



Marcelo Ferreira Junior

**Estudo de caso para um retrofit de iluminação de um galpão para viabilidade
da certificação LEED O&M**

São Paulo - SP
2021



Marcelo Ferreira Junior

**Estudo de caso para um retrofit de iluminação de um galpão para viabilidade da
certificação LEED O&M**

Trabalho de Pós-Graduação apresentado
ao Conselho de Curso do PECE em **(energias
renováveis, geração distribuída e eficiência
energética)** do Programa de Educação
Contínua da Escola Politécnica da USP de São
Paulo, Universidade de São Paulo, como parte
dos requisitos para obtenção do diploma de
Pós-Graduação em **(energias renováveis,
geração distribuída e eficiência energética)**.

Orientador: Me. Eduardo Yamada

São Paulo
2021

De modo especial, à minha mãe Simone, que sempre me apoiou na vida e na minha formação, foi o grande incentivo para que eu continuasse no curso, e a toda minha família.

RESUMO

Nesse trabalho será apresentada a necessidade da eficiência energética em empreendimentos e sua aplicação em sistemas de iluminação. Será realizado um estudo de caso referente a um retrofit de iluminação em um galpão logístico e posteriormente uma análise para sua integralização na certificação LEED, dessa maneira, iremos observar que a eficiência energética gera um ganho econômico para quem a realiza, além de poder facilitar a obtenção de um certificado renomado. Temos que a eficiência energética é um método de diminuir o consumo como um todo e dessa maneira gera economia para quem a realiza além de diminuir impactos ambientais em detrimento de um crescimento na matriz energética.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética. Retrofit Iluminação. Certificado LEED. Iluminação.

ABSTRACT

In this work, the need for energy efficiency in industry and its application in lighting systems will be presented, thus carrying out a case study on a lighting retrofit carried out in a logistic shed and later an analysis for its integration into the LEED certification, Beyond Economic gain generated by energy efficiency will be taken into account the relevance embodied by a renowned certificate. Energy efficiency is a method of reducing consumption as a whole and thus impacting the economy for those who carry it out, in addition to reducing environmental impacts to the detriment of a growth in the energy matrix.

KEYWORDS: Energy efficiency. Retrofit lighting. LEED certificate. Lighting.

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Demanda Energética.....	1
1.2 Conceito de Eficiência Energética.....	2
1.3 Objetivo	3
1.4 Sinopse do Trabalho	3
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	4
2.1 Conceitos Básicos.....	4
2.2 Cidades Inteligentes e eficiência energética.....	4
3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	6
3.1 Eficiência Energética.....	6
3.2 Eficiência Energética no Mundo	8
3.3 Eficiência Energética no Brasil	9
3.3.1 Plano Nacional de Energia – PNE 2030.....	11
4 METODOLOGIAS DE EFICIENCIA ENERGETICA E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	13
4.1 PROCEL.....	13
4.1.1 Selo PBE EDIFICA	13
4.2 Certificação LEED	14
4.3 LEED para Eficiência energética	19
4.4 Processo AQUA	20
5 GALPÕES LOGÍSTICOS	22
5.1 Galpões Logísticos no Brasil.....	22
5.2 Cargas no Galpão Logístico	23
5.3 Sistema de Iluminação em Galpões.....	24
5.4 História da iluminação.....	25
5.5 Luminárias com vapor de mercúrio.....	27
5.6 Lâmpadas Incandescentes.....	27
5.7 Lâmpadas LED	29
5.8 Lâmpadas LED de elevada potência	31
5.9 Luminárias LED tipo HIGH BAY	32
6 ESTUDO DE CASO.....	36
6.1 Projeto de Eficiência Energética.....	36
6.2 Aplicação Certificação LEED (O+M).....	41
6.2.1 Pré-requisito: Práticas recomendadas de gerenciamento de eficiência energética.....	42
6.2.2 Pré-requisito: Desempenho de energia mínima.....	42
6.2.3 Pré-requisito: Medição de energia em nível de edifício	43
6.2.4 Pré-requisito: Gerenciamento fundamental de refrigeração	43
6.2.5 Pré-requisito Contemplados	43
6.3 Créditos.....	44
6.3.1 Crédito: Análise de comissionamento de edifício existente.....	44
6.3.2 Crédito: Implementação de comissionamento de edifício existente	44
6.3.3 Crédito: Comissionamento contínuo	45
6.3.4 Crédito: Otimização de performasse energética.....	45
6.3.5 Crédito: Medição avançada de energia.....	48
6.3.6 Crédito: Resposta a demanda	48
6.3.7 Crédito: Energia renovável e créditos de carbono.....	49
6.3.8 Crédito: Gerenciamento aprimorado de refrigeração	49
6.3.9 Aplicação dos créditos.....	50
7 CONCLUSÃO.....	52

8	BIBLIOGRAFIA	54
9	ANEXOS.....	59

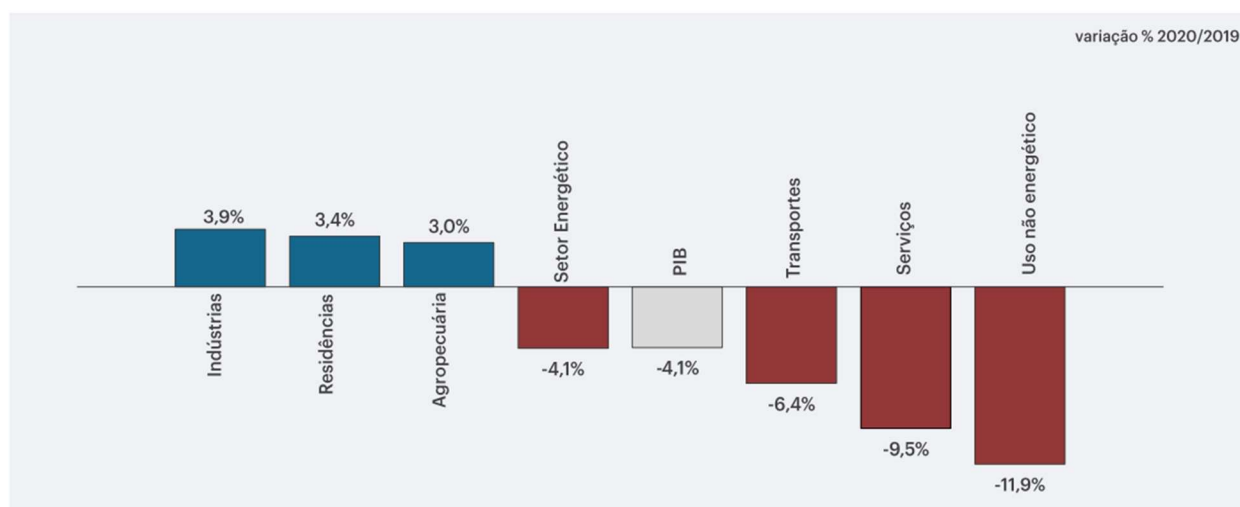
1 INTRODUÇÃO

1.1 Demanda Energética

Com o aumento do uso de energia em todo o mundo chega-se em um estado de alerta. Os impactos que são gerados por fontes de energias “não limpas” prejudicam ainda mais o nosso planeta, pode-se citar como impacto alguns fenômenos como o aquecimento global, a destruição da camada de ozônio, mudanças climáticas entre outros. (CHUA et al., 2012).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Ministério de Minas e Energia, o consumo de energia no Brasil se divide em 32,1% para as indústrias, 31,2% em transportes, 10,8% nas residências, 11,2% do setor energético, 5,1% na agropecuária, 4,7% de serviços e 4,9% de uso não energético. Também com a apresentação do gráfico 1.1 a seguir temos a variação percentual do consumo de energia entre 2020 e 2019. Sendo que nesse período o Brasil encontra-se em uma crise, na qual seu PIB (produto interno bruto) caiu cerca de 4,1% e em meio a esse cenário pandêmico causado pelo Covid-19 as demandas energéticas foram realocadas para se adaptar ao estilo imposto pelo lockdown, como exemplo a área de residências que teve um crescimento de 3,4% e a área de serviços com uma retração de 9,5% causada pela nova forma de trabalho remoto adotada forçadamente pelas empresas e funcionários. Por conta da injeção de dinheiro na economia setores como o industrial e o da agropecuária tiveram crescimento de 3,9% e 3,0% respectivamente apesar da queda do PIB de 4,1%.

Gráfico 1.1 – Variação do Consumo de Energia no Brasil:



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2021.

Temos no Brasil um elevado uso de energias renováveis na matriz elétrica, sendo em torno de 84,8% em 2020 segundo a EPE em comparação com a média no mundo que está em torno de 23,0% em 2018, entretanto a maior fonte dessa energia renovável está na energia hidráulica que por sermos um país com um potencial grande para a mesma estamos esbarrando em seu limite por termos explorado grande parte dos rios e bacias hidrográficas com vazão necessária, assim não podendo acompanhar a demanda por energia que tem só a tendência a crescer, além de mesmo sendo uma fonte renovável de energia as fontes hidráulicas muitas vezes tem impactos elevados em sua concepção, podemos citar a perda de solos, perda de espécies e plantas e como a própria translocação de populações para a viabilidade de um empreendimento de um grande porte, como cita Palz (2002).

Devemos buscar fontes alternativas para esse crescente energético com pesquisas voltadas para buscar soluções energéticas, suprir as necessidades e algumas para diminuir os gastos energéticos sem diminuir a comodidade ou a evolução da tecnologia. Essas pesquisas são a base para a eficiência energética que visa o melhor aproveitamento da energia já existente, para assim não ser menos necessário a busca por novas fontes.

1.2 Conceito de Eficiência Energética

Podem-se definir como ações de eficiência energética toda e qualquer ação que promova a redução do consumo de energia, mantendo-se o nível de serviço prestado e considerando o conforto dos ocupantes. Podendo assim afirmar que as ações para o aumento da eficiência energética promovem aumentos na razão entre o nível de energia produzida e o nível de energia consumida. Essas ações de eficiência energética concentram-se normalmente nos estágios de operação e manutenção de sistemas e podem promover, em conjunto com a redução de consumo dos insumos (energia, água, gás etc.), reduções nos custos de operação e/ou manutenção (menos reparos e aumento da eficiência dos sistemas e/ou equipamentos). As ações para melhoria da eficiência energética podem resultar também em aumentos de lucratividade associados à melhoria da qualidade e da confiabilidade dos processos. (HERNANDEZ NETO et al., 2019).

Nesse sentido, técnicas vêm sendo desenvolvidas para avaliação e gestão da energia, permitindo o controle das demandas, principalmente em uma instalação comercial ou industrial. Essas técnicas são consolidadas, dando origem a normas que são mundialmente empregadas, como a família de normas ISO 14000 (Iso, 2014) e ISO 50001 (ISO, 2011). (HERNANDEZ NETO et al., 2019).

1.3 Objetivo

Esse trabalho tem como objetivo estudar uma solução de eficiência energética implementada em um galpão logístico e com isso analisar seu resultado de economia energética e financeira, assim avaliando a aplicabilidade da certificação LEED nesse empreendimento, estudando as necessidades para se obter esse certificado e os benefícios de um projeto de eficiência energética na obtenção desse tipo de certificação. Para isso se faz necessária um estudo de projetos de eficiência energética em iluminação, com um foco na iluminação e sua evolução ao longo do tempo e aplicabilidade em retrofit e um estudo sobre a certificação em empreendimentos industriais para uma aplicação mais sustentável.

1.4 Sinopse do Trabalho

No capítulo 1 apresentam-se as motivações para a realização do trabalho como o aumento do consumo energético, a utilização de eficiência energética, as normas mundialmente empregadas, os objetivos do trabalho e a sinopse.

No capítulo 2 apresentam-se uma introdução histórica, o estado atual da tecnologia e o por meio das cidades inteligentes atuais a expectativa do futuro.

No capítulo 3 apresentam-se os conceitos eficiência energética, seu estado no mundo e no Brasil.

No capítulo 4 apresentam-se a metodologia de eficiência energética na construção, algumas certificações e o conceito de certificação LEED, suas vantagens, necessidades para a obtenção e aplicação.

No capítulo 5 apresentam-se a utilização de galpão logístico no Brasil e as maiores cargas presentes nesse ambiente e um aprofundamento em iluminação nos galpões.

No capítulo 6 apresenta-se o projeto realizado de retrofit, o estudo de economia e eficiência, além da aplicabilidade na certificação LEED.

No capítulo 7 apresenta-se as conclusões do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Conceitos Básicos

Deve-se realizar uma revisão bibliográfica para o melhor entendimento do estado da arte e da importância da eficiência energética para a humanidade e no uso da energia atualmente.

2.2 Cidades Inteligentes e eficiência energética

Tendo como base a tecnologia de sensores e equipamentos inteligentes e todos interligados por meio de um sistema de internet das coisas (Internet of Things – IoT) as lâmpadas led tomam um posto importante com esse sistema sendo a forma principal de se espalhar a rede, sendo necessário um investimento relativamente baixo para o início de suas aplicações, como o Exati (2018) destaca temos várias aplicações em que levariam uma melhora na qualidade de vida vinda por meio da IoT como por exemplo:

- Informes com alertas de catástrofes e enchentes;
- Oferta de serviços comerciais em uma região para atrair mais clientes;
- Controle de semáforos e monitoramento de veículos no trânsito;
- Aumento da segurança por meio de detectores de disparos de armas de fogo;
- Alerta a motoristas sobre vagas de estacionamento disponíveis na região em que estão;
- Monitoramento de fatores ambientais, como a limpeza de ruas e a qualidade do ar.

Temos a eficiência energética agindo a favor da evolução das cidades inteligentes, com a utilização da própria lâmpada led no design de uma cidade inteligente, sendo essa a lâmpada mais econômica gerando por si só uma redução no consumo, além de diversas técnicas de redução conforme destaca o Exati (2018):

- Verificar se uma lâmpada está acesa ou apagada;
- Ajustar a intensidade da luz de acordo com a demanda do local;
- Acender as lâmpadas somente em horários necessários;
- Monitorar o consumo de energia em cada ponto;
- Descobrir se a lâmpada está próxima do fim de sua vida útil.

Segundo o Sebrae (2017), podemos ainda classificar as cidades inteligentes por meio de sua abordagem: *bottom-up* (de baixo para cima) ou *top-down* (de cima para baixo).

No caso da aplicação *bottom-up*, as cidades trabalham com dados de sensores instalados pela cidade, câmeras de monitoramento, redes sociais, dentre outros. Tudo é integrado em uma só plataforma, que permite o gerenciamento eficiente dos serviços, ou seja: as decisões são tomadas de acordo com as atitudes e o pensamento dos usuários. Esse formato é muito utilizado nas grandes cidades que buscam tornar-se seus serviços inteligentes porque é uma questão de adaptação. (SEBRAE, 2017).

já a abordagem *top-down*, que recria cidades do zero, fazendo a estrutura inicial trabalhar em favor delas. É o caso de Songdo, na Coreia do Sul. Nesse exemplo, toda a estrutura é montada para que a cidade seja inteligente. (SEBRAE, 2017).

Na figura 2.1. é apresentado as principais aplicações em que a cidade inteligente pode contribuir para a população que vive nela, como por exemplo, já citado anteriormente, a eficiência no transporte e iluminação da cidade.

Figura 2.1 – Aplicações em cidades inteligentes:



Fonte: Overstreet, 2020.

3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

3.1 Eficiência Energética

O objetivo da política energética deve ser contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade como um todo. Das diversas opções de políticas energéticas, a ação do desenvolvimento de fontes de energia renováveis e a adoção da eficiência energética são, sem dúvida, os instrumentos mais afinados aos critérios do desenvolvimento sustentável (OECD, 2000)

Segundo Attfield (1999), o desenvolvimento sustentável depende de responsabilidade de todos e uso mais eficiente dos recursos disponíveis para a humanidade, o que envolve a diminuição do uso da energia pelas sociedades e a adaptação dos estilos de vida, de acordo com os meios disponíveis do planeta Terra.

Levine et al (1998), apontam que são necessário esforços contínuos de pesquisa, desenvolvimento em tecnologias e práticas para aumentar a eficiência energética para garantir um futuro energeticamente eficiente, além da implementação de políticas efetivas de energia eficiente e demais programas para a ampliação do conhecimento, de tecnologia e instrumentos para a transformação de mercados para os países em desenvolvimento.

Mills e Rosenfeld (1998) apontam sete benefícios da utilização de medidas de eficiência energética, que não são necessariamente ligadas à motivos diretamente energéticos, sendo eles:

- Melhoria do ambiente interno: conforto térmico, saúde e segurança, entre outras;
- Redução dos níveis de ruídos (ex. Janelas eficientes);
- Economia de trabalho e de tempo (ex. Micro-ondas eficiente);
- Melhoria do controle do processo produtivo (ex. Motores com variação de tensão);
- Aumento do bem-estar (ex. Reatores eletrônicos eliminam ruídos dos sistemas de iluminação);
- Economia de água e redução do desperdício (utilização da água da chuva);
- Benefícios diretos e indiretos da diminuição do tamanho do equipamento.

Kuennen (1998) defende que não devemos encarar a eficiência energética de forma reducionista, mas sim como um meio de atingir objetivos mais amplos, como o

desenvolvimento sustentável e a equidade da sociedade. “Visto por um ângulo mais amplo, a eficiência deve estar condicionada a uma filosofia que a reconhece como um meio de elevar a finalidade humana e não um fim em si”. Desse modo, introduz o conceito de relatividade ontológica da eficiência, em que a eficiência de qualquer ação depende de uma abordagem única referente a cada meio onde será aplicada, seja na sociedade, com os materiais empregados, em termos culturais, ideológicos, entre outros. Segundo Kuennen (1998) o importante é o processo do desenvolvimento sustentável e não, e somente, pelo status de estar realizando um projeto sustentável.

A maioria dos equipamentos tecnologicamente eficientes agregam diversos benefícios indiretos da não-energia em várias categorias, como os reatores eletrônicos, que além de gerar economia de energia, aumentam o conforto e a qualidade nos ambientes, ao eliminar ruídos e cintilação das lâmpadas fluorescentes. Valendo assim ressaltar, que esses benefícios indiretos da não-energia, podem vir a ter um papel significativo, especialmente no que se refere aos benefícios ambientais resultantes de medidas mais eficientes de produção de energia, que hoje não estão sendo contabilizados nos planos do setor energético, tais como conforto ambiental, melhoria da qualidade de vida e melhoria da saúde. (MENKES, 2004).

Temos que os principais benefícios da eficiência energética podem ser percebidos, segundo Jechoutek (1998), pelos principais “atores” envolvidos no processo, ou seja, as empresas, a sociedade e as concessionárias de energia, desde que ocorram alguns requisitos para isso:

- Parcerias entre concessionárias e empresas de energia, órgãos financiadores, empresas produtoras de equipamentos eficientes, principais consumidores (indústria e transporte);
- Adequação da eficiência à cultura e às necessidades de cada região;
- Energia a preços de mercado;
- Instituições fortes para implementar os projetos;
- Monitoramento e verificação da energia economizada;
- Custos transacionais mais baixos.

