não ocorram mudanças físicas no ambiente, não considerando assim se o local está adequado para cada atividade, considerando apenas as características dos equipamentos já instalados e suas condições de uso.

Existem vários fatores que podem influenciar na troca dos equipamentos como: nível adequado de iluminação por ambiente (no caso da iluminação), exposição do espaço a luz solar aumentando a carga térmica (no caso da climatização), envoltória da edificação, entre outros. Entretanto, como o estudo está voltado para uma grande variedade de equipamentos na edificação, foram adotados dois parâmetros para as possíveis trocas:

- a) Equipamentos antigos: onde são inseridos os equipamentos com tempo de utilização maior que 10 anos, já possuíram algum defeito e/ou estão em condições precárias de operação, ou seja, não atendendo a demanda das atividades como esperado.
- b) Equipamentos pouco eficientes: onde são inseridos equipamentos que possuem baixa classificação no PBE do INMETRO e equipamentos que possuem tecnologias antigas onde existem melhores opções no mercado.

Desta forma, com base nas informações obtidas na visita ao local de estudo, entrevista ao proprietário e considerando os valores de consumo totais obtidos no capítulo anterior, definiu-se os equipamentos que serão substituídos por novos. A Tabela 4.1 apresenta os

equipamentos que se enquadram nos parâmetros apresentados, indica o motivo da troca, sendo equipamentos antigos (A) e equipamentos pouco eficientes (B), mostra também a soma do consumo mensal destes equipamentos e a energia economizada mensal.

Tabela 4.1 – Equipamentos que devem ser trocados de acordo com os parâmetros.

Grupo	Nº	Motivo da troca	Equipamento	Consumo mensal (kWh)	Percentual de consumo mensal	Energia economizada mensal (kWh)	Percentual de energia economizada mensal
Iluminação	8	B	Lâmpadas PL	25,24	2,0%	18,64	6,0%
Refrigeração	3	A	Freezers	253,8	19,8%	117	37,5%
Climatização	1	A,B	Ventilador de Parede	41,6	3,2%	15,6	5,0%
	1	B	Split 48000 btu/h	910,87	71,1%	140,11	44,9%
CE Panificadora	1	A	Modeladora de Pão	30,36	2,4%	17,96	5,8%
CE Residencial	1	A,B	Sanducheira	20	1,6%	3	1,0%
Consumo total (kWh) / Energia economizada total (kWh)				1281,87	100,0%	312,31	100,0%

Nota: o cálculo da energia economizada é apresentado na seção 4.3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se na Tabela 4.1 que esses equipamentos consomem 1.281,87 kWh/mês, isso representa 39,4% do consumo total da panificadora. Também apresenta a economia com a efetuação das trocas de equipamentos de 312,31 kWh/mês, mostrando assim, que as trocas podem contribuir de forma relevante, visando a otimização da edificação.

Algumas observações devem ser feitas em relação à não escolha de outros equipamentos, apesar do consumo elétrico alto, por exemplo, o forno atua de forma eficiente comparado a outros modelos no mercado, devido obter um compartimento para a utilização de lenha mantendo o forno a uma temperatura alta mesmo desligado. Ademais, os balcões expositores foram dimensionados a pedido do usuário para adequar ao *layout* da panificadora, sendo assim requerido um estudo mais detalhado para as possíveis trocas.

4.3 Cálculo de energia economizada

Como em qualquer projeto a relação custo-benefício possui muita relevância, desta forma, para avaliar se as eventuais ações propostas apresentam resultados positivos, tem-se que analisar o valor obtido após a realização da troca dos equipamentos. Para isso é feito o cálculo do valor da energia economizada, comparando o consumo da situação atual com o consumo proposto, tendo assim um resultado que posteriormente será transformado em valores monetários. O cálculo da energia economizada é dado pela equação 4.1:

$$E_E = C_A - C_P \quad (4.1)$$

Onde:

E_E – Energia economizada, em kWh;

C_A – Consumo energético situação atual, em kWh;

C_P – Consumo energético do cenário proposto, em kWh.

4.4 Custo de aquisição de equipamento

Este custo será composto da média do preço do equipamento, adicionando o custo de instalação (verificado junto as empresas de serviço) e adicionando o custo do frete (considerando o transporte até a cidade de Abaetetuba/Pa). Este valor médio do preço do equipamento é obtido através de pesquisa de mercado em sites e lojas físicas. Tanto o custo do frete quanto o custo de instalação variaram de acordo com as características de cada equipamento.

O custo de aquisição do equipamento é definido pela Equação 4.2

$$CAE = V_{ME} + C_I + C_F \quad (4.2)$$

Onde:

CAE – Custo de aquisição de equipamento, em R\$;

V_{ME} – Valor médio do equipamento, em R\$;

C_I – Custo de instalação, em R\$;

C_F – Custo de frete, em R\$.

Exemplificando, pode-se analisar o CAE da *Split* da marca TRANE de 48.000 Btu/h, onde os valores foram obtidos através da pesquisa de mercado e inseridos na equação.

- CAE da *Split* TRANE 48.000 Btu/h

Valor médio do equipamento. $V_{ME} = \text{R\$ } 6.033,99$

Custo do frete. $C_F = \text{R\$ } 69,99$

Custo de instalação. $C_I = \text{R\$ } 500,00$

$$CAE = 6.033,99 + 69,99 + 500$$

$$CAE = 6.603,98$$

Observa-se que o custo de aquisição do equipamento de condicionamento de ar tipo *split* é de R\$ 6.603,98. Este mesmo procedimento de cálculo é feito para todos os equipamentos listados na Tabela 4.1, de modo que a soma desses custos em cada proposta represente o investimento inicial na análise de viabilidade econômica.

