

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

LAYZA LUISSA SILVESTRE BARROSO

**ANÁLISE ENERGÉTICA PARA ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E
ECONÔMICA DE UMA PROPOSTA DE GESTÃO EFICIENTE DE ENERGIA EM
UMA EMPRESA DO DISTRITO INDUSTRIAL I**

MANAUS- AM

2023

LAYZA LUISSA SILVESTRE BARROSO

**ANÁLISE ENERGÉTICA PARA ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E
ECONÔMICA DE UMA PROPOSTA DE GESTÃO EFICIENTE DE ENERGIA EM
UMA EMPRESA DO DISTRITO INDUSTRIAL I**

Projeto de pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentado à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientação: Dr. Israel Gondres Torné

Manaus
2023

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST

Reitor:

André Luiz Nunes Zogahib

Vice-Reitor:

Kátia do Nascimento Coureiro

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Israel Gondres Torné

Banca Avaliadora composta por:

Prof. Israel Gondres Torné, Dr. (Orientador)

Prof. Guzmán del Río, Dr.

Prof. Edry Antonio Garcia Cisneros, Dr.

Data da defesa: 17/03/2023.

CIP – Catalogação na Publicação

Barroso, Layza Luissa Silvestre

Análise energética para estudo de viabilidade técnica e econômica de uma proposta de gestão eficiente de energia em uma empresa do distrito industrial I / Layza Luissa Silvestre Barroso; [orientada por] Israel Gondres Torné, Dr. – Manaus: 2023. 75 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica).
Universidade do Estado do Amazonas, 2023.

1. Eficiência Energética. 2. Otimização. 3. NBR ISO50001.

I. Torné, Israel Gondres.

LAYZA LUISSA SILVESTRE BARROSO

ANÁLISE ENERGÉTICA PARA ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E
ECONÔMICA DE UMA PROPOSTA DE GESTÃO EFICIENTE DE ENERGIA EM UMA
EMPRESA DO DISTRITO INDUSTRIAL I

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

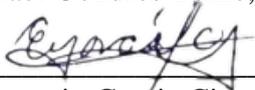
Nota obtida: 10 (- dez pontos -)

Aprovada em 17/03/2023.

Área de concentração: Eficiência Energética

BANCA EXAMINADORA


Orientador: Israel Gondres Torné, Dr.


Avaliador: Edry Antonio García Cisneros, Dr.


Avaliador: Daniel Guzmán Del Río, Dr.

MANAUS
2023

DEDICATÓRIA

À toda minha família, não consigo escolher um, vocês todos tem uma grande parcela nisso, mamãe, papai e irmãs.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe e meu pai que sempre me promoveram todo apoio e ferramentas necessárias para que eu tivesse uma boa educação e estudos, serei eternamente grata por todos sacrifícios e ensinamentos, vocês são a razão de tudo isso.

As minhas irmãs Layssa e Lanessa que deram todo apoio para que a jornada de sua irmã caçula fosse mais fácil que a que elas tiveram que trilhar, sem vocês tudo teria sido muito mais difícil, tenho sorte de ter três mães, a vocês todo meu respeito e admiração.

Aos meus grandes amigos de faculdade Vitor Valério e Gustavo Sarkis que tornaram a trajetória acadêmica mais leve e um pouco menos cansativa, foram cinco anos de companheirismo e apoio, por todos os trabalhos e estudos juntos, se completo hoje esta etapa é porque várias vezes vocês me incentivaram a não desistir e confiar.

Ao meu orientador professor Dr. Israel Gondrés, por todo incentivo e aprendizado, sempre agindo como facilitador e nos dando força e compreensão, obrigada por sempre acreditar.

A todos os outros colegas e amigos que de alguma forma contribuíram para que este dia chegasse, meu muito obrigada, tenho todos em meus pensamentos, esta vitória é nossa! Apenas Gratidão.

RESUMO

O trabalho apresenta uma pesquisa acerca da viabilidade de implementação de um sistema de gestão de energia no prédio em uma empresa do ramo gráfico e cartonado no Distrito Industrial I, visando a eliminação de pontos onde há uso excessivo e desnecessário de energia e apresentando medidas para otimizá-la. Primeiramente, será analisado o que é eficiência energética, qual a importância de sua aplicação, como a ISO 50001 está atrelada a ela, como estão divididos os grupos tarifários no Brasil, o impacto da indústria no atual cenário do consumo de energia e como a política do ESG se encaixa neste cenário. Posteriormente, será apresentada a análise das faturas de energia e coleta de dados realizada a partir do levantamento das cargas instaladas no galpão da fábrica, com foco no estudo da qualidade de energia. Por fim, será apresentado a discussão e a conclusão a respeito dos dados levantados propondo melhorias energeticamente eficientes, juntamente com o estudo da viabilidade econômica da implementação de tais medidas através do cálculo do valor presente líquido e o tempo de retorno do valor investido ou *payback*.

Palavras-chave: Eficiência energética, Otimização, NBR ISO 50001.

ABSTRACT

This work presents research on the feasibility of implementing an energy management system in the building in a company in the graphic and cardboard sector in the Industrial District I, aiming at eliminating points where there is excessive and unnecessary use of energy and presenting measures to optimize -there. First, it will be clarified what energy efficiency is, what is the importance of its application, how ISO 50001 is linked to it, how the tariff groups are divided in Brazil, the impact of the industry in the current scenario of energy consumption and how the policy of the ESG is linked to it. Subsequently, the analysis of energy bills and data collection carried out from the survey of loads installed in the factory shed will be presented, focusing on the study of energy quality. Finally, a discussion and conclusion will be presented regarding the data collected proposing energy efficient improvements, together with the study of the economic feasibility of implementing such measures through the calculation of the net present value and the payback time of the invested value.

Keywords: Energy efficiency, optimization, NBR ISO 50001.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ciclo PDCA	20
Figura 2 – Investimento Global em Eficiência Energética.....	22
Figura 3 – OIE, consumo energético e valor adicionado das indústrias no Brasil	25
Figura 4- Classificação do Programa Brasileiro de Etiquetagem.....	26
Figura 5- Selo PROCEL de eficiência energética	27
Figura 6 - Selo CONPET	28
Figura 7 - Lâmpada fluorescente	36
Figura 8 – Aparelho de ar condicionado tipo janela.....	40
Figura 9 - Aparelho de ar-condicionado Split	41
Figura 10 - Aparelho de ar-condicionado Self contained.....	41
Figura 11 - Sistema de refrigeração fan coil.....	42
Figura 12- Triângulo das Potências	44
Figura 13 - COPAG da Amazônia.....	47
Figura 14 – Cabine de Medição – Circuito de barramento.....	48
Figura 15 - Placa do Transformador de 1500 kVA	49
Figura 16 - Transformador de 1500 kVA.....	49
Figura 17 - Demanda Medida e Demanda Contrata	53
Figura 18 - Demanda Medida e Nova Demanda Contratada.....	54
Figura 19 - Distribuição geral de cargas instaladas	57
Figura 20 - Distribuição percentual de lâmpadas LED e Fluorescentes	58
Figura 21 - Quantidade de Lâmpadas instaladas por tipo	58
Figura 22 - Iluminação do Galpão Produção.....	59
Figura 23 - Iluminação do Galpão Produção.....	60
Figura 24- Iluminância por classe de tarefas visuais.....	61
Figura 25 - Iluminância para Indústrias de papéis.....	62
Figura 26 - Campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras.....	63
Figura 27 - Distribuição da quantidade de Condicionadores de ar por Capacidade (BTU/h)..	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Iluminância por classes de tarefas visuais.....	33
Tabela 2 - Consumo e Demanda Medidos pela Concessionária de Energia	50
Tabela 3 - Fatura de Energia.....	51
Tabela 4 - Tarifas de Energia Horo-sazonal azul e verde.....	52
Tabela 5 - Valor Faturado Demanda Antiga Versus Nova Demanda	55
Tabela 6 - Energia Reativa Medida	56
Tabela 7 - Medição de lux Galpão Produção	63
Tabela 8 – Iluminância Calculada Versus Tabelada	64
Tabela 9 - Fluxo de Caixa.....	67
Tabela 10 - Valor Presente Líquido.....	68
Tabela 11 - Viabilidade Econômica Iluminação	68
Tabela 12 - Distribuição de ares-condicionados com etiqueta C	69
Tabela 13 - Fluxo de Caixa Refrigeração	70
Tabela 14 - Valor Presente Líquido Refrigeração	70
Tabela 15 - Viabilidade Econômica Refrigeração.....	71

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACEEE – American Council Of An Energy-Efficient Economy

NBR - Norma Regulamentadora Brasileira

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ISO - International Organization for Standardization

ESG - Environmental, Social and Governance

ONU - Organização das Nações Unidas

PEE - Programa de Eficiência Energética

SGen - Sistema de Gestão de Energia

PDCA - Plan, Do, Check and Act

IEA -

EU ETS - European Union Emissions Trading System

CCL - Climate Change Levy

CCA - Climate Change Agreement

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

ANEEL - Agência Nacional

PROACOOOL - Programa Nacional do Álcool

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem

PEE - Programa de Eficiência Energética

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

CONPET - Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados

PROPEE - Procedimentos do Programa de Eficiência Energética

CVU - Custo Variável Unitário

PLD - Preço Líquido de Diferenças

CMO - Custo Marginal de Operação

PRORET - Procedimentos de Regulação Tarifária

LED - Lighting Emmitted Diodes

IRC - Indicie de Reprodução de Cores

VAV - Volume de Ar Variável

FP - Fator de Potência

VPL - Valor Presente Líquido

TC - Transformador de Potencial

TP - Transformador de Corrente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.2 JUSTIFICATIVA	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 OBJETIVO GERAL	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 ISO 50001 E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	19
2.2 PANORAMA INTERNACIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E AS PRINCIPAIS POLÍTICAS ADOTADAS	20
2.3 PANORAMA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	24
2.3.1 PROGRAMA NACIONAL E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL) – ELETROBRÁS	25
2.3.3 PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DISTRIBUIDORAS (PEE) ..	29
2.3.3.1 PROCEDIMENTOS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PROPEE)	30
2.4 BANDEIRAS TARIFÁRIAS	31
2.5 CLASSES DE CONSUMO DE ENERGIA	31
2.6 MODALIDADES TARIFÁRIAS	32
2.7 ILUMINAÇÃO DE INTERIORES	33
2.8 TIPOS DE LÂMPADAS	34
2.8.1 LÂMPADAS INCANDESCENTES	35
2.8.1.1 INCANDESCENTES HALÓGENAS	35
2.8.2 LÂMPADAS FLUORESCENTES	36
2.8.3 LÂMPADAS A VAPOR DE MERCÚRIO	37
2.8.4 LÂMPADAS DE VAPOR METÁLICAS	37
2.8.5 LÂMPADAS DE VAPOR DE SÓDIO	37
2.8.6 LÂMPADAS DE LUZ MISTA	38
2.8.7 LÂMPADAS LED	38
2.9 CLIMATIZAÇÃO	38
2.9.1 EXPANSÃO DIRETA	39
2.9.2 APENAS ÁGUA	42
2.9.3 AR-ÁGUA	43

2.9.4	APENAS AR	43
2.11	VALOR PRESENTE LÍQUIDO E TEMPO DE RETORNO DE CAPITAL.....	44
3	METODOLOGIA	46
3.1	MODELO DE ESTUDO	46
3.2	PRELIMINAR OU INICIAL DA PESQUISA	46
3.3	COLETA DE DADOS: LEVANTAMENTO DE CARGA E MEDIÇÃO.....	46
3.4	PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO.....	46
4	IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	47
4.1	CARACTERÍSTICAS DO OBJETO DE ESTUDO	47
4.2	ANÁLISE TARIFÁRIA.....	49
4.3	LEVANTAMENTO DE CARGAS	56
4.3.1	LEVANTAMENTO DE CARGAS: ILUMINAÇÃO.....	57
4.3.2	LEVANTAMENTO DE CARGAS: CLIMATIZAÇÃO.....	64
5	VIABILIDADE ECONÔMICA	66
6	CONCLUSÕES.....	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país rico em recursos naturais e apesar de não os explorar tanto, essa confiança na abundância e facilidade destas riquezas se torna um fator negativo, pois diminui a sensibilização e preocupação das pessoas e corporações acerca do uso consciente de tais recursos e aumenta o desperdício, colocando o país na lista dos 25 países que mais consomem energia globalmente segundo um relatório de 2018 da *American Council for an Energy-Efficient Economy* (ACEE). Segundo a ABESCO que fez uma estimativa do potencial de economia de 2008 até 2016, só em 2016 foi deixado de economizar cerca de R\$ 20 bilhões, 47 GWh que representam 10% do consumo inteiro do país. É notável a redução de custos e recursos naturais que o Brasil poderia economizar se adotasse as medidas de eficiência energética como prioridade em setores públicos e industriais, e como seria benéfico não apenas em termos de custos, mas também de infraestrutura e diminuição dos efeitos negativos ao meio ambiente, como a diminuição de emissão de gases que contribuem para o efeito estufa.

As principais fontes de energia hoje ainda são provenientes de usinas hidrelétricas e termoelétricas, que são fontes não-renováveis de energia, com a atual conjuntura de desenvolvimento de países e aumento populacional, a expansão das matrizes energéticas se torna cada vez mais necessária e, conseqüentemente mais gastos e impactos ambientais são gerados. Apesar das usinas hidrelétricas serem consideradas uma das fontes de geração de energia mais limpas do mundo, esses empreendimentos também podem causar significativos impactos ambientais. Sua grande vantagem em relação à maioria das outras opções de geração de eletricidade reside no fato de os impactos estarem mais concentrados na sua implementação do que na fase de operação. A construção de uma usina hidrelétrica pode afetar todo o ambiente em seu entorno, como alteração nos percursos dos rios e alagamentos, perda de vegetação e biodiversidade. No Brasil, várias hidrelétricas ficaram conhecidas pelos impactos ambientais que provocaram. A usina de Balbina, no município de Presidente Figueiredo, no estado do Amazonas, é um dos casos mais ilustrativos (USP).

Diante de tais problemáticas o mundo vem buscando formas inteligentes do uso racional de energia, e assim, foi criada a NBR ISO 50001, a ISO (International Organization for Standardization) é uma federação mundial de organismos nacionais de normalização na qual a ISO 50001 está inserida, ela visa permitir que as organizações estabeleçam os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético, incluindo a eficiência energética, uso e consumo. A implantação desta norma ISO 50001 se destina à redução nas

emissões de gases de efeito estufa e outros impactos ambientais relacionados à energia e os custos/economia que esse sistema de gestão de energia promoverá. Esta Norma é aplicável a todos os tipos e tamanhos de organizações, independentemente de condições geográficas, culturais ou sociais (ABNT, 2018). Em resumo, ela dita diretrizes e métodos para a implementação eficaz de um projeto de gestão de energia ao mesmo tempo que zela o meio ambiente.

Destinando a temática para o cenário da indústria, a prática de preocupação com o meio ambiente e de entregar produtos que são advindos de processos e matérias primas mais sustentáveis, iniciou quando o conceito de ESG (Environmental, Social and Governance) foi criando espaço dentro meio executivo, este termo surgiu a partir de uma carta escrita por um ex-secretário geral da ONU (Organização das Nações Unidas) enviou uma carta aos maiores CEO's da época fazendo uma provocação a estas empresas quanto as suas políticas de relação com colaboradores, sua ética e transparência e as intenções no que diz respeito a preocupação com o ecossistema e gerações futuras, traduzindo ao português, significa Governança Ambiental, Social e Corporativa diz respeito a uma cultura da classe empresarial de boas práticas relacionadas a estes três pilares. Hoje o conceito ultrapassa as barreiras de uma cobrança vinda da ONU, mas também está diretamente ligado ao consumidor, que nos últimos anos vêm se preocupando cada vez mais com o tipo e origem de produto que está adquirindo, se, por exemplo, possui selos de certificações compromissadas com a conservação da natureza. O estudo desenvolvido a seguir é a junção de um olhar técnico e econômico acerca da eficiência energética seguindo as normas, metodologias e diretrizes estabelecidas pela ISO 50001 para implementação eficaz de um projeto de gestão de energia no galpão de uma fábrica do Distrito Industrial I de Manaus.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo a ANEEL, o objetivo do Programa de Eficiência Energética (PEE) é promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica (ANEEL, 2016).

Nas duas últimas décadas, os investimentos no país ficaram bem abaixo do necessário (pelo menos 3% do PIB) para substituir ou reparar a infraestrutura já existente. Só no setor de energia, eles caíram de 2,13% do PIB na década de 1970 para 0,7% em 2016, segundo um relatório recente do Banco Mundial (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2018). Com a aplicação da ISO 50001, é possível implantar sistemas e processos para um melhor desempenho e rendimento energético, diminuindo gastos desnecessários e focando na eficiência dos aparelhos e equipamentos em geral. Além de todos estes fatores, a demanda por energia está cada vez maior, e com isso, a necessidade do aumento das matrizes energéticas, ou seja, mais gastos e impactos. Um sistema mais eficiente que produza muito e seja barato soluciona este tipo de problema de infraestrutura, já que diminui a necessidade de expansão.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um estudo técnico-econômico de gestão de energia em uma fábrica do Distrito Industrial I, através do levantamento de cargas da instalação e análise de faturas de energia, visando a melhoria do desempenho dos sistemas e utilização da energia de uma forma mais sustentável e econômica.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos tem-se a análise de toda carga instalada no galpão e o mapeamento dos principais pontos que geram desperdício e uso ineficiente do sistema de energia, sendo escolhidos entre estes os com mais potenciais de ganho e acessíveis para se fazer uma proposta de melhoria. Outro ponto é a verificação das faturas de energia elétrica da concessionária, será realizado o estudo de todas as cobranças realizadas durante o período de janeiro a dezembro de 2022, onde será conferido se alguns fatores estão classificados corretamente de acordo com a necessidade da instalação, como a modalidade tarifária e se de fato a vigente é a mais adequada e barata dada as características do uso.