Além dos pontos já citados anteriormente a eficiência energética é vital para o planeta e para o maior vilão do século 21, as emissões de Dioxido de carbono (CO2), Geller (2003) afirma que, no longo prazo, a eficiência energética é crítica para a redução

das emissões, uma vez que não existem tecnologias para o controle dessas emissões provenientes das usinas térmicas, veículos etc.

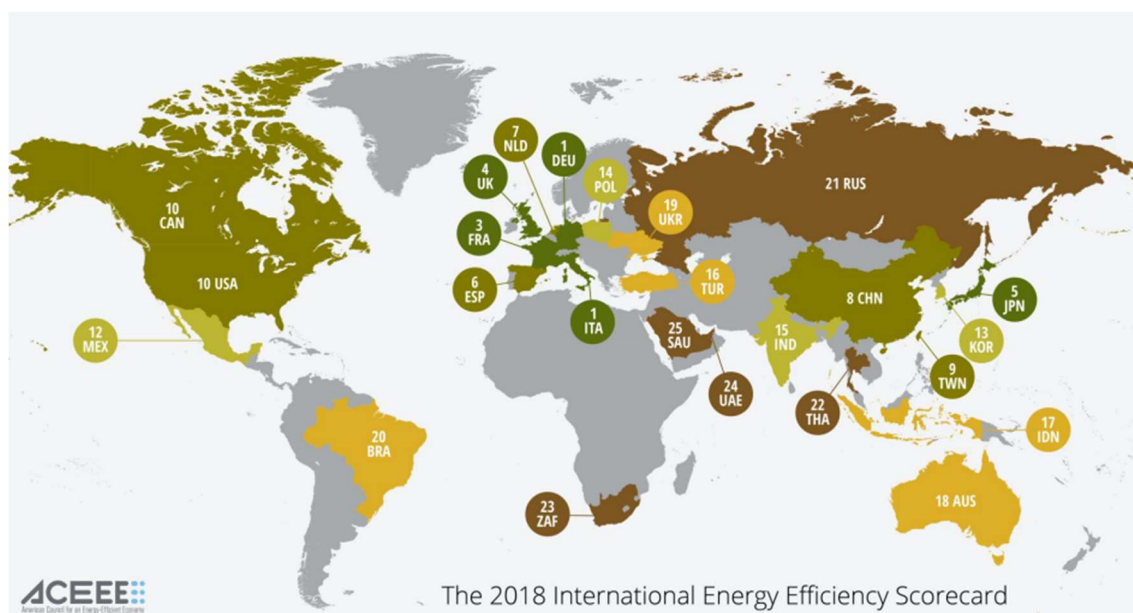
A eficiência energética tem concomitantemente vinculação com problemas ambientais globais, como o efeito estufa e as mudanças climáticas; regionais, como as chuvas ácidas provenientes das chaminés das fábricas/indústrias, nacionais e locais como a poluição atmosférica na maior parte dos centros urbanos. Embora seja um problema global e responsável pela implementação dos programas de eficiência energética na maioria dos países desenvolvidos, no Brasil o efeito estufa não é o fator prioritário para a implantação das ações de eficiência energética o país visa ao estabelecer os programas de eficiência energética ter as vantagens de ordem econômica, e de segurança/energético (suprimento de energia elétrica). (MENKES, 2004)

3.2 Eficiência Energética no Mundo

Temos em diversos países ações e programas de eficiência energética, segundo Menkes (2004) diversos países têm instituições dedicadas a tratar do tema e essas instituições estão ligadas ao setor ambiental, como é visto no EUA por meio da Energy Star que é vinculada à Agência de Meio Ambiente/*Environment Protection Agency* (EPA). De todo modo, o estabelecimento de agências de eficiência energética e a relação destas com a implementação de medidas e o aumento da eficiência energética, vai depender da prioridade que cada governo e a sociedade de um modo geral com o tema. Nos países desenvolvidos, por exemplo, a quantidade de organizações não governamentais que vem trabalhando com essa questão é infinitamente maior do que nos outros países, o que demonstra a integração e a priorização dada ao tema por toda a sociedade.

Em 2018 o Conselho Americano para uma Economia Energeticamente Eficiente/*Americna Council for na Energy-Eficient Economy* (ACEEE) divulgou uma pesquisa em que elenca diversos países de acordo com suas aplicações de eficiência energética, seja por políticas ou desempenhos, no qual o Brasil aparece em 20º colocado de 25 países analisados, conforme podemos notar na figura 3.1.

Figura 3.1 – Ranking por país de eficiência energética:



Fonte: ACEEE, 2018.

Podemos notar que nesse Ranking temos países desenvolvidos e com grande foco no meio ambiente em 1 lugar, sendo eles a Alemanha e a Itália, que são seguidos por outros países da Europa que tem por meio da união europeia políticas mais rigorosas de eficiência energética e preservação do meio ambiente, sendo eles França e Reino Unido, somente aparecendo um país que não faça parte dessa região no 5º lugar, sendo ele o Japão.

3.3 Eficiência Energética no Brasil

No Brasil temos a lei nº 10.295, que é conhecida como Lei de Eficiência Energética. Segundo o PROCEL essa lei é concebida sob o entendimento de que a conservação de energia deve ser finalidade da Política Energética Nacional, assim ela estimula o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional. Além disso essa lei entende que existem níveis mínimos de eficiência energética e/ou máximos de consumo de energia para determinados equipamentos consumidores ou não de energia elétrica, além de edificações construídas, com base em indicadores técnicos pertinentes.

Podemos citar algumas ações tomadas por conta da lei, elencadas pelo PROCEL:

- Realização de Estudos de Impactos Regulatórios - EIR para as “Lâmpadas a Vapor de Sódio de Alta Pressão” e “Ventiladores de Teto”;

- Aprovação da proposta do “Plano de Ação do CGIEE” com o objetivo de proporcionar maior eficácia, aperfeiçoar a transparência e ampliar a participação nos procedimentos regulatórios do CGIEE;
- Aprovação do processo visando à etiquetagem compulsória para edificações da administração pública federal, em 01/10/2013, por ocasião da 23ª Reunião do CGIEE;
- Realização de Missão Técnica ao escritório central do Collaborative Labeling and Appliance Standards Program – Clasp, em Washington, DC, entre 19 e 20 de junho de 2013. Como consequência, encontra-se em fase de elaboração uma proposta de Acordo de Cooperação Técnica, sob a coordenação do PBE/Inmetro, com foco no desenvolvimento de metodologias e ferramentas computacionais para a realização de estudos de seleção e priorização de equipamentos, bem como para a realização de EIR;
- Aprovação da versão final do “Plano de Fiscalização do CGIEE”, cujo início das atividades de campo está previsto para o ano de 2014;
- Conclusão da regulamentação específica dos Transformadores de Distribuição em Líquido Isolante, por meio de Portaria Interministerial.

Segundo Menkes (2004) países desenvolvidos unem a evolução da discussão de energia e o meio ambiente, enquanto no Brasil os dois setores ainda não possuem uma sinergia de trabalho conjunto. Deve-se levar em consideração, que na década de 90 houve um considerável avanço, no que se refere a da política energética. No que se refere à eficiência energética, está ainda não é tida, na prática, como um instrumento de políticas públicas de meio ambiente no Brasil, embora o País considere o tema das mudanças climáticas e da poluição atmosférica urbana nas políticas públicas ambientais, não houve total conscientização, por parte dos tomadores de decisão, de que uma das formas efetivas de combate à poluição atmosférica, e de diminuição da emissão de gases causadores do efeito estufa seja a institucionalização de programas de eficiência energética. Atualmente mesmo com o foco tomado pelo PROCEL ainda temos uma discussão pequena a respeito de eficiência energética no Brasil se compramos com países desenvolvidos, nos quais a discussão é bem mais madura.

3.3.1 Plano Nacional de Energia – PNE 2030

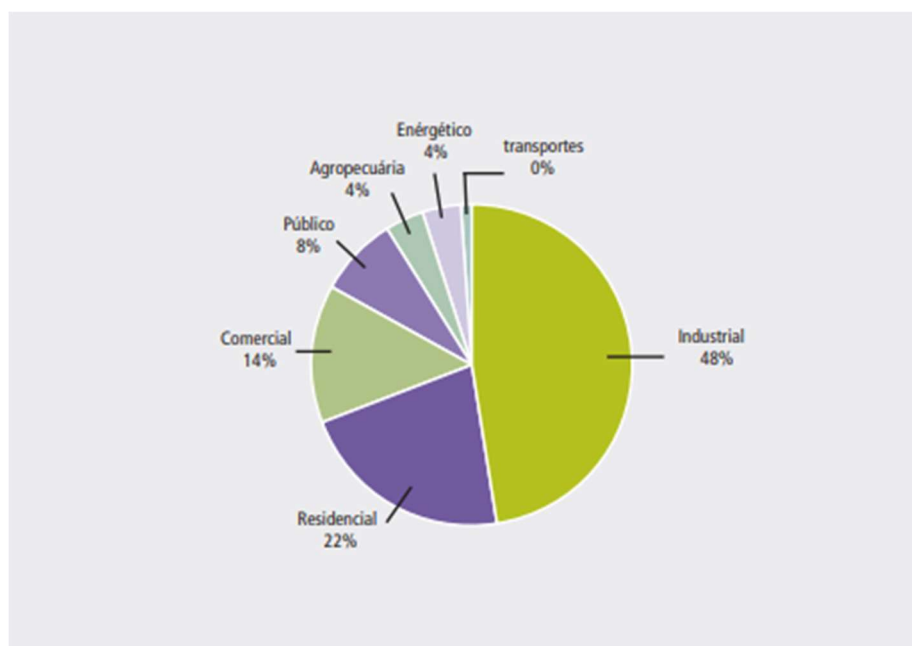
Em 2007 foi lançado um estudo por meio da empresa de pesquisa energética (EPE) juntamente com o Ministério de Minas e Energia (MME) visando abordar a situação do setor energético do país motivado pelas crises de energia ocasionadas na época ele é conhecido como O Plano Nacional de Energia, PNE 2030, nele é possível se verificar as estratégias para a crescente demanda energética do Brasil.

O PNE 2030 se constitui em estudo pioneiro no Brasil realizado por um ente governamental. Se desenvolve um estudo de planejamento de longo prazo de caráter energético, sendo possível citar nesse plano que ele não cobre somente a questão da energia elétrica, como também dos demais energéticos, notadamente petróleo, gás natural e biomassa. (EPE, 2007).

Entre 2005 e 2007 foram realizados diversos estudos que deram origem ao PNE 2030. Esses estudos foram divididos em 12 volumes, que tratam sobre diversos assuntos relacionados ao setor energético. O volume 11 tem como tema a Eficiência Energética. (SOBREIRA, 2017).

Nesse estudo foi apresentado o potencial de economia de energia na matriz atual do Brasil, entre os dados apresentados vale citar que o setor industrial é o que tem maior potencial de conservação de energia, por se tratar de uma grande parcela do consumo e ter equipamentos mais antigos instalados que podem ser substituídos causando um grande impacto no gasto atual. Podemos notar na figura 3.2 que o setor industrial em 2006, momento do estudo, ocupava 48% da matriz.

Figura 3.2 – Distribuição do consumo final de energia elétrica:



Fonte: EPE, 2007.

4 METODOLOGIAS DE EFICIENCIA ENERGETICA E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

4.1 PROCEL

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) é um programa de governo, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME e executado pela Eletrobras, sendo criado em 30 de dezembro de 1985, pela Portaria Interministerial nº 1.877. Já em 2016, com a promulgação da Lei nº 13.280, o Procel passou a contar com uma fonte de recursos, essa fonte vinda de investimentos aprovados pelo governo e agentes do setor energético.

O Procel gera diversas ações de eficiência energética em vários segmentos da economia, que auxiliam o país a economizar energia elétrica e assim gerar benefícios para toda a sociedade brasileira. As seguintes áreas são atingidas de alguma maneira pelo Procel, são elas:

- Equipamentos – identificação, por meio do Selo Procel, dos equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes;
- Edificações – promoção do uso eficiente de energia no setor de construção civil, em edificações residenciais, entre outras;
- Iluminação pública (Reluz) – apoio a prefeituras no planejamento e implantação de projetos;
- Poder público – ferramentas, treinamento e auxílio no planejamento e implantação de projetos;
- Indústria e comércio – treinamentos, manuais e ferramentas computacionais voltados para a redução do desperdício;
- Conhecimento - elaboração e disseminação de informação qualificada em eficiência energética.

4.1.1 Selo PBE EDIFICA

O Selo PBE edifica tem como finalidade ser uma ferramenta simples e eficaz que permite ao consumidor conhecer, entre os equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e que consomem menos energia. Sendo esse utilizado por grande parte da população e equipamentos, para isso, são estabelecidos índices de

consumo e desempenho para cada categoria de equipamento e dessa maneira o candidato ao Selo deve ser submetido a ensaios em laboratórios indicados pela Eletrobras. Apenas os produtos que atingem esses índices são contemplados com o Selo PBE edifica, dessa maneira garantindo a eficiência do produto no seu meio. Na figura abaixo 4.1 temos o selo.

Figura 4.1 – Selo Procel de eficiência energética:



Fonte: Procel, 2021.

4.2 Certificação LEED

O LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações no qual é utilizado em mais de 160 países, que tem como sua meta incentivar a transformação dos projetos,

obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações. (GBC BRASIL, 2021).

Desenvolvido pelo U.S. *Green Building Council* (USGBC), o LEED é uma metodologia de avaliação com o objetivo de identificar, implementar e medir construções e projetos ecológicos, construções, novas e existentes, com e sem visão de bairro. O certificado é voluntário, servindo assim de orientação para o mercado, se baseando em consenso e que serve como um mecanismo de orientação e avaliação para os projetos, construções, e operações de edifícios e bairros verdes de alto desempenho. Os sistemas de classificação LEED atualmente abordam tipos de edifícios comerciais, institucionais e residenciais, bem como desenvolvimento de bairro. (USGBC, 2016).

Segundo USGBC (2016), os sistemas de classificação LEED visam promover uma transformação da indústria da construção por meio de estratégias elaboradas para atingir sete objetivos:

- Contribuir para reverter as mudanças climáticas;
- Para melhorar a saúde e o bem-estar das pessoas;
- Proteger e restaurar os recursos hídricos;
- Para proteger, realçar e restaurar a biodiversidade e o ecossistema;
- Promover ciclos de recursos sustentáveis e regenerativos;
- Criar uma economia verde;
- Para aumentar a equidade, justiça ambiental saúde da população e a qualidade de vida.

O LEED possui 5 tipologias, que consideram as diferentes necessidades de cada tipo de empreendimento, como podemos ver na imagem 4.2 e são elas Design e Construção de Projetos de Empreendimentos do inglês “*Building Design + Construction*” (BD+C), Design e Construção de Interior do inglês “*Interior Design + Construction*” (ID+C), Operação e Manutenção do inglês “*Operation & Maintenance*” (O+M), Vizinhanças do inglês “*Neighborhood Development*” (ND) e Casas do inglês “*Homes*”.

Figura 4.2 – Tipos de LEED:



Fonte: IOSHIMOTO et al., 2021.

O LEED O+M é totalmente voltado para Operação e Manutenção de empreendimentos. Ele oferece aos edifícios já existentes uma oportunidade de melhorar suas operações e pode ser aplicado a diversos locais tais como espaços varejistas, escolas, hospedagens, data centers, armazéns e centros de distribuição e demais tipologias construtivas. (GBC BRASIL, 2021).

Já no Brasil segundo a GBC Brasil (2021) a certificação mais utilizada é a BD+C que é utilizada para os projetos e as construções de novos empreendimentos, sendo eles de qualquer tipo, já a certificação ID+C é utilizada majoritariamente para escritórios, porém ela visa todos os novos empreendimentos internos, assim não se restringindo somente a esse uso específico, contendo também sua utilização em restaurantes, lojas, interior shoppings etc. A certificação ID+C é focada além da eficiência energética e economia das fontes de energia no conforto e bem-estar de quem utilizara aquele espaço.

A Certificação ND é voltada para a região externa e não somente os prédios que a compõem, visando segundo a GBC Brasil (2021), inspirar e ajudar a criar comunidades melhores, no Brasil temos poucos projetos que buscam esse tipo de certificação, sendo por volta de 10 locais que pleiteiam essa certificação em específico.

Esta certificação funciona para todos os edifícios e construções e pode ser aplicado a qualquer momento no empreendimento. Os Projetos que buscam a certificação LEED serão analisados por 8 dimensões. Todas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos (recomendações) que à medida que atendidos, garantem pontos à edificação. O nível da certificação é definido, conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos a 110 pontos. Na figura 4.3 temos os seguintes selos para cada nível atingido, são eles: Certificado, Silver, Gold e Platinum. (GBC BRASIL, 2021).

Segundo a GBC Brasil (2021) os valores pré-requisitos são mandatários no LEED se tornando inviável um projeto ser certificado sem a obtenção de todos os pré-requisitos, já os créditos são pontos a mais, como o próprio nome sugere, premiando assim empreendimentos que tenham destaque ou apliquem determinadas ações e dessa maneira elevando ou viabilizando sua certificação.

Figura 4.3 – Níveis LEED:



Fonte: GBC BRASIL, 2021.

As 8 dimensões avaliadas, figura 4.4, por cada tipologia são:

- Localização e Transporte;
- Espaço Sustentável;
- Eficiência do uso da água;
- Energia e Atmosfera;
- Materiais e Recursos;
- Qualidade Ambiental Interna;
- Inovação e Processos;
- Créditos de Prioridade Regional.

