

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS – *CAMPUS* AVANÇADO IPATINGA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Isadora Kessia Santos Arruda
Juliany Oliveira Feitosa

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Um estudo de caso em uma empresa de treinamentos em elétrica - Treinar Serviços.

Ipatinga
2023

ISADORA KESSIA SANTOS ARRUDA

JULIANY OLIVEIRA FEITOSA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Um estudo de caso em uma empresa de treinamentos em elétrica - Treinar Serviços.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Avançado Ipatinga para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Carlos Renato Magalhães Duarte

Ipatinga

2023

A773e Arruda, Isadora Kessia Santos; Feitosa, Juliany Oliveira.

Eficiência energética: um estudo de caso em uma empresa de treinamentos em elétrica - treinar serviços. Isadora Kessia Santos Arruda; Juliany Oliveira Feitosa. – 2023.

59f.;il.

Orientador: Carlos Renato Magalhães Duarte.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus Ipatinga*, 2023.

1.Eficiência Energética. 2.Motores Elétricos. 3.Iluminação. I. Duarte, Carlos Renato Magalhães. II. Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Ipatinga*. III. Título.

CDD 333.79

Catálogo: Rejane Valéria Santos - CRB-6/2907

Isadora Kessia Santos Arruda

Juliany Oliveira Feitosa

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Um estudo de caso em uma empresa de treinamentos em elétrica - Treinar Serviços.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Avançado Ipatinga* para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Carlos Renato Magalhães Duarte

Aprovado em: ____ / ____ / ____ pela banca examinadora:

Prof. Me. Carlos Renato Magalhães Duarte (Orientador)

Prof. Dr. Ronaldo Guimarães - IFMG

Prof. Me. Willian Marlon Ferreira - IFMG



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

Campus Avançado Ipatinga
Rua Maria Silva, n.º 125, Veneza - Ipatinga - MG - CEP 35.164-261
(31) 3829-8615 / (31) 97133-4399 - gabinete.ipatinga@ifmg.edu.br

ANEXO III

ATA DA DEFESA DO TCC

Aos 05 dias do mês de junho de 2023, às 17:30 horas, na sala 205 do IFMG Campus Avançado Ipatinga, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) pelo(a)/pelos(as) aluno(a)/alunos(as), sendo aprovado com a nota 65 pontos pela Banca Examinadora, que está condicionada ao cumprimento dos procedimentos pós-defesa do TCC.

O(A)/Os(As) aluno(a)/alunos(as) deverá(ão) apresentar o trabalho com as devidas modificações e no formato solicitado em 26 de junho de 2023.

O(A)/Os(As) aluno(a)/alunos(as) está(ão) ciente(s) de que, caso não cumpra(m) os procedimentos pós-defesa de TCC até a data estipulada, sua(s) nota(s) será(ão) considerada(s) zero e a sua defesa será anulada. Também está(ão) ciente(s) de que o trabalho de conclusão de seu curso poderá ser divulgado pela instituição através dos seus meios de comunicação.

Observações pertinentes à defesa:

A nota está condicionada à realização das modificações e melhorias sugeridas pela banca.

NOME COMPLETO E ASSINATURA DOS COMPONENTES
DA BANCA E DO DISCENTE ORIENTADO

Orientador: <u>Paulo Renato Magalhães Duarte</u>	Assinatura: <u>[Assinatura]</u>
Membro: <u>William Marlon Ferreira</u>	Assinatura: <u>[Assinatura]</u>
Membro: <u>Rodrigo Guimarães</u>	Assinatura: <u>[Assinatura]</u>
Aluno(a): <u>Isadora Kessia Santos Amada</u>	Assinatura: <u>[Assinatura]</u>
Aluno(a): <u>Juliany Oliveira Furtado</u>	Assinatura: <u>[Assinatura]</u>

Dedicamos essa conquista com a mais profunda admiração, respeito e gratidão aos nossos amores, pais, irmãos, amigos e a todos que torceram e lutaram conosco por esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos dado força necessária para conquistar mais este longo passo em nossa caminhada.

Agradecemos a todos os que ajudaram na elaboração deste trabalho, principalmente familiares, por todo seu suporte mesmo à distância.

A todos os nossos professores, pelo apoio, ensinando e orientando, na elaboração deste trabalho.

A todos os amigos, pela amizade e ajuda incondicional despendida a nós durante todos estes anos de faculdade.

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo
de você, menos o seu conhecimento”

~Albert Einstein.

RESUMO

A eficiência energética nas empresas e indústrias é um tema que vem crescendo muito, resultado do aumento do preço da energia, da pressão para reduzir as emissões de CO₂ e da preocupação ambiental que está presente nas discussões modernas, já que os recursos naturais são limitados e as necessidades humanas tendem a ser ilimitadas. Tendo em vista isso, o trabalho visa estudar maneiras de reduzir o consumo energético de empresas analisando os pontos de ineficiência energética e a má utilização de processos relacionados à iluminação, motores e os diversos componentes elétricos que as compõem. A metodologia utilizada na elaboração desse documento foi um estudo de caso, realizado em uma empresa de treinamentos localizada no Vale do Aço-MG. Através do estudo, foram levantados todos os equipamentos consumidores de energia elétrica dentro da empresa estudada, realizando uma proposta para a troca de tais equipamentos. O estudo de caso ressalta que as ações envolvendo eficiência energética realmente são alternativas para as empresas no atendimento da expansão da demanda de energia, sendo indispensável o aumento da eficiência energética para possibilitar a otimização do consumo de forma a se conseguir um uso seguro e sustentável da energia elétrica usada. Sendo assim serão aplicados métodos para melhorar a eficiência. Ao final, conclui-se que a eficiência energética é um passo crucial na redução dos consumos, todavia deve ser utilizada como principal ferramenta para garantir essa redução, e, em consequência, também a redução de emissão de poluentes.

Palavras chaves: Eficiência Energética, Sustentabilidade, Motores Elétricos, Iluminação.

ABSTRACT

Energy efficiency in companies and industrialized areas is a subject that has been growing a lot, as a result of the increase in energy prices, the pressure to reduce CO₂ emissions and the environmental concern that is present in modern discussions, since natural resources are limited and Limited Human needs tend to be unlimited. In view of this, the work aims to study ways to reduce energy consumption in companies by analyzing the points of energy inefficiency and the misuse of processes related to lighting, motors and the various electrical components that compose them. The methodology used in the preparation of this document was a case study, carried out in a training company located in Vale do Aço-MG. Through the study, all electrical energy equipment within the company was surveyed, fulfilling a proposal for the exchange of such equipment. The case study points out that actions involving energy efficiency really are alternatives for companies to meet the expansion of energy demand, being essential to increase energy energy to enable the optimization of consumption in order to achieve a safe and sustainable use of energy. used electrical energy. Therefore, methods will be applied to improve efficiency. In the end, it is concluded that energy efficiency is a crucial step in reducing consumption, however it should be used as the main tool to ensure this reduction, and, consequently, also the reduction of pollutant emissions.