Há também a proposta de melhoria para redução de gastos com energia, depois de toda realização de levantamento e análise de dados, será apresentada a proposta com o estudo de viabilidade, estes cálculos advindos de conceitos de economia e gestão são de extrema importância para o trabalho pois examina o quão viável é a implementação do projeto, tendo significativa utilidade em muitos outros estudos ajudando na tomada de decisões quanto a aplicação de investimentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ISO 50001 E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A ISO (*International Organization for Standardization*) fundada em 23 de fevereiro de 1947 com a sede em Genebra na Suíça, é uma federação mundial não-governamental de organismos nacionais de normalização na qual a ISO 50001:2018 está inserida. Nascida da necessidade de padronização dos processos relacionados ao gerenciamento energético, ela foi criada em 2011.

A implantação desta norma se destina à redução nas emissões de gases de efeito estufa e outros impactos ambientais relacionados à energia e os custos/economia que esse sistema de gestão de energia promoverá visando ajudar a direcionar as organizações e corporações a identificarem quais são os processos e sistemas que devem seguir para impulsionar seu desempenho energético de forma contínua, oferecendo técnicas e estratégias que diminuam consumo da energia ou utilizem o sistema de uma forma mais eficaz e bem distribuída, focando também na redução de emissão de gases do efeito estufa através de boas práticas que destaquem os ganhos com sua aplicação (GESTÃO DE ENERGIA, 2017). Esta Norma é aplicável a todos os tipos e tamanhos de organizações, independentemente de condições geográficas, culturais ou sociais (ABNT, 2018). A ISO 50001 é uma família de normas acerca da gestão de energia, abaixo a listagem das 5 normas técnicas complementares à ela:

- ABNT NBR ISO 50002 – Diagnósticos energéticos – Requisitos com orientação para uso;
- ABNT NBR ISO 50003 – Sistemas de gestão de energia – Requisitos para organismos de auditoria e certificação de sistemas de gestão de energia;
- ABNT NBR ISO 50004 – Sistemas de gestão de energia – Guia para implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão de energia;
- ABNT NBR ISO 50006 – Sistema de gestão de energia – Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) – Princípios gerais e orientações;
- ABNT NBR ISO 50015 – Sistemas de gestão de energia – Medição e verificação do desempenho energético das organizações – Princípios gerais e orientações (GESTÃO DE ENERGIA, 2017).

A base de um sistema da gestão de energia (SGEn) que segue os padrões da ABNT NBR ISO 50001 é o ciclo PDCA- *Plan, Do, Check, Act*, ele divide de uma forma organizada e clara as etapas necessárias para realizar a análise e implementação do SGEn, fornecendo uma estrutura em 4 etapas a aplicação do projeto, facilitando o gerenciamento e desenvolvimento assertivo de todas as atividades que precisam ser realizadas.

Figura 1- Ciclo PDCA



Fonte: Guia para aplicação da norma NBR ISO 50001- Gestão de energia

A última revisão foi realizada em 2018, a norma também consegue facilmente se integrar a outros sistemas de gestão como o de qualidade (ISO 9001) e ambiental (ISO 14001) muito utilizados em indústrias e corporações, já que utiliza muitos parâmetros já existentes e comuns entre elas, tornando mais prática sua implementação.

2.2 PANORAMA INTERNACIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E AS PRINCIPAIS POLÍTICAS ADOTADAS

Em 1970 ocorreu a primeira crise do petróleo conhecida como “choque do petróleo”, dadas as consequências e efeitos em cadeia gerados, a eficiência energética tornou-se uma preocupação global, grandes corporações e países começaram a buscar alternativas de energia limpa e principalmente renovável com o intuito de não ficarem reféns a energia proveniente do petróleo e seus derivados. Na década seguinte a pauta na conferência do Protocolo de Kyoto foram os impactos ambientais das emissões de gases e poluentes causadas pela queima de

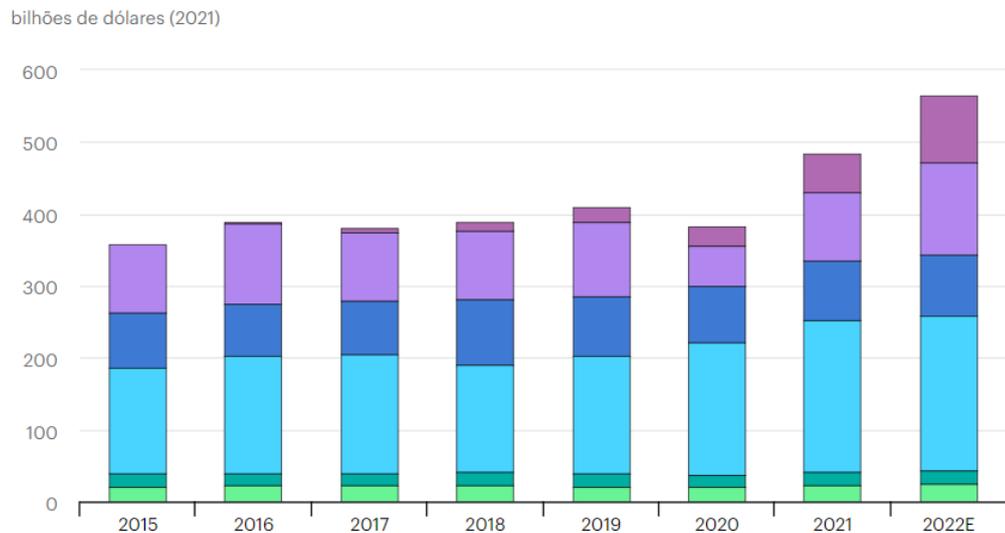
combustíveis fósseis (HADDAD, 2012), por este motivo se tornou mandatório meios que impulsionassem a busca por eficiência energética.

Todo ano desde 2018 a *American Council of na Energy-Efficient Economy* (ACEEE), uma organização fundada em 1980 para promover o gerenciamento de energia através de análises de contextos políticos e aconselhamentos, lança um relatório chamado Cartão de Pontuação Internacional de Eficiência Energética que avalia os 25 países que mais consomem energia no planeta, avaliando vários cenários que envolvem o tema como, indústria, transporte, construções e emissões de gases do efeito estufa, a pontuação geral varia de 0 a 100 de acordo com as políticas adotadas e resultados obtidos com suas aplicações, no ano de 2022 a França ficou em primeiro lugar atingindo 74,5 pontos no ranking (ACEEE, 2022).

Após a pandemia do Covid-19 e início da guerra na Ucrânia com a Rússia que geraram grandes efeitos globais em cadeia, o impacto inflacionário energético na economia mundial se tornou uma grande preocupação, nesse contexto mais uma vez o foco na eficiência energética se demonstra ainda mais necessário, sendo a melhor ação a se seguir para atender a todas necessidades de acesso e ainda reduzir custos, a perspectiva era que o progresso e políticas que incentivassem o bom gerenciamento do consumo ganhassem forças em 2022 fazendo a eficiência energética crescer cerca de 2% (IEA, 2022).

Os governos ao redor do mundo se reuniram para atingir cerca de US\$ 1 trilhão voltados para eficiência energética, incluindo políticas voltados ao incentivo, melhorias no transporte público mais eficiente e limpo, infraestrutura e veículos elétricos, esse total foi dividido para ser utilizado entre 2020 e 2023, equivalente a cerca de US\$ 250 bilhões por ano. De acordo com a resposta dos consumidores que cada vez mais estão investindo em opções como carros elétricos que possuem baixo consumo de combustível, a estimativa é que esse valor investido aumente mais 50% chegando a quase US\$ 840 Bilhões por ano entre 2026 e 2030. Há outros investimentos em outras áreas relacionadas a eficiência energética como em edifícios que teve uma queda de 2% em 2022 em comparação a 12% de 2021 devido a desaceleração de construções devido ao aumento dos custos de materiais e mão de obra, abaixo um gráfico demonstrando o investimento global em eficiência energética por cenário (IEA, 2022):

Figura 2 – Investimento Global em Eficiência Energética



Fonte: IEA – Eficiência Energética 2022, 2022

Europa: Com o intuito de contornar a escassez de recursos energéticos e, ao mesmo tempo explorar o surgimento de novas tecnologias através do estímulo de competitividade entre as indústrias, foi criado em 2012 a Diretiva Europeia de Eficiência Energética, que estipula metas a serem alcançadas neste tema. Em 2016 a Comissão Europeia lançou o plano chamado “Energia Limpa para todos da Europa”, para atualizar os processos e diretrizes criados anteriormente em 2012, sendo a eficiência energética o principal atuante como meio para atingir seu objetivo, sendo estipulado a meta de redução em 30% do consumo de energia até 2030.

Outro importante comitê da Europa é o Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS) fundado em 2005, neste programa limites de emissão de gases do efeito estufa, uma das premissas da ISO 50001, são impostos a empresas da União Europeia, é possível comprar e vender emissões de gases, sendo estes chamados de créditos de carbono. O sistema cobre mais de 11000 instituições o que leva a 45% das emissões de gases do efeito estufa da Europa regulamentadas e controladas por este sistema, representando 75% do comércio internacional de carbono. (SCHUTZE, 2017).

Alemanha: a Alemanha é o destaque em se tratando de eficiência energética, possui um plano chamado *Energiewende* que une eficiência energética em conjunto do uso de fonte de energias renováveis. Assim como na união Europeia, ela também possui este programa exclusivamente voltado ao tema fundado em 2014, o “Plano Nacional de Ação em Eficiência Energética” criado pelo governo como forma de incentivo e encorajamento a adoção destas

medidas, instigando a inovação e desenvolvimento de novas tecnologias que movimentem o mercado a partir do investimento em eficiência.

Itália: Neste país se destaca a política criada em 2004 chamada Certificados Brancos ou Certificados de Eficiência Energética, o funcionamento se a partir da obrigatoriedade de todas as empresas distribuidoras de gás natural a partir de 50.000 consumidores a atingirem metas estipuladas. A quantidade de certificados pode ser obtida de acordo com a quantidade reduzida de consumo, por se tornarem certificados comercializáveis – assim como os créditos de carbono – se criou o Mercado de Certificados Brancos, onde é possível comprar o certificado de outra empresa caso não tenha alcançado o valor de sua meta.

Austrália: O país possui a meta de reduzir de 26% a 28% até 2030 as emissões de gases do efeito estufa em relação aos níveis de 2005 e aumentar em 40% a sua produtividade energética (ACEEE, 2022). Como medidas internas ela criou o programa de Rotulagem de Eficiência Hídrica afim de conservar suas fontes de recursos naturais.

Reino Unido: O *Climate Change Levy* (CCL) é uma das principais políticas do Reino Unido voltadas ao gerenciamento de energia, é um imposto cobrado para consumidores não residenciais acerca da utilização de fontes de energia de combustíveis fósseis, a intenção é que com o alto custo desta comercialização as indústrias e empresas busquem alternativas de energias mais limpas e renováveis além de medidas para reduzir o consumo. Em complemento ao CCL foi criado o *Climate Change Agreement* (CCA) que permite reduzir o valor cobrado do CCL contanto que as empresas que fazem parte atinjam metas estipuladas de eficiência e redução de emissões de carbono.

China: Na China também foram adotadas medidas de tarifações mais altas para as indústrias, de forma que foram divididas em 4 grupos de acordo com seus níveis de eficiência, as tarifas foram distribuídas de forma crescente, sendo os integrantes dos últimos grupos os que pagavam valores mais altos a fim de estimular estas unidades menos eficientes a adotarem medidas para melhorar seu quadro.

Estados Unidos: As políticas energéticas dos estados unidos variam de acordo com o governo vigente, os Democratas possuem um pensamento mais sustentável, admitindo que mudanças climáticas são ameaças e devem receber atenção, os Republicanos, por outro lado não assumem que tais eventos são de fato importantes portanto não recaem na economia do país. O país é adepto do Acordo de Paris, que tem como intuito a redução de gases do efeito estufa, mas de acordo com o *Scorecard* anual lançado pela ACEEE (2022) ele não possui

grandes políticas internas voltadas a este tema como outras grandes potências econômicas mostradas anteriormente, também não possui nenhum incentivo a implementação da ISO 50001, em contrapartida possui grandes investimentos em P&D de fabricação, tendo impacto na indústria com o desenvolvimento de motores com altos padrões de eficiência.

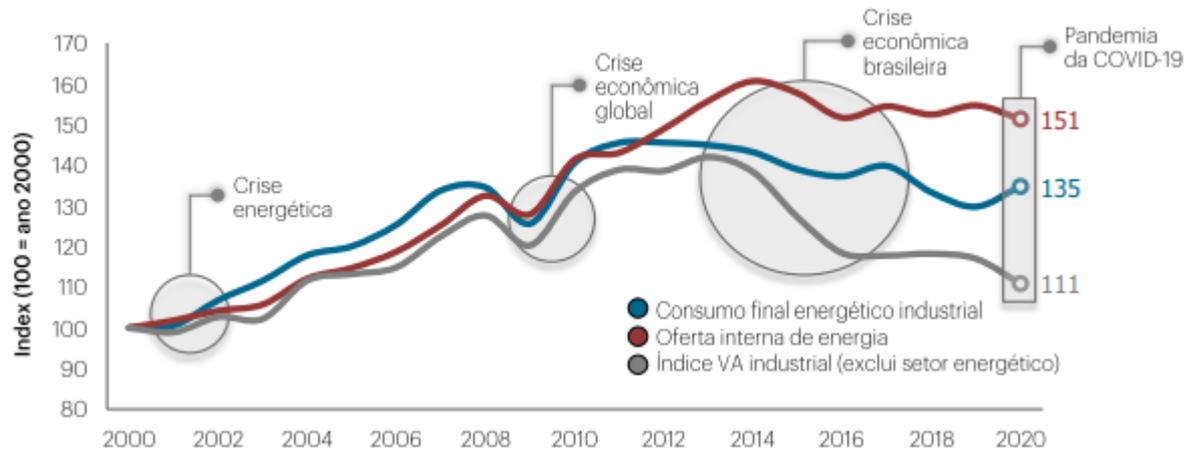
2.3 PANORAMA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

A lei nº 9.427 de 26 de dezembro de 1996 criou a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, com o objetivo de criar as bases legislativas do setor elétrico brasileiro, com a evolução do cenário econômico e após a crise do petróleo, o Brasil investiu em usinas térmicas como alternativa da dependência as fontes de combustíveis fósseis, criou programa como o Programa Nacional do Alcool – PROACOL e continuou explorando mais as hidrelétricas.

Segundo o Atlas da Eficiência Energética do Brasil (2021), entre os anos de 2013 a 2018 o Brasil investiu mais de R\$1 bilhão em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (P&D) em projetos voltados ao aprimoramento da eficiência energética, metade do valor investido foi advindo do BNDES.

Em se tratando de indústria – objeto de estudo deste trabalho – o Atlas de Eficiência Energética do Brasil nos mostra a evolução do consumo e crescimento deste setor, além do quanto eventos globais marcantes como a pandemia da COVID-19 afetou a sua atividade visto todas as medidas de restrições de mobilidade adotadas causando ociosidade e redução na operação. O *home office* criou força e surgiu como alternativa para que os funcionários, principalmente de setores administrativos, pudessem continuar trabalhando sem a necessidade de irem as fábricas, outro ponto de influência para redução de partes no consumo. Abaixo um gráfico ilustrando o consumo energético e o valor adicionado das indústrias no Brasil:

Figura 3 – OIE, consumo energético e valor adicionado das indústrias no Brasil



Fonte: EPE, 2021

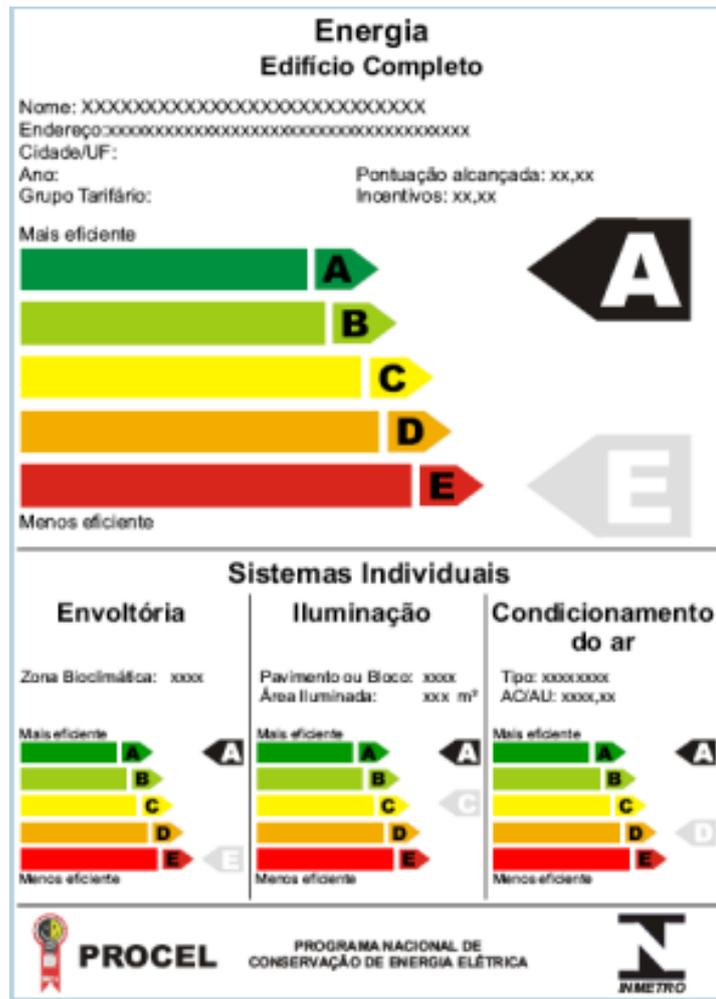
Em 1984, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) levantou o questionamento sobre a necessidade de programas voltados a qualidade de energia dos equipamentos, para contribuir com o incentivo e transparência com os consumidores em relação ao consumo consciente e racional da energia. Diante desta necessidade o Inmetro criou o que ganhou a alcunha de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em 1984. O programa tem por objetivo sinalizar aos consumidores quais equipamentos possuem uma melhor performance com menos consumo, reduzindo desperdícios e promovendo grandes economias na fatura de energia que, a longo prazo, podem equivaler ao preço do próprio aparelho. A partir da lei criada em 17 de outubro de 2001 o Inmetro, que antes de forma voluntária promovia programas de etiquetagem, se tornou oficialmente responsável por esta fiscalização. Várias outras iniciativas voltadas ao tema de eficiência também foram incorporadas como o “Programa de Eficiência Energética” (PEE) e o seu manual “Procedimentos do Programa de Eficiência Energética” todos regulados pela ANEEL.