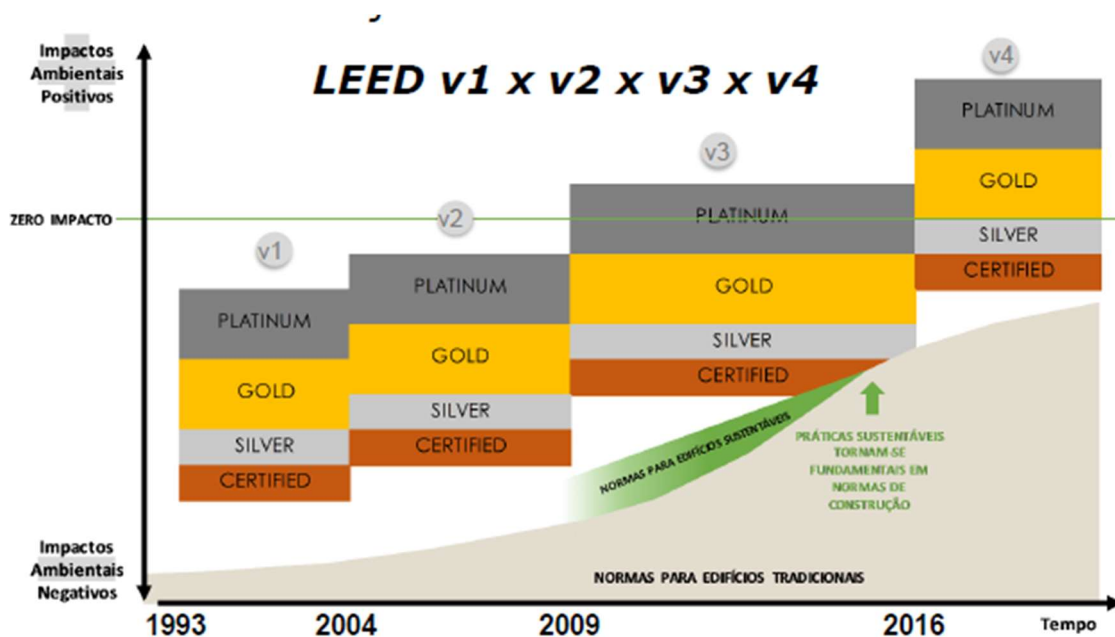
Figura 4.4 – 8 áreas analisadas:



Fonte: GBC BRASIL, 2021.

O Certificado vem evoluindo suas práticas ao longo do tempo acompanhando assim a evolução da tecnologia, por conta disso hoje contamos com a versão 4 do certificado essa que conta com os preceitos de inovação e sustentação mais atuais para essa certificação, no gráfico 4.1 temos o gráfico que aponta essa evolução do certificado e podemos constatar que ele vem se aprimorando e ficando mais rigoroso desafiando assim o mercado e impulsionando ele a se tornar cada vez mais sustentável.

Gráfico 4.1 –Evolução das Versões:



Fonte: IOSHIMOTO et al., 2021.

Com base nesse gráfico podemos notar que para um empreendimento que antigamente na versão 3 tinha zero impacto ambiental seu nível no certificado era máximo, ou seja Platinum, já com a nova versão o empreendimento com zero impacto pode se encontrar até no nível Silver, sendo que para se atingir os níveis mais elevados não basta ter somente o impacto zero, mas sim realizar outras ações além, sendo elas voltadas ao bem-estar do meio ambiente ou das pessoas.

4.3 LEED para Eficiência energética

A eficiência energética no LEED é avaliada pela dimensão da Energia e Atmosfera (EA), segundo a USGBC (2016) essa área abrange o uso de energia e sua redução, estratégias de design de eficiência energética e fontes de energia renováveis. As instalações com uma administração boa que se enquadram nessa área, não são somente as mais eficientes, mas também as mais saudáveis e confortáveis para seus ocupantes, na tipologia de O+M temos um destaque especial por se tratar de um empreendimento já existente, no qual podemos identificar e priorizar melhorias nos pontos de ineficiência com uso de auditorias ou comissionamento, buscando o melhor custo benefício para essas ações, sendo que por muitas vezes elas tem custos baixos e até nulos, assim sem a necessidade de um investimento de capital significativo. Para isso o edificio deve se tornar operacionalmente eficaz e eficiente, sendo que, a equipe deve ter mapeado os sistemas instalados e como funcionam e a medição e comissionamento contínuo são fundamentais para as análises e identificação de possíveis problemas, além disso o treinamento contínuo da equipe é fundamental para o aprendizado de novas técnicas e métodos para otimizar o desempenho como um todo.

Caso ocorra um comissionamento de um empreendimento já existente a metodologia da certificação LEED recomenda que a equipe monitore e colete as informações de seis meses a 18 meses, dependendo do tempo disponível, dessa maneira evitando variações sazonais. Já para o comissionamento contínuo, se desejado, a equipe deve repetir o processo dentro de 24 meses ou menos. (USGBC, 2016).

Essa seção do LEED visa a redução do uso da energia, no caso da tipologia de O+M, para empreendimentos de maneira mais eficiente possível, sendo um acréscimo a essa seção se ocorrer utilização de fontes verdes e renováveis para suprir a carga restante. Sendo também possível a adesão em projetos exteriores ao edificio de redução de

demanda, garantindo assim a segurança do sistema como um todo, sendo reconhecido como um esforço válido pelo certificado.

Para a secção de EA do LEED da tipologia O+M temos 4 tópicos que são pré-requisitos e 8 tópicos que dão créditos ao empreendimento, são eles:

- Pré-requisito: Práticas recomendadas de gerenciamento de eficiência energética;
- Pré-requisito: Desempenho de energia mínima;
- Pré-requisito: Medição de energia em nível de edifício;
- Pré-requisito: Gerenciamento fundamental de refrigeração;
- Crédito: Análise de comissionamento de edifício existente;
- Crédito: Implementação de comissionamento de edifício existente;
- Crédito: Comissionamento contínuo;
- Crédito: Otimização de performance energética;
- Crédito: Medição avançada de energia;
- Crédito: Resposta a demanda;
- Crédito: Energia renovável e créditos de carbono;
- Crédito: Gerenciamento aprimorado de refrigeração.

4.4 Processo AQUA

O Processo AQUA-HQE é uma certificação internacional da construção sustentável desenvolvido a partir da certificação francesa Démarche HQE “*Haute Qualité Environnementale*” e aplicado no Brasil exclusivamente pela Fundação Vanzolini, sendo que o significado da sigla AQUA é “Alta Qualidade Ambiental”. (IOSHIMOTO et al., 2021).

O processo de certificação traz exigências sobre o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) que aborda o planejamento, a operacionalização e o controle de todas as etapas de desenvolvimento do projeto, a partir do comprometimento do cliente com um padrão de desempenho definido e traduzido na forma de um perfil de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), ou seja, o SGE atua na avaliação de gestão ambiental aplicada pelo empreendedor e o QAE atua na avaliação do desempenho arquitetônico e técnico da construção. (IOSHIMOTO et al., 2021).

Nesse certificado no quesito de QAE contamos com a pontuação por estrelas, máximo 5 estrelas por tema, em 4 temas distintos, sendo eles, Meio Ambiente, Energia,

Conforto e Saúde, gerando dessa maneira um ranking de classificação para o número de estrelas totais obtidas pelo empreendimento. Além disso o empreendimento deve atender a algumas características básicas para se tornar apto a obter o certificado.

5 GALPÕES LOGÍSTICOS

5.1 Galpões Logísticos no Brasil

Um galpão logístico é um espaço para desenvolvimento de operações logísticas que incluem: recebimento, armazenagem, separação e distribuição de mercadorias. Ou seja, um galpão logístico é um local para fazer a estocagem e a manipulação de cargas e materiais dos mais diversos tipos. (UVA, 2021)

O mercado imobiliário de condomínios logísticos/industriais, cresce vertiginosamente, face à baixa oferta de galpões de boa qualidade e infraestrutura adequada para locação e venda. Condomínios logísticos/industriais são considerados empreendimentos de base imobiliária (EBI), em função de suas características de geração de renda e busca por rentabilidade adequada a investidores imobiliários profissionais e institucionais, gestores e cotistas de Fundos de Investimento Imobiliário (FII) entre outros. (GALPÕES LOGÍSTICOS/INDUSTRIAIS INFRAESTRUTURA, 2015).

A atividade logística, se entende como gerenciamento estratégico de fluxos de materiais, vem ganhando destaque no segmento industrial como forma de se buscar mais competitividade e não somente no setor industrial tem se mostrado seu principal público a demandar áreas para locação em condomínios, operadores logísticos também se destacam como um público-alvo, para este tipo de empreendimento. (GALPÕES LOGÍSTICOS/INDUSTRIAIS INFRAESTRUTURA, 2015).

No Brasil temos um crescimento desse tipo de empreendimento que vem ocorrendo ao longo do tempo por conta do crescimento dos comércios digitais sendo isso uma tendencia mundial, segundo Perreira (2017) esse crescimento foi de aproximadamente de 5 milhões de metros quadrados em todo o Brasil de 2014 até 2017 sendo que em 2017 o total alcançou um valor de 19,2 milhões de metros quadrados sendo que a concentração deles se dá prioritariamente na região sudeste, aproximadamente 78% do total.

Desde 2020, com o início da pandemia e as medidas de isolamento social, o comércio eletrônico teve um crescimento enorme, aquecendo o mercado de galpões. Como os consumidores estão cada vez mais exigentes e, principalmente, exigindo menores prazo de entrega sendo esse cada vez mais um fator determinante para escolha da loja. Logo, empresas têm buscado investir ou alugar galpões para suprirem as demandas seja de armazenamento ou centro de distribuição. (SOGALPÕES, 2021).

Em ampla expansão, e-commerce registra mais avanços e ganha cada vez mais espaço no segmento de galpões. A participação do comércio eletrônico nesse ramo imobiliário tem crescido ano a ano, o que gera perspectivas positivas para os próximos anos. De 2016 a 2019, houve um aumento de 110% na área ocupada pelo e-commerce no Brasil. Passou a ocupar 662 mil metros quadrados, ao passo que, em 2016, eram 315 mil metros quadrados. Já com a pandemia o comércio eletrônico se intensificou dessa maneira aquecendo ainda mais o mercado de galpões, planejando expandir ainda mais nos próximos anos. (SOGALPÕES, 2021).

5.2 Cargas no Galpão Logístico

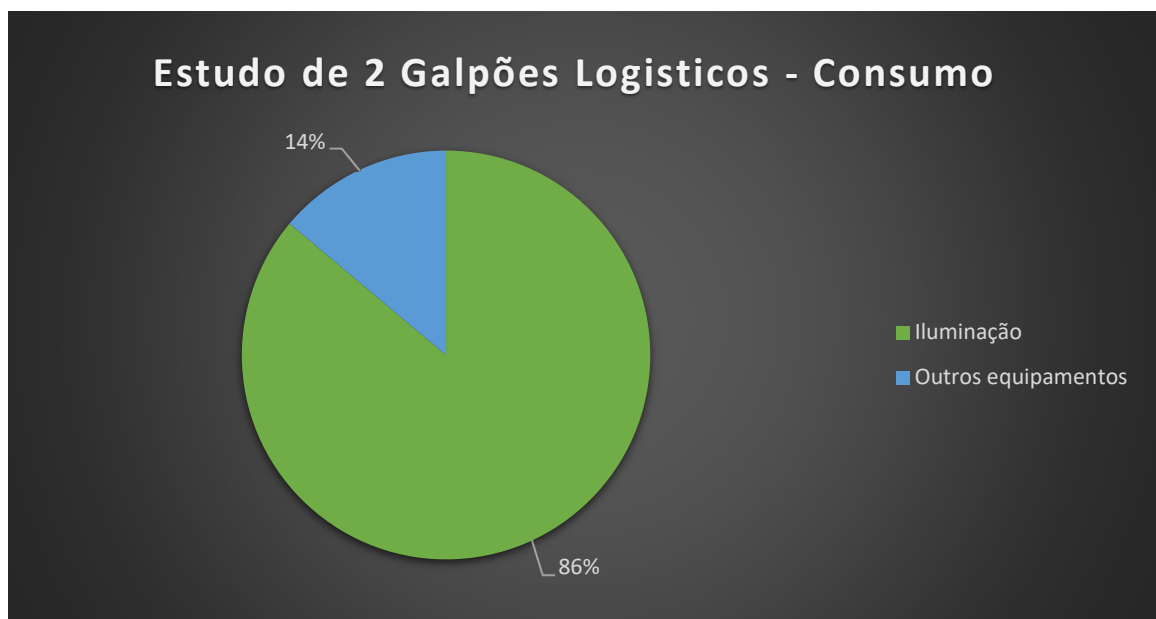
As principais cargas encontradas em um galpão logístico vêm da iluminação, ventilação, refrigeração e carga dos equipamentos utilizados na operação do dia a dia, todos esses fatores podemos integrar a utilização da sustentabilidade, segundo Uva (2021) as seguintes atitudes de sustentabilidade são validadas para a economia em um galpão e melhorar o ambiente para sua utilização, sendo elas:

- Utilização de ventilação natural;
- Tratamento de água e esgoto;
- Uso da luz natural por meio de telhas translúcidas;
- Uso de áreas verdes no ambiente interno e paisagismo;
- Aquecimento solar;
- Equipamentos para diminuir o consumo elétrico como sensores de presença e lâmpadas de LED;
- Dispositivos para desligar ou dimerizar a iluminação artificial interna com o aproveitamento da luz natural;
- Materiais sustentáveis como reciclados;
- Coleta de lixo seletiva;
- Climatização otimizada;
- Inclusão de painéis de energia solar.

Segundo um estudo do CTE (Centro de Tecnologia de Edificações, 2019), galpões tem sua maior porcentagem de carga ocasionada por conta dos gastos com iluminação, principalmente em galpões logísticos, que não se fazem necessário do uso de refrigeração ou de um uso mínimo, por conta de ser um ambiente que tem pouca ocupação de pessoas

e é utilizado majoritariamente para estocar produtos, apresentado na figura 5.1 a porcentagem média do consumo em galpões logísticos, sendo que para compor esse valor foi utilizado dois casos que consistiam em projetos recentes e por conta disso mais eficientes. Ambos os Galpões trabalhavam 24 horas por dia fato que ressalta a importância da iluminação no ambiente, além de terem funções distintas, sendo um de Armazenamento e outro de distribuição. Destacamos com esse estudo

Figura 5.1 – Cargas Médias de um Galpão Logístico:



Fonte: CTE – Centro de Tecnologia de Edificações, 2019.

Destaca-se com esse estudo que a influência de outros equipamentos, sendo eles tomadas, carregadores de empilhadeiras etc. são por volta de 14% da carga total do galpão e que a maior parcela dessa carga, em torno de 86%, se deve a iluminação do local.

5.3 Sistema de Iluminação em Galpões

O galpão precisa ter uma iluminação bem estruturada, que possibilite a melhor visualização de todas as mercadorias armazenadas e atividades a serem realizadas no ambiente. Melhor ainda se for possível aproveitar a luz natural, com a aplicação pontual de telhas translúcidas na cobertura, que deixam passar a claridade solar. (PARQUE TORINO, 2014).

O ideal é que um galpão para armazenamento tenha um pé-direito de 10 a 15 metros livres, de modo que atenda bem à acomodação das mercadorias empilhadas. Uma altura desse porte possibilita a boa disposição das estruturas, permitindo uma boa

verticalização do espaço para armazenar diversos tipos de carga/materiais, facilitando o rápido acesso por parte dos funcionários e das empilhadeiras. (PARQUE TORINO, 2014). Por esse motivo a iluminação deve ser feita por luminária que atendam a especificação de elevadas alturas.

5.4 História da iluminação

A iluminação surgiu nos primórdios com o domínio do fogo, sendo extremamente necessário para a evolução da humanidade, além da obtenção de calor tivemos o ganho de iluminação em períodos do dia ou locais que antes não seria possível realizar trabalho, segundo SIMPSON (2008) a iluminação mais primitiva a baseada em chama, tecnicamente piroluminescência, foi a única fonte de luz “artificial” disponível para humanidade até os tempos modernos. A luz das chamas surge da alta temperatura reação química entre o oxigênio e o “combustível”, a energia é liberada dos átomos e moléculas excitados, e parte dela está na forma de luz. A quantidade de luz emitida depende da temperatura e do combustível sendo queimado.

O fogo não é o meio mais eficiente de se gerar a luz, sendo que seu ápice ocorreu com a invenção do lampião o qual temos o combustível isolado perto da fonte de luz a uma distância que seja segura e ao mesmo tempo eficiente na manutenção da chama, segundo SIMPSON (2008) herdamos características da iluminação a gás que são menos óbvias e tiveram seu princípio dado na era do gás, como a invenção do manto de gás o qual utiliza uma luz branca intensa com a ignição de um ponto do gás confinado que é causada por conta de sais de terras raras que é muito similar ao princípio da luz fluorescente empregada hoje em dia e além disso o princípio de controle de intensidade da luz teve sua origem no fim da era da utilização da iluminação a base de fogo.

Foi então que no ano de 1878 Thomas Edison criou a lâmpada incandescente, por meio de um filamento de tungstênio que se mostrou resistente o suficiente para aguentar as altas temperaturas produzidas pela corrente elétrica exposta e assim produzindo luz sem se partir ou queimar.

Após essa descoberta a lâmpada incandescente foi largamente utilizada na história, porém hoje sabemos que ela não é a mais eficaz. Uma lâmpada incandescente comum tem uma eficiência de 8% (ou seja, 8% da energia elétrica usada é transformada em luz e o restante aquece o meio ambiente). A eficiência de uma lâmpada fluorescente compacta, que produz a mesma iluminação, é da ordem de 32%. (INEE, 2008).

Muitos estudos foram realizados a respeito de iluminação ao longo do tempo para atender o conforto necessário em uma atividade interna, segundo MASCARÓ (2006) a iluminação urbana tem se desenvolvido concomitantemente ao crescimento da urbanização e ao desenvolvimento tecnológico da iluminação elétrica. O crescimento das cidades e o aumento significativo do trânsito de veículos nas últimas décadas motivaram a expansão do sistema de iluminação e a desqualificação do desenho de iluminação, além de esbanjamento energético pelo gigantesco consumo de recursos naturais.

De acordo com Roizenblatt (2009) sobre iluminação pública, existem oito funções da iluminação urbana: criação do ambiente, valorização da paisagem, psicomotora, balizamento, promoção visual, segurança, espetáculo e lazer. Ele afirma que o principal objetivo da iluminação é atender às necessidades das pessoas e promover a identidade de estruturas urbanas. Já para Brandston (2010) “O principal propósito da iluminação urbana é criar cenas iluminadas que propiciem uma imagem segura, convidativa, atrativa e positiva para as pessoas que vivem e trabalham nas vizinhanças servidas por aquela iluminação”.

O desenvolvimento da iluminação das cidades esteve relacionado no princípio ao aumento da quantidade de luz, bem como à melhoria da distribuição de energia, levando ela a mais lugares. A busca pela eficiência na iluminação pública contribuiu para reforçar a visão quantitativa da iluminação através das diretrizes de redução do consumo energético em detrimento de uma visão estratégica vinculada ao planejamento urbano, que contemple também aspectos qualitativos como a produção visual da paisagem urbana, revisando as funções da iluminação pública na atualidade em todas as suas dimensões - morfológicas, sociais, culturais, ambientais e funcionais (ROIZENBLATT, 2009).

Segundo Souza (2017), “com o desenvolvimento urbano, do conhecimento sobre iluminação e das tecnologias, as possibilidades de qualificação dos sistemas de iluminação se ampliaram enormemente. Por outro lado, a escolha adequada de técnicas e equipamentos é fundamental para o atendimento dos objetivos do projeto.” Conforme ressalta Brandston (2010, p.57), “...não há uma solução única capaz de resolver todos os problemas de iluminação e, certamente, não há uma receita para uma resposta.”