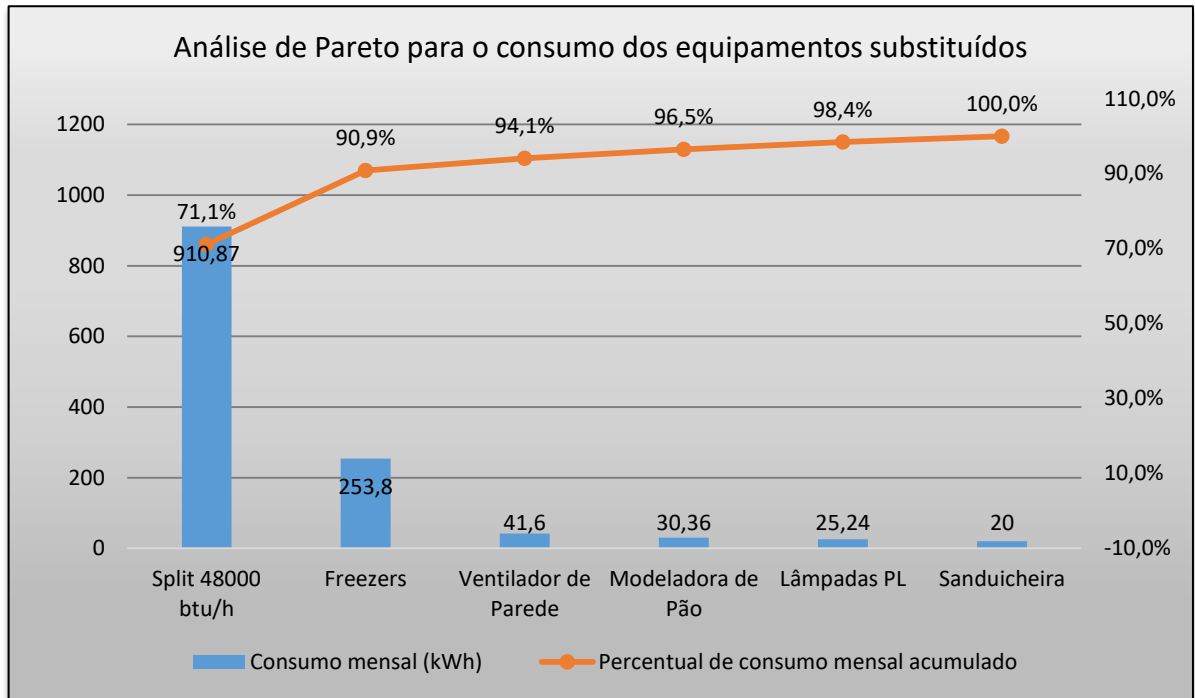
4.5 Propostas de melhorias

De posse das informações dos tópicos anteriores e com o auxílio obtido através das referências para o estudo deste trabalho, são elaboradas duas propostas denominadas **1** e **2**, onde a primeira utiliza uma ferramenta da qualidade conhecida como análise de Pareto com o objetivo de oferecer uma alternativa ao proprietário, a segunda por sua vez apresenta a efetuação das trocas de todos os equipamentos listados anteriormente.

4.5.1 Proposta 1 – Troca dos equipamentos utilizando a análise de Pareto

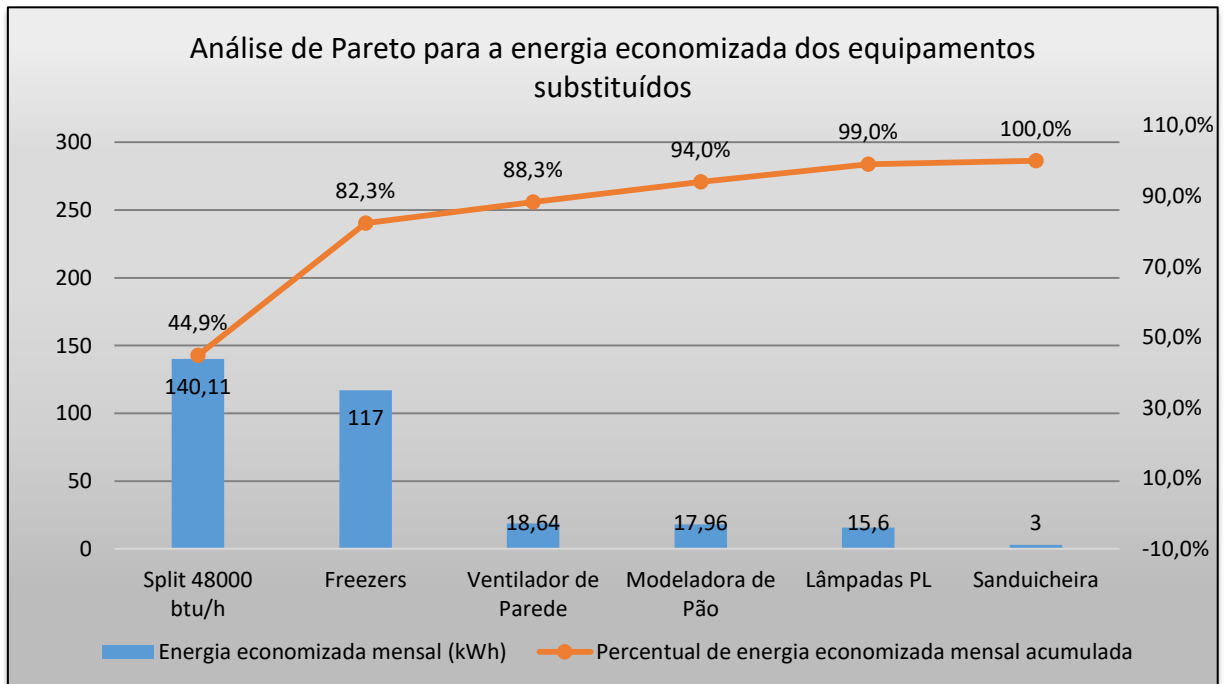
Na análise de Pareto, é produzido um gráfico em forma de barras que demonstra visualmente o quão os itens estudados influenciam no todo. Conhecido pela sua regra de 80-20, verifica-se que eventos com maior participação nos problemas devem ser resolvidos em primeiro lugar. Utilizado onde existem várias causas para um problema, tendo por objetivo verificar qual destas são as maiores responsáveis pela maior parte do problema, agindo assim de forma mais objetiva eliminando as causas principais com mais praticidade e rapidez [62]. A Figura 4.1 e 4.2 mostra respectivamente os gráficos obtidos através da análise de Pareto considerando os valores apresentados na Tabela 4.1, a qual mostra os valores de consumo mensal por equipamento em (kWh), a energia economizada por equipamento e a porcentagem acumulada de ambos.

Figura 4.1 – Gráfico representando a análise de Pareto para o consumo dos equipamentos a serem substituídos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4.2 – Gráfico representando a análise de Pareto para a energia economizada dos equipamentos a serem substituídos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados da análise de Pareto (Figura 4.1 e 4.2), mostra que o condicionador de ar tipo *Split* juntamente com os 3 *Freezers* totaliza 90,9% do consumo de energia e 82,3% da energia economizada dos equipamentos a serem substituídos. Desta forma, apresenta-se o cenário com a substituição somente destes equipamentos em questão. Com o auxílio das tabelas do INMETRO [61] foi possível avaliar os modelos de maior eficiência, entretanto com características similares, visando a troca dos equipamentos sem a alteração das condições do local.

Utilizando a Equação 4.1 pode-se calcular a energia economizada (E_E) dos equipamentos a serem trocados na proposta 1. Exemplificando:

- E_E dos *freezers*

Consumo atual dos equipamentos: 253,8 kWh

Consumo dos equipamentos da proposta: 136,8 kWh

$$E_E = 253,8 - 136,8$$

$$E_E = 117 \text{ kWh}$$

Efetuada a troca dos *freezers* obtém-se uma energia economizada de 117 kWh por mês. Utilizando esta mesma metodologia, são apresentados na Tabela 4.2 os valores de energia economizada dos equipamentos a serem substituídos de acordo com a proposta 1.

Tabela 4.2 – Cálculo de energia economizada – Proposta 1.

Equipamento	Consumo Situação Atual (kWh)	Consumo Proposta 1 (kWh)	Energia Economizada (kWh)
<i>Freezers</i> Horizontais	253,8	136,8	117
Split 48000 Btu/h	910,87	770,76	140,11
Energia Economizada Mensal (kWh)			257,11

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observou-se na Tabela 4.2 que a energia economizada mensal após efetuada as trocas dos equipamentos chega ao valor de 257,11 kWh, consumindo 22,1% a menos do que no cenário atual. Essa diferença demonstra que apesar da grande utilização diária desses equipamentos, eles possuem um bom potencial de redução em seu consumo na troca por modelos de maior eficiência. A Tabela 4.3 apresenta o custo de aquisição dos equipamentos (CAE) obtidos através da Equação 4.2 para os equipamentos a serem substituídos na proposta 1.