Keywords: Energy Efficiency, Sustainability, Electric Motors, Lighting.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Consumo energético – dados preliminares 2019	18
Figura 2 - Elasticidade-renda da demanda de eletricidade: Histórico x Projeção Decenal.....	19
Figura 3 - Linha do tempo dos principais programas de eficiência energética no Brasil.....	21
Figura 4 - Explicação da etiqueta do programa brasileiro de etiquetagem	22
Figura 5 - Selo PROCEL	24
Figura 6 - Exemplo do Selo CONPET	25
Figura 7 – Consumo de motores.....	32
Figura 8 – Custo e economia de energia no ciclo de motores	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Equipamentos de iluminação.	35
Quadro 2 - Equipamentos da copa.	36
Quadro 3 - Equipamentos da diretoria.	36
Quadro 4 - Equipamentos da sala de reunião.	37
Quadro 5 - Equipamentos da sala de gravação.	37
Quadro 6 - Equipamentos da sala de programação.	37
Quadro 7 - Equipamentos da oficina.	38
Quadro 8 - Iluminação – Consumo Médio Mensal.	39
Quadro 9 - Consumo médio dos equipamentos.	40
Quadro 10 - Novos equipamentos de iluminação.	42
Quadro 11 - Novo consumo médio da iluminação.	43
Quadro 12 - Nova potência média dos equipamentos.	45
Quadro 13 - Orçamento dos novos equipamentos.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização do consumo.....	38
Tabela 2 - Equivalência das iluminâncias das lâmpadas.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BTU - *British Thermal Unit*

CONPET - Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados

DEA - Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

EE - Eficiência Energética

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

GTGE - Guia Técnico de Gestão Energética

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LED - *Light-Emitting Diode*

MME - Ministério de Minas e Energia

PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem

PEE - Programa de Eficiência Energética

PGE - Programa de Gestão de Energia

PIB - Produto Interno Bruto

PNEF - Plano Nacional de Eficiência Energética

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

SEE - Superintendência de Estudos Econômicos e Energéticos

SGen - Sistema de Gestão de Energia

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
1.1. Justificativa	14
1.2. Objetivos.....	14
<i>1.2.1 Objetivo Geral</i>	<i>14</i>
<i>1.2.2 Objetivos Específicos</i>	<i>14</i>
1.3 Estrutura do trabalho	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. A crise energética mundial	16
<i>2.1.1. A crise energética no Brasil</i>	<i>17</i>
2.2. Consumo de energia nacional atual	18
2.3. Eficiência energética.....	19
<i>2.3.1 - Programas de eficiência energética implementados no país.....</i>	<i>21</i>
<i>2.3.1.1 - Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE.....</i>	<i>22</i>
<i>2.3.1.2 - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.....</i>	<i>23</i>
<i>2.3.1.3 - Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados – CONPET.....</i>	<i>24</i>
<i>2.3.1.4 - Programa de Eficiência Energética – PEE.....</i>	<i>25</i>
<i>2.3.1.5 - Programa de Gestão de Energia – PGE.....</i>	<i>26</i>
<i>2.3.2. ISO 50001</i>	<i>26</i>
2.4 – Eficiência: Iluminação.....	27
2.5 – Eficiência: Ar-condicionado	29
<i>2.5.1. Cálculo da carga térmica de aparelhos de ar-condicionado.....</i>	<i>30</i>
2.6 – Eficiência Energética de Motores Elétricos.....	31
3. METODOLOGIA.....	34
4. DESENVOLVIMENTO.....	35
4.1. A empresa.....	35
4.2. Equipamentos alvos das ações de eficiência energética	35
4.3 Análise do consumo da Empresa Treinar Serviços	38
4.4 Propostas para melhoria da eficiência energética	41
5. RESULTADOS	49
6. CONCLUSÃO.....	50
7. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	51
REFERÊNCIAS	52

ANEXO A.....56

1.INTRODUÇÃO

Gestão de energia é um assunto que compete muito esforço e trabalho. Em pleno século XXI, período em que diversas fontes estão disponíveis e o mercado possui variedade de concessionárias de energia é fundamental conhecer os fornecedores, necessidade do negócio e a matriz energética que será utilizada.

A má administração do setor de energia acarreta grandes inconvenientes, como questões de escassez e crises, que estão se tornando cada vez mais presentes no dia a dia de empresas, indústrias e famílias. Esse não é um problema novo, mas sim um problema recorrente em todo o mundo.

A eficiência energética (EE) tem como objetivo aprimorar a utilização da energia, permitindo seu uso de forma mais eficiente e consciente, a fim de alcançar os objetivos desejados. É um conceito amplamente empregado para otimizar o consumo, reduzir emissões e gerenciar a energia nas empresas, sendo amplamente adotado em todo o mundo pela maioria delas (ABESCO, 2023).

Com o objetivo de promover o uso eficiente de energia elétrica, foi criado o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Inmetro. Ele fornece as informações sobre a eficiência energética dos equipamentos. Desta forma, na hora de comprar um equipamento, pode-se escolher o mais eficiente. Essa etiqueta também estimula a fabricação de produtos cada vez mais eficientes.

As vantagens para as empresas que investem em projetos de eficiência energética são enormes, algumas são: melhoria da competitividade, alívio da pressão com o aumento de fornecimento de energia. Sendo assim, as primeiras medidas a serem tomadas dentro da empresa deveriam ser o investimento na gestão da eficiência, para assim aumentar o fornecimento de energia.

Observando esses pontos, o projeto visa otimizar o aproveitamento dos sistemas elétricos por meio de diagnósticos energéticos de instituições formadoras de eletricidade, mais precisamente a Companhia Energética de Minas Gerais, reduzir significativamente o valor das contas anuais e desenvolver planos de gestão de energia elétrica.

Portanto, nesse trabalho estudam-se as medidas que envolvem a eficiência energética, e, de que maneira elas podem realmente satisfazer a escolha da empresa em expandir a demanda de energia. Através do desenvolvimento de um estudo de caso realizado em uma empresa do setor industrial, mais precisamente automação industrial.

1.1. Justificativa

A energia economizada pode ser transformada de desperdício em ativo, otimizando processos produtivos e equipamentos. Por meio de dados, pesquisas e cálculos, ilustrando como a eficiência energética é importante para a empresa, com o objetivo de bem-estar social como o meio ambiente e interesses pessoais como a economia de capital.

Comprovar que tem capacidade de usar a energia de forma eficiente promove vantagem competitiva à empresa, e esse resultado econômico pode ser aplicado aos novos processos e produtos. Ao realizar essas ações positivas, o desperdício pode ser minimizado, mas os países onde a empresa está instalada, devem contribuir para ela atingir metas mais sustentáveis, permitindo que essas medidas funcionem em conjunto para criar um futuro melhor para todos.