Já atualmente a busca se dá as cidades inteligentes nas quais por conta da comunicação vinda da tecnologia atual e as diferentes temos o melhor aproveitamento da energia gerada por toda a cidade, segundo Exati (2018) isso traz serviços públicos mais eficientes, dado ao fato de ser possível se monitorar esses serviços assim possibilitando

aumentar sua eficiência. Tendo como principal pilar para a cidade inteligente a iluminação pública.

Um sistema de Gestão de Iluminação Pública eficiente traz uma série de benefícios para a população, já que ele amplia a sensação de segurança na cidade, proporciona mais conforto para todos, melhorando o trânsito à noite, reduzindo gastos. Com a troca das lâmpadas tradicionais de vapor de sódio pelos modelos, mais avançados, de LED, a iluminação pública tornou-se a porta de entrada para sistemas inteligentes nas cidades. Isso porque é possível utilizar sua infraestrutura para conectar diferentes serviços na localidade. (EXATI, 2018)

5.5 Luminárias com vapor de mercúrio

As lâmpadas de vapor de mercúrio têm um funcionamento com um tubo de descarga feito de quartzo para suportar elevadas temperaturas, tendo em cada extremidade um eletrodo principal, de tungstênio recoberto com material emissor de elétrons. Seu funcionamento ocorre quando uma tensão é aplicada à lâmpada cria-se um campo elétrico entre o eletrodo auxiliar e o principal, formando-se um arco elétrico entre eles provocando assim o aquecimento dos óxidos emissores, a ionização do gás e a formação de vapor de mercúrio. Depois que o meio interno se tornou ionizado, a impedância elétrica se reduz e, como a do circuito de partida é elevada (devido ao resistor), este torna-se praticamente inativo, passando a descarga elétrica a ocorrer entre os eletrodos principais. Com o aquecimento do meio interno a pressão dos vapores cresce com o consequente aumento do fluxo luminoso. Tendo um período de partida que leva alguns segundos, e a lâmpada só entra em regime aproximadamente 6 minutos após ligada a chave. Se a lâmpada é apagada, o mercúrio não pode ser ionizado novamente até que a temperatura do arco seja diminuída suficientemente, isto leva aproximadamente 3 a 10 minutos, dependendo das condições externas e da potência da lâmpada. (LUZ, 2019)

A utilização principal dessas lâmpadas se dá em vias públicas, fábricas, parques etc. Sendo por conta de sua eficiência elevada e possibilidade de trabalhar em altas potências, segundo Luz (2019) a eficiência luminosa desse tipo de lâmpada varia entre 45 até 55 lm/W e tendo uma vida útil de 18.000 horas.

5.6 Lâmpadas Incandescentes

As lâmpadas incandescentes contêm um filamento montado no vácuo, ou em um gás inerte (aquele que não reagem quimicamente com o filamento). No início as lâmpadas

incandescentes usavam um filamento de carbono, mas o material era frágil e ineficiente. O tungstênio é o filamento que foi majoritariamente utilizado nas lâmpadas porque é facilmente trabalhado, tem baixa pressão de vapor e tem um alto ponto de fusão. O ponto de fusão de outros metais é geralmente muito baixo para produzir incandescência útil enquanto sólida. Luz é produzido pela passagem de uma corrente elétrica através do filamento de tungstênio e usando o efeito de aquecimento joule para aumentar a temperatura do filamento o suficiente para produzir incandescência. (SIMPSON, 2008).

Na Figura 5.2 temos o esquema de uma lâmpada Incandescente com destaque nos seus principais componentes, sendo eles o filamento de tungstênio, o bulbo de vidro, o vácuo interno ou o gás inerte, o fio de sustentação e o eletrodo no qual a energia chega até o filamento para se produzir a iluminação.

Figura 5.2 – Componentes da Lâmpada Incandescente:



Fonte: Flávia, et al, 2017.

A vida útil de uma lâmpada incandescente é em torno de 1.000 horas (OSRAM, 2009; SIMPSON, 2008). Portanto, são consideradas fontes ineficientes de luz, pois 90% da energia de entrada é perdida como saída quente (BRUNNER et al., 2010), ou seja, são lâmpadas que convertem apenas 5% da eletricidade consumida em luz, sendo que o restante é eliminado em forma de calor (FERRARI, 2012). Essa ineficiência também é notada por Simpson (2008) na qual ele informa que a luminescência produzida por uma lâmpada incandescente varia de 8-30 ln/W sendo essa ineficiência destacada por conta da perda por calor, pois para se atingir a produção de luz o filamento deve operar em temperaturas de 2700 a 3400 K.

5.7 Lâmpadas LED

O LED não é uma invenção recente, foi desenvolvido em fase experimental em 1963, tinha baixa luminosidade e cor vermelha. Em 1975, descobriu-se o de cor verde e em 1995 descobriu-se o LED de cor branca. Hoje em dia, a tecnologia de LED sofreu várias mudanças e evoluções, porém, essas descobertas iniciais foram fundamentais para chegar ao resultado atual. (SANTOS; BATISTA; POZZA; ROSSI, 2015)

Assim chegamos ao ápice da tecnologia LED, sendo criada a lâmpada de LED, uma lâmpada de longa duração e alta qualidade, sendo a tecnologia atual mais comercializada no mercado de lâmpadas, segundo Santos, Batista, Pozza e Rossi (2015) a lâmpada de LED utiliza 82% menos energia elétrica que uma lâmpada convencional, assim garantindo uma economia significativa na conta de energia doméstica ou industrial. Uma lâmpada doméstica de LED tem durabilidade aproximada de 50.000 horas, contra 1.000 horas de uma incandescente e 6.000 horas de uma fluorescente, o que permite diminuir a quantidade de trocas de lâmpadas e gastos com manutenções. Podem ser fabricadas em diversos formatos e tamanhos, podendo ser usadas em vários ambientes e para inúmeras utilidades por conta de sua versatilidade.

O LED é um componente eletrônico que é um semicondutor, ou seja, um diodo emissor de luz (L.E.D = *Light emitter diode*), sendo essa a mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em fonte luminosa. Essa transformação é completamente diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nos LEDs, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de Estado sólido. O LED é um componente tipo bipolar, ou seja, tem um terminal chamado anodo o terminal positivo e outro, chamado catodo esse sendo o terminal negativo. Dependendo da polarização, permite ou não a passagem de corrente elétrica e, conseqüentemente, a geração de luz ou não. (LABORATÓRIO DE ILUMINAÇÃO, 2021)

As lâmpadas LED não emitem calor junto com a luz por isso são chamadas de luzes frias por conta da não emissão de infravermelho no espectro luminoso do LED, entretanto, segundo Laboratório de Iluminação (2021), os componentes eletrônicos do LED emitem calor devido a dissipação da sua potência dessa forma sendo necessário uma atenção para como esse calor será dissipado no ambiente, porém essa perda de energia

por conta do calor dissipado é muito menor que as de outras tecnologias de lâmpadas que dissipam energia juntamente com a iluminação proporcionada.

O componente mais importante de um LED é o chip semicondutor responsável pela geração de luz. Este chip tem dimensões muito reduzidas, além desse componente fundamental temos o encapsulamento em resina cristal, o copo refletor (para ampliar o ângulo de iluminação), solda fio de Ouro e os terminais (Catodo e Anodo), como pode ser verificado, na Figura 5.3, onde apresentamos um LED convencional e seus componentes. (LABORATÓRIO DE ILUMINAÇÃO, 2021)

Figura 5.3 – LED Convencional de 0,5mm de diâmetro:



Fonte: LABORATÓRIO DE ILUMINAÇÃO, 2021.

Apesar do sistema de LED esquentar gerando carga térmica durante a conversão da eletricidade em luz, devemos ressaltar que todo e qualquer outro equipamento eletroeletrônico também esquentará em função da potência total instalada. Independente se é um computador, se é uma lâmpada de LED ou lâmpada incandescente. (PROINOVA, 2021)

As lâmpadas LED por terem uma potência maior necessário para se produzir a iluminação necessária para o ambiente e por esse motivo é necessário ter dissipadores de calor adequados, pois embora a tecnologia LED não emita radiação infravermelha seus componentes eletrônicos produzem calor que deve ser dissipado para o bom funcionamento do equipamento e aumento da vida útil dela. Na imagem 5.4. temos uma lâmpada LED com a representação de um dissipador de calor para dar a devida dissipação do calor:

Figura 5.4 – Lâmpada LED e seu dissipador de calor:



Fonte: PROINOVA, 2021.

5.8 Lâmpadas LED de elevada potência

As Lâmpadas de alta potência são utilizadas para a iluminar locais amplos e com pés direito elevados, segundo a Ourolux (2019) a lâmpada LED de alta potência é uma alternativa para atender a necessidade de iluminar grandes espaços. Sendo um item relevante para projetos de iluminação que necessitam de intenso fluxo luminoso. Primeiro para simplificar a manutenção. Segundo, para que se consiga a maximização em economia. E terceiro para não se perder em estética.

Seu design robusto e diferenciais na sua composição – materiais ultra resistentes como o alumínio na base, bulbo em policarbonato (normalmente com aparência leitosa) e componentes complexos de LED – permitem que seu ângulo seja amplo (180°) e com alto fluxo luminoso. Podemos citar alguns benefícios para sua utilização como destaca a Ourolux (2019):

- Não modifica a cor nem mancha objetos;
- Não existe a emissão de raios UV;
- Não emite raios infravermelhos;
- O calor gerado é extremamente baixo.

Na imagem 5.5 temos a demonstração da vantagem da utilização de lâmpada de alta potência em comparação com uma convencional para a situação com um pé direito elevado.

Figura 5.5 – Lâmpada LED alta potência versus comum:



Fonte: Ourolux, 2019.

Dessa maneira é de grande importância que as lâmpadas de alta potência sejam consideradas no momento do projeto de iluminação para locais industriais ou de galpões logísticos que por conta de suas atividades se faz necessária a utilização de um pé direito elevado e em sua maioria são espaços com metragens elevadas para se iluminar.

5.9 Luminárias LED tipo HIGH BAY

A luminária High Bay são produtos voltado para a iluminação de espaços amplos em instalações com elevado pé direito (de 6 a 25 m). Os modelos tradicionais são estruturas de alumínio penduradas no alto do ambiente e equipadas com uma cúpula, geralmente refletiva e utilizada com lâmpadas de alta potência. Como as lâmpadas de descarga utilizadas anteriormente em ambientes industriais e de estocagem eram omnidirecionais, com emissão de luz em 360°, exemplo na figura 5.6, se perdiam em direções em que não eram necessárias, elas dependiam da reflexão das luminárias High Bay para aproveitamento de sua luz, o que fazia desse tipo de luminária um modelo pouco eficiente. (LUTERLED, 2020)

Figura 5.6 – Luminária High Bay de vapor metálico:

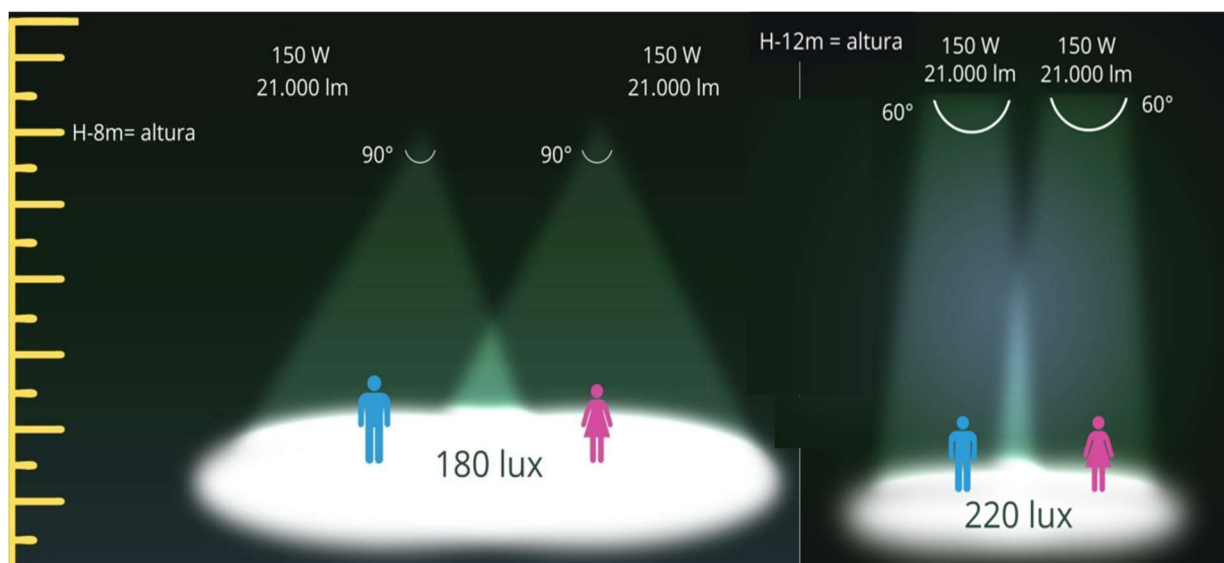


Fonte: LUTERLED, 2021.

Com o advento da tecnologia LED e seus avanços no aproveitamento da luz através de lentes, ocorreu uma união entre ambas as tecnologias, assim surgindo as Luminárias High Bay LED, que segundo Luterled (2020) tem diversas vantagens em relação as opções anteriores, sendo dessa maneira mais eficiente no que se propõem, suas principais vantagens são:

- Fácil Instalação;
- Não depender da luz refletida por luminárias, por conta de lentes que direcionam a luz;
- Ângulos variáveis de distribuição de luz, exemplo figura 5.7;
- Elevada vida útil;
- Maior dissipação térmica;
- Acendimento instantâneo;

Figura 5.7 – Possíveis ângulos de luminárias High Bay de LED:



Fonte: LUTERLED, 2021.

Para a Iluminação de Galpões os modelos de High Bay mais indicado é o Led Linear ou o LED Redondo convencional, ambos os modelos oferecem elevado fluxo luminoso, sendo que sua principal diferença seria no direcionamento, já que o primeiro modelo é mais indicado quando temos grandes corredores por conta de seu formato retangular, além de ser possível contar com lentes assimétricas, criando dessa maneira o “facho de corredor”. (LUTERLED, 2020). Seguem exemplos dessas luminárias nas figuras 5.8 Led Retangular e 5.9 Led Redondo. Esses modelos têm elevada vida útil, segundo a Philips (2021), a vida útil desse tipo de iluminação está próximo das 75.000 hrs e com uma eficiência de 145 lm/W.

Figura 5.8 – Greenperform Highbay Rectangular:



Fonte: PHILIPS, 2021.

Figura 5.9 – Green Perform Highbay Elite:



Fonte: PHILIPS, 2021.

6 ESTUDO DE CASO

6.1 Projeto de Eficiência Energética

Para esse trabalho foi selecionado um projeto cedido pela COMERC ESCO, no qual se realizou um retrofit de iluminação em um galpão logístico. Algumas premissas foram tomadas para a elaboração do projeto de eficiência energética, são:

- Gasto de energia pontual (considera economia gerada somente pela troca dos equipamentos de potência menor);
- Custo unitário da energia: R\$ 0,251/kWh;
- Características atuais do sistema de iluminação dentro da norma técnica.

O empreendimento está localizado na região Sul, mais especificamente no estado de Santa Catarina, sendo dessa maneira uma região mais amena relacionada ao Brasil como um todo e assim com uma temperatura mais baixa na região, por isso não se tem uma necessidade de climatização do galpão logístico, na figura 6.1 temos a imagem da empresa que realizou o retrofit.

Figura 6.1 – Empreendimento:



Fonte: Rádio Cidade, 2020.

Esse projeto de eficiência energética visa por meio da substituição da iluminação atual do cliente, menos eficiente, gerar uma economia com as luminárias de LED, mais eficientes, dessa maneira sendo remunerado pela economia gerada na conta de luz do, já essa economia será averiguada por meio das potências individuais de cada equipamento,

sem considerar as medições na planta ou o gasto geral da planta por ambos terem influência de fatores externos ao projeto.

Na planta do empreendimento antes da aplicação do retrofit as luminárias presentes em sua maioria eram de tecnologia fluorescente, dos tipos T8 e T5, sendo um exemplo a imagem 6.2, também é possível destacar luminárias de vapor metálico essas utilizadas para iluminar ambientes amplos, em sua maioria essas luminárias são de 400W, apresentadas na figura 6.3 ambas tecnologias destacadas tem um ganho grande de economia, visto que são menos eficientes que as lâmpadas led e dessa maneira utilizam uma maior quantidade de energia para iluminar a mesma área de uma led adequada.

Figura 6.2 –Lâmpada Fluorescente T5:



Fonte: Philips, 2021.

Figura 6.3 –Lâmpada Vapor Metálico 400W:



Fonte: Growpower, 2021.

As áreas analisadas são, ADEC, Administração, Central de Massa, Expedição, Oficina Central, PB1, PB2-3, PB4, PB5-6, PB9, PB10 e Utilidades, nas tabelas 6.1 a 6.12 em anexo respectivamente são apresentados os equipamentos atuais que a planta contém e a situação atual do cliente. Já proposta dos novos equipamentos mais eficientes que irão cumprir a demanda de Lumens dos anteriores encontram-se nas tabelas 6.13 a 6.24 em anexo, nessas tabelas teremos a redução ocasionada por cada equipamento substituído em porcentagem e uma relação da média por setor.

As lâmpadas aplicadas no projeto em sua maioria foram de led tubulares para substituir todas as fluorescentes tubulares, dessa maneira se encaixando na luminária já existente e gerando a mesma iluminação do ambiente com uma carga menor de energia elétrica, segue exemplo de uma lâmpada LED tubular na figura 6.4, que mesmo tendo outra tecnologia empregada se assemelha muito com a fluorescente por conta do led ser facilmente moldado para o formato e aparência desejada.

Figura 6.4 –Lâmpada LED tubular:



Fonte: GE, 2021.

Nas substituições vale destacar a utilização das lâmpadas High Bay da GE para locais que demandam esse tipo de utilização, elevado pé direito, dessa maneira é possível se utilizar de uma menor quantidade de luminárias para iluminar o mesmo espaço que diversas luminárias convencionais seriam utilizadas. Segue um exemplo na imagem 6.5.

Figura 6.5 –Lâmpada LED High Bay:



Fonte: GE, 2021.

Ao realizar o projeto o cliente contou com uma redução total de 72% na sua conta de luz apresentada na tabela 6.25, essa tabela apresenta a economia por setor, dado a utilização da iluminação anterior no setor com seu consumo antigo e o novo cenário após o retrofit com um novo consumo, por conta dessa redução é possível calcular a economia por setor e consequentemente a economia total ao somar os consumos setorizados, novos e antigos, assim atingindo a porcentagem total de 72% para o projeto de eficiência energética.