Tabela 4.3 – Custo de aquisição dos equipamentos (CAE) substituintes – Proposta 1.

Equipamento	Nº de Equip.	Marca	CAE unitário (R\$)	CAE total (R\$)
Split 48000 Btu/H	1	TRANE	6.603,98	6.603,98
Freezers Horizontais	3	MIDEA	2.411,61	7.234,83
Custo total de implantação - Proposta 1 (R\$)				13.838,81

Fonte: Elaborado pelo autor.

É verificado na Tabela 4.3 que o custo total de implantação da proposta 1 é de R\$ 13.838,81. Considerando o valor médio do condicionador de ar tipo *split* R\$ 6.033,90, o custo do frete de R\$ 69,99 e o custo de instalação onde em uma pesquisa de mercado obteve-se um valor de R\$ 500,00. Já os *freezers* possuem o custo médio de R\$ 1.851,61, o custo do frete de R\$ 560,00, totalizando R\$ 2.411,61 por unidade.

4.5.2 Proposta 2 – Trocas de todos os equipamentos da Tabela 4.1

Este cenário consiste na substituição dos equipamentos citados na Tabela 4.1 com o intuito de obter um maior valor de energia economizada no projeto. Com o auxílio das tabelas disponíveis no site do INMETRO [60] (onde são apresentadas características dos equipamentos) foi possível avaliar os modelos de maior eficiência, que possuem com características similares aos atuais. De forma análoga o cálculo de energia economizada na proposta 1, a Tabela 4.4 apresenta os valores de energia economizada dos equipamentos a serem substituídos na Proposta 2.

Tabela 4.4 – Cálculo de energia economizada – Proposta 2.

Equipamento	Consumo Situação Atual (kWh)	Consumo Proposta 2 (kWh)	Energia Economizada (kWh)
Lâmpadas PL	25,24	6,6	18,64
Freezer Horizontal	253,8	136,8	117
Ventilador de Parede	41,6	26	15,6
Split 48000 btu/h	910,87	770,76	140,11
Modeladora de Pão	30,36	12,4	17,96
Sanducheira	20	17	3
Energia Economizada Mensal (kWh)			312,31

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se na tabela 4.4 que a energia economizada mensal após efetuada as trocas dos equipamentos chega ao valor de 312,31 kWh, correspondendo a 24,4% a menos do que no cenário atual. Esses valores mostram que apesar da inserção de diversos equipamentos em

relação a (proposta 1), a energia economizada se diferenciou em 55,2 kWh. A Tabela 4.5 apresenta o custo de aquisição dos equipamentos (CAE) apresentados na proposta 2.

Tabela 4.5 – Custo de aquisição dos equipamentos (CAE) substituintes – Proposta 2.

Equipamento	Nº de Equip.	Marca	CAE unitário (R\$)	CAE total (R\$)
Lâmpadas PL	8	ELGIN	16,45	131,60
Freezer Horizontal	3	MIDEA	2.411,61	7.234,83
Ventilador de Parede	1	MONDIAL	222,90	222,90
Split 48000 btu/h	1	TRANE	6.603,98	6.603,98
Modeladora de Pão	1	BRAESI	3.884,25	3.884,25
Sanduicheira	1	BRITANIA	144,90	144,90
Custo total de implantação - Proposta 2 (R\$)				18.222,46

Fonte: Elaborado pelo autor.

É verificado na Tabela 4.5 que o custo total de implantação da proposta 2 é de R\$ 18.222,46. Dando destaque a aquisição de uma nova modeladora de pão devido as condições precárias e ao tempo de uso da atual, aumentando bastante o valor do custo em relação ao cenário anterior. O equipamento custa em média R\$ 3.459,25 e o frete custa R\$ 425,00 totalizando o valor de R\$ 3.884,25.

4.6 Considerações do capítulo

As propostas apresentadas são de grande importância para o proprietário da panificadora, podendo ser observado que a proposta 1 está voltada para a troca das cargas que possuem maior consumo de energia dentre aquelas da tabela 4.1, acarretando em uma significativa economia mensal. A segunda proposta abrange todas as cargas da Tabela 4.1, lembrando que estas cargas foram selecionadas por serem antigas ou apresentarem baixa eficiência, ocasionando desta forma um custo de implantação maior para este caso.

O equipamento de condicionador de ar tipo *Split* encontrado na panificadora possui a classificação “C” no Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, por sua grande utilização e sua baixa eficiência, sua troca tem grande importância em ambas as propostas pois proporciona uma grande redução de consumo.

A troca da modeladora de pão se torna bastante necessária devido ser o equipamento em condições precárias. A máquina encontra-se com peças bastantes oxidadas, contribuindo assim para uma possível contaminação, por se tratar de um setor alimentício.

Os *freezers* do setor produtivo são utilizados para o armazenamento dos insumos utilizados na produção, o funcionário relatou que houveram situações de perdas de material, pois um dos equipamentos não estava operando satisfatoriamente, proporcionando desta forma uma temperatura interna maior que a habitual. Através da troca destes *freezers* pode-se diminuir as perdas relacionadas a matéria prima dos produtos confeccionados e aumentar a eficiência em relação ao consumo de energia elétrica.

5. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

5.1 Introdução

Quando se define um projeto de efficientização em uma organização, a análise econômica que estuda a viabilidade e lucratividade é uma ferramenta que fornece um grande auxílio para a tomada de decisão sobre a execução ou não. Neste estudo, são avaliados os valores de consumo de energia das propostas, 1 e 2, as quais foram apresentadas anteriormente, comparando-as com o objetivo de proporcionar ao proprietário da empresa o respaldo econômico para que posteriormente possa escolher o que mais atende as suas expectativas.

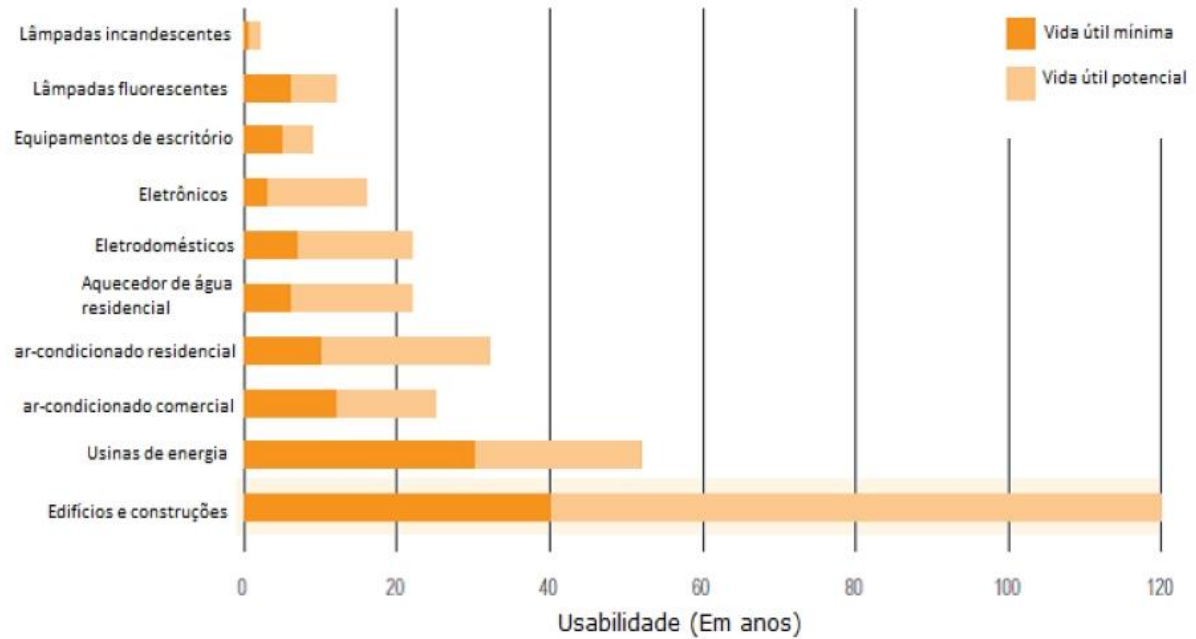
Em um primeiro momento, é preciso definir alguns fatores que influenciam nos métodos da análise econômica como: vida útil, energia economizada anual, taxa de desconto e fator de correção de capital. Assim, pode-se analisar o *payback* simples, descontado e o valor presente líquido. Ferramentas comumente utilizadas para a análise de viabilidade de projetos de eficiência energética em edificações.