2.3.1 PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL) – ELETROBRÁS

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) foi criado em 1985 para promover o uso eficiente da energia, é coordenado pelo Ministério de Minas Energia e executado pela Eletrobrás. O selo PROCEL surgiu em 1993, ele sinaliza e orienta na hora de uma aquisição quais são os produtos com os melhores desempenhos, aparelhos que possuem etiqueta A recebem este selo.

Para se obter os dados necessários a se levar como base para a classificação, pesquisas e ensaios em laboratórios foram realizados pelo Inmetro em equipamentos para então categorizar os que possuem maior e menor eficiência energética, de forma que a etiqueta A indica o melhor índice de eficiência de sua categoria e a etiqueta E, o pior.

Figura 4- Classificação do Programa Brasileiro de Etiquetagem



Fonte: PROCEL, 2019.

Figura 5- Selo PROCEL de eficiência energética



Fonte: PROCEL, 2019

Segundo a pesquisa da Eletrobrás de 2022 sobre os resultados da aplicação do selo PROCEL, usando como base de dados o ano de 2021, estima-se que ele promoveu uma economia de energia em cerca de 22,73 bilhões de kWh, o equivalente a energia gerada em um ano por uma hidrelétrica com 5.451 MW de capacidade. Em paralelo a esta considerável redução no consumo causada pelo simples ato de levar informação de fácil acesso e clareza ao consumidor, também foi possível evitar que 2,87 milhões de toneladas de CO₂ fossem liberadas na atmosfera, atualmente as projeções apontam que até 2025 no Brasil, 75% da sua matriz energética será de fontes de energia renováveis como hidrelétrica, eólica e solar, fazendo o processo de descarbonização ser o alvo de discussões, sendo a principal preocupação reduzir as emissões de gases do efeito estufa como o gás carbônico (CO₂) mencionado (SAE BRASI, 2022).

Dentro do PROCEL existem outros subprogramas:

- Procel GEM - Gestão Energética Municipal
- Procel Sanear - Eficiência Energética no Saneamento Ambiental
- Procel Educação - Informação e Cidadania
- Procel Indústria - Eficiência Energética Industrial

- Procel Edifica - Eficiência Energética em Edificações
- Procel EPP - Eficiência Energética nos Prédios Públicos 11
- Procel Reluz - Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica
- Selo Procel - Eficiência Energética em Equipamentos
- Procel Info - Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (NASCIMENTO, 2015).

2.3.2 PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE PETRÓLEO E DERIVADOS (CONPET)

Pouco antes do selo Procel ser criado em 1993, o CONPET foi criado por decreto presidencial em 18 de julho de 1991, ele seria voltado para setores industriais com foco sem sustentabilidade para melhorar o engajamento deste setor em racionalizar o uso de derivados de petróleo e gás natural e estimular a competitividade, e nos casos de consumidores residenciais, atuaria como selo de eficiência, semelhante a funcionalidade do selo Procel, para produtos com a diferença que só recebem esta etiqueta os equipamentos que utilizam energia derivada de petróleo e gás, como fogão e aquecedores a gás, que atingem a escala máxima de eficiência energética de acordo com a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia do Programa Brasileiro de Etiquetagem.

Figura 6 - Selo CONPET



Fonte: Petrobrás, 2016

Este programa também é coordenado pelo Ministério de Minas Energia e executado pela Petrobrás, como sua funcionalidade é voltada para sintetização de combustíveis fósseis, conseqüentemente também é voltado para redução da emissão de gases poluentes do efeito estufa, outra priorização do programa é a conscientização dos consumidores sobre os benefícios de se usufruir da energia de forma consciente e sustentável, conservando o meio ambiente e melhorando nossa qualidade de vida.

Todos estes programas são formas de incentivar não só os consumidores a um pensamento mais maduro e analítico acerca dos equipamentos que consomem energia e adquirem para suas residências, mas também para estimular os fabricantes a comercializarem produtos cada vez mais otimizados.

O CONPET tem uma importância diferenciada no setor de transportes, visto que este é responsável por maior parte do consumo de derivados do petróleo. Seu principal objetivo é aumentar a eficiência do uso de óleo diesel e, conseqüentemente, redução na emissão de gases. A Petrobras faz a medição do nível de opacidade da fumaça emitida pelo escapamento dos veículos a diesel, de acordo com este teste é possível dizer se o veículo está dentro dos padrões ou precisa de algum ajuste ou manutenção para reduzir a emissão. Segundo a Consultoria Legislativa no estudo de Política de eficiência energética no Brasil (2015), é possível economizar pelo menos 5% de combustível apenas realizando pequenos ajustes.

2.3.3 PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DISTRIBUIDORAS (PEE)

Criado oficialmente em 24 de julho de 2000 pela Lei nº 9.991, sua principal contribuição foi estabelecer que as concessionárias destinassem 1% de sua receita líquida para projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e programas de eficiência energética. O Programa de Eficiência Energética de Distribuidoras é a principal fonte de investimentos em eficiência energética no Brasil, com cerca de R\$ 500 milhões por ano (NASCIMENTO, 2015).

Desde 1998 a ANEEL passou a regulamentar o programa, como forma de expandi-lo e melhorar ainda mais os resultados, além de fazer a manutenção do mesmo de acordo com a evolução e mudanças realizadas na tecnologia, de forma que as regulamentações e processos fossem sempre atualizados e acompanhassem tais alterações de cenário.

Existe um manual chamado Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, este regulamento para o PEE que se recomenda em aplicações e elaborações de projetos de eficiência.

2.3.3.1 PROCEDIMENTOS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PROPEE)

O PROPEE determina os parâmetros e procedimentos que devem ser seguidos pelas distribuidoras para a implementação de um projeto de eficiência energética regulado pela ANEEL. Contém desde o escopo ao estudo de viabilidade do projeto, é dividido em 10 módulos que se encontram listados e resumidos abaixo:

- Módulo 1: Introdução – Apresenta os objetivos, aspectos gerais do PEE e termos usados
- Módulo 2: Gestão do Programa – Apresenta o modo de operação para gerenciamento das ações
- Módulo 3: Seleção e Implantação de Projetos – orienta quando a seleção dos projetos a serem executados e como os contratos de desempenho energético podem ser fechados com o apoio do PEE.
- Módulo 4: Tipologias de Projeto – Apresenta todas as diretrizes e dados do projeto para as ações a serem tomadas.
- Módulo 5: Projetos Especiais – Sessão exclusiva para definição de projetos com grande relevância, impacto ou inovações.
- Módulo 6: Projetos com Geração de Energia Elétrica – apresenta os dados requeridos pela ANEEL que irão compor a geração, os requisitos, medições e critérios para aprovação da agência.
- Módulo 7: Cálculo de viabilidade – Contém as regras e o método de avaliação para o cálculo da viabilidade.
- Módulo 8: Medição e Verificação dos Resultados – Apresenta as diretrizes e o protocolo de medição e verificação em projetos do PEE.
- Módulo 9: Avaliação dos Projetos e Programa – Mostra os critérios que serão avaliados e submetidos para avaliação.
- Módulo 10: Controle e Fiscalização – Apresenta as diretrizes para contabilização dos recursos a serem disponibilizados. (ANEEL, 2022).

2.4 BANDEIRAS TARIFÁRIAS

As bandeiras tarifárias foram criadas em 1 de janeiro de 2015, são divididas em vermelha, amarela e verde. No Brasil, existe o SIN (Sistema Interligado Nacional), é um sistema de controle e coordenação que engloba grandes usinas sendo elas estatais e privadas em uma malha de geração e transmissão de energia elétrica. O sistema abrange todas os estados do país e apenas Roraima não o compõe, grande parte dele é composto por usinas hidrelétricas e após elas as térmicas, as tarifas dependem diretamente do tipo de fonte e o custo total necessário para gerar a energia demandada, conhecido como Custo Variável Unitário (CVU) e do Preço Líquido de Diferenças (PLD) originado do Custo Marginal de Operação (CMO), estes cálculos são feitos a partir de softwares que monitoram os recursos hídricos presentes e futuros, e a partir destes dados efetuam o despacho das usinas. As bandeiras são responsáveis por sinalizar as oscilações que ocorrem no mercado da energia, como mencionado, as hidrelétricas são a maioria e também a fonte com maior capacidade de geração de uma forma barata, em períodos chuvosos e conseqüentemente de grande produção, é acionada a bandeira verde, em períodos secos e com mais escassez é necessário o acionamento de usinas complementares para atender a demanda acionando bandeiras amarela ou vermelha.

Abaixo a definição das bandeiras:

- **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\$ 2,989 para cada 100 quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- **Bandeira vermelha - Patamar 1:** condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 6,50 para cada 100 quilowatt-hora kWh consumido.
- **Bandeira vermelha - Patamar 2:** condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 9,795 para cada 100 quilowatt-hora kWh consumido (ANEEL,2022).

2.5 CLASSES DE CONSUMO DE ENERGIA

Atualmente existem dois grupos de consumo de energia, o grupo A e o grupo B. Esses grupos são divididos em subgrupos, sendo que no grupo A essa divisão ocorre por tensão da energia fornecida e para o grupo B a divisão se dá com base no tipo de consumidor. Abaixo é demonstrada essa divisão.

Grupo A: tensões igual ou superior a 2,3kV:

- Subgrupo A1- tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- Subgrupo A2- tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- Subgrupo A3- tensão de fornecimento de 69 kV;
- Subgrupo A3a- tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- Subgrupo A4- tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- Subgrupo AS- tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição. (ANEEL, 2010)

Grupo B: tensões abaixo 2,3kV:

- Subgrupo B1- Residencial;
- Subgrupo B2- Rural;
- Subgrupo B3- Demais classes;
- Subgrupo B4- Iluminação pública. (ANEEL, 2010)

2.6 MODALIDADES TARIFÁRIAS

As modalidades tarifárias podem ser definidas como o conjunto de multiplicadores ou tarifas da demanda (kW) e consumo (kWh) segundo as opções de contratação definidas na REN nº 414/2010 e no Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária - PRORET (ANEEL, 2020) e são divididas de acordo com as classes de consumo citadas no tópico anterior. Para compreendê-las é importante estar a par dos conceitos e diferenças entre horário de ponta e fora ponta. O horário de ponta também conhecido como horário de pico, é o período do dia em que há o maior registro de energia demandada para as concessionárias, este é definido das 18h às 21h, exceto nos finais de semana e feriados. O horário fora ponta refere-se ao restante do dia.

Para o grupo A existem dois tipos de modalidades tarifárias: a horo-sazonal azul e a verde que estão explanadas abaixo.

- Modalidade Horo-sazonal Azul: disponível para todos os subgrupos do grupo A e obrigatório para os subgrupos A1, A2 e A3, possui tarifas diferentes para demanda e consumo nos horários de ponta e fora ponta.

- Modalidade Horo-sazonal Verde: disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS, assim como na azul possui tarifas diferentes para o consumo na ponta e fora ponta, porém, a mesma tarifa para a demanda medida ou contratada independente do horário.
- Convencional monômnia: disponível para todo grupo B, caracterizada pelas tarifas únicas independentes do horário e quantidade de consumo.
- Horária branca: não disponível para o subgrupo B4 e subclasse baixa- renda do subgrupo B1, as tarifas são diferentes para os horários de ponta e fora ponta. (ANEEL, 2022)

2.7 ILUMINAÇÃO DE INTERIORES

O conceito de iluminância é um ponto importante para projetos de instalações e de gestão de energia pois diz respeito a quantidade de luz necessária para realizar atividades com conforto e ainda assim com economia e eficiência. Com ela podemos mensurar se o ambiente atinge a intensidade luminosa exigida para realizar a atividade em questão, esta quantidade específica de lux é definida de acordo com a ABNT NBR 5413 sobre iluminância de interiores.

O luxímetro, também chamado de fotômetro é um aparelho que absorve e calcula a iluminância de um local. Com ele é possível realizar medições da quantidade de luz que é refletida em determinada superfície em certa direção e distância. A unidade de medida no SI (Sistema Internacional de Unidades) para iluminância é o lux (lx), que é definido como a quantidade de lúmen incidente por metro quadrado. Sendo o lúmen (lm) a unidade de medida usada para determinar a emissão total de luz visível de uma fonte de luz.

Tabela 1- Iluminância por classes de tarefas visuais.

CLASSE	ILUMINÂNCIA (LUX)	TIPO DE ATIVIDADE
A- Iluminação geral para áreas usadas intermitentemente ou tarefas visuais simples	20- 30- 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50- 75- 100	Orientação simples para permanência curta.
	100- 150- 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos.
	200- 300- 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
B- Iluminação geral para área de trabalho	500- 750- 1000	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, escritórios.
C- Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	1000- 1500- 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
	2000- 3000- 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.

	5000- 7500- 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	10000- 15000- 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

Fonte: ABNT NBR 5413

Outro fator importante acerca da iluminação de interiores é o IRC, índice de reprodução de cores, a luz natural é utilizada como referência, portanto seu valor é considerado 100. O IRC diz respeito à opacidade das cores, de forma que quanto maior o IRC mais intensas e fiéis serão as cores refletidas. É importante ter em mente então, que estes dois princípios devem ser levados em questão em conjunto, de forma que uma lâmpada pode possuir uma alta iluminância, porém baixo IRC e resultar em um ambiente claro, porém com o aspecto azulado ou amarelado. Dessa forma, os tipos de lâmpadas são fatores importantes e decisivos para projetar um ambiente com a luminosidade adequada, atualmente as lâmpadas LED são as mais utilizadas por além de portarem de um maior rendimento, dispõem de um IRC geralmente acima de 80 e altos níveis de iluminância variando de acordo com a potência.

2.8 TIPOS DE LÂMPADAS

Existem vários tipos de tecnologias diferentes presentes hoje no mercado como opção para se usar na iluminação de interiores, a seguir serão apresentadas as principais utilizadas, algumas já se tornaram obsoletas e atualmente são encontradas apenas em instalações antigas, outras possuem alto grau de eficiência, sendo mais potentes e ao mesmo tempo mais econômicas, tornando-se hoje as mais comumente vistas, recomendadas e escolhidas por projetistas.

As lâmpadas são diferenciadas pelo seu rendimento e eficiência luminosa, expresso em Lumens por Watt (lm/W), é a quantidade de luz emitida pela quantidade de energia elétrica absorvida (GAIA, 2004). Há 3 tipos de lâmpadas que funcionam analogamente a um fenômeno natural:

- Incandescentes: imitam a luz dos raios solares;
- Lâmpadas de descarga (Fluorescentes, de mercúrio, de sódio e multivapores metálicos): imitam a descarga elétrica de um relâmpago;
- Lâmpadas LED: imitam vagalumes;

Cada uma dessas possui um tempo de vida útil que é determinado através de testes de laboratório. (JÚNIOR, 2006).

2.8.1 LAMPADAS INCANDESCENTES

As incandescentes eram o tipo mais utilizadas no mundo até pouco tempo atrás, criadas por Thomas Edison em 1879, possuía muitas aplicações, como em residências, pontos comerciais, lojas de vestuário, açougues, salões de beleza, escritórios e fábricas, com as vantagens de baixo custo e a boa reprodução de cores (CERVELIN, 2008), porém, com o surgimento de novas tecnologias e o surgimento de campanhas sobre utilização de equipamentos de maior eficiência elas perderam o favoritismo, já que possuem o tempo de vida útil baixo além da baixa eficiência também. São compostas por um filamento de tungstênio alojado dentro de um bulbo de vidro com gás inerte, quando a corrente elétrica passa pelo filamento ela o aquece podendo atingir até 3000°C emitindo o brilho que então enxergamos (JÚNIOR, 2006). De toda energia que consome cerca de 5% a 10% é transformada em energia luminosa e o restante em calor.



Fonte: Instalações Elétricas Prediais Teoria e Prática, 2008

2.8.1.1 INCADESCENTES HALÓGENAS

Possuem funcionamento semelhante as incandescentes convencionais, porém é considerada uma evolução desta já que oferece mais luminosidade por menos potência, ela utiliza o gás halógeno no interior do bulbo de vidro, quando aquecido ele se combina com as partículas do tungstênio que se evaporam no filamento e depois voltam a depositá-las, gerando

assim o ciclo regenerativo halógeno (CERVELIM, 2008), o diferencial é que isto traz uma estabilidade ao fluxo luminoso e aumento da vida útil, seu IRC (Indicador de Reprodução de Cor) é 100, já que possuem uma luz mais branca e brilhante, facilitando enxergar as cores e objetos de uma forma mais nítida.