Justifica-se esse trabalho, uma vez que otimizar a eficiência energética é de extrema importância para o processo, produto, meio ambiente e lucro da empresa. Com isso, espera-se que as contribuições sejam feitas para otimizar o uso de motores elétricos e análises de iluminação para melhorar seu consumo e desempenho.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar o estudo de eficiência energética em uma empresa de Automação Industrial e treinamento em elétrica industrial, apresentando conceitos que demonstram a importância do consumo sustentável. Foram estudados os equipamentos utilizados, avaliando-se o potencial de redução do consumo de energia elétrica de cada um e analisando a viabilidade econômica de substituição destes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar os resultados da implantação de programas, projetos e atividades de conservação e uso eficiente de energia.
- Ilustrar oportunidades de redução do consumo de energia elétrica, aumentando a competitividade do negócio.
- Adequação dos equipamentos utilizados, aumentando o aproveitamento energético.
- Explicitar o Programa de Gestão de Energia.

1.3 Estrutura do trabalho

O primeiro capítulo apresenta um conteúdo introdutório sobre os assuntos do trabalho desenvolvido.

O segundo capítulo contém a revisão bibliográfica, apresenta um estudo teórico sobre a situação energética brasileira, sobre os programas de eficiência energética implementados no país e sobre os equipamentos que serão alvo das ações de eficiência energética propostas por este estudo.

O terceiro capítulo mostra o desenvolvimento, apresenta as atividades que foram desenvolvidas para melhorar a eficiência dos sistemas estudados e o estudo de caso. No quarto capítulo, análise da solução proposta, analisa se a solução é viável financeiramente. E para finalizar o quinto capítulo contém os resultados, e o sexto paragrafo apresenta a conclusão e as considerações finais sobre o trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir, será desenvolvida a revisão bibliográfica deste estudo. Primeiramente, discorre-se sobre a crise energética que vem sendo cada vez mais fonte de discussões ao redor do mundo. Logo em seguida, apresenta-se a matriz energética e o consumo de energia elétrica nacional. Por último, os tópicos voltados para a eficiência energética, que será utilizada no terceiro capítulo da obra.

2.1. A crise energética mundial

O ser humano, inicialmente, utilizava as fontes de energias mais simples disponíveis na natureza conforme suas necessidades, alguns exemplos dessas fontes são: os ventos, os rios com a sua força de correnteza (força motriz), o uso da lenha, dentre outras diversas fontes disponíveis no globo. Com isso, pode-se ver que o uso da energia sempre foi fundamental na espécie humana (DE OLIVEIRA et. al., 2018).

A abundância na natureza da energia fóssil inicialmente com preços mais acessíveis, permitiu à humanidade dar um grande salto de desenvolvimento, que nunca havia acontecido. Porém, com o aumento da demanda por essas formas de energias elevou o preço na mesma proporção, e com isso veio o esgotamento de métodos e reservas que se deve à grande demanda dos países industrializados que acabam consumindo muita energia, ou seja, grande quantidade de energia fóssil (ACHÃO et. al., 2016).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2019), desde a primeira crise do petróleo, a eficiência energética tornou-se uma preocupação global. Na década de 1970, os países industrializados organizaram e arrecadaram fundos para investir em projetos de eficiência energética e energias renováveis com o objetivo de reduzir a dependência de petróleo e produtos derivados do petróleo.

O resultado disto foi o protocolo de Kyoto em 1997. Este protocolo foi um acordo internacional em que os países solicitantes estabeleceram metas de redução de emissões de CO₂. Para alcançar tais objetivos, foram necessárias medidas e mecanismos que estimulassem a eficiência energética. (CASTRO, 2015, p.8)

Os principais eventos que deram início às discussões em torno da conservação energética datam da década de 1970 e são uma resposta à crise do petróleo (EPE, 2019):

- 1973 - 1º Choque do Petróleo¹;
- 1975 - 1º Seminário sobre o tema conservação de energia (Ministério de Minas e Energia - MME);
- 1979 - 2º Choque do Petróleo;
- 1982 - Programa de Mobilização Energética.

2.1.1. A crise energética no Brasil

Os recursos renováveis no Brasil possuem uma proporção tão grande quanto a sua diversidade de estrutura energética. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME) (2022), grande parte da matriz elétrica brasileira é renovável, gerada a partir do processo de hidrelétricas correspondendo a 53,4% da oferta interna. Essas fontes de energia equivalem aproximadamente a 78,1% da oferta interna de eletricidade do país, sendo esse número o somatório da produção nacional com as importações, que são essencialmente de origem renovável.

Segundo Dias (2015), a energia elétrica no Brasil e ao redor do mundo já passou por algumas crises. O motivo da dificuldade de abastecimento de energia é que os crescimentos dos parques de geração elétrica brasileira e mundial não conseguiram acompanhar o aumento do consumo utilizado pela população de acordo com a evolução humana.

Quando boa parte do Brasil passou por severas limitações de oferta de energia elétrica nos anos 2001 e 2002, as indústrias buscaram a preservação dos seus negócios por meio de medidas emergenciais de eficiência energética e até cortes na produção. Desde então, ainda persiste no Brasil a ideia de que a eficiência está associada ao corte de energia. A eficiência energética é uma alternativa real de preservação de investimentos e ganho em curto prazo (NASCIMENTO, 2017, p.15).

De acordo com Da Silva (2021), a partir de 1998, os franqueados tiveram que investir em um plano de proteção sob a supervisão da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o qual foi aprovado pela Lei nº 9.991 / 2000 e alterações posteriores. Logo após, em 2001, no processo de racionamento de energia, algumas medidas de incentivo foram adotadas, com destaque para a Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia.

¹ O primeiro choque do petróleo refere-se a uma série de eventos ocorridos na década de 1970 que resultaram em um aumento significativo nos preços do petróleo e tiveram um impacto significativo na economia global (DOS ANJOS, 2019).

Uma das medidas de conservação, segundo Bártolo (2018), com o propósito de ter um melhor uso da energia com eficiência e racionamento foi o programa PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), pretendendo combater as perdas e informando com o selo PROCEL os equipamentos de melhor rendimento. De acordo com o PROCEL, para se preservar os recursos naturais e economizar na conta de energia, é preciso utilizar conscientemente a energia elétrica.

2.2. Consumo de energia nacional atual

A EPE disponibiliza o histórico anual, de 1995 a 2023, do consumo nacional de energia elétrica, segmentado pelas classes residencial, industrial, comercial e outros (rural, serviço público e iluminação pública). O Brasil possui uma imensa e diversificada matriz energética. Sendo a mais utilizada os derivados de petróleo, como pode ser visto no gráfico de consumo médio de energia ilustrado na Figura 1 (EPE, 2019) com um aumento médio de 2,0% anuais no decênio. Em segundo lugar fica a eletricidade, e, derivados da Cana. Também se nota a projeção dos dados para 2029, onde mais uma vez o cenário se repetirá.