5.2 Avaliação econômica das propostas

Depois de definido os equipamentos a serem substituídos e verificar o valor do investimento inicial de cada proposta é necessário à apresentação de outros parâmetros que são utilizados para a análise econômica do projeto.

5.2.1 Vida útil

Nos projetos de eficiência energética são verificados diferentes tipos de equipamentos, a vida útil torna-se uma variável de difícil definição, pois depende de vários fatores, entre eles: maneira correta de utilização e condições das instalações elétricas onde o equipamento for instalado, entre outros; que pode impactar no prolongamento ou encurtamento desse tempo de vida do produto. No entanto, em grande parte dos projetos encontrados na bibliografia pesquisada sempre há uma adequação deste valor em relação aos equipamentos que possuem o maior impacto nos resultados. A Figura 5.1 a seguir, apresenta graficamente os dados de vida útil média estimada para diversos equipamentos e edificações.

Figura 5.1 – Vida útil média dos equipamentos e edificações.

Fonte: [63]

Da Figura 5.1 verificou-se que o tempo de vida útil dos eletrodomésticos e aparelhos de ar condicionado comerciais está estimado em torno de 10 a 20 anos, como estes equipamentos possuem o maior impacto no consumo apresentado nas propostas, será adotado para a análise financeira o tempo de vida útil de 15 anos tanto para a proposta 1 como para a 2, desconsiderando os custos de eventuais manutenções ao longo do período tanto no cenário atual quanto nos propostos.

5.2.2 Energia economizada anual

No capítulo anterior foram demonstrados os valores da economia mensal de energia das propostas, para os cálculos financeiros, tornando-se necessário a transformação desse valor apresentado em (kW/h mês) para o fluxo de caixa anual (R\$). Portanto, pode ser feito de acordo com a Equação 5.1.

$$F_C = E_{EM} \times T \times 12 \quad (5.1)$$

Onde:

F_C – Fluxo de caixa anual, em R\$;

E_{EM} – Energia economizada mensal pela proposta, em R\$;

T – Tarifa convencional, em R\$/kWh.

Com os valores da energia economizada mensal das propostas e a tarifa convencional comercial [61], utiliza-se a Equação 5.1 para encontrar o valor do fluxo de caixa anual para as propostas 1 e 2.

- Proposta 1 (F_{C1})

Energia economizada mensal proposta 1: 257,11 kWh

Tarifa convencional: 0,67098 R\$/kWh

$$F_{C1} = 257,11 \times 0,67098 \times 12$$

$$F_{C1} = 2.070,19 \text{ R\$}$$

- Proposta 2 (F_{C2})

Energia economizada mensal proposta 2: 312,31 kWh

Tarifa convencional: 0,67098 R\$/kWh

$$F_{C2} = 312,31 \times 0,67098 \times 12$$

$$F_{C2} = 2.514,65 \text{ R\$}$$

Deste modo, obtém-se como resultados os fluxos de caixa anuais que representam os valores economizado anualmente para as propostas 1 e 2 que são respectivamente R\$ 2.070,19 e R\$ 2.514,65 valores estes, que posteriormente serão utilizados nos métodos de análise econômica.

5.3 Métodos de análise econômica

Existem muitos métodos de análise econômica, na eficiência energética a aprovação ou não de um projeto de efficientização depende muito de sua viabilidade financeira. A avaliação deve considerar o investimento inicial, os possíveis retornos anuais em forma de energia economizada, e tempo de vida útil média do projeto. Os métodos mais utilizados no Brasil são os de *Payback* simples (PS), *Payback* descontado (PD) e o Valor Presente Líquido (VPL) [64].

5.3.1 *Payback* simples (PS)

O método do *payback* simples consiste em encontrar a medida de tempo onde o investimento inicial será recuperado, considerando os fluxos de caixa anuais. Quando os fluxos de caixas possuírem o mesmo valor pode se dividir o investimento inicial pelo valor de um fluxo de caixa de acordo com a Equação 5.2 [65].

$$PS = \frac{I_o}{F_C} \quad (5.2)$$

Onde:

PS – *Payback* simples, em anos;

I_o – Investimento inicial, em R\$;

F_C – Fluxo de caixa anual, em R\$/ano.

Com os valores de investimento inicial e do fluxo de caixa da proposta 1, utiliza-se a Equação 5.2 para encontrar o valor de *payback* simples para a proposta 1.

- Proposta 1 (PS_1)

Investimento inicial: R\$ 13.838,81

Fluxo de caixa anual: R\$ 2.070,19

$$PS_1 = \frac{13838,81}{2070,19}$$

$$PS_1 = 6,68 \text{ anos}$$

Observa-se que para essa análise a proposta 1 possui um período de retorno de 6 anos e 8 meses aproximadamente, sendo assim menor que o tempo de vida útil do projeto de 15 anos tornando assim a proposta viável.

De maneira análoga utilizando os valores de investimento inicial e fluxo de caixa anual da proposta 2, obtem-se o valor de *payback* simples para a proposta 2.

- Proposta 2 (PS_2)

Investimento inicial: R\$ 18.222,46

Fluxo de caixa anual: R\$ 2.514,65

$$PS_2 = \frac{18222,46}{2514,65}$$

$$PS_2 = 7,25 \text{ anos}$$

A proposta 2 resultou em um período de retorno de 7 anos e 3 meses, assim como a proposta 1 se mostra-se viável relacionando o tempo de vida útil do projeto. Concluindo que neste método ambas seriam viáveis devido a vida útil do projeto definida ser de 15 anos. Todavia, esse cálculo não considera o valor do dinheiro no tempo, deixando assim esse método de análise pouco eficaz em um projeto com um longo período de vida útil, isso pode ser corrigido utilizando o *payback* descontado.

5.3.2 *Payback* descontado (PD)

Este método consiste no *payback* simples aprimorado, considerando o valor do dinheiro no tempo inserindo uma taxa de desconto, onde é possível ajustar os valores futuros em relação ao fluxo de caixa [38]. Deste modo, o *payback* descontado é encontrado através da Equação 5.3.

$$PD = n \times FRC \times PS \quad (5.3)$$

Onde:

PD – *Payback* descontado, em anos;

n – Tempo de vida útil do projeto, em anos;

FRC – Fator de recuperação de capital, adimensional;

PS – *Payback* simples, em anos.