2.8.2 LÂMPADAS FLUORESCENTES

Inventada em 1928 pela General Electric, empresa também de Thomas Edison, diferente das incandescentes que utilizam o filamento de tungstênio, as fluorescentes emitem luz a partir da descarga de vapor de mercúrio em baixa pressão, pois fluorescentes são ativados pela radiação ultravioleta da descarga transformando-a em luz visível, quando o filamento é aquecido os elétrons começam a se movimentar e então emitem este raio ultravioleta.

Por funcionarem através da descarga elétrica de gases, estas lâmpadas necessitam de reatores para fazerem a função de manter certos valores e condições elétricas padrões, sem eles as lâmpadas poderiam ter seu funcionamento comprometido, eles por exemplo, produzem o impulso de alta tensão para a partida estabilizada da lâmpada. Existem dois tipos de reatores, os magnéticos compostos por bobinas de fio de cobre e os eletrônicos por circuitos de alta frequência.

Este tipo de lâmpada tem eficiência luminosa muito superior as incandescentes, enquanto uma lâmpada incandescente de 60W possui eficiência de 14 lm/W uma fluorescente de 60W pode possuir 80 lm/W. Outro fator muito importante a se destacar é a vida útil que pode chegar a ser 8 vezes mais duradoura que as incandescentes (CERVELIN, 2008).

Figura 7 - Lâmpada fluorescente



Fonte: OSRAM, 2023

2.8.3 LÂMPADAS A VAPOR DE MERCÚRIO

Durante muitos anos as lâmpadas de descarga de alta pressão utilizavam exclusivamente o mercúrio como fonte da descarga, o rendimento luminoso varia entre 36 lm/W a 60 lm/W

Também possuem bulbo de vidro, porém, em seu interior possuem um tubo de quartzo para descarga que é capaz de suportar altas temperaturas, os elementos argônio e mercúrio é quem são vaporizados a alta pressão e produzem a luz. Em temperaturas normais do ambiente o mercúrio é encontrado no estado líquido, por isto a presença do argônio, devido sua fácil vaporização ele é introduzido para facilitar o arranque do eletrodo (UNICAMP, 2019). Possui uma vida útil de aproximadamente 15.000 horas (Eletrobras/PROCEL, 2006). A lâmpada de vapor de mercúrio emite luz branco-azulada, os comprimentos de onda visíveis emitidos são do espectro amarelo, verde e azul, não contando com a radiação vermelha.

O IRC que é medido de 0 a 100 se mantém entre 40 a 57, sendo um valor baixo quando comparado as fluorescentes, por exemplo. A vantagem das lâmpadas a vapor de mercúrio é sua vida útil, variando em média entre 11.000 e 12.000 horas, além do fácil acesso devido ao seu baixo custo.

2.8.4 LÂMPADAS DE VAPOR METÁLICAS

Estas surgiram como uma evolução da tecnologia, sendo parecidas com as de vapor mercúrio, porém, possuem um índice de restituição de cores superior e melhor eficiência. A diferença é que nesta evolução das lâmpadas de vapores de mercúrio foram adicionados uma mistura de metais no tubo de descarga da lâmpada, esta mistura consegue melhorar significativamente a emissão de cores por conta do fluxo luminoso superior, como mencionado, os vapores metálicos possuem uma ótima reprodução de cores, iluminando o ambiente com qualidade e nitidez, elas possuem temperatura de cor de 4000K, elevada eficiência luminosa e longa vida útil.

2.8.5 LÂMPADAS DE VAPOR DE SÓDIO

Possuem construção semelhante as fluorescentes e neste caso utilizam o vapor de sódio e não de mercúrio, exigem uma tensão de arranque elevada e um certo tempo até atingirem seu rendimento máximo, um ponto inclusive de diferença entre elas e as fluorescentes, por possuírem um rendimento luminoso de destaque, e quando falamos em rendimento é a

quantidade de lumens por watt emitida, as lâmpadas de vapor de sódio não precisam possuir grandes dimensionais se tornando menores que as fluorescentes.

2.8.6 LÂMPADAS DE LUZ MISTA

São iguais as lâmpadas vapor de mercúrio de alta pressão, mas possuem o filamento de tungstênio das lâmpadas incandescentes incorporado na ampola e em serie ao tubo de descarga. Para se obter uma duração de vida boa, é necessário que a temperatura do filamento de funcionamento seja baixa, o que por consequência reduz o seu rendimento, como dito anteriormente a lâmpadas de vapor de mercúrio podem chegar até a 60 lm/W, mas por conta destas condições mencionadas a mista alcança no máximo 26 lm/W.

2.8.7 LÂMPADAS LED

A sigla LED significa Lighting Emmitted Diodes, em português, Diodos Emissores de Luz, o funcionamento é relativamente simples, não possui nenhum filamento metálico ou utiliza gases, eles possuem dois semicondutores chamados cátodo e ânodo que quando são polarizados por uma corrente elétrica emitem luz. Este dispositivo eletrônico transforma energia elétrica em radiação no espectro visível e infravermelho também, necessitam de corrente DC e por isso possuem fonte limitadoras de corrente, em termos comparativos, para emitir a mesma quantidade de luz que uma incandescente de 60W e uma fluorescente de 15W, uma LED precisa de apenas 8W, provando sua redução de custo nas faturas de energia, além disso também possui uma longa vida útil se tornando destaque dentre todas as opções (ENERGIA LIMPA, 2009).

2.9 CLIMATIZAÇÃO

A norma da ABNT NBR 6401 (1980) diz que o conceito de condicionamento de ar, independente da finalidade e utilidade que esteja sendo aplicada, significa a limitação de valores pré-estabelecidos das seguintes grandezas representativas de condições dos ambientes no espaço de tempo em que se aplica o processo: temperatura do ar termômetro de bulbo seco, umidade relativa do ar, movimentação do ar, grau de pureza do ar, nível de ruído admissível e porcentagem ou volume de renovação do ar.

Os diversos tipos de sistema de refrigeração existentes são divididos de acordo com os fluidos utilizados para a remoção de carga térmica, sendo eles:

- Expansão direta;

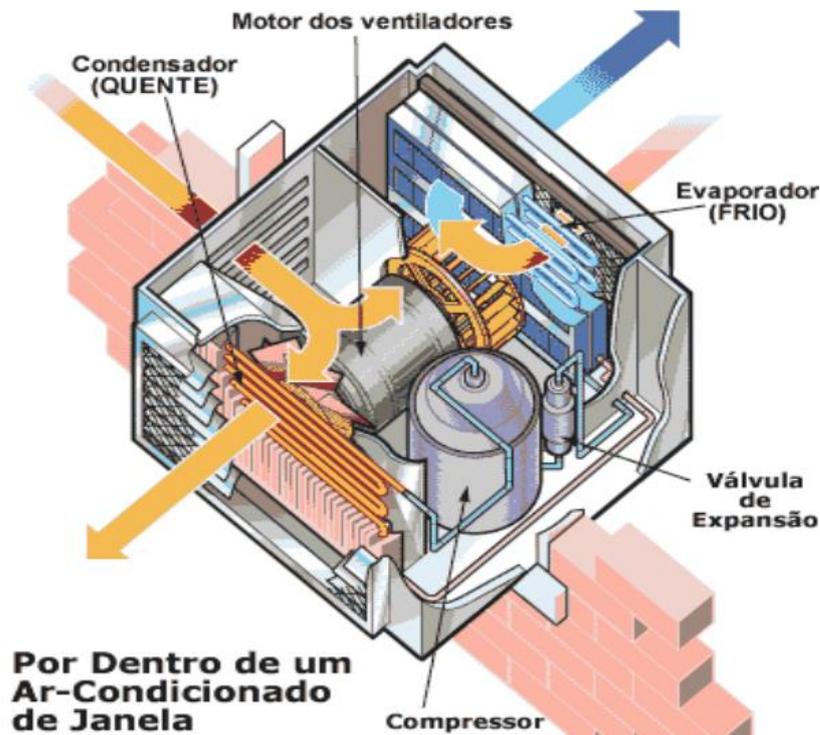
- Apenas água;
- Ar-água;
- Tudo ar;

2.9.1 EXPANSÃO DIRETA

Recomendado para médias e pequenas instalações como as residenciais, escritórios e pontos comerciais, na expansão direta o ar é esfriado pelo fluido refrigerante “*freon*”. Das aplicações são utilizados os aparelhos de janela, os “*splits*” e os “*self contained*”. Para grandes instalações como na indústria e galpões o sistema de expansão direta aplicado é o “*chiller*” com compressores do tipo centrífugas ou parafuso.

- **Janela:** São chamados desta forma pois sua traseira precisa ficar para o lado de fora do cômodo em que está alocado, e para isto, precisa-se de um buraco na parede para encaixá-lo, desta forma ele absorve o ar externo e o fluido refrigerante o resfria. O gás refrigerante na verdade é inicialmente encontrado no estado líquido, ao entrar em contato com o calor do ar externo absorvido se transforma em gás, esse gás passa por mudanças forçadas em sua temperatura e pressão elevadas por um compressor, após isto é enviado a um condensador que faz a troca de calor com o ambiente e volta ao estado líquido novamente. Assim como os *splits* que serão apresentados, o ar-condicionado de janela/parede possui uma evaporadora e uma condensadora, porém, ambas compactas em uma única estrutura que realiza estas duas funções. A vantagem deste tipo de equipamento é o valor acessível e a instalação simples, mas como pontos negativos há o barulho que emite e o formato que requer a quebra da parede, sua capacidade fica entre 7.500 a 30.000 BTU/h além disto são usados *fan coils*.

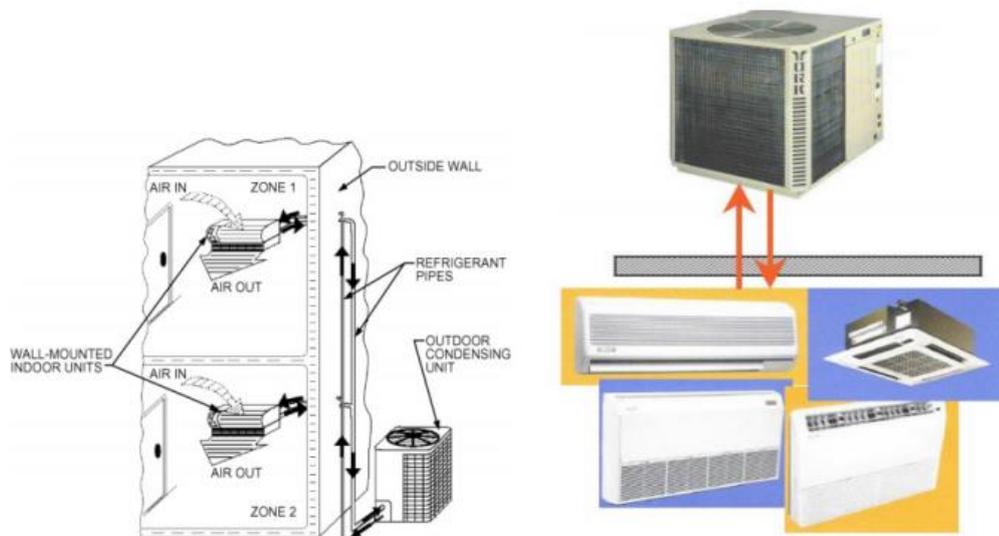
Figura 8 – Aparelho de ar condicionado tipo janela



Fonte: Brain, 2014

- **Splits:** No caso dos *splits* a condensadora e evaporadora são elementos separados, na parte externa fica a condensadora e dentro do cômodo a evaporadora. Seguindo o mesmo princípio a condensadora transfere para o exterior o calor absorvido de dentro assim resfriando o local. As duas partes são conectadas por um tubo de cobre, vantagem sobre o ar-condicionado de janela, já que para sua instalação o split exige menos mudanças estruturais da edificação em questão e pode ser retirado e transferido a outro local facilmente, porém a sua instalação é mais complexa, sua capacidade varia entre 7.500 a 60.000 BTU/h.

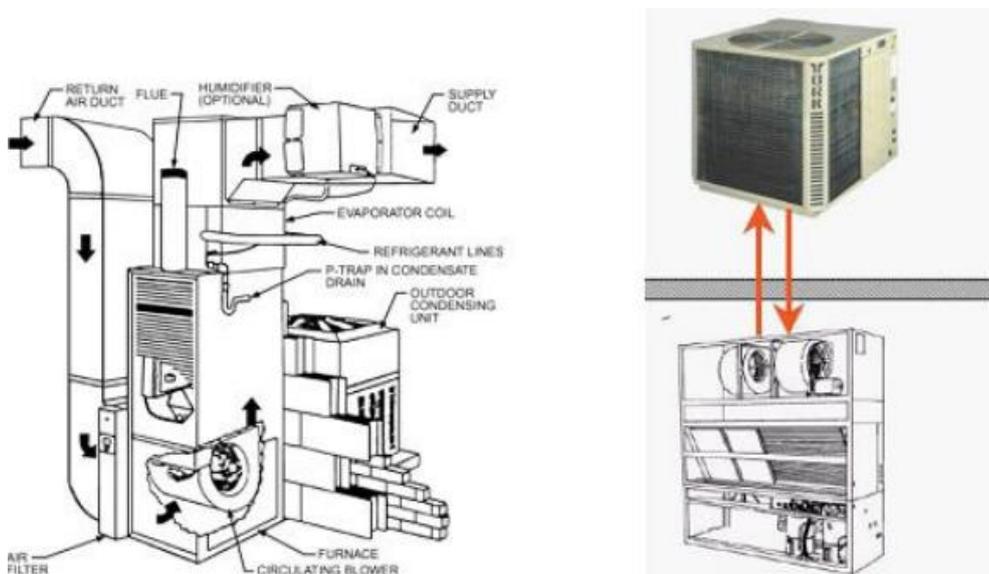
Figura 9 - Aparelho de ar-condicionado Split



Fonte: Voltani, 2014

- **Self contained:** Os “*sels*” como também são chamados, possuem a condensadora e evaporadora em um mesmo gabinete e podem resfriar um andar inteiro e são divididos em duas formas, insuflação direta em que ele fica concentrado no próprio ambiente e dutado onde ele fica armazenado em uma sala de máquina e o ar resfriado é conduzido através de dutos. Por se tratar de uma tecnologia que não evoluiu o uso destes aparelhos ficou ultrapassado devido sua baixa eficiência energética, no seu lugar os “splitões” são os mais procurados.

Figura 10 - Aparelho de ar-condicionado *Self contained*



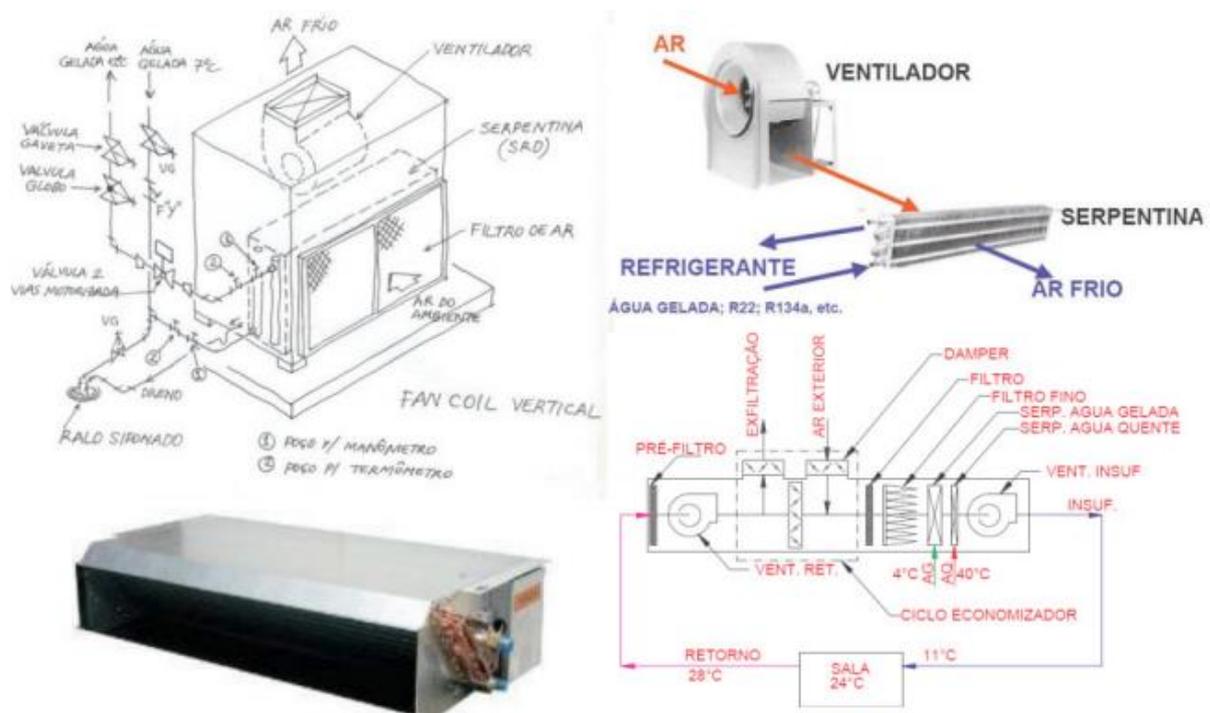
Fonte: Voltani, 2014

2.9.2 APENAS ÁGUA

Possui este nome pois funciona com água gelada ao invés de fluido refrigerante, eles são chamados de *fan coils* traduzindo seria “ventilador-serpentina”. Utilizados em ambientes mais extensos e de grande quantidade de cargas térmicas de dissipação como shoppings, hotéis, hospitais e galpões.