Figura 1 - Consumo energético – dados preliminares 2019.



Fonte: Adaptado de EPE (2019).

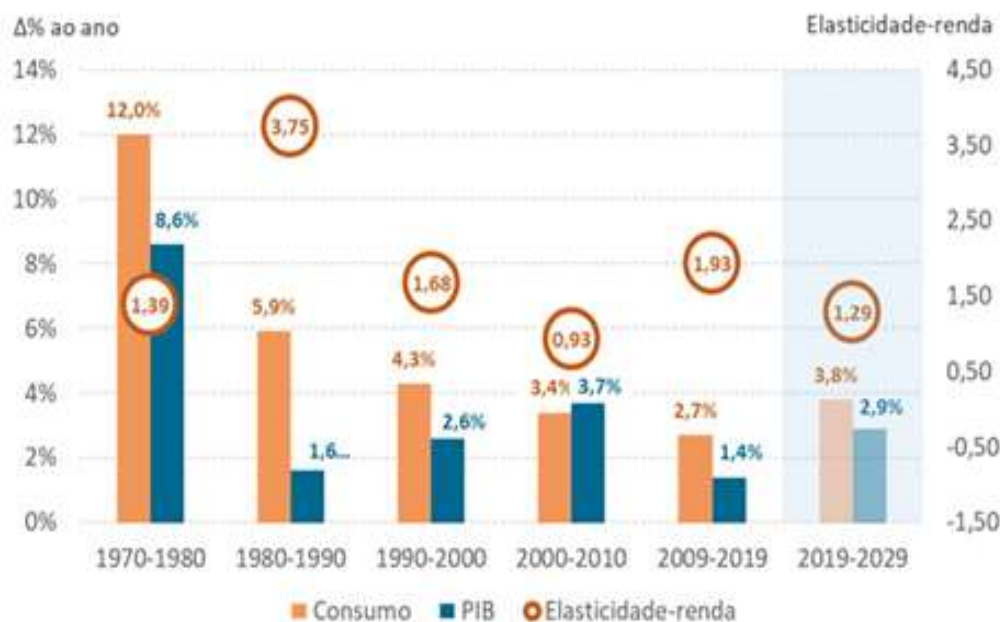
A eletrificação crescente é uma tendência verificável no período decenal. Desta forma, espera-se que o consumo total de eletricidade cresça cerca de 11% a mais que a economia brasileira, fato refletido no indicador de elasticidade-renda² de 1,29 (EPE, 2019).

² O indicador de elasticidade-renda é uma medida que quantifica a sensibilidade ou a resposta das quantidades demandadas de um bem ou serviço às variações na renda dos consumidores. Ele permite avaliar o grau de elasticidade da demanda em relação às mudanças de renda, ou seja, se a demanda por um determinado bem aumenta ou diminui em proporção maior, menor ou igual à variação na renda dos consumidores (CASTRO, 2020).

Com a autoprodução clássica, isto é, capacidade de produção para consumo próprio, percebe-se que este indicador será diretamente afetado pelo crescimento acelerado, que se pode observar nos dados a seguir: cresce à taxa média anual de 3,8% e 3,5%, o que proporciona um aumento de 3,8% ao ano do consumo total (EPE, 2019).

No decênio de 90 a eletricidade teve uma taxa de crescimento de 4,3% ao ano, onde teve maior expressão nos setores residenciais e comerciais, e o Produto Interno Bruto (PIB) apresentou um aumento médio de 2,6% anual. A Figura 2 ilustra a projeção com base nos dados históricos, com destaque para a projeção 2019-2029, onde o consumo de 3,8% e um PIB de 2,8% promovem uma elasticidade-renda de 1,29.

Figura 2 - Elasticidade-renda da demanda de eletricidade: Histórico x Projeção Decenal.



Fonte: Adaptado de EPE (2019).

Analisando os dados ilustrados pela figura anterior, nota-se que o consumo de eletricidade para a projeção de 2019-29, aumenta consideravelmente em relação ao período de 2009-19, já o PIB dobra. Com esse cenário, pode-se conseguir um índice de elasticidade-renda de 1,29, como visto anteriormente.

2.3. Eficiência energética

A eficiência energética tem como objetivo otimizar o aproveitamento das fontes de energia para reduzir custos e colaborar com o meio ambiente. Isso significa realizar os

mesmos processos utilizando menos recursos. A eficiência é a capacidade de equipamentos que operam em ciclos ou processos produzirem os resultados esperados (JUNIOR, 2021).

A EPE (2016), depois de realizar diversos estudos constatou que a eficiência energética é fundamental, principalmente desde a crise do petróleo nos anos 70. Verificando assim que o mesmo serviço poderia ser obtido com um menor valor de energia e com menores impactos ambientais, econômicos, sociais, culturais, tornando aliados a economia e o meio ambiente.

Sabe-se que todos os equipamentos elétricos transformam a energia elétrica em algum outro tipo de energia. Pode-se utilizar, como exemplo, a lâmpada que transforma a energia elétrica em energia luminosa, o motor transforma a energia elétrica em mecânica, entre outros. O que se sabe é que nenhuma transformação de energia é perfeita, o que leva a ocorrer perdas durante o processo, o que é normal. Um equipamento considerado eficiente energeticamente será capaz de transformar a maior parte da energia consumida em trabalho, evitando as perdas.

Com a finalidade de desenvolver o uso consciente de racionamento de energia foi iniciado o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), pretendendo combater as perdas e informando com o selo PROCEL os equipamentos de melhor rendimento. (BARTOLO, 2018, p.28).

Segundo Júnior (2021), no Brasil, a energia elétrica é gerada em sua maior parte por meio de hidrelétricas. Portanto, para que se preservem os recursos naturais e se economize na conta de energia, é preciso utilizar conscientemente a energia elétrica.

O setor industrial brasileiro consome cerca de 40% da energia elétrica do país e dois terços dessa energia são utilizados por sistemas motrizes. O elevado consumo apresentado por esses sistemas torna a força motriz o principal alvo de atuação dos programas de eficiência energética voltados para o segmento industrial. (PROCELINFO, 2023, *online*).

Visto que a maior parte da energia contida na matriz brasileira é a elétrica, possui alto consumo, é fundamental entender os processos a serem realizados para que se tenha eficiência no uso da energia elétrica. É comum encontrar diferentes planos de eficiência voltados para os mais diferentes segmentos industriais brasileiros. A seguir, abordam-se os principais.