Tabela 6.25 – Redução total, por setor e economia:

Setor	Consumo antigo		Consumo Novo		Economia (%)
ADEC	R\$	31.727,00	R\$	9.500,00	70,06%
Administração	R\$	15.490,00	R\$	7.111,00	54,09%
Central de Massa	R\$	13.306,00	R\$	4.579,00	65,59%
Expedição	R\$	47.447,00	R\$	12.538,00	73,57%
Oficina Central	R\$	6.460,00	R\$	1.827,00	71,72%
PB1	R\$	62.284,00	R\$	17.089,00	72,56%
PB2-3	R\$	77.193,00	R\$	18.795,00	75,65%
PB4	R\$	33.830,00	R\$	9.518,00	71,87%
PB5-6	R\$	6.776,00	R\$	1.851,00	72,68%
PB9	R\$	46.926,00	R\$	12.560,00	73,23%
PB10	R\$	30.448,00	R\$	8.132,00	73,29%
Utilidades	R\$	80.460,00	R\$	24.189,00	69,94%
TOTAL	R\$	452.347,00	R\$	127.689,00	72%

Fonte: Autor, 2021

Com base nesse cenário o cliente pode optar pela troca dos equipamentos com investimento próprio, sendo esse necessário o desprendimento do investimento inicial em capital próprio para a aquisição dos equipamentos novos, pagamento da instalação e do projeto de eficiência energética. Dessa maneira conseguimos um pay-back de 27,4 meses, sendo esse um resultado satisfatório para esse tipo de empreendimento.

Porém o cliente conta com outra opção, optando pelo aluguel dos equipamentos, não sendo necessário a utilização do próprio capital para o investimento inicial, sendo assim uma opção atraente pois o pagamento se daria ao longo dos meses de aluguel, utilizando assim o próprio ganho da economia para esse pagamento sem a necessidade de utilizando outra fonte de ganho para pagar o aluguel, nesse modelo o contrato conta com 60 meses de aluguel, sendo que ao final desse prazo o fornecedor das luminárias deixará a cargo do cliente a realização do descarte ou não das lâmpadas, podendo este manter sua utilização se desejar, sem acréscimo de valor por isso.

Além disso o modelo de aluguel leva em conta a economia do cliente, sendo que o aluguel se mantém abaixo da mesma, com o cliente apresentando uma economia calculada de R\$ 81.490,00 e um aluguel de R\$ 61.000,00, dessa maneira o cliente obterá lucros do projeto mesmo durante o pagamento do aluguel sendo aproximadamente R\$ 20.490,00 a economia mensal durante o aluguel e o valor atinge R\$ 81.490,00 após esse período contratual.

Ambas as modalidades de investimento estão apresentadas na tabela 6.26. além de outras informações úteis como o preço dos produtos, da instalação e os prazos e condições de instalação e garantia.

Tabela 6.25 – Opções de investimento:

Venda	Investimento em produtos	R\$1.690.000,00
	Serviços de instalação	R\$544.595,00
	Garantia dos Produtos	5 anos junto ao fabricante
	Prazo de Entrega	Até 90 dias após a assinatura do contrato
	Prazo de Instalação	30 a 60 dias após a entrega dos produtos
	Condições de Pagamento	30 a 60 dias após a assinatura do contrato
Aluguel	Aluguel Mensal	R\$61.000,00
	Prazo do Contrato	60 meses
	Índice de Reajuste Anual	IPCA
	Garantia dos Produtos	5 anos junto ao fabricante
	Prazo de Entrega	Até 90 dias após a assinatura do contrato
	Prazo de Instalação	30 a 60 dias após a entrega dos produtos
	Início do Faturamento	30 dias após a conclusão dos serviços de instalação
Resultados	Redução de Consumo (W)	72%
	Economia Mensal	R\$81.490,00
	Parcela como % da	75%
	Economia Mensal Líquida-	R\$20.490,00
	Payback (meses)	27,4

Fonte: Autor, 2021

6.2 Aplicação Certificação LEED (O+M)

Por se tratar de uma certificação mais madura e reconhecida internacionalmente o LEED foi selecionado para o enquadramento no projeto, além de realizar a diferenciação para um edifício já existente de um novo projeto, se enquadrando melhor na premissa de eficiência energética por meio de retrofit.

Por conta do projeto ser uma adequação de um ambiente já existente o LEED utilizado na análise é o de Operação e Manutenção (O+M), esse não é um certificado tão utilizado no Brasil e o intuito desse trabalho é apresentar sua possibilidade de aplicação para projetos de eficiência energética. Como o projeto se trata de um retrofit exclusivo de iluminação, faremos a análise somente na dimensão do LEED O+M de Energia e Atmosfera, na qual é tratado a questão do uso eficiente da energia no local. Essa empresa analisada tem o uso da instalação majoritária em estocagem e distribuição, se assemelhando a um galpão logístico, o qual sua maior carga se encontra na própria iluminação do local e em alguns casos na refrigeração.

Para essa análise iremos validar de cada tópico desse capítulo do LEED O+M e analisando assim os pontos alcançados e as possíveis ações para se alcançar mais pontos ou cumprir os requisitos.

6.2.1 Pré-requisito: Práticas recomendadas de gerenciamento de eficiência energética

O primeiro pré-requisito é o de práticas recomendadas de gerenciamento de eficiência energética para esse ponto ser atingido é necessário ter uma criação de um projeto de eficiência energética analisando o local e sua composição, utilizando uma equipe qualificada para isso e dessa maneira traçar a melhor estratégia para a eficiência energética do local, visando atender os requisitos da ASHRAE level 1, dessa maneira criando um plano para melhorar a eficiência do local buscando assim as melhores práticas para isso, por conta do projeto de eficiência já ter sido criado pela equipe da COMERC ESCO esse pré-requisito seria atendido. Sendo somente necessário catalogar e constatar se os outros equipamentos energéticos do local estão elegíveis a ter um tratamento de melhora na eficiência.

6.2.2 Pré-requisito: Desempenho de energia mínima

O segundo pré-requisito é o que analisa o desempenho de energia mínima, para esse tópico são apresentadas algumas opções para atendê-lo, sendo o primeiro caso o ranque de estrelas de energia do inglês “**ENERGY STAR Rating**” esse ranking é realizado pela agência EPA “*Environmental Protection Agency*” esse programa só é utilizado em empreendimentos dentro do território americano, por conta disso a norma utiliza como alternativa a ASHRAE 90.1 de 2010, mais especificamente utilizando os apêndices B e D para consultar a zona climática e assim enquadrar o empreendimento no ranque. Já o segundo caso seria para empreendimentos que mesmo assim não se encaixam no ranque de estrelas, podendo dessa maneira optar por dois métodos distintos para cumprir o pré-requisito na primeira opção seria a comparação direta com outros locais de atividade semelhante utilizando um relatório nacional quando disponível ou realizar um benchmark na região para assim montar a lista com os gastos de empresas semelhantes devendo dessa maneira ter no mínimo 25% menos consumo energético em relação a média dessas empresas, a segunda opção o empreendimento se compara com seu histórico, sendo que deve dessa maneira atingir uma economia de no mínimo 25% do consumo anterior, o caso

apresentado se enquadra nessa última opção, sendo que após a realização do retrofit a economia supera em muito os 25%, economia de 72%, necessários para atender esse tópico.

6.2.3 Pré-requisito: Medição de energia em nível de edifício

O terceiro tópico de pré-requisito se dá pela instalação de medidores e/ou possibilidade de monitoramento do gasto energético do local, sendo válido o medidor da própria concessionária para realizar esse acompanhamento, por esse motivo seria facilmente cumprido pelo cliente por conta de já ter um medidor geral na planta, porém ainda é possível se melhorar essa medição segundo a norma, tornando-a setorizada.

6.2.4 Pré-requisito: Gerenciamento fundamental de refrigeração

O quarto e último pré-requisito para se certificar na seção de energia e atmosfera é o do gerenciamento fundamental de refrigeração, visando com esse tópico evitar o gasto excessivo com esse tipo de tecnologia além de impedir técnicas mais nocivas ao meio ambiente como o uso de CFC (clorofluorcarbonetos) como líquido refrigerante, por conta de seu comprovado malefício para a camada de Ozônio e todo o impacto ambiental causado por conta disso, porém como o projeto deste estudo não realizou o levantamento de equipamentos de refrigeração ou se existem esses equipamentos instalados esse tópico não pode ser analisado sem esse prévio conhecimento.

6.2.5 Pré-requisito Contemplados

Com base nos dados obtidos pelo projeto de eficiência podemos garantir o cumprimento de dois pré-requisitos deste capítulo do LEED, sendo eles o Desempenho de energia mínima no qual o projeto garante uma economia de 72% sendo a necessária para atender esse requisito somente necessário uma economia de 25% e às medições de energia em nível de edifício, estas sendo cumpridas pela utilização dos medidores da própria concessionária de energia. Já para se obter os outros dois pré-requisitos seria necessário descrever e checar as outras fontes de consumo de energia da planta, caso o projeto conte com um sistema de refrigeração, realizando essa etapa os outros pré-requisitos seriam cumpridos, que seriam Práticas recomendadas de gerenciamento de eficiência energética e Gerenciamento fundamental de refrigeração esse sendo totalmente

dependente do sistema de refrigeração, caso não se tenham outras fontes de gastos de energia constatar isso cumpriria esses pré-requisitos também.

6.3 Créditos

Os próximos tópicos do capítulo são a respeito dos créditos sendo que em cada tópico um número determinado de créditos é obtido caso se cumpra ou atinja determinada classificação, sendo esses pontos extras e dessa maneira não necessário o cumprimento de todos para se obter o certificado, ao contrário dos pré-requisitos que como o próprio nome diz são indispensáveis para a obtenção da certificação. Porém os créditos não deixam de ser importantes no certificado por conta de ranquear os diferentes níveis do LEED além disso ser necessário a obtenção mínima de 40 pontos de créditos para a obtenção do certificado.

6.3.1 Crédito: Análise de comissionamento de edifício existente

O primeiro tópico de crédito é o de análise de comissionamento de edifício existente, este crédito tem valor de 2 pontos caso seja cumprido. Para se cumprir esse tópico é necessário realizar um levantamento de todos os potenciais pontos de economia energética e do empreendimento e calcular qual a vantagem de realizar os investimentos em eficiência energética, esse ponto pode ser facilmente atingido com o projeto somente constatando que outras fontes de gastos do empreendimento não são passíveis de um processo de eficiência.

6.3.2 Crédito: Implementação de comissionamento de edifício existente

O segundo crédito demonstrado no certificado é uma sequência direta ao primeiro, sendo que no primeiro é feito o levantamento dos locais e focos de possível eficiência e a validação da possibilidade de implementação nesse segundo é a implementação em si, dessa maneira garantindo 2 pontos de crédito, para o projeto analisado ao realizar o retrofit o ganho dessa pontuação é basicamente assegurada, por conta de todo o plano de implementação e manutenção oferecidos pelo fornecedor dos novos equipamentos.

6.3.3 Crédito: Comissionamento contínuo

Para o próximo tópico é necessário realizar um plano no qual leva em conta uma periodicidade mínima de 24 meses para analisar a performasse energética do empreendimento garantindo assim sempre estar com as melhores práticas de eficiência energética, gerando dessa maneira um credito de 3 pontos, para se obter essa pontuação é necessário o desenvolvimento do plano de análise continua, entretanto por conta da característica energética do empreendimento, sendo a maior parte da carga em iluminação, esse acompanhamento se torna simples de se executar dentro do prazo solicitado pelo LEED.

6.3.4 Crédito: Otimização de performasse energética

O próximo crédito tem a maior pontuação possível desse capítulo, no qual é possível atingir 20 pontos, e a única que é um ranking e não somente cumprir uma determinada atividade e assim pontuando, no tópico de Otimização de performasse energética é semelhante ao pré-requisito de Desempenho energético mínimo, sendo dividido em dois casos o que se enquadra no ranque de estrelas de energia, sendo possível atingir até 20 pontos de acordo com o ranque gerado pela EPA, apresentado na tabela 6.26 onde temos a correlação do ranque com os créditos obtidos, já no segundo caso, no qual não se é possível utilizar o ranque, temos duas opções para ponderar a quantidade de créditos obtida, sendo a primeira opção se comparar a empreendimentos semelhantes e demonstrando uma eficiência energética superior a média deles e com isso atingindo a pontuação máxima com um desempenho de 45% mais eficiente que a média, demonstrado na tabela 6.27 na qual é apresentada sua pontuação por eficiência. A segunda opção do caso dois é comparar o empreendimento com seu histórico, ou seja antes do retrofit, e apresentar um ganho em eficiência de 45% para se atingir o ganho de pontuação máxima, porém nessa opção só é possível atingir uma pontuação de 14, como podemos notar com a tabela 6.28 em que temos a porcentagem de eficiência com a pontuação de créditos obtida. Contamos ainda com uma terceira e última opção para esse caso no qual é realizada uma mescla entre empreendimentos semelhantes da opção 1 e colocamos seus dados históricos também dessa maneira normalizando a curva de empreendimentos que já tem solução de eficiência implementadas, nesse caso a tabela 6.27 é utilizada novamente para a métrica.

Aplicando o tópico de otimização no caso estudado podemos facilmente atingir a pontuação máxima do Caso 2 Opções 2, por conta da economia gerada no empreendimento de 72% está muito superior ao necessário de 45%, porém como esse caso nos oferece uma menor quantidade máxima de pontos 14, seria necessário avaliar ele com outros empreendimentos semelhantes e adaptar para sua zona climática ou utilizar a tabela da EPA para se atingir uma pontuação maior.

Tabela 6.26 – Caso 1: Pontos por ranque de estrelas energéticas (EPA):

TABLE 1. Points for ENERGY STAR performance ratings	
ENERGY STAR rating	Points
76	3
77	4
78	5
79	6
80	7
81	8
82	9
83	10
84	11
85	12
86	13
87	14
88	15
89	16
90	17
91	18
93	19
95	20

Fonte: USGBC, 2016.

Tabela 6.27 – Caso 2 Opção 1 e 3: Pontos por percentual de empreendimentos semelhantes:

TABLE 2. Points for percentage improvement over national average (Option 1, Path 1) or comparable buildings and historical data (Option 3)	
Percentage improvement	Points
26	1
27	2
28	3
29	4
30	5
31	6
32	7
33	8
34	9
35	10
36	11
37	12
38	13
39	14
40	15
41	16
42	17
43	18
44	19
45	20

Fonte: USGBC, 2016.

Tabela 6.28 – Caso 2 Opção 2: Pontos Comparação Histórica:

TABLE 3. Points for percentage improvement over comparable buildings (Option 1, Path 2) or historical data (Option 2)	
Percentage improvement	Points
27	2
30	4
33	6
36	8
39	10
42	12
45	14

Fonte: USGBC, 2016.

6.3.5 Crédito: Medição avançada de energia

Esse crédito, Medição avançada de energia, que consiste em 2 pontos de crédito, é necessário se instalar um aparelho de medição que esteja permanentemente coletando os dados de energia, no qual tenha a possibilidade de realizar medições de energia com precisão de 1 hora ou menos e o equipamento deve ser instalado setorizado para cargas que representem 20% do consumo total. No caso estudado, considerando que a iluminação representa mais que 80% do uso total do empreendimento e que cada área representa no máximo 19% do consumo total, conforme apresentado na tabela 6.29, dessa maneira não ocasionando assim a medição setorizada, pois a área de utilidades é o que mais se aproxima do limite informado pelo LEED, 20% do consumo total, dessa maneira, como isso não ocorre só é necessário a instalação de um medidor geral junto a coleta da distribuidora, caso desejado o cliente pode realizar essa instalação garantindo assim a pontuação desse tópico.

Tabela 6.29 – Representação energética por setor:

Sector	Consumo	Novo	representatividade
ADEC	R\$	9.500,00	7%
Administração	R\$	7.111,00	6%
Central de Massa	R\$	4.579,00	4%
Expedição	R\$	12.538,00	10%
Oficina Central	R\$	1.827,00	1%
PB1	R\$	17.089,00	13%
PB2-3	R\$	18.795,00	15%
PB4	R\$	9.518,00	7%
PB5-6	R\$	1.851,00	1%
PB9	R\$	12.560,00	10%
PB10	R\$	8.132,00	6%
Utilidades	R\$	24.189,00	19%
TOTAL	R\$	127.689,00	100%

Fonte: Autor, 2021.

6.3.6 Crédito: Resposta a demanda

No tópico de Resposta a demanda, 1 a 3 pontos de crédito são possíveis, são 3 casos para a participação desse crédito, no caso 1 parte do pressuposto que exista um programa de resposta a demanda ativo e dessa maneira o empreendimento deve participar desse programa tendo em seu local um sistema que seja possível monitorar e diminuir a

demanda em tempo real, participar do programa por pelo menos um ano e acumular no ano uma redução de no mínimo 10%, garantindo assim 3 pontos de crédito no LEED. No caso 2 esse programa de resposta a demanda não existe, porém o local tem a infraestrutura necessária para participar dele, garantindo 10% de redução da demanda, caso ele venha a existir no futuro, dessa maneira garantindo 1 ponto de crédito. No terceiro e último caso a mudança na demanda é constante, após verificar seu perfil de carga o local planeja e implementa um controle de demanda para evitar os períodos de maiores consumos.

Para atender esses casos do crédito é necessário que o empreendimento tenha uma infraestrutura capaz de atender a mudanças de demandas, como por exemplo baterias, ou geradores a diesel no local, dessa maneira sendo possível deixar de utilizar a rede nos momentos de maior requerimento. Já para o caso 1 é necessário existir um programa de redução de demanda no país sendo que hoje isso ocorre no Brasil com um programa de redução de demanda disponível para participação até o final de 2021, motivado pela crise hídrica vivida pelo país. Como o caso estudado não se tem a informação de ter essa infraestrutura disponível não seria possível obter esse crédito de uma forma simples, sem gastos com o investimento que não foram abordados nesse trabalho, porém caso o local já esteja apto a participação seria possível obter 3 pontos aderindo ao programa da ANEEL definido na resolução normativa n 792 (BRASIL, 2017).

6.3.7 Crédito: Energia renovável e créditos de carbono

No tópico de Energia renovável e créditos de carbono é possível a obtenção de até 5 pontos, isso se deve ao tipo de energia utilizada pelo empreendimento ou a geração própria de energia renovável, o caso analisado esse crédito não foi avaliado, para essa obtenção seria possível a compra de energia de um produtor que contenha uma geração sustentável, porém essa análise não faz parte do teor desse trabalho por esse motivo a obtenção dessa pontuação é totalmente dependente de decisão do cliente.