Possuem um ventilador centrífugo, filtros na parte externa, uma serpentina e uma bandeja, ele funciona a partir de água gelada que é transportada por uma central refrigeradora. A serpentina de cobre ou alumínio circula a água, o ar do ambiente é captado e direcionado por um ventilador que possui um motor e correias para o sistema de filtragem, depois para as serpentinas a uma temperatura mais baixa que a do ambiente e então o ar é mandado de volta para o recinto. Eles atuam em conjunto com *chillers*, que funcionam como sua central refrigeradora, a água que passa pelo *fan coil* climatiza o ambiente fazendo a troca de calor, este calor é absorvido pela água que então é levada as torres de arrefecimento e a resfria novamente para voltar ao ciclo.

Figura 11 - Sistema de refrigeração fan coil



Fonte: Voltani, 2014

2.9.3 AR-ÁGUA

Estes tipos de sistemas são recomendados para locais com muitas salas e cômodos como hotéis e hospitais. Controlados também por *fan coils* ou condicionadores de indução, neste caso o ar é fornecido por sistemas de indução de alta velocidade para os condicionadores. O ar primário é despejado por bocais, que induzem o escoamento do ar do ambiente para as serpentinas de aquecimento ou resfriamento (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007).

2.9.4 APENAS AR

É assim denominado quando o ar é distribuído diretamente para os cômodos (ELETROBRÁS/PROCEL,2022). Os benefícios são o baixo custo e a fácil manutenção deste sistema. Como exemplo temos o sistema “VAV” que significa Volume de Ar Variável, um sensor termostato é utilizado para controlar a temperatura do ar do ambiente, a partir da leitura e sinal emitido, a vazão de água gelada é regulada por uma válvula de controle de duas vias, ajustando a temperatura do ar insuflado ao ambiente, este tipo de sistema é recomendado para lugares com cargas dissipadoras variáveis, como locais com horários flexíveis ou alternado.

É assim denominado quando o ar é distribuído diretamente para os cômodos (ELETROBRÁS/PROCEL,2022). Os benefícios são o baixo custo e a fácil manutenção deste sistema. Como exemplo temos o sistema “VAV” que significa Volume de Ar Variável, um sensor termostato é utilizado para controlar a temperatura do ar do ambiente, a partir da leitura e sinal emitido, a vazão de água gelada é regulada por uma válvula de controle de duas vias, ajustando a temperatura do ar insuflado ao ambiente, este tipo de sistema é recomendado para lugares com cargas dissipadoras variáveis, como locais com horários flexíveis ou alternado.

2.10 FATOR DE POTÊNCIA E A ENERGIA REATIVA

O fator de potência indica a eficiência do circuito, é o parâmetro usado pelas concessionárias para informar se há energia reativa no sistema causando perdas, ele pode ser calculado dividindo o valor da potência ativa pela potência aparente, resultando no cosseno do ângulo de defasagem entre elas, sendo o valor ideal igual a 1.

$$Fp = (Potência\ Ativa)/(Potência\ Aparente)$$

$$Fp = \cos \varphi$$

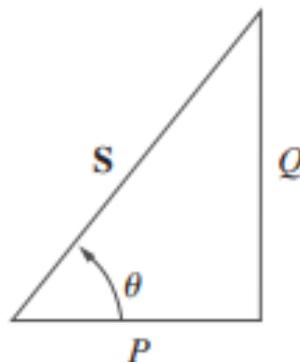
Apesar de não produzir trabalho, a energia reativa é utilizada para gerar campos magnéticos e alimentar cargas como motores e transformadores, ao contrário da potência ativa

que é inteiramente consumida e convertida em trabalho, a reativa circula pelo sistema e é devolvida para a rede, por esse motivo as concessionárias não podem cobrar por ela, porém, podem cobrar por excedente quando o fator inferior a 0,92, visto que sua presença aumenta a corrente do sistema. Dentre diversos fatores que podem causar dissipações indesejadas no circuito, pode-se pontuar alguns:

- Transformadores operando a vazio ou subcarregados durante longos períodos de tempo;
- Motores operando em regime de baixo carregamento;
- Utilização de grande número de motores de pequena potência;
- Instalação de lâmpadas de descarga (fluorescentes, de vapor de mercúrio e de vapor de sódio);
- Capacitores ligados nas instalações das unidades consumidoras horo-sazonais no período da madrugada;

O triângulo das potências mostrado abaixo representa vetorialmente a relação entre as três componentes da potência presentes nos circuitos, matematicamente falando, é perceptível que quanto menor o ângulo de fase, menor será a energia reativa do sistema.

Figura 12- Triângulo das Potências



Fonte: Fundamentos de Circuitos Elétricos, 2013

Circuitos indutivos tem a característica de atrasar a corrente em relação a tensão e capacitivos de adiantar, por isto para corrigir o fator de potência é comumente utilizado o banco de capacitores para abatimento desta essa defasagem.

2.11 VALOR PRESENTE LÍQUIDO E TEMPO DE RETORNO DE CAPITAL

O método de cálculo denominado Valor Presente Líquido (VPL) é de fácil execução e deve ser aplicado em todas as ações de eficiência energética (MAMEDE, 2010). Ele adiciona

todos os fluxos de caixa de um investimento considerando a taxa de desconto e o custo de investimento inicial, quanto maior for o VPL, mais confiável é o projeto, atualmente é um dos métodos mais utilizados para viabilidade de projetos e o calculamos através da soma de todos os fluxos de caixa durante os anos que se estima ter o *payback*. O VPL é determinado pela equação a seguir:

$$\text{VPL} = -k \sum_{i=1}^N \frac{F_{ci}}{(1 + TMA)^i}$$

Onde:

- VPL = valor presente líquido
- k = investimento inicial
- F_{ci} = fluxo de caixa descontado em R\$
- TMA = taxa mínima de atratividade
- i = tempo em anos
- N = número de períodos

Um VPL positivo implica que o projeto está aumentando o capital da empresa em X reais, de acordo com o resultado do cálculo, isso significa que ele está gerando caixa o suficiente para pagar seus custos e juros. Segundo as regras do VPL, se o resultado for igual a zero ainda é recomendável seguir com o projeto, porém, se for negativo recusa-se o projeto (LIMA, 2019).

O tempo de retorno do capital corresponde ao *payback*, isto é, o tempo que o cliente recupera o investimento inicial que os benefícios do projeto pagam. Ele é encontrado dividindo o valor do investimento inicial (k) pelo valor de retorno mensal:

$$\text{TRC} = \frac{k}{RM}$$

Sendo:

- TRC = tempo de retorno de capital
- k = investimento inicial
- RM = retorno mensal

3 METODOLOGIA

3.1 MODELO DE ESTUDO

O projeto será desenvolvido no galpão de uma fábrica do Distrito Industrial I na qual consta com a infraestrutura necessária para a realização do projeto, trata-se de um estudo observacional, descritivo e prospectivo para elaboração de uma proposta de gestão de energia baseado na ISO-50001.

3.2 PRELIMINAR OU INICIAL DA PESQUISA

O primeiro passo é apresentar a revisão da bibliografia de apoio necessária para o desenvolvimento, elaboração e execução do trabalho com ênfase na Eficiência Energética, assim como dos equipamentos típicos em instalações como a do prédio a ser estudado, componentes da tarifa de energia elétrica, iluminação, climatização de ambientes, e análise de investimentos de projeto e equipamentos. Revisar os gastos econômicos como um pré-diagnóstico para direcionamento das decisões de gerenciamento, de forma que assim fiquem definidos os pontos da pesquisa a serem solucionados no sistema elétrico da unidade analisada, promovendo um encontro da teoria e prática do estudo, o qual justifique a necessidade do desenvolvimento e posterior implementação da pesquisa.

3.3 COLETA DE DADOS: LEVANTAMENTO DE CARGA E MEDIÇÃO

O desenvolvimento deste trabalho se realiza em duas subetapas fundamentais, a primeira é a análise das tarifas da concessionária de energia elétrica e depois, o levantamento das cargas instaladas com a realização de medições nas cargas do estudo referentes à coleta de informações essenciais do tipo corrente elétrica, tensão e potência útil.

3.4 PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO

Nesta etapa ocorrerá a implementação do projeto de acordo com os procedimentos seguidos a partir da metodologia adotada, apresentando uma inquirição minuciosa acerca de cada tópico observado nos resultados obtidos da etapa anterior. A partir disso serão extraídas as conclusões que identificarão o potencial de ganho e diminuição de perdas, que servirão de base para recomendações sobre custo-benefício e as medidas de otimização a serem sugeridas, medidas estas dispostas numa sequência prática que objetive resultados técnicos e financeiros

efetivos, de uma forma rentável e sustentável ao mesmo passo que mantenham ou potencializem seu rendimento.

4 IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo escolhido se trata de uma fábrica do ramo gráfico que produz jogos e baralhos de cartão e PVC localizada no Distrito Industrial I de Manaus, sendo a parte interna o foco da análise. A produção roda em 3 turnos de segunda até as 23h sábado e conta com mais de 300 colaboradores efetivos e temporários, possui área total de 29.525m² e área construída de 8.146m². O território possui 3 galpões, divididos em: Administrativo, Produção e Almojarifado.

Figura 13 - COPAG da Amazônia



Fonte: Própria

A instalação possui cerca de 1420 kW de potência instalada e duas subestações, uma como ramal de entrada onde ficam localizados a cabine medição e de controle da subestação, onde há o quadro com TC e TP que a companhia de transmissão realiza as medições e a outra que possuem 3 transformadores abaixadores de tensão que recebem os 13,8 kV fornecidos. Os

barramentos ficam por dentro desta primeira porta da imagem abaixo, o circuito passa primeiro por esta chave seccionadora ao meio e então passa para a segunda porta, nela há o relé e disjuntor geral da subestação, é a partir deste ponto que os cabos são enviados subterraneamente até chegar a subestação abaixadora no galpão da fábrica.

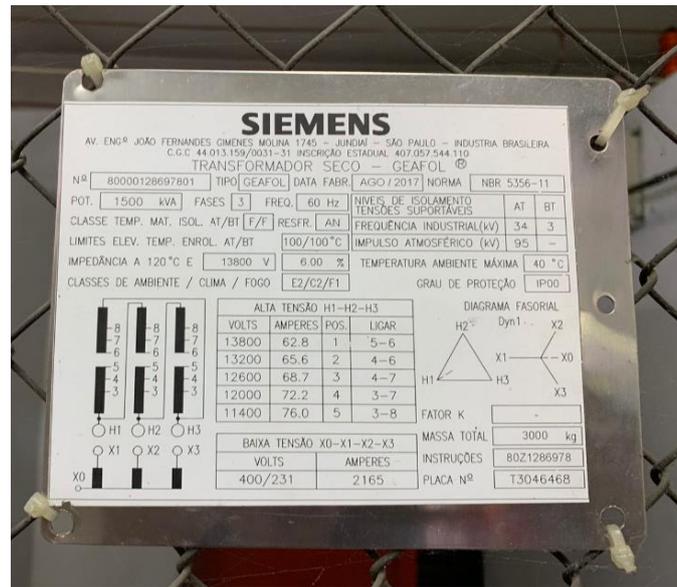
Figura 14 – Cabine de Medição – Circuito de barramento



Fonte: Própria

A subestação abaixadora possui 3000kVA de potência e conta com 3 transformadores divididos entre as principais cargas da fábrica: circuito 1: transformador de 1500kVA, circuito 2: 1000kVA e circuito 3 com 500kVA sendo este exclusivo da refrigeração, de forma que, por questões do tipo de maquinário utilizado no circuito 1, ele é o único com tensão diferente sendo ela de 400V e tendo seu barramento blindado (*busway*).

Figura 15 - Placa do Transformador de 1500 kVA



Fonte: Própria

Figura 16 - Transformador de 1500 kVA



Fonte: Própria

4.2 ANÁLISE TARIFÁRIA

A primeira etapa do projeto é a análise das tarifas de energia do local a partir das contas de energia da concessionária, neste primeiro cenário é possível identificar as primeiras ações que podem ser tomadas, observa-se então por exemplo, se há multas por ultrapassagem do valor de demanda ou cobranças por excesso de energia reativa no sistema, visto que umas das

medidas de melhoria para o consumo mais baratas e eficientes que podem ser realizadas é a instalação de bancos de capacitores.

A tabela abaixo mostra o consumo mensal do ano de 2022 de acordo com as faturas de energia da concessionária, vale pontuar que antes até o mês de maio, não se era fornecido os valores da demanda do medidor, se era registrado apenas o maior valor medido e então completado para que se somasse 1100kW que é a demanda contratada.

Tabela 2 - Consumo e Demanda Medidos pela Concessionária de Energia

Mês	Consumo fora ponta (kWh)	Consumo ponta (kWh)	Demanda ponta (kW)	Demanda fora ponta (kW)
jan/22	304710	32494	272	828
fev/22	302974	32942	277	823
mar/22	293552	30450	178	489
abr/22	301602	30142	813	836
mai/22	328408	36554	811	875
jun/22	324128	34986	808	866
jul/22	352954	36008	838	870
ago/22	357126	39452	814	858
set/22	316764	33278	803	868
out/22	329602	35996	897	887
nov/22	339566	36512	801	829
dez/22	354130	38262	860	922

Fonte: Própria

Ao analisarmos as características de consumo e demanda, podemos definir em qual modalidade tarifária melhor a instalação se encaixa sem que cause prejuízos tanto a concessionária quanto a empresa, como multas por excedente ou por pagar mais que do que se utiliza. Neste contexto, visualizamos que a demanda medida na ponta e fora ponta são praticamente iguais, sendo a demanda fora ponta um pouco mais alta que a da ponta por fatores característicos do uso da instalação, visto que alguns setores e galpões como o administrativo só funcionam até as 17h da tarde, não consumindo energia no horário de pico.

Diferentemente do que observamos na demanda, apesar de demandar a mesma quantidade de energia, o consumo depende da quantidade de horas que se utiliza o equipamento,

de fato, o horário de ponta é apenas das 18h às 21h, o que explica a grande diferença entre as medições destes dois horários, também é importante entender que neste horário nem todos os maquinários estão em pleno funcionamento, e como mencionado acima, a fábrica tem suas atividades reduzidas.

A maior característica que difere a tarifa horo-sazonal azul da verde, que atualmente a empresa se encaixa, é que na verde a tarifa para demanda é única, ou seja, tem o mesmo valor para a demanda contratada tanto no horário de ponta quanto fora ponta, enquanto na azul, são valores distintos. Levando em conta todas as características observadas e mencionadas, é mais vantajoso que se mantenha a horo-sazonal verde vigente, pois os valores de demanda entre ponta e fora ponta são praticamente os mesmos, para validar esta decisão, foi realizado um cálculo comparativo através de uma simulação, comparando o valor da fatura de energia aplicando as tarifas azul e verde. Para esta análise, foi considerada a Resolução Homologatória nº 3.132 de 1º de novembro de 2022 que homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2023, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Amazonas Distribuidora de Energia S/A – AmE:

Tabela 3 - Fatura de Energia

Mês	Consumo fora ponta (kWh)	Consumo ponta (kWh)	Demanda ponta (kW)	Demanda fora ponta (kW)	Fatura- Tarifa Verde	Fatura- Tarifa Azul	Delta
jan/22	304710	32494	272	828	R\$ 158.293,65	R\$ 177.954,49	11%
fev/22	302974	32942	277	823	R\$ 157.504,62	R\$ 176.483,04	11%
mar/22	293552	30450	178	489	R\$ 151.238,62	R\$ 174.012,96	13%
abr/22	301602	30142	813	836	R\$ 152.028,66	R\$ 175.272,16	13%
mai/22	328408	36554	811	875	R\$ 168.312,49	R\$ 181.788,97	7%
jun/22	324128	34986	808	866	R\$ 165.135,38	R\$ 181.000,31	9%
jul/22	352954	36008	838	870	R\$ 172.073,72	R\$ 186.381,89	8%
ago/22	357126	39452	814	858	R\$ 179.188,40	R\$ 188.250,53	5%
set/22	316764	33278	803	868	R\$ 161.010,92	R\$ 179.477,54	10%
out/22	329602	35996	897	887	R\$ 168.090,39	R\$ 182.416,84	8%
nov/22	339566	36512	801	829	R\$ 170.731,04	R\$ 184.271,50	7%
dez/22	354130	38262	860	922	R\$ 176.291,29	R\$ 187.166,08	6%
Total					R\$ 1.979.899,17	R\$ 2.174.476,33	9%

Fonte: Própria

A instituição se enquadra no grupo A e subgrupo A4, o qual se encaixam todas as unidades consumidores com tensão de fornecimento entre 2,3 kV e 25 kV, no caso da instalação em questão a tensão é de 13,8 kV. A demanda contratada é 1100 kW. A Resolução Homologatória nº 3.132 está representada na tabela abaixo onde demonstra o preço da energia

elétrica por kWh para o consumo e em kW para a demanda do subgrupo A4 para as tarifas horo-sazonais azul e verde:

Tabela 4 - Tarifas de Energia Horo-sazonal azul e verde

C	Modalidade	Tarifa de aplicação	Ponta	Fora Ponta
A4 (2,3kV a 25kV)	Horo- sazonal Verde	Consumo (R\$/kWh)	1,70577	0,18253
		Demanda (R\$/kW)	33,92	33,92
	Horo-sazonal Azul	Consumo (R\$/kW)	0,18253	0,18253
		Demanda (R\$/kWh)	62,87	33,92