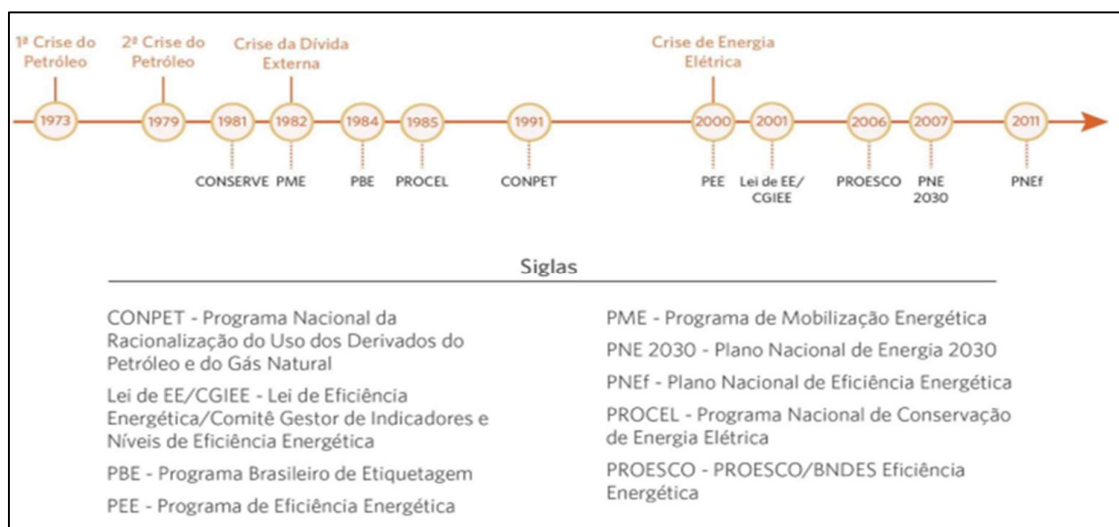
2.3.1 - Programas de eficiência energética implementados no país

Os programas de eficiência foram criados com o intuito de otimizar os processos produtivos, de forma que produzissem respeitando os parâmetros impostos de gastos, produção, meio ambiente etc. “A partir de sucessivas crises nacionais e internacionais, afetando o abastecimento, durante as quais o conceito de economia de energia passou a fazer parte de um grande esforço nacional de combate ao desperdício.” (BIZ, 2015, p.17).

No Brasil foram criados vários programas e leis para evitar os desperdícios de energia, dos quais alguns podem ser vistos na Figura 3. Alguns desses, que são utilizados nesse estudo de caso estão listados a seguir:

- Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE;
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL;
- Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados – CONPET;
- Programa de Eficiência Energética - PEE;
- Programa de Gestão de Energia – PGE.

Figura 3 - Linha do tempo dos principais programas de eficiência energética no Brasil



Fonte: Climate Policy Initiative (2023, *online*)

É notório que essa movimentação e criação de programas de eficiência se iniciara, como já explicitado anteriormente, na primeira crise de petróleo, onde o país precisou se apoiar em outras energias, diversificando a demanda da matriz energética brasileira.

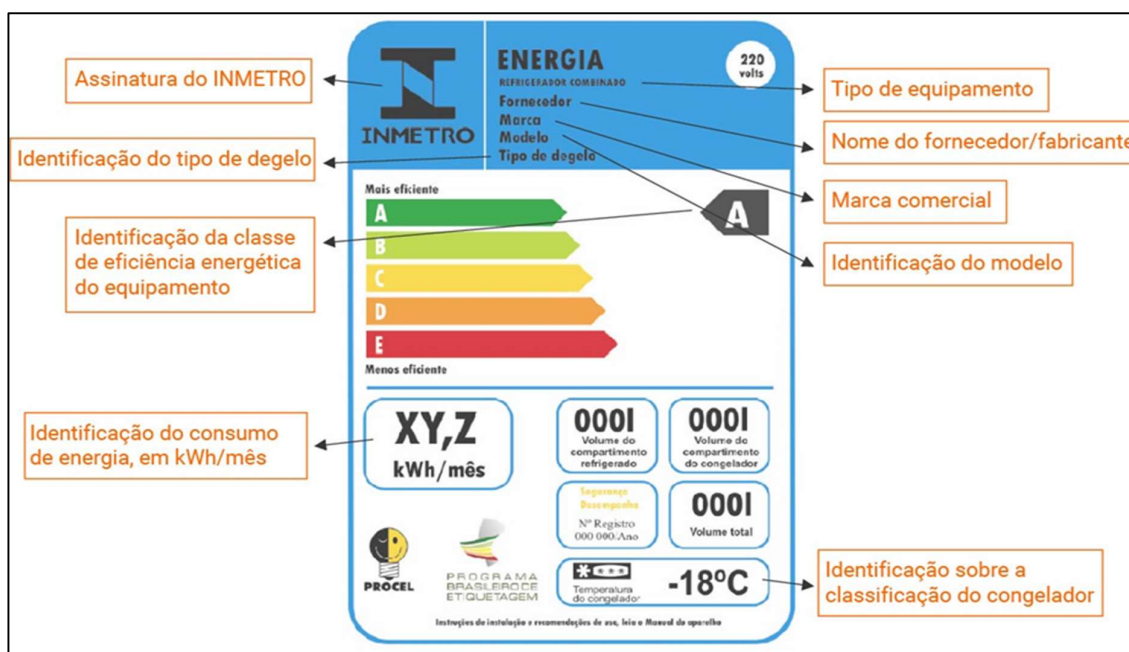
2.3.1.1 - Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE

De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), em 1984 houve uma conscientização com a sociedade sobre a eficiência energética dos produtos utilizados pelos consumidores, ensinando-os a fazerem uma compra mais eficiente, com o crescimento da conscientização criou-se o Programa Brasileiro de etiquetagem (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2021).

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Inmetro, fornece informações sobre o desempenho dos produtos, considerando atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar a escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais conscientes. Ele também estimula a competitividade da indústria, que deverá fabricar produtos cada vez mais eficientes. (MINISTERIO DA ECONOMIA, 2021, *online*).

O PBE classifica os equipamentos de acordo com a eficiência, economia e contribuição ao meio ambiente. Então, os produtos são ensaiados em laboratórios e etiquetados com faixas coloridas que os diferenciam entre si. No caso da eficiência energética, a classificação vai da mais eficiente (A) à menos eficiente (de C até G, dependendo do produto), como ilustrado na Figura 4:

Figura 4 - Explicação da etiqueta do programa brasileiro de etiquetagem.



Fonte: Empresa SGS (2020, *online*).

“Atualmente, diversas ações continuam a ser realizadas no âmbito do programa, como a etiquetagem de equipamentos eletrodomésticos de veículos e edificações, de motores elétricos, entre outros.” (SCHUTZE; HOLZ, 2021, online).

A Etiqueta diferencia os produtos, classificando-os de acordo com a sua eficiência energética. Os Selos Procel e Conpet, que possuem caráter voluntário, reconhecem aqueles mais eficientes em cada categoria, em geral os classificados como "A" na etiquetagem do Inmetro. O "sistema" Etiqueta + Selos funciona de forma integrada, acelerando a corrida tecnológica pelos aparelhos e equipamentos mais eficientes. (MINISTERIO DA ECONOMIA, 2021).