Para calcular o *payback* descontado (PD) é necessário verificar o fator de recuperação de capital (FRC), anualizando o valor de um determinado investimento feito no presente, considerando uma determinada taxa (i) de desconto e um período de (n) anos, dado pela Equação 5.4 [65].

$$FRC = \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \quad (5.4)$$

Onde:

FRC – Fator de recuperação de capital, adimensional;

i – Taxa de desconto, % a.a;

n – Tempo de amortização (vida útil do projeto), anos;

Onde a taxa de desconto é representada pela taxa de rendimento da poupança atual 4,458 % a.a [66], a taxa desta aplicação foi adotada por apresentar um menor risco financeiro. Substituindo os valores da taxa de desconto e do tempo de vida útil do projeto na Equação 5.4 encontra-se o valor de FRC considerado para as Propostas 1 e 2.

Taxa de desconto: $i = 0,04458 = 4,48\%$ a.a

Tempo de amortização: $n = 15$ anos

$$FRC = \frac{0,04458 \times (1 + 0,04458)^{15}}{(1 + 0,04458)^{15} - 1}$$

$$FRC = 0,092847$$

Com os valores de *payback* simples da proposta 1, do tempo de vida útil do projeto e do fator de recuperação de capital, utiliza-se a Equação 5.3 para encontrar o valor de *payback* descontado para a proposta 1.

- Proposta 1 (PD_1)

Tempo de amortização: $n = 15$ anos

Fator de recuperação de capital: $FRC = 0,092847$

Payback simples proposta 1: $PS_1 = 6,68$ anos

$$PD_1 = 15 \times 0,092847 \times 6,68$$

$$PD_1 = 9,3 \text{ anos}$$

Nota-se nesta análise que o valor do período de retorno é superior à de *payback* simples, por considerar o valor do dinheiro no tempo. A proposta 1 resultou em um período de retorno de 9 anos e 3 meses aproximadamente, logo torna-se uma proposta viável, devido possuir um menor tempo de retorno em relação ao tempo de vida útil do projeto que é 15 anos.

De maneira análoga utilizando os valores de *payback* simples da proposta 2, do tempo de vida útil do projeto e do fator de recuperação de capital, obtem-se o valor de *payback* descontado para a proposta 2.

- Proposta 2 (PD_2)

Tempo de amortização: $n = 15$ anos

Fator de recuperação de capital: $FRC = 0,092847$

Payback simples proposta 2: $PS_2 = 7,25$ anos

$$PD_2 = 15 \times 0,092847 \times 7,25$$

$$PD_2 = 10,1 \text{ anos}$$

A análise de *payback* descontado da proposta 2 possui um período de retorno de 10 anos e 1 mês aproximadamente. Concluindo que neste método ambas as propostas seriam viáveis devido os valores de *payback* descontados serem inferiores a vida útil do projeto definida ser de 15 anos.

5.3.3 Valor presente líquido (VPL)

O VPL é um método baseado no emprego de uma taxa de desconto, consiste na somatória dos Valores Presentes (VP) do projeto subtraído do seu valor de investimento inicial. Basicamente, é o resultado de quanto os futuros pagamentos somados a um custo inicial estão valendo na data zero. Para o cálculo do VPL utiliza-se uma taxa de desconto, que representa o custo oportunidade do capital empregado no investimento, matematicamente é descrito pela Equação 5.5 [21]. Se o valor do VPL for maior ou igual a zero o projeto é aceitável, caso contrário, é rejeitado [65].

$$VPL = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I_o \quad (5.5)$$

Onde:

VPL – Valor presente líquido, em R\$;

t – Número do período que foi determinado o fluxo de caixa, em anos;

FC_t – Fluxo de caixa do período t , em R\$;

I_o – Investimento inicial, em R\$;

i – Taxa de desconto, % a.a.

Calculando os valores presentes (VP) obtém-se o quanto os fluxos de caixa dos anos posteriores valeriam atualmente. A Equação 5.6 apresenta matematicamente o valor presente.

$$VP = \frac{FC_t}{(1 + i)^t} \quad (5.6)$$

Onde:

VP – Valor presente, em R\$;

t – Número do período que foi determinado o fluxo de caixa, em anos;

FC_t – Fluxo de caixa do período t , em R\$;

i – Taxa de desconto, % a.a.

Exemplificando no período 1 o cálculo do valor presente utiliza-se os valores de fluxo de caixa e taxa de desconto da proposta 1, tem-se que:

- Valor presente da proposta 1 no período 1. $VP_{1,1}$

Fluxo de caixa da proposta 1 no período 1. $FC_{1,1} = 2.070,19$

Taxa de desconto. $i = 4,458\%$

Período. $t = 1$ ano

$$VP_{1,1} = \frac{2.070,19}{(1 + 0,04458)^1}$$

$$VP_{1,1} = 1.981,84$$

O valor presente da proposta 1 no período 1 é de R\$ 1.981,84. De maneira análoga objetivando a melhor visualização elaborou-se as Tabelas 5.1 e 5.2, apresentando as propostas 1 e 2 respectivamente onde serão calculados para cada proposta, os valores presentes de cada período, a somatória dos valores presentes e por fim o VPL.

Tabela 5.1 – Cálculo do VPL da proposta 1.

PROPOSTA 1				
Ano	Fluxo de caixa		Valor Presente (VP)	Soma dos (VP)
0	-R\$	13.838,81	-R\$ 13.838,81	-R\$ 13.838,81
1	R\$	2.070,19	R\$ 1.981,84	-R\$ 11.856,97
2	R\$	2.070,19	R\$ 1.897,26	-R\$ 9.959,71
3	R\$	2.070,19	R\$ 1.816,29	-R\$ 8.143,42
4	R\$	2.070,19	R\$ 1.738,77	-R\$ 6.404,65
5	R\$	2.070,19	R\$ 1.664,57	-R\$ 4.740,08
6	R\$	2.070,19	R\$ 1.593,53	-R\$ 3.146,55
7	R\$	2.070,19	R\$ 1.525,52	-R\$ 1.621,03
8	R\$	2.070,19	R\$ 1.460,42	-R\$ 160,61
9	R\$	2.070,19	R\$ 1.398,09	R\$ 1.237,48
10	R\$	2.070,19	R\$ 1.338,42	R\$ 2.575,90
11	R\$	2.070,19	R\$ 1.281,30	R\$ 3.857,20
12	R\$	2.070,19	R\$ 1.226,62	R\$ 5.083,82
13	R\$	2.070,19	R\$ 1.174,27	R\$ 6.258,09
14	R\$	2.070,19	R\$ 1.124,16	R\$ 7.382,25
15	R\$	2.070,19	R\$ 1.076,18	R\$ 8.458,43
VPL			R\$ 8.458,43	
Taxa de desconto			4,458%	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se na Tabela 5.1 que o valor presente líquido VPL resultou em R\$ 8.458,43 superior a 0, isso significa que ao final dos 15 anos o proprietário vai pagar o investimento inicial do projeto e ter obtido uma economia de R\$ 8.458,43. Consequentemente, nesta análise a proposta também se mostra viável. Verificou-se também através da coluna de soma dos valores presentes que a partir do ano 9 o projeto estará pago, apresentado um valor de R\$ 1.237,48 positivo neste período. Observa-se também que o valor presente tende a diminuir quanto o maior número de anos do projeto.