6.3.8 Crédito: Gerenciamento aprimorado de refrigeração

O último crédito possível desse capítulo é o gerenciamento aprimorado de refrigeração que garante 1 ponto, para isso é necessário analisar o método de refrigeração do local e estar dentro de uma das duas opções, sendo a primeira a não utilização de fluidos que impactem a camada de ozônio ou que não utilize uma refrigeração e que no

final só tenha um potencial de aquecimento global de 50. Já na segunda opção tem uma utilização de equipamentos com fluidos que agridam o ambiente e outros equipamentos que não utilizem e sua ponderação ser positiva atendendo a formulação do LEED. Como a parte de refrigeração não foi o foco desse caso não é possível enquadrar o empreendimento nesse ponto.

6.3.9 Aplicação dos créditos

Somente no tópico de créditos de Otimização de Performance Energética, seria possível cumprir sem uma análise mais aprofundada, pois nele temos a possibilidade de comparação com o histórico, antes do retrofit e após o mesmo, com a utilização do Caso 2 Opção 2 se obtendo com ele uma pontuação de 14 pontos, porém com uma análise mais aprofundada pode-se optar pelo Caso 1 utilizando dessa maneira a zona climática do empreendimento e a escala do ranque fornecido pela EPA para classificar a eficiência energética decorrida do projeto e assim obter uma pontuação máxima de 20 pontos, ou indo por outra linha e se comparando a outros empreendimentos semelhantes e dessa maneira também possibilitando se atingir a pontuação máxima de 20 pontos isso seria possível com o Caso 2 Opção 1 ou a Opção 3.

Para os outros tópicos de créditos é possível alcançar facilmente mais 4 pontos sendo eles divididos em dois tópicos, sendo o de Análise de comissionamento de edifício existente e Implementação de comissionamento de edifício existente, somente constatando que outros gastos de energia são irrelevantes e por esse motivo o projeto de eficiência energética apresentado garante a obtenção dessa pontuação, já os outros tópicos não se enquadram nesse projeto sendo necessário uma análise maior do empreendimento para os tópicos Comissionamento contínuo (3 pontos) e Medição avançada de energia (2 pontos) porém grande parte do levantamento já foi realizado por meio desse projeto, sendo necessário somente um aprimoramento.

Já para os tópicos de créditos restantes, sendo eles Resposta a demanda (3 pontos), Energia renovável e créditos de carbono (5 pontos) e Gerenciamento aprimorado de refrigeração (1 ponto), teriam um trabalho de estudo maior por conta de não ser possível utilizar o levantamento realizado pelo trabalho de eficiência energético, sendo dessa maneira necessário realizar um levantamento de outras características ou um planejamento diferente no caso da resposta à demanda, do já realizado. Assim ficando

esses créditos a cargo do cliente obtê-los ou não a depender da expectativa com o certificado.

7 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pelo projeto de eficiência energética de 72% de economia com a histórica anterior do cliente temos o enquadramento em 2 pré-requisitos do LEED de Operacionalização e Manutenção (O+M) e uma obtenção mínima de 14 pontos de crédito para tópico de Energia e Atmosfera, esse sendo o principal enquadramento do projeto de eficiência energética no LEED.

Já para a aprovação completa nesta secção do LEED seria necessário um levantamento mínimo das outras cargas restantes dos ambientes destacando e dessa maneira se enquadrando nos pré-requisitos restantes além de ter a possibilidade de garantir mais 4 pontos de crédito com outros 2 tópicos nos quais ele facilmente se enquadraria por conta de o gasto com iluminação ser o maior do empreendimento.

Caso o cliente deseje um maior número de créditos ele poderia optar por uma análise mais aprofundada com a ASHRAE ou comparando com outros empreendimentos próximos aos dele e de igual tratativa, assim garantindo um ganho potencial de 6 pontos, além disso é possível se desejado pelo cliente a busca por mais 5 pontos de forma simples com análises posteriores e constatações ou mudanças de regras simples e mais 9 pontos que necessitam de análises mais aprofundadas e técnicas avançadas com o projeto e sistema de climatização.

Dessa maneira somente com a análise realizada pelo projeto de eficiência energética e uma coleta posterior de informações adicionais seria possível atender todos os pré-requisitos necessários para essa tipologia do LEED e atingir uma média de 14 a 24 pontos de crédito no LEED com um esforço mínimo de coletas e enquadramento, já com um esforço moderado o cliente poderia atingir uma pontuação possível de 29 pontos e se desejar com uma análise mais aprofundada e buscando as melhores práticas o cliente tem a possibilidade de atingir a pontuação máxima de 38 pontos do capítulo, porém mesmo com o mínimo o cliente já consegue se qualificar na tipologia com uma pontuação de no mínimo 14 pontos sendo que dessa maneira se obteve 35% da pontuação mínima para se certificar no LEED é um potencial com algumas práticas de se atingir 29 pontos na área analisada dessa maneira já garantindo 72% da pontuação mínima do LEED.

Assim podemos concluir que ao realizar um simples projeto de eficiência energética, sendo este um retrofit de iluminação em um galpão logístico, poderia contribuir para a redução do consumo energético além de trazer o benefício para a

imagem dos locatários e proprietários com um empreendimento sustentáveis e “verdes” status atribuído com a obtenção da certificação LEED (O+M).

8 BIBLIOGRAFIA

Attfield, Robin. **The ethics of global environment**. Edinburgh University Press, Edinburgh, 1999.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL: Relatório Síntese. Rio de Janeiro, Rj: Empresa de Pesquisa Energética - Epe, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2021_PT.pdf>. Acesso em: 03 out. 2021.

BRANDSTON, H. **Aprender a ver: A essência do design da iluminação**. Tradução: Paulo Scarazzato. São Paulo: De Maio Comunicação e Editora, 2010.

BRASIL. Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001 : Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS/2001/L10295.htm>. Acesso em: 03 out. 2021.

BRASIL. Resolução Normativa nº 792, de 28 de novembro de 2017. **Resolução Normativa Nº 792**. 230. ed. Brasil: Diário Oficial da União, 01 dez. 2017. Seção 1. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/645789/do1-2017-12-01-resolucao-normativa-n-792-de-28-novembro-de-2017-645785. Acesso em: 14 nov. 2021.

BRUNNER, E.J.; FORD, P.S.; MCNULTY, M.A.; THAYER, M.A. (2010) Compact fluorescent lighting and residential natural gas consumption: testing for interactive effects. *Energy Policy*, v. 38, p. 1288-1296.

CASTRO-ALVAREZ, Fernando *et al* (ed.). **The 2018 International Energy Efficiency Scorecard**. Washington: American Council For An Energy-Efficient Economy (Aceee), 2018. 139 p. Disponível em: <https://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/i1801.pdf>. Acesso em: 17 out. 2021.

CHUA, K.j. et al. ACHIEVING BETTER ENERGY-EFFICIENT AIR CONDITIONING: A review technologiesandstrategies. **Applied Energy**. [s.i], p. 87-104. dez. 2012.

CTE – CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES (São Paulo). **Estudo de modelagem energética**: estudo de 2 galpões logísticos (armazenamento e distribuição). São Paulo, 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Nacional de Energia 2030: Eficiência energética**. Brasília, 2007. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030>. Acesso em: 17 out. 2021.

EXATI (Curitiba). **Cidades inteligentes: saiba a importância da iluminação pública.** 2018. Disponível em: <https://blog.exati.com.br/iluminacao-publica-e-cidades-inteligentes/>. Acesso em: 05 out. 2021.

FERRARI, B. (2012) **Uma luz no debate ambiental: a era das lâmpadas incandescentes está chegando ao fim, e as novas tecnologias que estão despontando prometem reduzir a conta de luz e o impacto no meio ambiente.** Revista Exame, v. 46, n. 21, p. 120.

Flávia, Renata & Cristina, Nádia & de Affonseca Jardim, Maria Inês. (2017). **Proposta de material didático para contextualização histórica de fontes luminosas e tecnologias de iluminação** Proposal of didactic material for historical contextualization of light sources and lighting technologies. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC.

GALPÕES LOGÍSTICOS/INDUSTRIAIS INFRAESTRUTURA. Brasil: Solt Soil Group, 2015. Disponível em: https://www.engegraut.com.br/catalogos/CPR-Grouting_Galpoes.pdf. Acesso em: 25 out. 2021.

GBC BRASIL (Brasil). Gbc Brasil. **Compreenda o LEED:** leadership in energy and environmental design. Leadership in Energy and Environmental Design. 2021. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>. Acesso em: 21 out. 2021.

GE (Brasil). **GE 15W LED ET8 P 1CT.** 2021. Disponível em: <https://www.gelighting.com/led-lights/bulbs/g13/ge-15w-led-et8-p-1ct>. Acesso em: 02 nov. 2021.

GROWPOWER (Brasil). **Lâmpada HQI Vapor Metálico.** 2021. Disponível em: https://www.growpowercultivo.com.br/lampada-hqi-vapor-metalico?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&sku=V2ABC5SVY-250w&gclid=Cj0KCQjww4OMBhCUARIsAILndv6ZTePk9dJ3yvQNLHwG59MbBswut9otr12-sloWvYVUFZmHDPyZqMaAsPaEALw_wcB. Acesso em: 02 nov. 2021.

HERNANDEZ NETO, Alberto *et al* (comp.). Eficiência Energética. In: MOREIRA, José Roberto Simoes (org.). **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.** Rio de Janeiro: Ltc, 2019. Cap. 18. p. 306-331.

INEE. **O que é eficiência energética? Por que se desperdiça energia?** Disponível em: www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia. Acesso em: 04 de out. 2021.

IOSHIMOTO, Eduardo *et al*. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS CERTIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS.** São Paulo: Pece, 2021. 75 slides, color.

Jechoutek, Karl. "Energy efficiency: from mandate to market". **Efficientia 98**. Rio de Janeiro, out. 98.

Kuennen C.. "The limits of efficiency: policy impacts and implications for sustainable development". University of Delaware. **Anais do 1998 ACEEE Summer study on energy efficiency in buildings**, 1998.

LABORATÓRIO DE ILUMINAÇÃO. **LED - O que é, e como funciona**. Disponível em: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>. Acesso em: 09 out. 2021.

Levine, M., Price L. And Martin N. "Energy and energy efficiency in buildings: a global analysis". **Anais do 1998 ACEEE Summer study on energy efficiency in buildings**, 1998.

LUTERLED (São Paulo). **High Bay: Conheça os 5 tipos de High Bay Led**. 2020. Disponível em: <https://www.luterled.com.br/blog-high-bay-conheco-os-5-tipos-de-high-bay-led/>. Acesso em: 24 out. 2021.

LUZ, Jeanine Marchiori da. **LUMINOTÉCNICA**. Campinas: Unicamp, 2019. 26 slides, color. Disponível em: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf>. Acesso em: 24 out. 2021.

MASCARÓ, J. Iluminação pública e arborização urbana. IN: MASCARÓ, L. **A iluminação do espaço urbano**. Editorial Masquatro, Porto Alegre, 2006. Cap.5. MASCARÓ, L. A iluminação do espaço urbano. Arqtexto, Porto Alegre, N. 8, P.20-27, 2006

MENKES, Monica. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE**. 2004. 277 f. Tese (Doutorado) - Curso de Desenvolvimento Sustentável, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

Mills, E. And Rosenfeld, A. "Consumer non-energy benefits as a motivation for making energy-efficiency improvements". Lawrence Berkeley Laboratory. **Anais do 1998 ACEEE Summer study on energy efficiency in buildings**, 1998.

OECD. "Toward Sustainable Development. Indicators to measure progress". Proceedings of the OECD Rome Conference. Vol. II Frameworks and indicators. OECD, 2000.

OSRAM. (2009) **Life cycle assessment of illuminants: a comparison of light bulbs, compact fluorescent lamps and LED lamps**. Germany. p. 26.

OUROLUX (Brasil). **LÂMPADA LED DE ALTA POTÊNCIA: Iluminação das alturas**. 2019. Disponível em: <http://www.ourolux.com.br/blog/2019/02/lampada-led-de-alta-potencia-iluminacao-das-alturas/>. Acesso em: 11 out. 2021.

OVERSTREET, Kaley. **Smart Cities abrindo o caminho para um futuro inteligente.** 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/937159/smart-cities-abrindo-o-caminho-para-um-futuro-inteligente>. Acesso em: 08 out. 2021.

PALZ, Wolfgang. **Energia solar e fontes alternativas.** [s.i.]: Hemus, 2002. 358 p

PARQUE TORINO. **7 características essenciais de um galpão de armazenamento.** 2014. Disponível em: <http://galpaoeficiente.parquetorino.com.br/7-caracteristicas-essenciais-de-um-galpao-de-armazenamento/>. Acesso em: 25 out. 2021.

Pereira, Paulo, 2017. **O Mercado De Galpões Logísticos E Industriais Em São Paulo E Rio De Janeiro: A Dinâmica Desde O Final Do Período Recente De Prosperidade Até A Crise Atual, E As Expectativas Para Os Próximos Anos Com**, LARES lares_2017_paper_75, Latin American Real Estate Society (LARES).

PHILIPS (Brasil). Signify. **Green Perform Highbay Elite:** design industrial elegante com qualidade de luz fantástica, alta eficácia e robustez.. Design industrial elegante com qualidade de luz fantástica, alta eficácia e robustez.. 2021. Disponível em: <https://www.lighting.philips.com.br/prof/luminarias-interiores-/high-bay-e-low-bay/high-bay/green-perform-highbay-elite#p-image-1>. Acesso em: 02 nov. 2021.

PHILIPS (Brasil). Signify. **Tubo fluorescente linear.** 2021. Disponível em: <https://www.lighting.philips.com.br/consumer/p/basico-t5-tubo-fluorescente-linear/927926786558>. Acesso em: 02 nov. 2021.

PROCEL. **Conservação de energia. Eficiência Energética de instalações e equipamentos.** Editora da EFEL, 2001.

PROCEL. **Lei de Eficiência Energética.** 2014. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2014/lei.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2021.

PROCEL. **Selo PROCEL.** 2021. Disponível em: <http://www.procel.gov.br/main.asp?View=%7BD52CB882-424C-4D38-B156-24EEC10D75FC%7D&Team=¶ms=itemID=%7B8F4C66D8-3911-452C-BA28-64EC06B56330%7D;LumisAdmin=1;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: 18 out. 2021.

PROINNOVA (Jundiaí - Sp). **Como funciona uma lâmpada LED?** 2021. Disponível em: <https://pro-innova.com/como-funciona-uma-lampada-led/>. Acesso em: 11 out. 2021.

RÁDIO CIDADE (Santa Catarina) (ed.). **Funcionários não estavam em mesmo voo da Itália.** 2020. Disponível em: https://rc.am.br/homes/page_noticia/id_58595/. Acesso em: 02 nov. 2021.

ROIZENBLATT, I. **Critérios da iluminação elétrica urbana**. 2009. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2009

SANTOS, Talía Simões dos; BATISTA, Marília Carone; POZZA, Simone Andréa; ROSSI, Luciana Savoi. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 20, n. 4, p. 595-602, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020040125106>.

SEBRAE (Brasil). **CIDADES INTELIGENTES: O QUE SÃO?** 2017. Disponível em: <https://inovacaosebraeminas.com.br/cidades-inteligentes-o-que-sao/>. Acesso em: 08 out. 2021.

SIMPSON, R.S. (2008) **Lighting Control: Technology and Applications**. Focal Press. p. 575.

SOBREIRA, Sandro Geraldo Alves. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A ILUMINAÇÃO**. 2017. 41 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

SOGALPÕES (Belo Horizonte). **Mercado de galpões: entenda a relação com e-commerce e conheça suas tendências**. 2021. Disponível em: <https://blog.sogalpoes.com.br/mercado-de-galpoes-entenda-a-relacao-com-e-commerce-e-conheca-suas-tendencias/>. Acesso em: 25 out. 2021.

SOUZA, Camila Dias de. **A PERCEPÇÃO DA QUALIDADE DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DA PRAÇA ADAIR FIGUEIREDO**. 2017. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Propar, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

USGBC. **LEED: reference guide for building operations and maintenance**. 4. ed. Washington: U.s. Green Building Council, 2016. 564 p.

UVA, Marcelo. **O que são galpões logísticos?** 2021. Disponível em: <https://blog.superbid.net/o-que-sao-galpoes-logisticos/>. Acesso em: 25 out. 2021.