“Os fornecedores, por sua vez, precisam que seus produtos sejam diferenciados no mercado, justificando, assim, o investimento que fazem na melhoria da qualidade dos produtos que oferecem” (MINISTERIO DA ECONOMIA, 2021, online).

Segundo o Ministério da Economia (2021) o PBE possui aproximadamente cerca de 24 programas de etiquetagem, com a provisão de mais 20 a serem desenvolvidos nos próximos anos.

2.3.1.2 - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL

O PROCEL foi criado em 1985 e inicialmente caracterizou-se pela publicação e distribuição de manuais destinados à conservação de energia elétrica entre várias classes setoriais (CASTRO, 2015). Para Amanda Schutze e Holz (2021, *online*) o programa:

[...] visa promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Em 1991, se tornou um programa de governo e em 1993 foi criado tanto o Prêmio Procel – com objetivo de reconhecer as iniciativas de uso racional de energia – quanto o Selo Procel – com vista a identificar os equipamentos e eletrodomésticos que possuísem níveis ótimos de eficiência energética dentro de sua categoria.

Além da eficiência energética, o PROCEL pode exigir critérios adicionais para a concessão do Selo Procel, de forma a garantir o melhor desempenho energético do equipamento e ou atender a requisitos ambientais (NORONHA; RODRIGUES; MIRANDA, 2018). O selo utilizado pelo PROCEL pode ser visto na Figura 5:

Figura 5 - Selo PROCEL.



Fonte: Procel INFO (2023).

No dia a dia do brasileiro, é extremamente comum que eletrodomésticos recém adquiridos venham etiquetados com o selo do PROCEL. Ademais existem outras identificações e etiquetagens previstas pelo INMETRO que são observadas ao adquirir um determinado produto que consome energia elétrica.

2.3.1.3 - Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados – CONPET

Criado em 1991, vinculado ao MME, coordenado e executado pela Petrobras. O programa incentiva o uso eficiente dos recursos energéticos não renováveis no transporte, nas residências, no comércio, na indústria e na agropecuária. O objetivo do programa é mostrar para os consumidores os produtos que têm o grau máximo de eficiência energética no PBE e reduzir a emissão de gases poluentes (CASTRO, 2015).

A atuação do CONPET seria nos setores industriais com melhoria ambiental e competitividade produtiva, no setor residencial e comercial com o uso de selos de eficiência para os produtos, no setor agropecuário com o uso de óleo diesel e no setor de geração de energia que utilizaria termelétricas. (MATTOZO, 2021, *online*).

Os produtos que participam do Selo CONPET são os veículos leves, fogões e forno a gás e aquecedores de água e gás. A Figura 6 ilustra um exemplo desse selo:

Figura 6 - Exemplo do Selo CONPET.



Fonte: Reforma Fácil (2023).

O INMETRO determina a obrigatoriedade de que todos os produtos que consumam petróleo e derivados possuam a identificação do selo CONPET. Deve ser aplicado de maneira visível e legível, sem gerar nenhuma dúvida quanto ao uso dessa energia.

2.3.1.4 - Programa de Eficiência Energética – PEE

O Programa de Eficiência Energética criado em 1998 e promulgado em 2000, conduzido pela ANEEL, com a finalidade de regular as concessionárias de energia elétrica que devem investir, anualmente, um percentual mínimo de sua receita operacional líquida em ações de combate ao desperdício de energia elétrica.

“Os projetos de eficiência energética desenvolvidos pelos agentes do setor devem demonstrar a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia.” (MME, 2022, *online*).

Assim, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica [...] A regulamentação dos investimentos em Eficiência Energética (EE), o acompanhamento da execução dos projetos e a avaliação de seus resultados são feitos pela Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética (SPE) (MME, 2022, *online*).

Sendo assim, nota-se uma constante preocupação em utilizar parte da energia dos processos em formas de mitigar os desperdícios e aumentar a eficiência energética dos equipamentos.

2.3.1.5 - Programa de Gestão de Energia – PGE

O programa de Gestão de Energia (PGE) é um programa de grande importância na indústria para a redução de custos com energia. Ele visa aperfeiçoar a utilização de energia com ações e controle que reduzem os consumos globais. Empresas que investem nesse programa saem na frente onde muitos consumidores dão preferência pelo papel que elas têm com o meio ambiente e por estarem diminuindo o valor do produto final, já que o consumo de energia é reduzido (CASTRO, 2015).

O Sistema de Gestão de Energia (SGE) é um conjunto de procedimentos e atividades implementados por qualquer tipo de organização, seja industrial, comercial, administrativa ou de serviços, na sua rotina diária para tornar o consumo energético mais eficiente e, assim, promover uma redução do consumo total de energia. (MME, 2022, *online*).

Segundo o Guia Técnico de Gestão Energética (GTGE) do PROCEL (2005), a gestão energética deve englobar três aspectos principais. Inicialmente é fundamental ter o conhecimento sobre os fluxos de energia, suas características, contratos e como esses fluxos são influenciados por ações dentro da instalação gerida. Feito isso, é crucial que se acompanhe, através de indicadores, os consumos de energia, custos específicos, preços médios, valores contratados e os fatores de utilização dos equipamentos e/ou instalações. Por fim, recomenda-se agir visando a redução dos gastos energéticos nas instalações, sejam eles pela redução de consumos específicos, através de campanhas de conscientização, capacitação de funcionários e até mesmo troca de equipamentos (NELI *et. al.*, 2020).

O GTGE determina que a primeira ação que deve ser tomada é a criação de um programa de gestão de energia (PGE), porque assim as ações serão consolidadas. Com o PGE pode-se concretizar ações com o intuito de obter uma melhor eficiência energética para manter assim os seus efeitos ao longo do tempo.

2.3.2. ISO 50001

A ISO 50001 – Sistema de Gestão de Energia (SGEn) foi criada em 2011 com o intuito principal de estabelecer requisitos mínimos e específicos que garantam a melhoria

continua do desempenho energético da organização que a adotar. O atendimento destes requisitos leva a organização a buscar continuamente a redução de seu consumo de energia, o aumento da eficiência energética de seus processos e o melhor e mais adequado uso da energia necessária para viabilizar as suas atividades (FOSSA; SGARBI, 2018; NUNES et. al., 2020).

Os resultados diretos da aplicação da norma incluem a redução dos custos de produção e o aumento da segurança energética. Indiretamente, são reduzidas as emissões de gases do efeito estufa e, assim, atenuadas as mudanças climáticas.

De acordo com Lusnatura (2019, online) “A implantação da norma pode ser feita em todos os tipos e tamanhos de empresas, independentemente das condições sazonais, culturais, sociais ou econômicas.”.