Tabela 5.2 – Cálculo do VPL da proposta 2.

PROPOSTA 2					
Ano	Fluxo de caixa		Valor Presente (VP)		Soma dos VP
0	-R\$	18.222,46	-R\$	18.222,46	-R\$ 18.222,46
1	R\$	2.514,65	R\$	2.407,33	-R\$ 15.815,13
2	R\$	2.514,65	R\$	2.304,59	-R\$ 13.510,54
3	R\$	2.514,65	R\$	2.206,24	-R\$ 11.304,30
4	R\$	2.514,65	R\$	2.112,08	-R\$ 9.192,22
5	R\$	2.514,65	R\$	2.021,94	-R\$ 7.170,27
6	R\$	2.514,65	R\$	1.935,65	-R\$ 5.234,62
7	R\$	2.514,65	R\$	1.853,04	-R\$ 3.381,58
8	R\$	2.514,65	R\$	1.773,96	-R\$ 1.607,62
9	R\$	2.514,65	R\$	1.698,25	R\$ 90,64
10	R\$	2.514,65	R\$	1.625,78	R\$ 1.716,41
11	R\$	2.514,65	R\$	1.556,39	R\$ 3.272,80
12	R\$	2.514,65	R\$	1.489,97	R\$ 4.762,77
13	R\$	2.514,65	R\$	1.426,38	R\$ 6.189,15
14	R\$	2.514,65	R\$	1.365,51	R\$ 7.554,66
15	R\$	2.514,65	R\$	1.307,23	R\$ 8.861,89
VPL			R\$	8.861,89	
Taxa de desconto				4,458%	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 5.5 apresenta o valor presente líquido VPL de R\$ 8.861,89 superior a 0, isso significa que ao final dos 15 anos o proprietário vai haver pago o projeto e ter obtido uma economia de R\$ 8.861,89. Desta forma a análise da proposta assim como a anterior é viável. Visualiza-se através da coluna de soma dos valores presentes que a partir do ano 9 o projeto estará pago, apresentado um valor de R\$ 90,64 positivo neste período.

Conclui-se, que na análise do valor presente líquido (VPL) ambas as propostas são viáveis por apresentarem retornos superiores a 0 e obtendo uma boa economia que representa 61,1% do investimento inicial para a proposta 1 e 48,6% para a proposta 2.

5.4 Considerações do capítulo

Esses métodos de avaliação financeira possuem grande relevância na escolha da implantação ou não de um projeto. Verificou-se que todas as propostas de melhorias sugeridas pelo estudo, utilizando os métodos de análise financeira adotados, conquista-se resultados positivos. Entretanto, é importante ressaltar que além da viabilidade econômica existem outros fatores que podem influenciar na elaboração e execução ou não do projeto, fatores como: recurso disponível para investimento, planejamento de expansão do negócio, mudança ou ampliação de mercado entre outros.

Isso varia de acordo com os objetivos da empresa e de o quão ela está disposta em investir no modelo de negócio mais eficiente com menos perdas de energia, consequentemente dando melhores condições para o processo produtivo e de serviços. Também verifica-se que os resultados podem possuir variações, dependendo de mudanças de receita, alteração na vida útil do projeto e aplicação de custos tanto de manutenção quanto substituição.

CONCLUSÃO

Foi verificado que os órgãos públicos responsáveis pela energia elétrica no País investem, cada vez, mais em medidas de eficiência energética com o objetivo de postergar a construção de novas usinas hidrelétricas e/ou termelétricas. Observando que o valor gasto com medidas de eficiência energética para a economia de 1 kWh é menor do que o custo de geração desse mesmo 1 kWh.

Atualmente a preocupação com o consumo consciente de energia elétrica é cada vez mais notória, empresas de grande, médio e, até mesmo, de pequeno porte consideram a gestão eficiente deste insumo cada vez mais importante. Observa-se que a aplicação de medidas de eficiência energética no setor comercial pode resultar em economias consideráveis para o empresário.

Este estudo fez uma abordagem sobre a eficiência energética e os aspectos e normativas que a envolvem, foram feitas coletas de dados com o objetivo de produzir um diagnóstico energético em uma panificadora no município de Abaetetuba/PA. Foram elaboradas duas propostas durante o estudo, as quais consistiam na substituição dos equipamentos elétricos pouco eficientes ou que apresentassem condições precárias de operação.

Para avaliar financeiramente as propostas elaboradas no presente estudo foram utilizados três métodos: *Payback* simples (PS), *Payback* descontado (PD) e Valor Presente Líquido. Em todas as análises realizadas, foi mostrado que as duas propostas possuem resultados lucrativos, e cabe ao proprietário do estabelecimento decidir qual utilizar, já que, as principais diferenças entre elas são o valor do investimento e o tempo de retorno.

Analisou-se a importância das escolhas de equipamentos com bons índices de eficiência, reduzindo assim os valores a serem pagos às concessionárias de energia. Neste aspecto, o site do INMETRO [61] oferece um bom auxílio, o qual possui fácil acesso e contém informações quanto ao nível de eficiência e consumo dos mais diversos tipos de equipamentos.

A pesquisa demonstrou a importância de um aprofundamento deste tema que faz parte de maneira direta ou indiretamente no nosso cotidiano. Hábitos simples, como o desligamento das lâmpadas ao sair do ambiente, aliados a utilização de equipamentos eficientes e a execução correta de manutenções preventivas e corretivas, proporcionam uma economia financeira para

o usuário e propaga a ideia de usar a energia de forma racional, diminuindo o desperdício da mesma.

Logo, percebe-se que os objetivos foram definidos no início da elaboração deste trabalho foram alcançados, a metodologia aplicada para a elaboração do diagnóstico e das duas propostas de melhorias foram satisfatórias, assim como as análises de viabilidade econômica das propostas demonstraram resultados positivos.

É importante frisar a dificuldade na obtenção de alguns dados do local de estudo, devido ao tempo disponibilizado para a coleta de dados e a desconfiança de alguns empresários em relação à qualquer estudo de diagnóstico. Espera-se que os órgãos públicos destinados ao tema incentivem cada vez mais a educação demonstrando aos proprietários de empresas a importância desse tipo de trabalho.

Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se indicar as seguintes atividades:

- Realizar um estudo através da instalação de analisadores de energia como objetivo de verificar o comportamento real do consumo feito pelas cargas da panificadora, proporcionando assim um diagnóstico mais detalhado através da visualização da curva de carga do estabelecimento.

- Confeccionar um projeto adequando a padaria para atender as normas voltadas a eficiência energética de edificações e melhorar o *layout* do local para otimizar os espaços onde são desenvolvidas as atividades, diminuindo o desperdício de tempo na realização das tarefas.

- Elaborar o diagnóstico energético em outro estabelecimento comercial de Abaetetuba, levando em consideração que a cidade possui o setor de serviços diversificado, tais como, lojas de departamentos, salões de beleza, restaurantes, hotéis, farmácias, entre outros.