Fonte: Própria

De acordo com os resultados da tabela 3, em todos os meses do ano os valores pagos na fatura de energia com a tarifa verde aplicada, foram cerca de 10% mais barato em comparação a azul, diferença de R\$ 194.577,15 anual fato que comprova que a tarifa verde atualmente aplicada é de fato a que melhor se encaixa de acordo com as características de consumo da unidade, sendo então a mais econômica. Para os cálculos efetuados nesta simulação, foram aplicadas as fórmulas abaixo referentes a cada tipo de tarifa:

$$Tarifa_{azul} = Dcp \times Tdp + Dcfp \times Tdfp + Cp \times Tcp + Cfp \times Tcfp$$

$$Tarifa_{verde} = Dc \times Td + Cp \times Tcp + Cfp \times Tcfp$$

Onde:

Dcp – Demanda contratada na ponta

Tdp – Tarifa demanda na ponta

Dcfp – Demanda contratada fora ponta

Tdfp – Tarifa demanda fora ponta

Cp – Consumo na ponta

Tcp – Tarifa consumo na ponta

Cfp – Consumo fora ponta

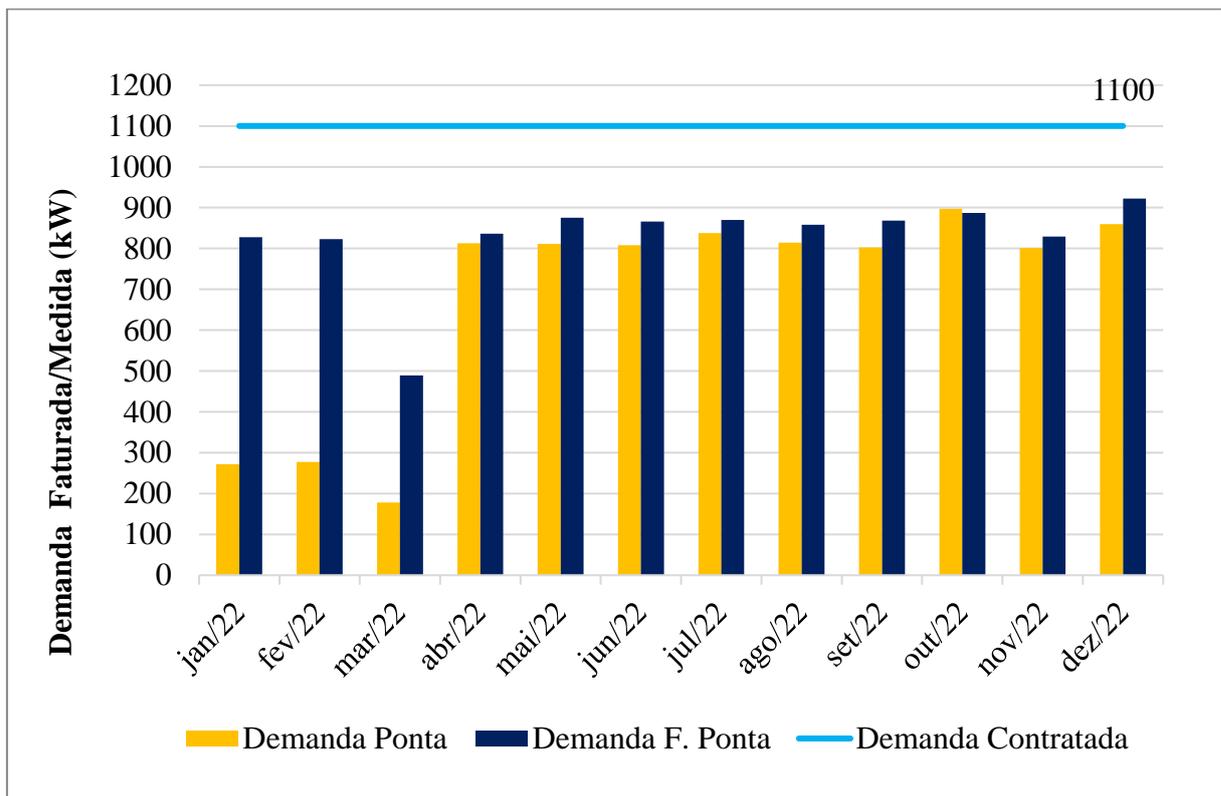
Tcfp – Tarifa consumo fora ponta

Dc – Demanda contratada

Td – Tarifa da demanda contratada

Outro fator importante a se observar após a escolha da melhor tarifa é o valor contratado da demanda, atualmente a demanda contratada da empresa é 1100kW, quando analisamos os dados da tabela 1, observamos que os valores sempre estão na casa de 800kW, sendo que apenas no mês de dezembro ultrapassou este valor para mais de 922kW. Baseado nestas observações podemos concluir que a demanda da unidade está superdimensionada, ou seja, está sendo pedido da concessionária que se tenha disponível para consumo mais do que realmente está sendo consumido, contribuindo tanto para uma saturação da geração quanto para gastos desnecessários na fatura de energia, visto que mesmo não utilizando este valor total de demanda, ela é cobrada integralmente. O gráfico abaixo ilustra o valor de demanda máxima medido, ou seja, os picos de demanda e o valor de demanda contratada:

Figura 17 - Demanda Medida e Demanda Contratada



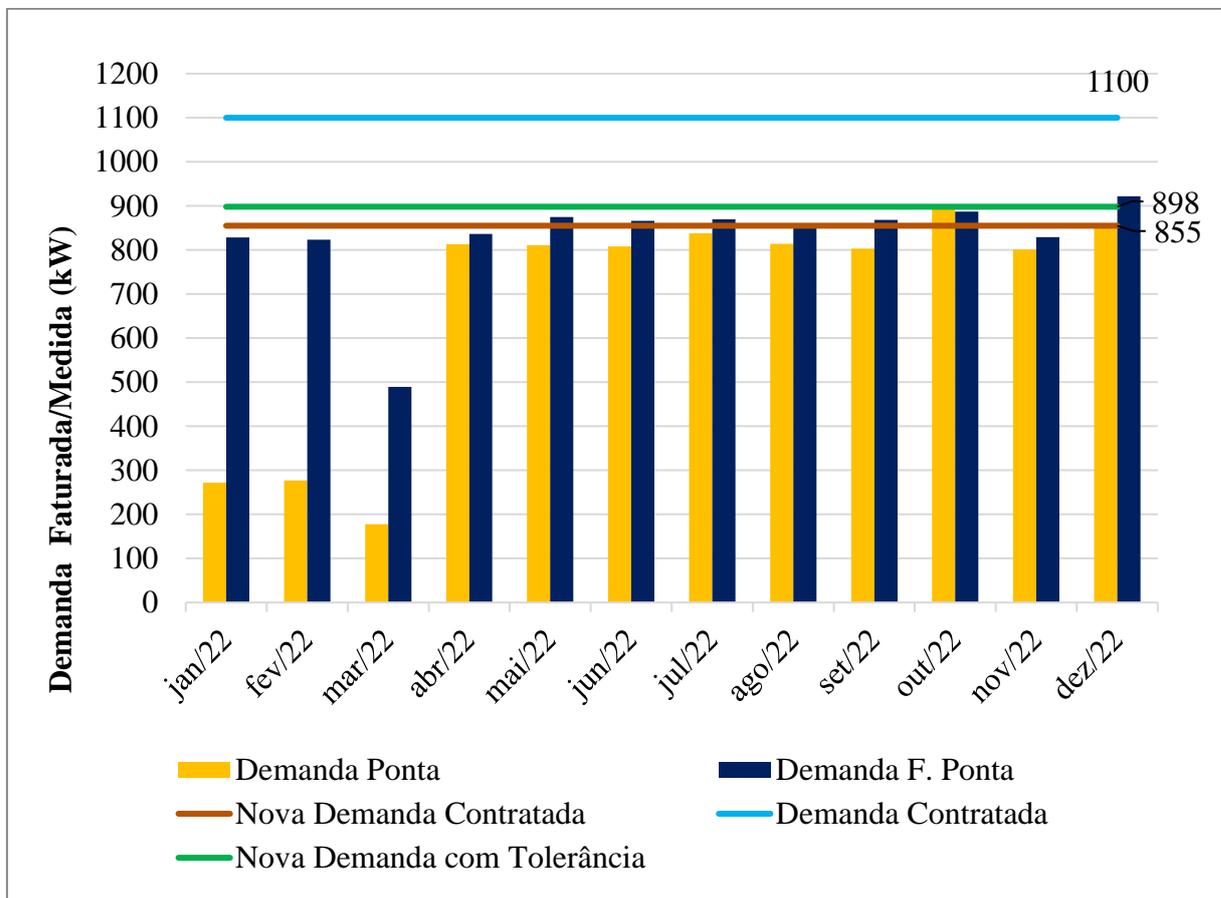
Fonte: Própria

A concessionária permite que o valor de demanda medido ultrapasse no máximo 5% em relação ao valor contratado segundo a Resolução Normativa nº 414 de 2010 da ANEEL, o que significa que se desconsiderarmos o valor atípico de 922 kW e analisarmos toda a média anual, o segundo maior valor medido e dentro dos padrões de consumo e demanda é de 897 kW, se

então considerarmos que já está inclusa os 5% de variação e ultrapassagem, obtemos o novo valor para a demanda contratada de 855 kW e somando-se a tolerância tem-se 898 kW, o objetivo é que nesta revisão se pague o mínimo possível e que não haja multas por ultrapassagem.

Abaixo o gráfico com o novo valor de demanda contratada em relação aos valores medidos, a demanda medida é verificada a cada 15 minutos, onde o valor máximo ou de pico verificado nestes intervalos é registrado e então realizada uma média de acordo com o número de verificações feitas.

Figura 18 - Demanda Medida e Nova Demanda Contratada



Fonte: Própria

Como mencionado, a demanda influencia diretamente no valor da fatura de energia, pois se paga o valor interino que se contrata, e se houver ultrapassagem, um adicional de multa. Com o novo valor proposto, podemos observar esta economia na tabela abaixo que compara o valor pago a concessionária utilizando a demanda antiga e a proposta, vale pontuar que se há ultrapassagem, mas dentro do tolerável, a concessionária utiliza este valor medido para

multiplicar com o valor da tarifa, por isto nos meses em que a demanda medida é maior que 855 k W o valor pago é um pouco maior, mas sem multa. Observamos que com esta nova proposta obtemos um delta ou economia de cerca de 21% no ano ou R\$ 86.523,79.

Tabela 5 - Valor Faturado Demanda Antiga Versus Nova Demanda

	Demanda Medida Ponta (kW)	Demanda Medida Fora Ponta (kW)	Demanda Contratada 1100 kW	Nova Demanda Contratada 855 kW	Delta
jan/22	272	828	R\$ 37.312,00	R\$ 29.001,60	22%
fev/22	277	823	R\$ 37.312,00	R\$ 29.001,60	22%
mar/22	178	489	R\$ 37.312,00	R\$ 29.001,60	22%
abr/22	813	836	R\$ 37.312,00	R\$ 29.001,60	22%
mai/22	811	875	R\$ 37.312,00	R\$ 29.680,00	20%
jun/22	808	866	R\$ 37.312,00	R\$ 29.374,72	21%
jul/22	838	870	R\$ 37.312,00	R\$ 29.510,40	21%
ago/22	814	858	R\$ 37.312,00	R\$ 29.103,36	22%
set/22	803	868	R\$ 37.312,00	R\$ 29.442,56	21%
out/22	897	887	R\$ 37.312,00	R\$ 30.087,04	19%
nov/22	801	829	R\$ 37.312,00	R\$ 29.001,60	22%
dez/22	860	922	R\$ 37.312,00	R\$ 33.436,16	10%
Total	8172	9951	R\$ 447.744,00	R\$ 355.642,24	21%

Fonte: Própria

A última análise relacionada a fatura é quanto a energia reativa cobrada mensalmente na fatura, a energia reativa é referente a toda energia que não é transformada em trabalho e é dissipada pelo sistema, pode significar diversos fatores como motores superdimensionados ou até mesmo saturados, lâmpadas que utilizam reatores e equipamentos dotados de bobinas, se há cobrança é porque o fator de potência está abaixo de 0,92 sendo este o valor tolerável e caso contrário cobrado a título de multa conforme a Resolução nº 414 da ANEEL. A solução mais comum e fácil comumente adotada é a instalação de banco de capacitores para corrigir o fator de potência, recomenda-se então que a instituição faça um estudo mais aprofundado e específico para identificar quais circuitos mais estão gerando energia reativa e se o próprio balanceamento dos circuitos está equilibrado, assim através desta análise mais detalhada, redimensione seu banco de capacitores ou adote medidas como substituição de equipamentos para mitigar este problema e zerar as multas.

Tabela 6 - Energia Reativa Medida

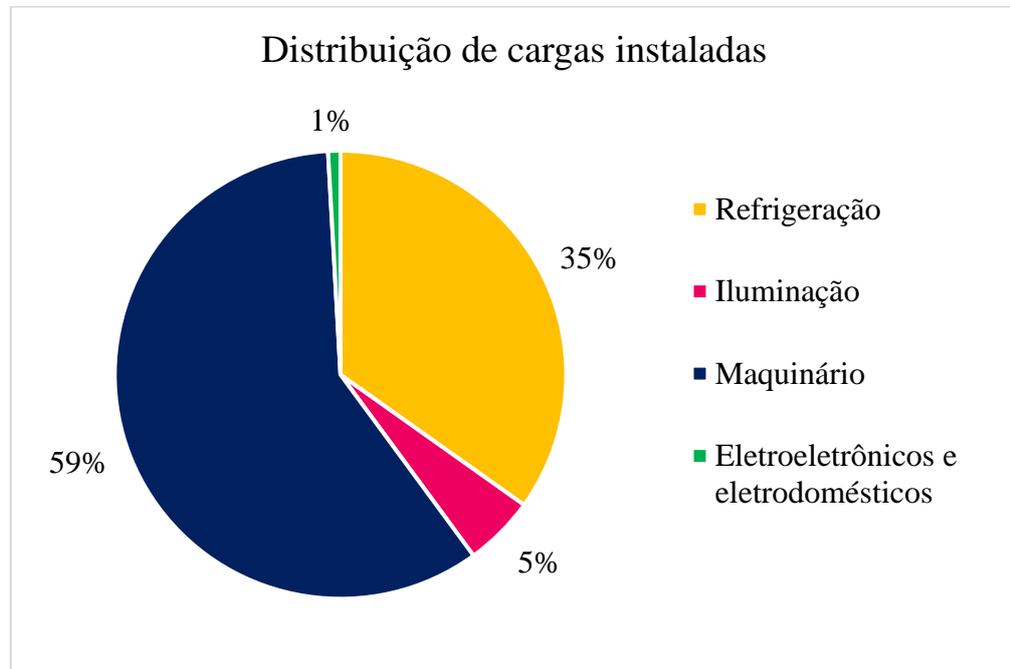
	Energia reativa Ponta (kWh)	Energia reativa fora ponta kWh	Energia reativa
jan/22	560	5280	R\$ 1.735,65
fev/22	182	1498	R\$ 499,30
mar/22	70	616	R\$ 203,88
abr/22	0	168	R\$ 49,93
mai/22	154	1540	R\$ 503,46
jun/22	252	2380	R\$ 782,23
jul/22	308	2100	R\$ 715,66
ago/22	546	3472	R\$ 1.194,15
set/22	322	2758	R\$ 915,38
out/22	280	3136	R\$ 1.015,24
nov/22	392	2828	R\$ 956,98
dez/22	196	2744	R\$ 873,77
Total	3262	28520	R\$ 9.445,61

Fonte: Própria

4.3 LEVANTAMENTO DE CARGAS

Nesta segunda etapa da aplicação, foi realizado o levantamento de cargas instaladas da fábrica através da inspeção visual das placas e especificações dos equipamentos e realizado um estudo em cima dos segmentos iluminação e refrigeração. Abaixo a divisão de cargas em percentual dos seguimentos maquinário, iluminação, refrigeração e eletroeletrônicos e eletrodomésticos. Quanto aos maquinários foram contabilizadas as máquinas robustas utilizadas na manufatura, quanto a refrigeração, foram condicionadores de ar do tipo *Split hi-wall* e piso-teto, na iluminação lâmpadas fluorescentes e LEDs e por último, eletroeletrônicos e eletrodomésticos como: computadores, monitores, geladeiras, bebedouros, fogão, televisões, projetores e demais equipamentos utilizados em setores administrativos/escritório:

Figura 19 - Distribuição geral de cargas instaladas



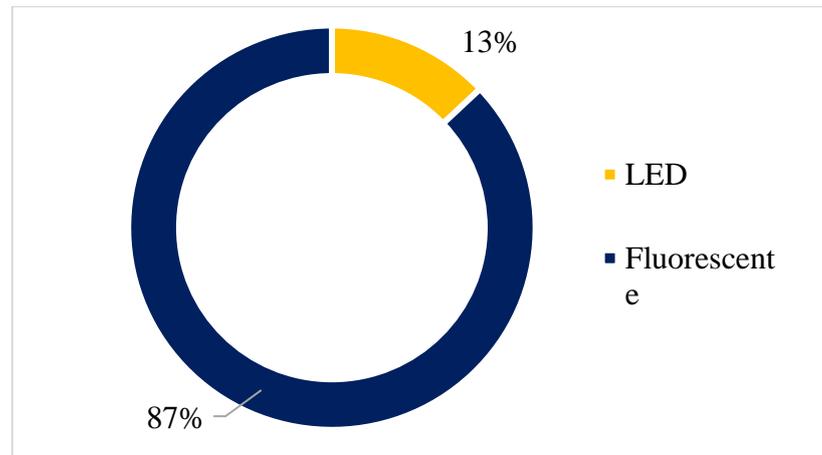
Fonte: Própria

Por se tratar de um galpão industrial, o maquinários utilizados na produção, como se é possível observar, são os detentores do maior percentual de potência instalada, porém, este não será o foco deste projeto pois o objetivo é melhorar a eficiência de pontos que são mais acessíveis de investimentos em melhoria, e alterar as características de tais equipamentos exige um estudo detalhado das particularidades de cada máquina se tornando inviável devido ao grau de complexidade e tempo que se exigiria para analisar os mais de 30 equipamentos existentes, por isto o foco será na outras duas maiores porcentagens que são iluminação e refrigeração.