2.4 – Eficiência: Iluminação

Viu-se que as questões que envolvem a economia de energia estão cada vez mais severas, voltadas não só para o desempenho dos processos, mas para o conjunto entre processo, meio ambiente, lucratividade e responsabilidade social. Visto isso, destaca-se a importância de se garantir que a eficiência energética da iluminação atenda aos requisitos, mitigando os desperdícios, e, transformando-os em ganhos (DOS SANTOS, 2021).

A iluminação dos ambientes é definida como radiação de ondas eletromagnéticas, de comprimentos distintos, que em conjunto emitem luz para o ambiente. Essa luz é chamada de iluminação, que pode estar trabalhando em função de um ambiente, equipamento ou conjunto de ambos. Classicamente, pode-se definir iluminação em três principais grupos: industrial, pública e residencial (BOQUIMPANI *et. al.*, 2019).

A Norma Regulamentadora NR 17 define diretrizes para a ergonomia no ambiente de trabalho. Em relação à iluminação, a norma estabelece níveis mínimos adequados de iluminamento para diferentes atividades, visando garantir segurança e conforto visual dos trabalhadores. Além disso, destaca a importância de evitar ofuscamento, distribuir a luz de forma uniforme, controlar a luminosidade e adotar medidas que reduzam sombras e áreas com pouca luminosidade. O objetivo é promover condições de trabalho adequadas, evitando fadiga visual e melhorando o desempenho das tarefas (BRASIL, 2018).

Quando se estuda a eficiência energética no caso da iluminação, existem algumas práticas capazes de reduzir o consumo. Para a iluminação industrial, o primeiro passo é fazer um levantamento do consumo horário de todo o sistema de iluminação. Posteriormente,

identificam-se os pontos com alto consumo e delimita-se os níveis de desperdícios. As lâmpadas podem ser substituídas por aparelhos LED (*Light-Emitting Diode*), temporizadores e sensores que podem auxiliar no desligamento de luzes que não estejam sendo utilizadas (DOS SANTOS, 2021).

Para a iluminação pública e residencial, assim como na industrial, os pontos de desperdício devem ser encontrados. Importante substituir as lâmpadas por produtos que consumam menos energia para emissão de luz, que, mesmo que sejam mais caros dos que os padrões, ainda compensam os gastos à médio e longo prazo. Os sensores de ativação da iluminação devem estar em perfeitas condições para que as luzes não sejam ativadas em momentos sem necessidade. Ademais, é importante educar e conscientizar os usuários quanto a eficiência energética (BOQUIMPANI *et. al.*, 2019).

É importante destacar que a iluminação LED é a melhor determinada pela literatura, uma vez que possui maior vida útil e menor perda de calor se comparada à incandescente e fluorescente. O consumo dessas lâmpadas deverá ser calculado com a obtenção dos seus lúmens, isto é, fluxo luminoso, e, quando comparada com as demais lâmpadas disponíveis em mercado, mais uma vez a LED sobressai em relação as demais (BOQUIMPANI *et. al.*, 2019).

Para a elaboração do desenvolvimento do trabalho, será necessário a realização do cálculo de consumo de determinados equipamentos elétricos. Sendo que para isso será utilizada a Equação 1 (NUNES *et. al.*, 2020):

$$Consumo (kWh) = \frac{Potência\ do\ Equ. (W) * t (h)}{1000} \quad (1)$$

Onde:

- Consumo;
- P(W) = Potência dos equipamentos;
- T(h) = Tempo que os equipamentos permanecem ligados.

Onde a potência dos equipamentos foi retirada de seus manuais de utilização e o tempo em horas calculado com base no período de utilização dos equipamentos na planta analisada.

Em um exemplo básico de aplicação da Equação 1 pode ser ilustrado tomando-se um equipamento hipotético de potência de 200 watts, utilizado 10 horas por dia durante 30 dias. Nesse contexto, o resultado do consumo mensal seria dado pela solução da Equação 2:

$$Consumo = \frac{200 \cdot 10 \cdot 30}{1000} = 60 \text{ kWh} \quad (2)$$

2.5 – Eficiência: Ar-condicionado

Os sistemas de ar-condicionado são aqueles que se baseiam em princípios físicos e térmicos de determinadas substâncias. Também podem ser explicitados através dos conceitos de fenômenos de transporte de calor e massa. Na teoria simplificada para o resfriamento, o sistema retira calor do ambiente, deixando-o com temperaturas mais amenas. O que define o sistema de ar-condicionado é o delta entre as temperaturas de entrada e saída, pois, sem esse comportamento da termodinâmica não seria possível refrigerar os ambientes (MACIEL, 2021).

Partindo do conceito de refrigeração e eficiência energética, espera-se que os sistemas de ar-condicionado trabalhem em prol do resfriamento do ambiente, com o menor consumo, perda e agressão ao meio ambiente, ou seja, com maior eficiência. Dessa forma, existem práticas de análise para os sistemas de refrigeração que podem minimizar os impactos causados, além de reduzir os consumos e aumentar a eficiência energética dos equipamentos (DE SOUZA, 2019).

Dimensionar os sistemas de refrigeração e ar-condicionado de acordo com a necessidade do ambiente é o primeiro passo para melhorar a eficiência do sistema, o dimensionamento deve ser exato, com fatores de correção, mas que não ultrapasse nem falte para a necessidade. É importante investir em aparelhos de ar-condicionado que estejam classificados como menores consumidores de energia elétrica e com maior eficiência, para isso pode-se realizar a conferência das etiquetas previstas pelos programas de eficiência do Brasil (MACIEL, 2021).

Tendo em vista esses dois primeiros pontos, fazer a manutenção periódica do equipamento é fundamental para que ele entregue sua real capacidade. Equipamentos sujos e com peças desgastadas tendem a consumir mais e refrigerarem menos, por isso é importante seguir os planos de manutenção previstos para cada sistema. As preventivas garantirão que o

equipamento continue refrigerando o ambiente com a capacidade de instalação, não comprometendo o consumo e sendo eficiente (DE SOUZA, 2019).

Além disso, há outro fator crucial a ser considerado ao avaliar o consumo de energia de um ar-condicionado. O manual do usuário, geralmente, contém informações sobre o valor kWh (quilowatt por hora em um período de 30 dias), que fornece uma estimativa do uso de energia por hora do dispositivo. Para calcular o consumo total de energia, deve-se seguir a Equação 3:

$$\text{Consumo total (kWh)} = \frac{\text{Cons. Hor.} * \text{H. Util.} * n^{\circ} \text{ dias}}{30} \quad (3)$$

Onde:

- Cons. Hor. = Consumo horário referente ao manual do próprio equipamento (especificação técnica);
- H. Util. = Horas de utilização diária de operação do equipamento;
- N° dias = Número de dias do mês em que o funcionamento foi observado.