Por fim, cabe ressaltar que os conhecimentos adquiridos neste trabalho de conclusão de curso foram de suma importância e relevância para a vida acadêmica e profissional do autor, e que pesquisas relacionadas a eficiência energética possuem um grande horizonte, com o surgimento de novas tecnologias, tanto de consumo quanto em alternativa sustentáveis de geração de energia, sendo pautas de discussões futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ACERVO.ESTADAO. **Alta do Petróleo fez país viver crise nos anos 1970**. Acervo Estadão – O Estado de São Paulo 2014. Disponível em <<https://acervo.estadao.com.br/noticias/acervo,alta-do-petroleo-fez-pais-viver-crise-nos-anos-1970,10618,0.htm>>. Acesso em 27/08/18.
- [2] BRASIL. TCU - Tribunal de Contas da União. **Relatório de auditoria**. TC 006.734/2003-9 Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A24E08D405014E0D24568C5ED7>> Acesso em: 16 setembro 2018.
- [3] PINTO, Tales dos Santos. **O apagão energético de 2001**; Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/historiab/apagao.htm>>. Acesso em 27 de agosto de 2018.
- [4] AMATO, Fabio. **Hidrelétricas registram em 2015 o janeiro mais seco em 85 anos**; Economia Globo. Disponível em <<http://glo.bo/16oGt3D>>. Acesso em 06 de setembro de 2018.
- [5] CONCEITO. **Conceito de eficiência**. Conceito.de, 2011. Disponível em <<http://conceito.de/eficiencia>>. Acesso em 22/08/18.
- [6] MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à administração**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- [7] PINHO, J.T, et al. **Sistemas Híbridos Soluções Energéticas para a Amazônia**. 1.ed. 396 p. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008
- [8] CRETON; STHEL. **A ciência do aquecimento global**. Rio de Janeiro: FAPERJ, 2011. 175p.
- [9] JANNUZZI, G. M.; SWISHER, J. N. P. **Planejamento integrado de recursos energéticos**. Campinas SP: Autores Associados, 1997.
- [10] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em 27/08/18.
- [11] SEBRAE. **Sustentabilidade em Pequenos Negócios - Eficiência Energética**. 2.ed. Cuiabá: Sebrae, 2015
- [12] PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Resultados PROCEL 2018, Ano Base 2017**. 2018. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2018>>. Acesso em: 27/08/2018.
- [13] MME. Ministério de Minas e Energia. **CONPET**. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais>. Acesso em: 11 setembro. 2018.
- [14] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <<http://www2.inmetro.gov.br/pbe>>. Acesso em 15/09/2018
- [15] BAJAY, Sérgio et al. **Geração Distribuída e Eficiência Energética – Reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro**. Campinas/Sp : FAPERJ, 2018. Cap 4.
- [16] MME. Ministério de Minas e Energia. CEPEL. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Guia para eficiência energética nas edificações públicas**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

- [17] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Revista de Eficiência Energética**. 3.ed, 2017
- [18] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Bandeiras Tarifárias** Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em 27/08/18.
- [19] ABESCO. Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. **O que é uma ESCO?** . Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-uma-empresa-esco/>>. Acesso em: 16 setembro. 2018
- [20] ENEGEL – Engenharia Eficiente e Serviços LTDA. **Sobre a Empresa e Serviços**. Disponível em: < <http://www.engelesco.com.br>>. Acesso em: 16 setembro. 2018.
- [21] BARROS, Beijamim Ferreira de. **Gerenciamento de Energia: Ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica**. São Paulo: Érica, 2010.
- [22] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminância de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior: Referências**. Rio de Janeiro, p. 46. 2013.
- [23] MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- [24] PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de iluminação**. 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL+DE+ILUMINACAO++PROCEL_EPP+-AGOSTO+2011.pdf/d42d2f36-0b90-4fe0-805f-54b862c9692c;jsessionid=A7AE9AD7FFE410D97E371853D50763B0.srv154>. Acesso em: 10/09/2018. 2018.
- [25] SILVA, Mauri Luiz da. **Luz, lâmpadas e Iluminação**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2004.
- [26] SANTOS, Afonso H. M, et al. **Conservação de Energia – Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações** 3.ed. Itajubá: Eletrobrás / PROCEL EDUCAÇÃO, 2006.
- [27] ARAÚJO, S. L. J. C. **Estudo de metodologias para a otimização de eficiência energética de consumidores residenciais e micro e pequenas empresas**. São Luís/MA: UFMA – Universidade Federal do Maranhão, 2017.
- [28] ENERGIA BRASIL. **Guia de Eficiência Energética nas Micro, Pequenas e Médias empresas**. PROCEL, 2005.
- [29] PROCEL INDÚSTRIA - **Metodologia de realização de diagnóstico energético: guia básico**. Eletrobrás [et al.] – Brasília: IEL/NC, 2009. 108 p.
- [30] PHILIPS. **Lâmpada Halógena**. Disponível em: <www.philips.com.br/c-p/8718291110309/halogen-classic-lampada-halogen>. Acesso em: 20 setembro. 2018
- [31] EMPALUX. **Lâmpada Fluorescente Tubular**. Disponível em: <<http://www.empalux.com.br/?a1=p&c=000006&s=000028>>. Acesso em: 20 setembro. 2018
- [32] TASCHIBRA. **Lâmpada Fluorescente Compacta**. Disponível em: <<http://www.taschibra.com.br/site/web/pt/produto/3U%20-%20FLUORESCENTES%20COMPACTAS>>. Acesso em: 21 setembro. 2018
- [33] ELETROREDE. **Lâmpada Vapor Mercúrio**. Disponível em: <<https://www.eletrorede.com.br/lampada-vapor-mercúrio-125w-hql-osram.html>>. Acesso em: 22 setembro. 2018

- [34] LOJA ELETRICA. **Lâmpada Vapor Metálico**. Disponível em: <<http://www.lojaeletrica.com.br/lampada-vapor-metalico-400w-tubular-t-e-40-verde,product,2351600000609,dept,0.aspx>>. Acesso em: 23 setembro. 2018
- [35] MAGAZINE LUIZA. **Lâmpada Mista**. Disponível em: <<https://www.magazineluiza.com.br/lampada-mista-brasfort-light-e40-500w-8175-p/6595605/cj/pilu/>>. Acesso em: 24 setembro. 2018
- [36] CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2007.
- [37] LOJA ELETRICA. **Lâmpada Vapor de Sódio**. Disponível em: <<http://www.lojaeletrica.com.br/vapor-sodio,dept,13007.aspx>>. Acesso em: 24 setembro. 2018
- [38] NETO, Alberto Hernandez, et al. **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- [39] OSRAM. **Lâmpada LED Bulbo**. Disponível em: <<https://dammedia.osram.info/media/resource/760x760/655309/Classic%20A60%20DIM%20E27.jpg>>. Acesso em: 25 setembro. 2018
- [40] VIANA, Augusto N. Carvalho, et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1. Ed. Campinas/Sp: PEE, 2012.
- [41] ALFREDO, José Carlos. Universidade Federal de Minas Gerais: **Análise Crítica da Norma Brasileira ABNT 16401-1 (Instalações de Ar-Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários. Parte 1 – Projeto das Instalações), 16401-2 (Parâmetros de Conforto Térmico) e 16401-3 (Qualidade do Ar Interior)**. 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2011.
- [42] CARRIER. **Simulador de Capacidade Térmica**. Disponível em: <<http://carrierdobrasil.com.br/dimensionador/>>. Acesso em: 28 setembro. 2018
- [43] CONSUL. **Ar-condicionado Tipo Janela**. Disponível em: <<https://www.consul.com.br/produto/ar-condicionado-janela-7-500-btus-quentefrio-eletronico/>>. Acesso em: 28 setembro. 2018
- [44] SAMSUNG. **Ar-condicionado Tipo Split**. Disponível em: <<https://www.samsung.com/br/air-conditioners/ar-condicionado-split-max-plus-quente-e-frio-2017/AR09KPFUAWQNAZ/>>. Acesso em: 30 setembro. 2018
- [45] CLIC AR-CONDICIONADO. **Comparativo da tecnologia inverter com a convencional**. Disponível em: <<https://www.clicarcondicionado.com/produto/ar-condicionado-split-inverter-22000-btus-carrier-x--power-220v-frio---42fvca22c5/>>. Acesso em: 01 outubro. 2018
- [46] CARRIER. **Ar-condicionado Self Contained**. Disponível em: <<http://www.carrierdobrasil.com.br/modelo/downloads/meu-negocio/50/self-new-generation>>. Acesso em: 02 outubro. 2018
- [47] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia; MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Requisitos de avaliação da conformidade para Condicionadores de ar**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001567.pdf>>. Acesso em 04 outubro. 2018
- [48] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Novos Índices de Condicionadores de Ar Piso-Teto**. Disponível em: <