9 ANEXOS

Tabela 6.1 – Iluminação Setor ADEC:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator) (W)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Corredor entrada	Fluorescente compacta	25	16	1	16	400	12	30	144
Corredor entrada	Fluorescente compacta	45	2	1	2	90	12	30	32
Wilcinho	Fluorescente compacta	25	5	1	5	125	12	30	45
Wilcinho	Fluorescente T8 40W	44	11	1	11	484	12	30	174
Wilcinho	Fluorescente compacta	45	3	1	3	135	12	30	49
Bocha	Fluorescente compacta	45	10	1	10	450	12	30	162
Bocha	Mista	275	3	1	3	825	12	30	297
Bocha	Fluorescente T8 40W	44	8	1	8	352	12	30	127
Churrasqueira	Fluorescente T8 20W	22	8	1	8	176	12	30	63
Salão de festa	Fluorescente T8 40W	44	20	1	20	880	12	30	317
Salão de festa	Fluorescente compacta	25	3	1	3	75	12	30	27
Salão de festa	Fluorescente compacta	45	6	1	6	270	12	30	97
Ginásio	Lum Vapor metálico 400W	440	30	1	30	13.200	12	30	4.752
Ginásio	Fluorescente T8 40W	44	50	1	50	2.200	12	30	792
Ginásio	Fluorescente H0 110W	121	14	1	14	1.694	12	30	610
Ginásio	Fluorescente compacta	25	9	1	9	225	12	30	81
Ginásio	Refletor 400W	440	3	1	3	1.320	12	30	475
Ginásio	Fluorescente compacta	45	4	1	4	180	12	30	65
Ginásio	Fluorescente T8 20W	22	6	1	6	132	12	30	48
Ginásio	Fluorescente compacta T8 32W	35,2	8	1	8	282	12	30	101
Ginásio	Incandescente	60	1	1	1	60	12	30	22
Piscina	Fluorescente compacta	25	11	1	11	275	12	30	99
Piscina	Fluorescente T8 40W	44	8	1	8	352	12	30	127
Piscina	Fluorescente H0 110W	121	4	1	4	484	12	30	174
Piscina	Refletor 400W	440	6	1	6	2.640	12	30	950
Campo perto da piscina	Refletor 400W	440	41	1	41	18.040	12	30	6.494
Externo	Fluorescente compacta	25	9	1	9	225	12	30	81
Externo	Refletor 400W	440	9	1	9	3.960	12	30	1.426
Externo	Fluorescente compacta	45	1	1	1	45	12	30	16
Externo	Poste Vapor metálico	440	25	1	25	11.000	12	30	3.960
Volêi	Refletor 400W	440	10	1	10	4.400	12	30	1.584
Campo perto do volêi	Refletor 400W	440	24	1	24	10.560	12	30	3.802
Estacionamento Externo	Poste Vapor metálico	440	4	4	16	7.040	12	30	2.534
Estacionamento Externo	Refletor 400W	440	7	1	7	3.080	12	30	1.109
Estacionamento Externo	Mista 150W	165	15	1	15	2.475	12	30	891
TOTAL					406	88.131			31.727

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6.2 – Iluminação Setor Administração:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Compras	Fluorescente T8 40W	44	46	1	46	2.024	12	30	729
Compras	Fluorescente compacta	25	6	1	6	150	12	30	54
Entrada	Croica	55	1	1	1	55	12	30	20
Entrada	Fluorescente compacta	25	13	1	13	325	12	30	117
Reunião	Fluorescente compacta	25	6	1	6	150	12	30	54
Reunião	Fluorescente T8 40W	44	6	1	6	264	12	30	95
Banheiros Compras Masc	Downlight	25	3	2	6	150	12	30	54
Banheiros Compras Fem	Downlight	25	1	2	2	50	12	30	18
Salas trancadas	Fluorescente T8 40W	44	8	1	8	352	12	30	127
Financeiro	Fluorescente T8 40W	44	108	1	108	4.752	12	30	1.711
Marketing	Fluorescente T8 40W	44	108	1	108	4.752	12	30	1.711
Sala diretoria	Croica	5	9	1	9	45	12	30	16
Sala diretoria	Fluorescente compacta	25	9	1	9	225	12	30	81
Sala diretoria	Fluorescente T8 40W	44	26	1	26	1.144	12	30	412
Sala diretoria	Fluorescente T8 20W	22	9	2	18	396	12	30	143
Exportação	Fluorescente T8 40W	44	80	1	80	3.520	12	30	1.267
Mineração	Fluorescente T8 40W	44	75	1	75	3.300	12	30	1.188
Mineração	Fluorescente compacta	25	20	1	20	500	12	30	180
Mineração	Croica	5	3	1	3	15	12	30	5
PB SHOP	Fluorescente T8 40W	44	303	1	303	13.332	12	30	4.800
PB SHOP	Fluorescente compacta	25	44	1	44	1.100	12	30	396
PB SHOP	Croica	5	32	1	32	160	12	30	58
PB SHOP	Downlight	25	51	1	51	1.275	12	30	459
Reunião	Fluorescente compacta	25	7	1	7	175	12	30	63
Sala de eventos	Fluorescente compacta	25	32	1	32	800	12	30	288
Sala de eventos	Fluorescente T8 40W	44	30	1	30	1.320	12	30	475
Data center informática	Fluorescente T8 40W	44	14	1	14	616	12	30	222
Fancoil Sala eventos	Fluorescente compacta	25	1	1	1	25	12	30	9
Corredor Sala Exportação	Fluorescente compacta	25	1	1	1	25	12	30	9
Fancoil Suprimentos	Fluorescente T8 40W	44	2	1	2	88	12	30	32
Reunião 2	Downlight	25	2	2	4	100	12	30	36
Sala reunião suprimentos	Downlight	25	4	1	4	100	12	30	36
Corredor Informática	Downlight	25	6	2	12	300	12	30	108
Corredor Informática	Croica	5	5	1	5	25	12	30	9
Sala redonda 1º piso	Downlight	25	6	1	6	150	12	30	54
Corredor Banheiro Exportação	Croica	5	2	1	2	10	12	30	4
Corredor Controladoria Export	PL 9W	9	4	2	8	72	12	30	26
Fancoil Controladoria	Fluorescente T8 40W	44	1	1	1	44	12	30	16
Escada Entrada Controladoria	Croica	5	6	1	6	30	12	30	11
Escada Entrada Controladoria	Downlight	25	3	1	3	75	12	30	27
Corredor Diretoria	Downlight	25	5	1	5	125	12	30	45
Corredor Diretoria	Croica	5	6	1	6	30	12	30	11
Sala Reunião RH	Fluorescente T8 40W	44	4	1	4	176	12	30	63
Arquivo morto RH	Fluorescente T8 40W	44	10	1	10	440	12	30	158
Sala redonda 2º piso	Downlight	25	4	1	4	100	12	30	36
Banheiro Fem e Masc Export.	Downlight	25	3	1	3	75	12	30	27
Banheiro Fem e Masc Export.	Croica	5	5	1	5	25	12	30	9
Banheiro Fem e Masc Control.	Croica	5	3	1	3	15	12	30	5
Banheiro Fem e Masc Control.	Downlight	25	2	1	2	50	12	30	18
TOTAL					1.160	43.027			15.490

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6.3 – Iluminação Setor Central de Massa:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Fábrica	Fluorescente HO 110W	121	21	2	42	5.082	12	30	1.830
Fábrica	Refletor 400W	440	2	1	2	880	12	30	317
Fábrica	Lum Vapor metálico 400W	400	39	1	39	15.600	12	30	5.616
Matéria prima	Lum Vapor metálico 400W	440	25	1	25	11.000	12	30	3.960
Matéria prima	Refletor 400W	440	1	1	1	440	12	30	158
Sala painéis	Fluorescente T8 40W	44	6	2	12	528	12	30	190
Vestibário	Fluorescente T8 40W	44	1	2	2	88	12	30	32
Administração	Fluorescente T8 40W	44	1	2	2	88	12	30	32
Banheiros	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
Fachada externa	Refletor 400W	440	7	1	7	3.080	12	30	1.109
TOTAL					136	36.962			13.306

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6.4 – Iluminação Setor Expedição:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Expedição - galpão	Lum Vapor metálico 400W	440	214	1	214	94.160	12	30	33.898
Expedição - Docas	Refletor 500W	550	10	1	10	5.500	12	30	1.980
Expedição - Docas	Fluorescente HO 110W	121	72	2	144	17.424	12	30	6.273
Refeitório	Fluorescente T5 28W	30,8	12	2	24	739	12	30	266
Vestibular	Fluorescente T5 28W	30,8	8	2	16	493	12	30	177
Sala de operação	Fluorescente T5 28W	30,8	10	2	20	616	12	30	222
Sala de reunião	Fluorescente T5 28W	30,8	1	2	2	62	12	30	22
Administração	Fluorescente T5 28W	30,8	24	2	48	1.478	12	30	532
Sala de reunião	Fluorescente T5 28W	30,8	4	2	8	246	12	30	89
Sala dos motoristas	Fluorescente T5 28W	30,8	2	2	4	123	12	30	44
Sanitário Feminino	Fluorescente T5 28W	30,8	30	2	60	1.848	12	30	665
Oficina - empilhadeira	Fluorescente compacta	25	3	1	3	75	12	30	27
Oficina - macro	Fluorescente T8 40W	44	1	1	1	44	12	30	16
Expedição/Resíduo PB4	Lum Vapor metálico 400W	440	10	1	10	4.400	12	30	1.584
Expedição/Resíduo PB4	Fluorescente HO 110W	121	3	2	6	726	12	30	261
Sanitário Masculino	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
Sanitário Feminino ADM	Fluorescente T5 28W	30,8	2	2	4	123	12	30	44
Sanitário Masculino ADM	Fluorescente T5 28W	30,8	2	2	4	123	12	30	44
Copa ADM	Fluorescente T5 28W	30,8	3	2	6	185	12	30	67
Expedição devolução	Refletor 400W	440	7	1	7	3.080	12	30	1.109
TOTAL					599	131.798			47.447

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6.5 – Iluminação Setor Oficina Central:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Coordenação	Fluorescente T8 40W	44	10	2	20	880	12	30	317
Sala de treinamento	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
Ajuste	Fluorescente HO 110W	121	8	2	16	1.936	12	30	697
Ajuste	Fluorescente T8 40W	44	1	2	2	88	12	30	32
Eletrônica	Fluorescente HO 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
Lavação	Fluorescente HO 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
Solda	Fluorescente HO 110W	121	7	2	14	1.694	12	30	610
Solda	Fluorescente T8 40W	44	8	2	16	704	12	30	253
Estoque	Fluorescente HO 110W	121	4	2	8	968	12	30	348
FG	Fluorescente T8 40W	44	18	2	35	1.540	12	30	554
Almoxarifado	Fluorescente HO 110W	121	16	2	32	3.872	12	30	1.394
Banheiro	Fluorescente HO 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
Corredor	Fluorescente HO 110W	121	3	2	6	726	12	30	261
Oficina	Fluorescente HO 110W	121	14	2	28	3.388	12	30	1.220
Banheiro Fem	Fluorescente T8 40W	35,2	1	2	2	70	12	30	25
Externo	Refletor Vapor de Sódio 250W	275	1	1	1	275	12	30	99
TOTAL					200	17.945			6.460

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6.6 – Iluminação Setor PB1:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Fábrica	Fluorescente H0 110W	121	349	2	698	84.458	12	30	30.405
Fábrica	Fluorescente T8 40W	44	18	2	36	1.584	12	30	570
Fábrica	Luminária Vapor metálico	440	1	1	1	440	12	30	158
Fábrica	Refletor 400W	440	1	1	1	440	12	30	158
Sala de fornos	Fluorescente H0 110W	121	3	2	6	726	12	30	261
Sala de avaliação	Fluorescente T8 40W	44	20	2	40	1.760	12	30	634
Sala de avaliação	Refletor 400W	440	2	1	2	880	12	30	317
Corredor	Fluorescente T8 40W	44	10	2	20	880	12	30	317
Sala de segurança	Fluorescente T8 32W	35,2	17	2	34	1.197	12	30	431
Sala 1	Fluorescente T8 32W	35,2	5	2	10	352	12	30	127
Sala 2	Fluorescente T8 32W	35,2	5	2	10	352	12	30	127
Auditório	Fluorescente T8 32W	35,2	13	2	26	915	12	30	329
Laboratório	Fluorescente H0 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
Gerente	Fluorescente H0 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
Administração	Fluorescente H0 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
Reunião	Fluorescente H0 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
Preparação massa	Fluorescente H0 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
sala de forno	Fluorescente T8 32W	35,2	6	2	12	422	12	30	152
PAM	Fluorescente T8 40W	44	1	2	1	44	12	30	16
Tonalidade	Fluorescente T8 40W	44	39	2	78	3.432	12	30	1.236
Tonalidade	Refletor 400W	440	1	1	1	440	12	30	158
Sala de placa	Fluorescente T8 40W	44	1	2	2	88	12	30	32
Sem nome	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
PCM	Fluorescente H0 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
Ferramentária	Fluorescente H0 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
Vestibulo	Fluorescente H0 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
Lubrificação	Fluorescente T8 40W	44	1	2	2	88	12	30	32
Administração	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
Reunião	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
Vestibulo	Fluorescente T8 40W	44	3	2	6	264	12	30	95
Sala cola	Fluorescente H0 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
Sala cola	Fluorescente T8 40W	44	1	2	2	88	12	30	32
Compressor	Fluorescente T8 32W	35,2	7	2	14	493	12	30	177
Esmaite	Fluorescente T8 40W	44	14	2	28	1.232	12	30	444
Esmaite	Fluorescente H0 110W	121	189	2	378	45.738	12	30	16.466
Esmaite	Fluorescente H0 110W	121	5	1	5	605	12	30	218
Esmaite	Luminária Vapor metálico	275	1	1	1	275	12	30	99
Massa	Fluorescente T8 40W	44	3	2	6	264	12	30	95
Massa	Fluorescente H0 110W	121	15	2	30	3.630	12	30	1.307
Massa	Luminária Vapor metálico	440	19	1	19	8.360	12	30	3.010
Massa	Refletor 400W	440	9	1	9	3.960	12	30	1.426
Box Argila	Luminária Mista	275	20	1	20	5.500	12	30	1.980
Frete Telagem	Refletor 150W	165	3	1	3	495	12	30	178
TOTAL					1.541	173.010			62.284

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6.7 – Iluminação Setor PB2-3:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Fábrica	Fluorescente HO 110W	121	531	2	1.062	128.502	12	30	46.261
Fábrica	Refletor 400W	440	5	1	5	2.200	12	30	792
Box Argila Massa	Lum Mista 500W	550	24	2	48	26.400	12	30	9.504
Box Argila Massa	Lum Mista 400W	440	28	1	28	12.320	12	30	4.435
Esmalte	Lum Mista 400W	440	24	1	24	10.560	12	30	3.802
Esmalte	Refletor 400W	440	5	1	5	2.200	12	30	792
Ink Jet	Fluorescente T8 40W	44	8	2	16	704	12	30	253
Ink Jet	Fluorescente T8 40W	44	8	2	16	704	12	30	253
Ink Jet	Fluorescente T8 40W	44	8	2	16	704	12	30	253
Operação massa	Fluorescente HO 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
Operação massa	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
Manutenção PB 2/3	Fluorescente HO 110W	121	16	2	32	3.872	12	30	1.394
Sala esmalte	Fluorescente T8 40W	44	10	2	20	880	12	30	317
Sala esmalte	Fluorescente compacta	25	1	1	1	25	12	30	9
Sala controle prensa	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
Vestibário	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
Sala manutenção	Fluorescente T8 40W	44	6	2	12	528	12	30	190
Administração	Fluorescente T8 40W	44	11	2	22	968	12	30	348
Refeitório Gerência	Fluorescente T8 40W	44	7	2	14	616	12	30	222
Sala de forno	Fluorescente T8 40W	44	3	2	6	264	12	30	95
Telefonia	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
Sala de forno	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
Compressor	Fluorescente HO 110W	121	7	2	14	1.694	12	30	610
Massa	Lum Mista 250W	275	29	1	29	7.975	12	30	2.871
Massa	Fluorescente HO 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
Massa	Lum Mista 250W	275	6	1	6	1.650	12	30	594
Sala esmalte	Refletor 400W	440	6	1	6	2.640	12	30	950
Massa	Refletor 400W	440	10	1	10	4.400	12	30	1.584
Sala lubrificação	Fluorescente HO 110W	121	3	2	6	726	12	30	261
Darma 1	Refletor 400W	440	2	1	2	880	12	30	317
Darma 2/3	Refletor 400W	440	2	1	2	880	12	30	317
TOTAL					1.440	214.429			77.193

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6.8 – Iluminação Setor PB4:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Fábrica	Fluorescente T8 40W	44	10	2	20	880	12	30	317
Fábrica	Refletor 400W	440	5	1	5	2.200	12	30	792
Fábrica	Lum Vapor metálico 400W	440	5	1	5	2.200	12	30	792
Fábrica	Fluorescente HO 110W	121	153	2	306	37.026	12	30	13.329
Esmalte	Lum Vapor metálico 400W	440	18	1	18	7.920	12	30	2.851
Corredor	Lum Vapor metálico 400W	440	5	1	5	2.200	12	30	792
Corredor	Fluorescente HO 110W	121	5	2	10	1.210	12	30	436
Depósito esmalte	Lum Vapor metálico 400W	440	6	1	6	2.640	12	30	950
Massa	Fluorescente HO 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
Ink Jet	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
Manutenção massa	Lum Mista 400W	440	2	1	2	880	12	30	317
Preparação esmalte	Fluorescente T8 32W	35,2	4	2	8	282	12	30	101
Manutenção	Fluorescente T8 40W	44	1	2	2	88	12	30	32
Refeitório	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
Banheiros	Fluorescente T8 40W	44	11	2	21	924	12	30	333
Banheiros	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
Refeitório	Fluorescente HO 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
Administração	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
Administração	Fluorescente HO 110W	121	5	2	10	1.210	12	30	436
Compressores	Fluorescente T8 40W	44	6	2	12	528	12	30	190
Banheiro administração	Incandescente	60	1	1	1	60	12	30	22
Darma 5	Refletor 400W	440	1	1	1	440	12	30	158
Escolha	Refletor 400W	440	4	1	4	1.760	12	30	634
Prensa	Fluorescente HO 110W	121	24	2	48	5.808	12	30	2.091
Prensa	Lum Vapor metálico 400W	440	6	1	6	2.640	12	30	950
Preparação massa	Lum Vapor metálico 400W	440	28	1	28	12.320	12	30	4.435
Box massa	Lum Vapor metálico 400W	440	20	1	20	8.800	12	30	3.168
TOTAL					572	93.974			33.830

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6.9 – Iluminação Setor PB5-6:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Fábrica	Fluorescente HO 110W	121	12	2	23	2.783	12	30	1.002
Fábrica	Fluorescente T8 40W	44	15	2	30	1.320	12	30	475
Fábrica	Refletor fluorescente	105	4	1	4	420	12	30	151
Matéria prima	Lum Vapor metálico 400W	440	20	1	20	8.800	12	30	3.168
Matéria prima	Refletor 400W	440	2	1	2	880	12	30	317
Manutenção	Fluorescente HO 110W	121	3	2	6	726	12	30	261
Laboratório Massa	Fluorescente HO 110W	121	7	2	14	1.694	12	30	610
Sala do forno	Fluorescente HO 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
Laboratório esmalte	Fluorescente T8 40W	44	6	2	12	528	12	30	190
Esmalte	Lum Vapor metálico 400W	440	2	1	2	880	12	30	317
Darma 7	Refletor Mista 500W	550	1	1	1	550	12	30	198
TOTAL					116	18.823			6.776

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6.10 – Iluminação Setor PB9:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Fábrica	Refletor 400W	440	2	1	2	880	12	30	317
Fábrica	Fluorescente T8 40W	44	42	2	83	3.652	12	30	1.315
Fábrica	Fluorescente HO 110W	121	137	2	274	33.154	12	30	11.935
Fábrica	Lum Vapor metálico 400W	440	191	1	191	84.040	12	30	30.254
Sala de ferramentas	Fluorescente T8 40W	44	1	2	2	88	12	30	32
Sala sem nome	Fluorescente T8 32W	35,2	1	2	2	70	12	30	25
Vestibário	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
Banheiro	Fluorescente T8 32W	35,2	2	2	4	141	12	30	51
Manutenção	Fluorescente T8 32W	35,2	36	2	72	2.534	12	30	912
Vestibário	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
Refeltório	Fluorescente T8 40W	44	9	2	18	792	12	30	285
Banheiros	Fluorescente T8 32W	35,2	6	2	12	422	12	30	152
Tonalidade	Fluorescente T8 40W	44	28	2	56	2.464	12	30	887
Tonalidade	Refletor 400W	440	2	1	2	880	12	30	317
Administração	Fluorescente T8 32W	35,2	6	2	12	422	12	30	152
Sala de reunião	Fluorescente T8 32W	35,2	4	2	8	282	12	30	101
TOTAL					750	130.350			46.926