4.3.1 LEVANTAMENTO DE CARGAS: ILUMINAÇÃO

O gráfico abaixo mostra a divisão das cargas referentes a iluminação da instalação de acordo com o tipo de lâmpadas utilizada:

Figura 20 - Distribuição percentual de lâmpadas LED e Fluorescentes

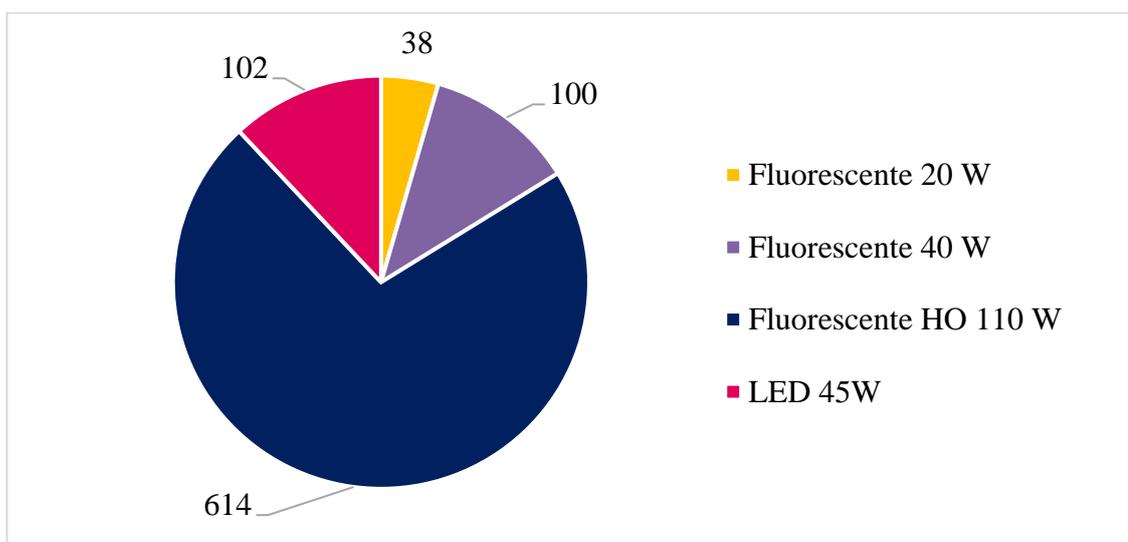


Fonte: Própria

De acordo com este levantamento, cerca de 87% das luminárias instaladas são do tipo fluorescente e apenas 13% do tipo LED, dentro desta divisão havia lâmpadas de diferentes potências, sendo:

- Lâmpadas fluorescentes HO 110W
- Lâmpadas fluorescentes 20W
- Lâmpadas fluorescentes 40W
- Lâmpadas LED 45W

Figura 21 - Quantidade de Lâmpadas instaladas por tipo



Fonte: Própria

Somente com esta análise é possível afirmar que quanto a iluminação, a instalação não é energeticamente eficiente, visto que lâmpadas fluorescentes são inferiores as LED's em vários aspectos já discutidos anteriormente no capítulo 6.8, como consumirem mais potência para uma mesma quantidade de luz emitida, produzirem mais calor, fato que interfere na refrigeração do local, além deste tipo de lâmpada também possuir uma vida útil menor. Levando em consideração todos estes aspectos, o ideal é substituir as lâmpadas fluorescente por LED's, o resultado será uma diminuição do consumo e aumento da qualidade do fluxo luminoso.

No total, são 854 (oitocentas e cinquenta e quatro) lâmpadas e dentre estas, 652 (seiscentos e cinquenta e duas) estão dispostas linearmente no galpão chamado produção, dentre estas 594 (quinhentos e noventa e quatro) são fluorescentes, todo o restante está presente em salas de reunião, refeitório, banheiros e área externa. A lâmpada HO utilizada possuía um tamanho de 2,40m, como se pode observar na imagem a seguir, a proporção de tamanho é visível pelo forro modular, visto que cada placa possui 1,20m.

Figura 22 - Iluminação do Galpão Produção



Fonte: Própria

Figura 23 - Iluminação do Galpão Produção



Fonte: Própria

A lâmpada LED escolhida para a proposta de melhoria é a Ledstar LN 45W, a escolha desta lâmpada foi baseada levando em contas algumas características como fácil instalação e troca pois possui, segundo seu datasheet, 31 centímetros de comprimento diferente das fluorescentes que são largas e muitas vezes necessita-se de uma segunda pessoa para ajudar na sua retirada, outro fator é o seu IRC (Indicie de Reprodução de Cores) superior a 80, mais um fator determinante para sua escolha pois garante a percepção mais fidedigna das cores aos nossos olhos, como a fábrica se trata de uma gráfica, é muito importante que se tenha uma boa visualização dos tons de cores e pantones impressos.

Para realizar a substituição das lâmpadas fluorescentes para LED's é necessário também levar em conta a infraestrutura do local como espaço e perímetro, das 594 (quinhentos e noventa e quatro) lâmpadas do galpão produção, 542 (quinhentas e quarenta e duas) são fluorescentes HO 110W de 2,40m, fazendo-se necessário uma reorganização do espaçamento entre as luminárias para determinação da quantidade para aquisição. Para o *relayout* foram feitos cálculos baseados na norma NBR 5413 e em cálculos utilizados em projetos de instalações elétricas. Para saber a quantidade de lâmpadas que devemos colocar no local, devemos primeiro saber a somatória geral de quantos lúmens são necessários, portanto, multiplica-se a área total do galpão, que é 4.232m² pela quantidade média de lux exigida pela norma, no caso, 750 lux ou 750 lm/m²:

$$4136,72m^2 \times 750 \frac{lm}{m^2} = 3.102.547 \text{ lúmens}$$

Este valor é então dividido pela quantidade de lúmens fornecido pela lâmpada para achar a quantidade de pontos de luz necessários, segundo o *datasheet* este valor é de 6621 lúmens:

$$\frac{3.102.547}{6621} = 468 \text{ lâmpadas}$$

Quando se trata de iluminação, o conceito e estudo vai muito além de apenas clarear o ambiente, deve-se levar em consideração o conforto e acuidade visual de acordo com a tarefa executada no local, atividades que exigem mais concentração e são meticulosas geralmente exigem um grau de iluminância maior do que as outras. A norma que rege este tema é a NBR 5413 – Iluminância de interiores, nela consta a quantidade de lux para cada tipo de ambiente de acordo com a classe de tarefas visuais, no caso deste trabalho, o objeto de estudo se encaixa na classe B: iluminação geral para área de trabalho.

Figura 24- Iluminância por classe de tarefas visuais

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Fonte: NBR 5413

De acordo com a tabela, a iluminância pode variar de 500 a 1000 lux, visto que as atividades realizadas no galpão são no geral operação de maquinário. A norma nos traz ainda um range mais específico dentro destas classes que são uma visão mais geral, e nos mostra o valor de iluminância recomendado para cada tipo de ambiente dentro delas, neste caso, o galpão

se encaixa no item 5.3.49 Indústrias de papéis, onde contém exatamente os tipos de máquinas utilizadas no galpão produção:

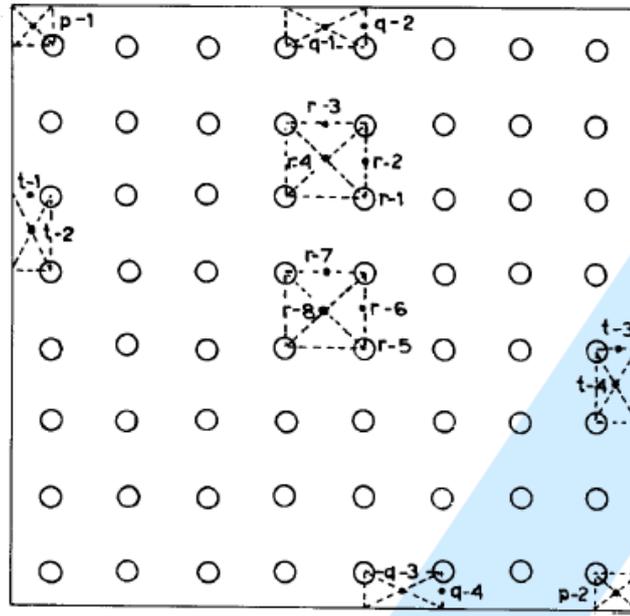
Figura 25 - Iluminância para Indústrias de papéis

5.3.49 Indústrias de papéis	
- abertura e trituração, calandragem	150 - 200 - 300
- máquinas de papel, cortes, usinagem e refinação	150 - 200 - 300
- máquinas de papel - lado úmido	150 - 200 - 300
- máquinas de papel - lado seco, inspeção, laboratório	300 - 500 - 750

Fonte: NBR 5413

Para aplicação da NBR 5413 usa-se a NBR 5382 – Verificação de Iluminância de Interiores, com o intuito de verificar se as condições de iluminância estão dentro do padrão especificado por norma, foram realizadas medições no galpão da produção, em uma sala de treinamento e na sala de administração, de acordo com as orientações da norma. Usando um luxímetro devidamente calibrado e o posicionando a 0,75m do chão, foi realizado primeiro a medição dos pontos nos cantos p1 e p2 de acordo com a instrução, em seguida em duas laterais, na primeira lateral medidos os pontos q1 e q2 e na segunda lateral os pontos q3 e q4, em seguida foi-se avançado para pontos mais centrais, onde foram medidos os pontos r1, r2, r3 e r4, posteriormente r5, r6, r7 e r8, por último foram medidos os pontos nas meias áreas q1, q2, q3 e q4 depois t1, t2, t3 e t4. Em todas estas medições de diferentes áreas foram calculadas as médias aritméticas para posterior cálculo da iluminância.

Figura 26 - Campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras



Fonte: NBR 5382

Depois de calculadas as médias aritméticas, a norma estabelece que estes valores sejam imputados na fórmula a seguir:

$$\textit{iluminância média} = \frac{R(N - 1)(M - 1) + Q(N - 1) + T(M - 1) + P}{NM}$$

Pela fórmula N representa o número de luminárias por fileiras e M o número de fileiras, respectivamente 12 e 19, para o galpão produção, 5 e 3 para sala de treinamento e 8 e 4 para sala da administração, os valores de P, Q, R e T foram os obtidos com as médias aritméticas sendo representados a seguir:

Tabela 7 - Medição de lux Galpão Produção

Área Medida	Valores medidos - Galpão Produção	Valores medidos - Sala de Treinamento	Valores medidos - Administração da Produção
P	492	503	516
Q	543	684	707
R	601	803	782
T	581	706	639

Fonte: Própria

A tabela 8 demonstra os valores calculados após todas as medições concluídas, nela consta também o comparativo com os valores estipulados na NB5 5413 para o ambiente fabril

de papel, escrito na seção 5.3.49 e para escritórios, que é o caso da sala da administração e treinamento, na seção 5.3.14. Podemos observar que os valores estão todos dentro da norma, porém, abaixo do valor médio, vale ressaltar o galpão da Produção que apresentou valores próximos ao mínimo exigido, a sala da Administração e de Treinamento obtiveram valores um pouco mais acima, o que pode ser explicado por possuírem características mais favoráveis como algumas janelas e porta de vidro que permitem a entrada de luz solar e o teto mais baixo que o do galpão. O estudo e proposta apresentados anteriormente quanto a substituição de lâmpadas fluorescentes por LEDs visa também melhorar estes índices e deixá-los mais próximos do valor médio estipulado, já que os cálculos foram realizados em cima desta média de 750 lúmens.

Tabela 8 – Iluminância Calculada Versus Tabelada

Local	Valor Calculado	Valor tabelado - NBR 5413
Galpão Produção	596	500 - 750 -1000
Sala de Treinamento	738	500 - 750 -1000
Sala da Administração	744	500 - 750 -1000

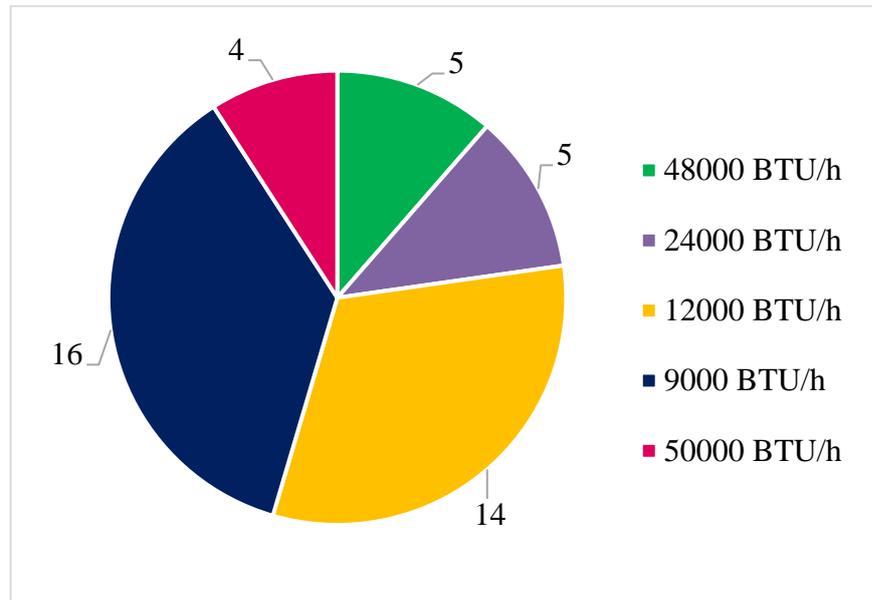
Fonte: Própria

4.3.2 LEVANTAMENTO DE CARGAS: CLIMATIZAÇÃO

Logo na fase de inspeção visual, foi possível notar que haviam poucos condicionadores de ar pois na planta há poucas salas, justamente por se tratar de uma fábrica, onde a maior concentração de pessoas está na produção onde não há condicionadores de ar, as salas existentes no galpão são voltadas para conferências, reuniões e de setores administrativos, porém, toda a instalação como mencionado, é bastante antiga e não houveram grandes mudanças desde sua montagem há pelo menos 20 anos, notou-se que a maioria dos condicionadores de ar estavam amarelados indicando que já tinham muitos anos de uso, não possuíam selo Procel de eficiência e a etiqueta era de classificação do tipo C, alguns outros poucos aparelhos que recentemente haviam sido substituídos que possuíam tecnologias mais recentes e eficientes como a *inverter* e eram de classificação A com selo Procel.

No total, foram contabilizados 44 ares-condicionados sendo eles do tipo Split hi-wall, piso-teto e cassete, a refrigeração do galpão da fábrica é feita a partir do sistema chiller-fancoil com detalhe para o chiller que foi recentemente trocado. Abaixo o gráfico pizza mostra a distribuição em quantidade destes equipamentos de acordo com sua capacidade de refrigeração:

Figura 27 - Distribuição da quantidade de Condicionadores de ar por Capacidade (BTU/h)



Fonte: Própria

Estes condicionadores de ar representam, como já mencionado anteriormente, 35% da potência instalada dos seguimentos iluminação, refrigeração, eletroeletrônicos e eletrodomésticos, é importante então voltar a atenção para estes equipamentos já que irão fazer parte de uma considerável parcela da fatura de energia, pequenas ações como instalação de cortinas de ar em portas que possuem grande fluxo de passagem contribuem para melhorar o desempenho destes aparelhos de uma forma mais econômica já que ajudam a manter o ar refrigerado dentro do ambiente, fazer manutenções regularmente como limpeza dos filtros também é importante, além do cuidados com os condicionadores splits, medidas e cuidados com o sistema *chiller-fancoil* também são válidas para reduzir o consumo como reduzir curvas no sistema das serpentinas, tratar a água do sistema das torres de arrefecimento, verificar as resistências dos evaporadores se estão em bom estado e não estão queimadas para evitar congelamento, instalar adesivos reflexivos em janelas para evitar que as paredes absorvam calor, verificar periodicamente se o fluido refrigerante está dentro dos padrões de qualidade já que pode ser contaminado com a umidade e garantir que não há vazamentos de ar comprimido no sistema e subsistemas. Cerca de 43% dos condicionadores de ar inventariados possuem etiqueta C indicando baixo rendimento de energia, outra recomendação é a substituição destes aparelhos por equipamentos de tecnologia inverter e classificação A.

5. VIABILIDADE ECONÔMICA

O cálculo de viabilidade econômica através do VPL (Valor Presente Líquido) é realizado para verificar quantificando a decisão que justifica se o investimento imputado é viável e se paga dentro do tempo de vida útil do equipamento. Para o caso da iluminação, a proposta é substituir todas as lâmpadas fluorescentes HO de 110W do galpão produção por LEDs de 45W, e as Fluorescentes de 40W e 20W usadas em salas menores e administrativas por LEDs de 20W que possuem melhor rendimento, este levantamento inventariou todas as lâmpadas da fábrica incluindo área externa.

Para este cálculo, devemos primeiramente realizar o comparativo entre o valor pago mensalmente e anualmente antes do investimento e o valor que será pago depois, a subtração destes valores nos traz a economia que obteremos, portanto, o primeiro passo é calcular quanto está sendo pago na fatura de energia com a iluminação, para este valor utilizamos a tarifa de energia para modalidade horo-sazonal verde da Resolução Homologatória nº 3.132/2022 vigente desde 1º de novembro de 2022 que homologa o reajuste tarifário anual de 2022 para 2023 da Amazonas Distribuidora de Energia S/A.