http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_piso-teto_indicenovo.pdf >. Acesso em 05 outubro. 2018

[49] CPFL. Companhia Paulista de Força e Luz. **Programa de Eficiência Energética – Sua energia transforma o mundo**. 1.ed. Campinas: PEE, 2015

[50] UOL. UOL Física. **Funcionamento do Refrigerador**. Disponível em: <<https://alunosonline.uol.com.br/fisica/fisica-funcionamento-dos-refrigeradores.html>>. Acesso em: 03 outubro. 2018

[51] DUFRIO. **Diferença congelador x freezer e como usá-los para congelar**. Disponível em: <<https://www.dufrio.com.br/blog/refrigeracao/diferenca-congelador-e-freezer/>>. Acesso em: 05 outubro. 2018

[52] SALVADOR, Emerson. Universidade Federal de Itajubá: **Eficiência Energética em Refrigeradores**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Itajubá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia, Itajubá, 2013.

[53] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia; MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Regulamento específico para uso da etiqueta nacional de conservação de energia – ENCE linha de refrigeradores e assemelhados**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001000.pdf>>. Acesso em 12 outubro. 2018

[54] SENGE-MG. Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais. **Cartilha de Eficiência Energética**. Belo Horizonte/MG: Conexão – Soluções em energia, 2015

[55] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, p. 209. 2004.

[56] SANTIAGO JÚNIOR, Jose Valdir, et al. **Cartilha 4 Programa Sebrae de eficiência energética – Uso inteligente da energia, administrando a energia elétrica: Estudos de Casos**. Cuiabá: Sebrae, 2003.

[57] CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Uso eficiente de energia elétrica na indústria**. 1.ed. CNI, 2014

[58] ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de circuitos elétricos**. 5. ed. – Dados eletrônicos. Porto Alegre: AMGH, 2013.

[59] CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. **Norma de Distribuição: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001000.pdf>>. Acesso em 20 outubro. 2018

[60] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Tabelas de consumo/eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>>. Acesso em 20 outubro 2018.

[61] CELPA. Centrais Elétricas do Pará. **Cobrança de tarifas**. Disponível em: <<http://www.celpe.com.br/residencial/informacoes/cobranca-de-tarifas>>. Acesso em 10 novembro 2018.

[62] PEINALDO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção: Operações industriais e serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

[63] BRÜGGEMANN, Eduardo Salich. **Eficiência Energética no Retrofit: Uma Abordagem Específica Na Economia Financeira De Condomínios Residenciais**. Florianópolis/SC: UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017.

[64] CBCS. Conselho Brasileiro de Construção Sustentavel. **Guia prático para a realização de diagnósticos energéticos em edificações**. 2.ed. São Paulo: CBCS, 2016

[65] OLIVEIRA, Érika Matos de. **Dimensionamento de m sistema fotovoltaico fixo conectado à rede: Estudo de caso do campus de Abaetetuba**. Tucuruí/PA: UFPA – Universidade Federal do Pará, 2013.

[66] BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Remuneração dos depósitos da poupança**. Disponível em: < <https://www4.bcb.gov.br/pec/poupanca/poupanca.asp>>. Acesso em 24 novembro 2018.

ANEXO B – ESTIMATIVA DE CONSUMO

Climatização:

Para os aparelhos de climatização eficientes adotou-se o valor de consumo de energia elétrica em kWh/mês das tabelas do PROCEL. Considerou-se ainda que os equipamentos sem selo possuem valores de consumo de energia com menor eficiência.

A seguir é exemplificado o cálculo do consumo mensal dos aparelhos de condicionamento de ar através das informações dadas pelas tabelas do PROCEL: corresponde ao consumo de 1 hora de uso diário por mês.

Considerando um condicionador de ar tipo *Split* de 48.000 Btus/h com consumo tipo C da Marca ELETROLUX, tem-se:

- Selo PROCEL = 105,1 kWh/mês (corresponde ao consumo de 1 hora de uso diário por mês)
- Uso diário do equipamento: 10 horas
- Dias de uso do equipamento por mês: 26 dias

Horas mensais de uso:

$$10 \text{ h} \times 26 \text{ dias} = 260 \text{ horas mensais}$$

Horas por dia

$$260/30 \text{ (dias)} = 8,67 \text{ horas por dia}$$

Consumo médio total do equipamento durante o mês de trabalho considerado:

$$8,67 \times 105,1 = 910,87 \text{ kWh/mês.}$$

Refrigeração:

Para aparelhos de refrigeração, os valores de consumo médio equivalem ao mês de uso contínuo apresentado nos selos presentes nos equipamentos, restando multiplicá-los pelo número de aparelhos.

Considerando um freezer CONSUL encontrado no estudo, tem-se:

- Consumo mensal por utilização contínua dado pelo PROCEL = 84,6 kWh/mês (corresponde ao consumo estimado de utilização contínua em 24 horas)
- Quantidade de equipamentos: 3 freezers

Consumo estimado do total de equipamentos:

$$84,6 \times 3 = 253,8 \text{ kWh/mês.}$$

Equipamentos que não possuem dados de placa:

Utiliza-se as equações 3.1 e 3.2 da metodologia apresentada no estudo para se obter a potência ativa do aparelho.

Considerando uma modeladora de pão encontrada no estudo, tem-se:

- Corrente eficaz (RMS): 7,5 A
- Tensão eficaz (RMS): 110 V
- Fator de Potência: 0,92
- Tempo de utilização mensal: 40 h

Modulo da potência aparente do equipamento:

$$|S| = 110 \times 7,5 = 825 \text{ VA}$$

Potencia ativa:

$$P = 825 \times 0,92 = 759 \text{ W}$$

Consumo do equipamento:

$$C = 759 \times 40 = 30,36 \text{ kWh}$$

Demais equipamentos elétricos:

Para o consumo dos demais equipamentos considere como exemplo um ventilador de 200 W.

- Uso diário do equipamento: 8 horas
- Dias de uso do equipamento por mês: 26 dias

Consumo médio diário em kWh:

$$200 \text{ W} \times 8 \text{ h} = 1,6 \text{ kW/dia}$$

Consumo médio total do equipamento durante o mês de trabalho considerado:

$$1,6 \times 26 = 41,6 \text{ kWh/mês}$$