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6.11 – Iluminação Setor PB10:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Fábrica	Fluorescente HO 110W	121	158	2	316	38.236	12	30	13.765
Esmalte	Lum Vapor metálico	440	6	1	6	2.640	12	30	950
Esmalte	Fluorescente HO 110W	121	1	2	1	121	12	30	44
Massa	Fluorescente HO 110W	121	95	2	190	22.990	12	30	8.276
Massa	Fluorescente T8 40W	44	34	2	68	2.992	12	30	1.077
Massa	Lum Vapor metálico	440	27	1	27	11.880	12	30	4.277
Administração	Fluorescente T8 40W	44	3	2	6	264	12	30	95
Guarda volume	Fluorescente T8 40W	44	6	2	12	528	12	30	190
Laboratório	Fluorescente T8 40W	44	3	2	6	264	12	30	95
Refeltório	Fluorescente T8 40W	44	3	2	6	264	12	30	95
Banheiro	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
Ink Jet	Fluorescente T8 40W	44	10	2	20	880	12	30	317
Sala de Forro	Fluorescente T8 40W	44	3	2	5	220	12	30	79
Sala manutenção	Fluorescente HO 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
Banheiro	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
Sala Atomizador	Fluorescente HO 110W	121	3	2	6	726	12	30	261
Sala Atomizador	Fluorescente T8 40W	44	1	2	2	88	12	30	32
Darma 9	Refletor misto 500W	550	1	1	1	550	12	30	198
Esmaltação por ext.	Refletor misto 500W	550	1	1	1	550	12	30	198
Darma 212	Refletor misto 500W	550	1	1	1	550	12	30	198
TOTAL					686	84.579			30.448

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.12 – Iluminação Setor Utilidades:

Local	Lâmpada / Luminária	Potência (Lâmpada + Reator)	Qtd. Luminária	Qtd. Lamp. p/ Luminária	Total de Lâmpadas	Potência Instalada Total (W)	Horas em Funcionamento por dia	Dias do Mês	Consumo Mensal Atual (kWh/mês)
Utilidades ETE	Fluorescente H0 110W	121	9	2	18	2.178	12	30	784
Utilidades ETE	Fluorescente compacta	25	3	1	3	75	12	30	27
Utilidades ETE	Fluorescente T8 40W	44	3	2	6	264	12	30	95
Utilidades ETE (polimento)	Fluorescente H0 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
Utilidades ETE (polimento)	Refletor 400W	440	13	1	13	5.720	12	30	2.059
Utilidades ETE (polimento)	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
Balança (segurança)	Fluorescente compacta	25	3	1	3	75	12	30	27
Balança (segurança)	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
Refeitório	Fluorescente T8 40W	44	34	2	68	2.992	12	30	1.077
Chiller	Fluorescente T8 40W	44	9	2	18	792	12	30	285
SE 3	Fluorescente T8 40W	44	4	2	8	352	12	30	127
SE 3	Fluorescente H0 110W	121	2	2	4	484	12	30	174
SE 3	Fluorescente compacta	25	1	1	1	25	12	30	9
SE 4	Fluorescente T8 40W	44	2	2	4	176	12	30	63
SE 4	Fluorescente H0 110W	121	4	2	8	968	12	30	348
SE 5	Fluorescente H0 110W	121	3	2	6	726	12	30	261
SE 5	Fluorescente compacta	25	1	1	1	25	12	30	9
SE 5	Fluorescente T8 40W	44	6	2	12	528	12	30	190
SE 6	Fluorescente T8 40W	44	13	2	26	1.144	12	30	412
SE 6	Fluorescente H0 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
SE 7	Fluorescente T8 40W	44	7	2	14	616	12	30	222
SE 8	Fluorescente T8 40W	44	13	2	26	1.144	12	30	412
SE 10	Fluorescente T8 40W	44	14	2	28	1.232	12	30	444
SE 11	Fluorescente T8 40W	44	5	2	10	440	12	30	158
138 kV	Refletor 400W	440	5	1	5	2.200	12	30	792
138 kV	Fluorescente T8 40W	44	15	2	30	1.320	12	30	475
Apoio	Fluorescente T8 40W	44	231	2	462	20.328	12	30	7.318
Apoio	Fluorescente H0 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
Sala de Compressores PB9	Fluorescente T8 40W	44	12	1	12	528	12	30	190
Asperador 17	Refletor 400W	440	1	1	1	440	12	30	158
Fachadas Fábricas	Refletor 400W	440	60	1	60	26.400	12	30	9.504
Fachada	Refletor 1000W	1100	2	1	2	2.200	12	30	792
ETE	Refletor 400W	440	10	1	10	4.400	12	30	1.584
Portaria Ponto	Fluorescente T8 40W	44	10	1	10	440	12	30	158
Portaria Ponto	Refletor 400W	440	2	1	2	880	12	30	317
Portaria Ponto	Refletor 250W	275	7	1	7	1.925	12	30	693
Bicicletário	Mista 150W	150	4	1	4	600	12	30	216
Bicicletário	Refletor 250W	275	2	1	2	550	12	30	198
Estacionamento ADM	Postes 45W	45	35	2	70	3.150	12	30	1.134
Casa de bombas cisterna	Fluorescente H0 110W	121	1	2	2	242	12	30	87
Casa de bombas	Fluorescente T8 40W	44	6	1	6	264	12	30	95
Postes 400W	Postes	440	6	4	252	110.880	12	30	39.917
Postes 250W	Postes	275	11	4	92	25.300	12	30	9.108
TOTAL					1.326	223.499			80.460

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.13 – Proposta de eficiência energética para o setor ADEC:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal Novo (kWh/mês)	Redução Consumo
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	16	192	69	-52%
LAMPADA LED A67 15W 6500K E27	1500	15	100	2	30	11	-67%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	5	60	22	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	11	198	71	-59%
LAMPADA LED A67 15W 6500K E27	1521	15	101	3	45	16	-67%
LAMPADA LED A67 15W 6500K E27	1521	15	101	10	150	54	-67%
LUMINÁRIA ECO HIGH BAY 75W 5000K 100D	8250	75	110	3	225	81	-73%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 10W 4000K	1000	10	100	8	80	29	-55%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	20	360	130	-59%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	3	36	13	-52%
LAMPADA LED A67 15W 6500K E27	1521	15	101	6	90	32	-67%
Luminária LED Roadway 110W 5000K	15400	110	140	30	3300	1188	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	50	900	324	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 32W 5000K	3616	32	113	14	448	161	-74%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	9	108	39	-52%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	15000	120	125	3	360	130	-73%
LAMPADA LED A67 15W 6500K E27	1521	15	101	4	60	22	-67%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 10W 4000K	1000	10	100	6	60	22	-55%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-49%
LAMPADA BRIGHTSTICK 6W 6500K	600	6	100	1	6	2	-90%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	11	132	48	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 32W 5000K	3616	32	113	4	128	46	-74%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	15000	150	100	6	900	324	-66%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	15000	150	100	41	6150	2214	-66%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	9	108	39	-52%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	15000	150	100	9	1350	486	-66%
LAMPADA LED A67 15W 6500K E27	1521	15	101	1	15	5	-67%
Luminária LED Roadway 110W 5000K	15400	110	140	25	2750	990	-75%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	15000	150	100	10	1500	540	-66%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	15000	150	100	24	3600	1296	-66%
Luminária LED Roadway 110W 5000K	15400	110	140	4	440	158	-94%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	15000	150	100	7	1050	378	-66%
LUMINÁRIA ECO HIGH BAY 75W 5000K 100D	8250	75	110	15	1125	405	-55%
TOTAL				394	26.388	9.500	-70%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.14 – Proposta de eficiência energética para o setor Administração:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal Novo (kWh/mês)	Redução Consumo
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	46	828	298	-59%
LAMPADA LED A 67 12W 6500K E27	1200	12	100	6	72	26	-52%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	1	4,5	2	-92%
LAMPADA LED A 67 12W 6500K E27	1200	12	100	13	156	56	-52%
LAMPADA LED A 67 12W 6500K E27	1200	12	100	6	72	26	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	6	108	39	-59%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	6	162	58	8%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	2	54	19	8%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	108	1944	700	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	108	1944	700	-59%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	9	40,5	15	-10%
LAMPADA LED A 67 12W 6500K E27	1200	12	100	9	108	39	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	26	468	168	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 10W 4000K	1000	10	100	18	180	65	-55%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	80	1440	518	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	75	1350	486	-59%
LAMPADA LED A 67 12W 6500K E27	1200	12	100	20	240	86	-52%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	3	13,5	5	-10%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	303	5454	1963	-59%
LAMPADA LED A 67 12W 6500K E27	1200	12	100	44	528	190	-52%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	32	144	52	-10%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	51	1377	496	8%
LAMPADA LED A 67 12W 6500K E27	1200	12	100	7	84	30	-52%
LAMPADA LED A 67 12W 6500K E27	1200	12	100	32	384	138	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	30	540	194	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	14	252	91	-59%
LAMPADA LED A 67 12W 6500K E27	1200	12	100	1	12	4	-52%
LAMPADA LED A 67 12W 6500K E27	1200	12	100	1	12	4	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-59%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	4	108	39	8%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	4	108	39	8%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	12	324	117	8%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	5	22,5	8	-10%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	6	162	58	8%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	2	9	3	-10%
LAMPADA BRIGHTSTICK 6W 6500K	600	6	100	8	48	17	-33%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	1	18	6	-59%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	6	27	10	-10%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	3	81	29	8%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	5	135	49	8%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	6	27	10	-10%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	10	180	65	-59%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	4	108	39	8%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	3	81	29	8%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	5	22,5	8	-10%
LAMPADA LED GU10 4.5W 3000K	360	4,5	80	3	13,5	5	-10%
Luminaria LED Eco Downlight 27W 4000K	2700	27	100	2	54	19	8%
TOTAL				1.160	19.752	7.111	-54%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.15 – Proposta de eficiência energética para o setor Central de Massa:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal Novo (kWh/mês)	Redução Consumo
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	21	1260	454	-75%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	2	300	108	-66%
Luminaria Circular HighBay IP65 5000K 150W 90o	19500	150	130	39	5850	2106	-63%
Luminaria Circular HighBay IP65 5000K 150W 90o	19500	150	130	25	3750	1350	-66%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	1	150	54	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	12	216	78	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	7	1050	378	-66%
TOTAL				115	12.720	4.579	-66%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.16 – Proposta de eficiência energética para o setor Expedição:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal Novo (kWh/mês)	Redução Consumo
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	214	23540	8474	-75%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	10	1500	540	-73%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	72	4320	1555	-74%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	24	360	130	-51%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	16	240	86	-51%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	20	300	108	-51%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	2	30	11	-51%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	48	720	259	-51%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	8	120	43	-51%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	4	60	22	-51%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	60	900	324	-51%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	3	36	13	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	1	18	6	-59%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	10	1100	396	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	3	180	65	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	4	60	22	-51%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	4	60	22	-51%
Lampada LED T5 13W 4000K + DRIVER	1900	15	127	6	90	32	-51%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	7	1050	378	-66%
TOTAL				524	34.828	12.538	-74%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.17 – Proposta de eficiência energética para o setor Oficina Central:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal Novo (kWh/mês)	Redução Consumo
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	20	360	130	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	8	480	173	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	2	120	43	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	2	120	43	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	7	420	151	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	16	288	104	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	4	240	86	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	35	630	227	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	16	960	346	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	2	120	43	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	3	180	65	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	14	840	302	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-49%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 100W 5000K	120	100	12000	1	100	36	-64%
TOTAL				142	5.074	1.827	-72%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.18 – Proposta de eficiência energética para o setor PB1:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal No vo (kWh/mês)	Redução Consumo
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	349	20940	7538	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	36	648	233	-59%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	1	110	40	-75%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	1	150	54	-66%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	3	180	65	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	40	720	259	-59%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	2	300	108	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	20	360	130	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	34	612	220	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	10	180	65	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	10	180	65	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	26	468	168	-49%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	1	60	22	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	1	60	22	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	2	120	43	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	1	60	22	-75%
Luminaria Hermética 55W 5000K	5500	55	100	1	55	20	-77%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	12	216	78	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	1	18	6	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	78	1404	505	-59%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	1	150	54	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	2	120	43	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	1	60	22	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	1	60	22	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	6	108	39	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	2	120	43	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	14	252	91	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	28	504	181	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	189	11340	4082	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 32W 5000K	3616	32	113	5	160	58	-74%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 75W 5000K 100D	8250	75	110	1	75	27	-73%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	6	108	39	-59%
Luminaria Hermética 55W 5000K	5500	55	100	15	825	297	-77%
Luminaria Circular HighBay IP65 5000K 150W 90o	19500	150	130	19	2850	1026	-66%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	9	1350	486	-66%
Luminaria Circular HighBay IP65 5000K 100W 90o	13000	100	130	20	2000	720	-64%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 50W 5000K	120	50	6000	3	150	54	-70%
TOTAL				973	47.469	17.089	-73%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.19 – Proposta de eficiência energética para o setor PB2-3:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal Novo (kWh/mês)	Redução Consumo
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	531	31860	11470	-75%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	5	750	270	-66%
Luminaria Circular HighBay IP65 5000K 100W 90o	13000	100	130	24	2400	864	-91%
Luminaria Circular HighBay IP65 5000K 100W 90o	13000	100	130	28	2800	1008	-77%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	24	2640	950	-75%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	5	750	270	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	16	288	104	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	16	288	104	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	16	288	104	-59%
Luminaria Hermetica 55W 5000K	5500	55	100	2	110	40	-77%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	16	960	346	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	20	360	130	-59%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	1	12	4	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	12	216	78	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	22	396	143	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	14	252	91	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	6	108	39	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	7	420	151	-75%
Luminaria Circular HighBay IP65 5000K 100W 90o	13000	100	130	29	2900	1044	-64%
Luminaria Hermetica 55W 5000K	5500	55	100	1	55	20	-77%
Luminaria Circular HighBay IP65 5000K 100W 90o	13000	100	130	6	600	216	-64%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	6	900	324	-66%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	10	1500	540	-66%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	3	180	65	-75%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	2	300	108	-66%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	2	300	108	-66%
TOTAL				856	52.209	18.795	-76%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.20 – Proposta de eficiência energética para o setor PB4:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal Novo (kWh/mês)	Redução Consumo
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	20	360	130	-59%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	5	750	270	-66%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	5	550	198	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	153	9180	3305	-75%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	18	1980	713	-75%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	5	550	198	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	5	300	108	-75%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	6	660	238	-75%
Luminária Hermética 55W 5000K	5500	55	100	1	55	20	-77%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
Luminária Circular HighBay IP65 5000K 150W 90o	19500	150	130	2	300	108	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	21	378	136	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	2	120	43	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	5	300	108	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	12	216	78	-59%
LAMPADA BRIGHTSTICK 6W 6500K	600	6	100	1	6	2	-90%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	1	150	54	-66%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	4	600	216	-66%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	24	1440	518	-75%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	6	660	238	-75%
Luminária Circular HighBay IP65 5000K 150W 90o	19500	150	130	28	4200	1512	-66%
Luminária Circular HighBay IP65 5000K 150W 90o	19500	150	130	20	3000	1080	-66%
TOTAL				382	26.439	9.518	-72%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.21 – Proposta de eficiência energética para o setor PB5-6:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal Novo (kWh/mês)	Redução Consumo
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	12	690	248	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	30	540	194	-59%
Luminária LED Outdoor FLA G2 50W 5000K	120	50	6000	4	200	72	-52%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	20	2200	792	-75%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	2	300	108	-66%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	3	180	65	-75%
Luminária Hermética 55W 5000K	5500	55	100	7	385	139	-77%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	1	60	22	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	12	216	78	-59%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	2	220	79	-75%
Luminária LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	1	150	54	-73%
TOTAL				94	5.141	1.851	-73%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.22 – Proposta de eficiência energética para o setor PB9:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal Novo (kWh/mês)	Redução Consumo
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	2	300	108	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	83	1494	538	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	137	8220	2959	-75%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	191	21010	7564	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	72	1296	467	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	18	324	117	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	12	216	78	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	56	1008	363	-59%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	2	300	108	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	12	216	78	-49%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-49%
TOTAL				613	34.888	12.560	-73%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.23 – Proposta de eficiência energética para o setor PB10:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal Novo (kWh/mês)	Redução Consumo
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	158	9480	3413	-75%
LUMINARIA ECO HIGH BAY 110W 5000K 50D	12100	110	110	6	660	238	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	1	30	11	-75%
Luminaria Hermetica 55W 5000K	5500	55	100	95	5225	1881	-77%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	68	1224	441	-59%
Luminaria Circular HighBay IP65 5000K 150W 90o	19500	150	130	27	4050	1458	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	6	108	39	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	12	216	78	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	6	108	39	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	6	108	39	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	20	360	130	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	5	90	32	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	2	120	43	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	3	180	65	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	2	36	13	-59%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	1	150	54	-73%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	1	150	54	-73%
TOTAL				428	22.589	8.132	-73%

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6.24 – Proposta de eficiência energética para o setor Utilidades:

Descrição	Fluxo Luminoso (Lm)	Potência Unitária (W)	Eficiência Luminosa (Lm/W)	Total de Lâmpadas	Potência Instalada (W)	Consumo Mensal No vo (kWh/mês)	Redução Consumo
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	9	540	194	-75%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	3	36	13	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	6	108	39	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	2	120	43	-75%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	13	1950	702	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	3	36	13	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	68	1224	441	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	18	324	117	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	8	144	52	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	2	120	43	-75%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	1	12	4	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	4	72	26	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	4	240	86	-75%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	3	180	65	-75%
LAMPADA LED A67 12W 6500K E27	1200	12	100	1	12	4	-52%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	12	216	78	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	26	468	168	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	1	60	22	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	14	252	91	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	26	468	168	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	28	504	181	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	10	180	65	-59%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	5	750	270	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	30	540	194	-59%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	462	8316	2994	-59%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	1	60	22	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	12	216	78	-59%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	1	150	54	-66%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	60	9000	3240	-66%
Luminaria LED Inspire Flood 360W 5000K 40D	43200	360	120	2	720	259	-67%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	10	1500	540	-66%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	10	180	65	-59%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 150W 5000K	120	150	18000	2	300	108	-66%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 100W 5000K	120	100	12000	7	700	252	-64%
LUMINÁRIA ECO HIGH BAY 75W 5000K 100D	8250	75	110	4	300	108	-50%
Luminaria LED Outdoor FLA G2 100W 5000K	120	100	12000	2	200	72	-64%
Lâmpada LED 35W E40	3850	35	110	70	2450	882	-33%
LUMINARIA LED LIGHTBAR 60W 5000K	6780	60	113	1	60	22	-75%
LAMPADA LED GLASS TUBE T8 18W 4000K	1850	18	103	6	108	39	-59%
Luminária LED Roadway 110W 5000K	15400	110	140	252	27720	9979	-75%
Luminária LED Roadway 70W 5000K	9800	70	140	92	6440	2318	-75%
TOTAL				1.303	67.192	24.189	-70%

Fonte: Autor, 2021