De acordo com os cálculos, o valor faturado mensalmente com a iluminação das 752 (setecentas e cinquenta e duas) lâmpadas fluorescentes eram no total de R\$ 7.883,83 com um consumo de 43.192 kWh/mês, neste cálculo foram divididas as lâmpadas dos setores administrativos e produção, e no caso das lâmpadas dos setores administrativos considerou-se 10h de uso visto que nestes locais o uso é apenas em horário comercial e 24 dias por mês, ou seja segunda à sexta, no caso do galpão produção, as lâmpadas permanecem ligadas 24h de segunda a sábado por conta dos turnos de revezamento.

Em contrapartida, o valor faturado em relação ao consumo se as lâmpadas fossem substituídas por LEDs seria R\$ 2.723,98 consumindo 14.923 kWh/mês. A economia mensal obtida seria de:

$$\text{R\$ } 7.883,83 - \text{R\$ } 2.723,98 = \text{R\$ } 5.159,85$$

Anualmente esta economia se transforma em R\$ 61.918,67.

Dando seguimento ao cálculo, para a substituição das 752 lâmpadas o investimento necessário após cotações com diferentes marcas realizadas é de R\$ 107.070,38 considerando os dois modelos de 45W linear para o galpão Produção e 18W para as demais áreas

administrativas, este valor representa a incógnita k na fórmula do VPL. Este valor não contabiliza mão de obra visto que a fábrica possui eletricitistas para realização das substituições.

O fluxo de caixa considera basicamente a subtração entre as receitas que entram com as que saem, neste caso o fluxo de caixa é o valor da economia anual, este valor tende a subir com o passar dos anos levando em consideração os reajustes anuais realizados na tarifa de energia, foi utilizado como referência o último percentual de ajuste para consumidores de alta tensão da Resolução Homologatória nº 3.132/2022 de 5,71%.

Por exemplo, se mantivermos este valor de reajuste, o valor pago caso se mantivessem as lâmpadas fluorescentes atuais seria:

$$R\$ 7.7883,86 + 5,71\% = R\$ 8.334,03$$

valor pago mensalmente após a troca das lâmpadas no seguinte passa a ser o valor a seguir:

$$R\$ 2.723,98 + 5,71\% = R\$ 2.879,51$$

Se subtrairmos estes valores obtemos uma economia de R\$ 5.159,89 que anualmente se transforma em R\$ 65.454,23. Este cálculo foi aplicado para todos os fluxos de caixa e resultou na tabela abaixo com os valores distribuídos em 4 anos (n), tempo estipulado através da vida útil das lâmpadas que está especificada no *datasheet* como 30.000 horas:

Tabela 9 - Fluxo de Caixa

Ano	Fluxo de caixa
1	R\$ 61.918,67
2	R\$ 65.454,23
3	R\$ 69.191,67
4	R\$ 73.142,51

Fonte: Própria

Foi considerada uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 11,73% de acordo com a taxa Selic anual de 2022, este, os valores dos fluxos de caixa e o investimento inicial foram aplicados na equação abaixo para obtenção do valor do VPL:

$$VPL = -k \sum_{i=1}^N \frac{F_{ci}}{(1 + TMA)^i}$$

Aplicando a fórmula os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 10 - Valor Presente Líquido Iluminação

Ano	Valor presente
1	R\$ 55.418,13
2	R\$ 52.432,20
3	R\$ 49.607,16
4	R\$ 46.934,33
Somatório	R\$ 204.391,83
VPL	R\$ 97.321,45

Fonte: Própria

Em consonância ao cálculo do VPL foi realizado o cálculo do tempo de retorno do investimento ou *payback* através da divisão do valor investido (k) pela economia mensal (RM), obteve-se então um resultado de 21 meses ou 1 ano e 9 meses, o cálculo está demonstrado abaixo:

$$TRI = \frac{R\$ 107.070,38}{R\$ 5.159,89} = 21 \text{ meses}$$

Todos estes resultados para entender a viabilidade do projeto estão consolidados na tabela a seguir:

Tabela 11 - Viabilidade Econômica Iluminação

VIABILIDADE ECONÔMICA	
Investimento inicial	R\$ 107.070,38
Economia mensal	R\$ 5.159,89
Economia anual	R\$ 61.918,67
VPL	R\$ 97.321,45
<i>Payback</i> (meses)	21

Fonte: Própria

Interpretando os resultados, um VPL positivo ($VPL > 0$) significa que o investimento é atrativo, quanto ao *payback* o valor investido é estornado em 1 ano e 9 meses dentro do tempo de vida útil para troca dos equipamentos.

Para a refrigeração, o mesmo método foi utilizado, para que se substituíssem todos os condicionadores de ar com etiqueta C por aparelhos de etiqueta A com tecnologia *inverter* e selo PROCEL de eficiência, nesta substituição constam aparelhos de 50.000 BTU/h, 48.000 BTU/h, 24.000 BTU/h, 12.000 BTU/h e 9.000 BTU/h.

Para realizar os cálculos de consumo foram consideradas a potência elétrica consumida dos ares-condicionados e não a potência de refrigeração (BTU/h), os valores de potência consumida são diferentes para a etiqueta A e C que podem ser visualizados através de uma tabela de split piso teto disponibilizada pelo PROCEL, onde constam informações dos aparelhos de acordo com o fabricante e modelo. Abaixo a quantidade de aparelhos que precisam ser substituídos de acordo com a capacidade de refrigeração:

Tabela 12 - Distribuição de ares-condicionados com etiqueta C

Ares-condicionados etiqueta PROCEL C	
Capacidade (BTU/h)	Qtde
48000	3
24000	2
12000	8
9000	6

Fonte: Própria

No total são 19 aparelhos de etiqueta C, a energia consumida de acordo com os cálculos soma 9.000,94 kWh/mês ou R\$ 1.642,94/mês, se a substituição dos aparelhos fosse realizada o consumo cairia para 8.039,98 kWh/mês contabilizando R\$ 1.467,54, a economia mensal seria de:

$$R\$ 1.642,94 - R\$ 1.467,54 = R\$ 175,40$$

Anualmente este valor soma um total de R\$ 2.104,85, após uma longa pesquisa de mercado buscando equipamentos economicamente viáveis e de bom desempenho energético, foram escolhidos aparelhos da marca Elgin, o valor do investimento inicial seria de R\$ 53.586,62 considerando os valores unitários a seguir:

- 48.000 BTU/h: R\$ 7.837,54
- 24.000 BTU/h: R\$ 3.279,00
- 12.000 BTU/h: R\$ 1.699,00
- 9.000 BTU/h: R\$ 1.654,00

Também não se faz necessidade de contratação de mão de obra para instalação pois a empresa possui uma equipe especializada em refrigeração que é capaz de realizar o serviço de forma gradual.

O fluxo de caixa considerado possui a mesma lógica do apresentado anteriormente no cálculo de viabilidade da proposta de substituição da iluminação, foi considerado um percentual de reajuste anual na tarifa de acordo com o último homologado, portanto, a economia anual considerada como fluxo de caixa tende a subir com os anos, os resultados estão salientados a seguir considerando a vida útil média de um equipamento sendo 10 anos (n):

Tabela 13 - Fluxo de Caixa Refrigeração

Ano	Fluxo de caixa
1	R\$ 2.104,85
2	R\$ 2.225,04
3	R\$ 2.352,08
4	R\$ 2.486,39
5	R\$ 2.628,36
6	R\$ 2.778,44
7	R\$ 2.937,09
8	R\$ 3.104,80
9	R\$ 3.282,08
10	R\$ 3.469,49

Fonte: Própria

No cálculo do VPL foi considerada uma taxa de atratividade de 11,73% ao ano, substituindo os valores dos fluxos de caixa e TMA na fórmula obtemos os valores abaixo:

Tabela 14 - Valor Presente Líquido Refrigeração

Ano	Fluxo de caixa anual
1	R\$ 1.883,87
2	R\$ 1.782,37
3	R\$ 1.686,33
4	R\$ 1.595,47
5	R\$ 1.509,51
6	R\$ 1.428,18
7	R\$ 1.351,23
8	R\$ 1.278,42
9	R\$ 1.209,54
10	R\$ 1.144,37
Somatório	R\$ 14.869,30
VPL	-R\$ 38.717,32

Fonte: Própria

O VPL em 10 anos calculado foi negativo no valor de -R\$ 38.717,32 o que significa que o investimento não é atrativo. Para calcular o *payback* foi dividido o valor investido de R\$ 53.586,62 pelo retorno mensal de R\$ 175,40 resultando em um tempo de 306 meses ou 25 anos e 6 meses, tempo que ultrapassa a de vida útil do equipamento, ou seja, seria necessário substituir novamente os aparelhos antes do investimento já ter se pago. A seguir a tabela que resume todos os valores calculados para avaliar a viabilidade econômica:

Tabela 15 - Viabilidade Econômica Refrigeração

VIABILIDADE ECONÔMICA	
Investimento inicial	R\$ 53.586,62
Economia mensal	R\$ 175,40
Economia anual	R\$ 2.104,85
VPL	-R\$ 38.717,32
<i>Payback</i>	306

Fonte: Própria

6. CONCLUSÕES

Através de simulações realizadas foi ratificado que a modalidade que melhor se aplicava a instalação era a horo-sazonal verde já vigente na conta, esta tarifa possui diferentes valores de cobrança para o consumo na ponta e fora ponta, mas valores iguais para demanda contratada nestes dois períodos, se fazendo a que melhor se adaptada às características do local já que o galpão funciona 24h em três turnos, não possuindo diferença na demanda necessária entre horário de ponta e fora ponta.

Observou-se que a demanda contratada estava superdimensionada em 1100 kW, possuindo o valor acima da real carga demandada da concessionária, o que significa que estava sendo pago mais do que se estava sendo de fato consumido. Como medida de melhoria foi recomendado que se peça a alteração da demanda contratada para 898 kW, este valor já consta os 5% de tolerância aceitável da concessionária de energia para que não se pague multa por ultrapassagem, considerando os valores das faturas no período de janeiro a dezembro de 2022 como referência.

Outro ponto observado foi a multa por excedente de energia reativa contabilizada todo mês, esta cobrança significa um baixo fator de potência que pode ser advindo de várias possibilidades como desbalanceamento de circuitos ou motores superdimensionados, a solução sugerida é o redimensionamento do banco de capacitores para que se possa equilibrar com carga capacitiva a carga reativa no sistema.

Na segunda etapa do trabalho, foi realizado o levantamento de cargas instaladas através da inspeção visual das placas de especificações. Através deste levantamento foi possível verificar os pontos de melhoria que poderiam ser realizados através da substituição de tecnologia obsoletas por tecnologias mais atuais e eficientes energeticamente, por isto, o foco do levantamento de cargas se deu no segmento de iluminação e refrigeração, que representam os maiores consumos depois dos maquinários pesados da produção e onde mais se observou oportunidades de aperfeiçoamento fáceis.

No estudo acerca da iluminação, foram constatadas que das 854 (oitocentas e cinquenta e quatro) lâmpadas instaladas em toda fábrica, 752 (setecentos e cinquenta e duas) eram fluorescentes, havendo a oportunidade otimização do consumo e, conseqüentemente diminuição do valor total pago mensalmente na conta de energia através da substituição por lâmpadas LEDs. Observou-se ainda, que no galpão Produção onde estavam alocadas maior

parte das lâmpadas fluorescentes, especificamente 542 (quinhentos e quarenta e duas) se fazia necessário um estudo mais aprofundado quanto a quantidade de lâmpadas LEDs a serem instaladas, diferente de outros locais onde se era possível apenas substituir no ponto de luz já existente, isto porque as lâmpadas utilizadas neste galpão possuem 2,40 m de comprimento e as LEDs de 45W propostas possuem 31 cm, alternando a quantidade de pontos de luz necessários.

Realizou-se então um cálculo para saber a quantidade correta dos pontos de luz para este modelo de lâmpadas utilizando a metragem quadrada do espaço e a quantidade de lux média exigida pela norma NBR 5413 para aquele tipo de ambiente, segundo a norma, para ambientes com atividades gerais de maquinário a quantidade varia entre 500 e 1000 lux, o valor utilizado para os cálculos foi o valor médio de 750lux. De acordo com os resultados, são necessários 421 pontos de luz no galpão Produção para iluminar adequadamente o local. O estudo de viabilidade econômica realizado em cima da proposta de substituição de todas as lâmpadas fluorescentes por LEDs indicou que o investimento é viável pois o valor do VPL foi positivo sendo R\$ 97.321,45 e o *payback* dentro do tempo estipulado de 4 anos, voltando o valor investido em 1 ano e 9 meses.

Realizou-se o estudo luminotécnico da instalação, as salas foram escolhidas aleatoriamente para averiguar se a quantidade de luz emitida no ambiente estava dentro dos padrões da norma NBR 5413, para esta aplicação foi utilizada como referência os procedimentos e cálculos indicados na norma NBR 5382. De acordo com os resultados todos os ambientes estavam acima da quantidade mínima de 500lux exigida, porém abaixo do valor médio, o estudo realizado acerca da substituição de lâmpadas também irá melhorar os índices de incidência da luz e elevará estes valores.

Após conclusão de todos os estudos quanto ao segmento de iluminação, foram averiguadas as possibilidades de otimização no segmento refrigeração, notou-se que havia muitos aparelhos antigos em uso com a etiqueta C da PROCEL, indicando baixo índice de eficiência energética e maior consumo de energia. O indicado é que se substitua estes equipamentos por aparelhos de etiqueta A e tecnologia inverter. De acordo com os cálculos realizados, a economia gerada é de R\$ 2.104,85 por ano, o VPL mostrou que o investimento não era viável e o *payback* era de 25 anos, mostrando que o valor investido não se pagaria dentro do tempo de vida útil do equipamento considerado 10 anos.

Portanto, pudemos observar que melhorias simples e descomplicadas como alterar o valor da demanda contratada faz a diferença no valor pago de energia, sendo benéfico tanto para a instituição que economiza e reduz gastos quanto para a concessionária que desafoga suas matrizes. Percebemos que a proposta apresentada quanto a iluminação é técnica e economicamente viável, se pagando em pouco mais de um ano, se mostrando uma ação atrativa para começar a se adequar ao conceito de otimização, quanto a proposta que diz respeito a refrigeração, os cálculos de viabilidade mostraram que é um investimento não viável por possuir pouco retorno em relação ao investimento demandado, porém, recomenda-se que, caso seja possível e surjam oportunidades, a troca destes equipamentos menos eficientes por aparelhos de etiqueta A seja feita gradativamente visando a constante melhoria da forma como se utiliza a energia elétrica, além de um estudo focado em todos os maquinários afim de proporcioná-los um melhor desempenho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IEA (2022). **Eficiência Energética 2022**, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>, Licença: CC BY 4.0
- VOLTANI, E. R. **Ar condicionado para arquitetura**. 2014. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0190/Palestra_Ar_Condicionado.pdf> Acesso em 05 de janeiro de 2023.
- LIMA, FABIANO ROBERTO. **Viabilidade econômica e financeira de projetos**. Volta Redonda: FERP, 2019
- PENA, SÉRGIO MEIRELLES. **Sistemas de ar condicionado e refrigeração**. 2022. PROCEL, Julho de 2022
- Subramanian, S., H. Bastian, A. Hoffmeister, B. Jennings, C. Tolentino, S. Vaidyanathan e S. Nadel. 2022. **Placar Internacional de Eficiência Energética 2022**. Washington, DC: Conselho Americano para uma Economia Eficiente em Energia. www.aceee.org/research-report/i2201
- ABNT NBR ISO 50001: **Sistema de gestão de energia- Requisitos com orientações para uso**. 2018.
- ENERGIA LIMPA. (2009) **A reinvenção da luz**. Revista Veja. Edição 2145 – ano 42 – n° 52. 30 de dezembro de 2009.
- COLETIVO DE AUTORES; **Eficiência Energética: Fundamentos e aplicações**. Ira Ed. Itajubá, Campinas-SP, 2012.
- COLETIVO DE AUTORES; **Eficiência Energética: Teoria & Prática**. [Coordenação Milton César Silva Marques, Jamil Haddad, Eduardo Crestana Guardia]. Lra Ed. Itajubá, MG: FUPAI, 2007.
- COLETIVO DE AUTORES; **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. [Coordenação Milton César Silva Marques, Jamil Haddad, Eduardo Crestana Guardia]. Lra Ed. Itajubá, MG: FUPAI, 2006.
- NAÇÕES UNIDAS. *Banco Mundial: Eficiência Energética é fundamental para futuro com cidades sustentáveis*. (1 de Agosto de 2018). Fonte: <https://nacoesunidas.org/banco-mundial->

eficiencia-energetica-e-fundamental-para-futuro-com-cidades-sustentaveis/USP. *Energia e Seus Impactos*. Fonte:

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1065929/mod_resource/content/0/cap%205%20A%20Energia%20e%20Seus%20Impactos.pdf>

ANEEL. **Programa de Eficiência Energética**. 29 de Setembro de 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>. > Acesso em: 9 de junho de 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, p. 1, 1992.

BRASIL. Ministério de Minas Energia. **Quem é Quem da Eficiência Energética no Brasil**. Novembro de 2019. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/20182/a2c57853-ea85-8e11-9220-0c013ac884e8>> Acesso em 10 de julho de 2021.

PROCELINFO. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. **PROCEL SELO - Eficiência Energética em Equipamentos**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDF05F4A2E14D84958AAEE698B55F104EAPTBRIE.htm>> Acesso em 10 de julho de 2021.

BRASIL. Ministério da Economia. **Conheça o Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Abril de 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/conheca-o-programa>> Acesso em 10 de julho de 2021.

TREASY. **Valor Presente líquido**. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/valor-presente-liquido-vpl/>> Acesso em 10 de julho de 2021.