2.5.1. Cálculo da carga térmica de aparelhos de ar-condicionado

O cálculo de BTU (British *Thermal Unit* ou Unidade Térmica Britânica), que é realizada com base na área do ambiente. São necessários entre 600 e 800 BTUs por m². Como base, podem ser utilizados 600 BTUs quando o ambiente não tiver incidência de sol, sendo 800 BTUs em locais onde há raios de luz diariamente (EGNATOSYAN; EGNATOSYAN, 2021).

Sabendo dessa informação, deverá ser levado em conta também a quantidade de pessoas que frequentam o local conforme literatura (EGNATOSYAN; EGNATOSYAN, 2021). Por fim, para esse cálculo foi utilizada a fórmula expressa na Equação 4:

$$BTUs = (X * m^2) + (X * Qtd. Pess.) + (X * Qtd. Eqp.) \quad (4)$$

Onde:

- X = refere-se à quantidade de BTUs conforme literatura (600 ou 800), nesse caso foi utilizado 600 pois não possui incidência de sol;

- m^2 = Área do ambiente;
- Qtd. Pess. = Refere-se à quantidade de pessoas extras que ocuparão o ambiente. Geralmente, é considerado um valor de 600 BTU por pessoa;
- Qtd. Eqp. = Refere-se à quantidade de equipamentos elétricos. Geralmente, é considerado um valor de 600 BTU por equipamento.

2.6 – Eficiência Energética de Motores Elétricos

Partindo do conceito que os motores elétricos são equipamentos capazes de converter outros tipos de energia em trabalho, como elétrica ou química, pode-se dizer que são máquinas extraordinárias criadas pelo homem. São utilizados para impulsionar outros equipamentos, como grandes linhas de produção, carros etc. É utilizado desde o princípio da evolução do homem, isto é, quase sempre esteve presente facilitando o trabalho humano (WEG, 2021).

Os primeiros motores eram alimentados pelas forças dos ventos e rios, como as rodas d'água e os moinhos. A partir daí, também da evolução do conhecimento humano, os motores a vapor tomaram o seu lugar. Logo depois, os motores à combustão e combustíveis e por fim, os alimentados com energia elétrica, que são os mais modernos de todos os citados (NBR16819, 2020).

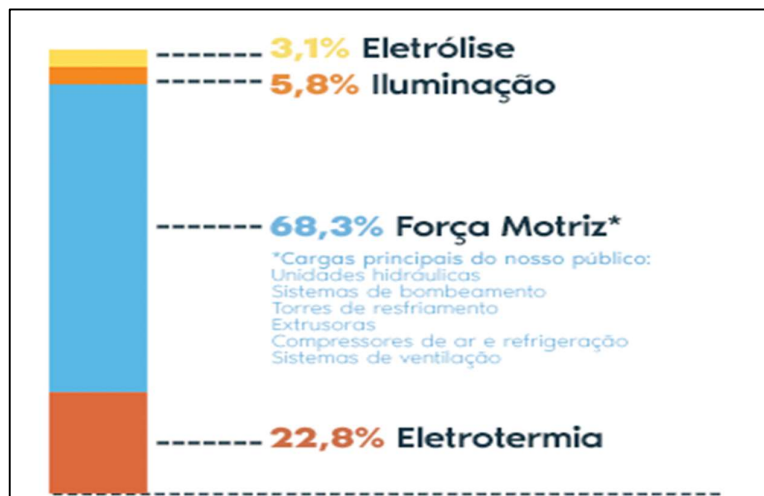
Tendo em vista que os motores são grandes consumidores de outras fontes de energia para prestarem seu trabalho, é notório que a análise de sua eficiência energética faça todo sentido. Reduzir seu consumo de maneira significativa sem comprometer seu trabalho, é sem dúvida, uma tarefa a ser realizada para que os processos tenham maior credibilidade mediante emissões, consumo e produção (WEG, 2021).

Apostar em equipamentos que possuem selo de autenticidade com o menor consumo é o primeiro passo para a eficiência da planta. Realizar as manutenções periódicas garantem que o equipamento não esteja obsoleto, sujo ou quebrado, sendo mais eficiente na entrega do seu trabalho. Dimensionar motores para cargas coerentes com seu trabalho também reduzem o consumo, e, além disso aumentam a sua vida útil. Apostar em ligações elétricas corretas é fundamental para não haver nenhuma perda de energia desde o circuito de ligação até o trabalho da máquina (NBR16819, 2020).

Dentro dos processos industriais os motores representam em média cerca de 70% do consumo de energia elétrica, podendo alcançar a totalidade do consumo dependendo da

finalidade industrial da planta. Realizando um mapeamento dos consumos industriais, têm-se a Figura 7:

Figura 7 – Consumo de motores elétricos.



Fonte: WEG (2021, *online*).

Estar atento sobre o período de vida útil dos motores, sendo eles trocados na oportunidade para que não gerem equipamentos obsoletos com maior consumo. Além do mais, em alguns casos, equipamentos mais eficientes tendem a consumir relativamente menos do que os demais. Quando se trata da economia gerada por motores eficientes, em média, como ilustrado pela Figura 8, essa economia pode gerar um capital capaz de adquirir 8 novos equipamentos.

Figura 8 – Custo e economia de energia no ciclo de motores elétricos.



Fonte: WEG (2021, *online*).

Essas práticas garantem que exista uma eficiência energética dos motores, otimizando os processos e reduzindo os custos com energia para a produção.

Para garantir a eficiência dos motores é fundamental, primeiramente, calcular o consumo de cada um deles. A literatura, apresenta uma fórmula utilizada para o cálculo de consumo de qualquer motor, expresso na Equação 5:

$$\text{Consumo (kWh)} = \frac{P (Cv) * 0,736}{\text{Rend}(\%)} * 100\% \quad (5)$$

Onde:

- Consumo de motor em uma hora de operação;
- $P(Cv)$ = Potência mecânica fornecida pelo motor;
- $\text{Rend}(\%)$ = Rendimento percentual do motor.

Através da quantificação do consumo dos motores, pode-se determinar o melhor equipamento a ser utilizado, com menor taxa de consumo, logo, menor custo de operação.

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido como um estudo de caso, de eficiência energética aplicada a iluminação e aos demais equipamentos de uma empresa, nesse contexto foi desenvolvido uma base teórica que abordou a situação energética do Brasil, através da revisão de literatura.

Foi realizado um estudo de caso na empresa Treinar Serviços localizada na cidade de Coronel Fabriciano – MG onde, foi levantada a atual situação dos equipamentos utilizados e a iluminação do local, após esse estudo foi desenvolvida uma estimativa de custos com a energia elétrica utilizada pela empresa.

Posteriormente, os dados obtidos foram confrontados com os resultados obtidos através da coleta da pesquisa. Para isso foram utilizadas obras e normas técnicas que competem às informações pertinentes à pesquisa, bem como os dados da empresa Treinar Serviços; para analisar a viabilidade das trocas dos equipamentos elétricos utilizados e da iluminação por lâmpadas de LED.

4. DESENVOLVIMENTO

Nesse capítulo, é apresentado o estudo de caso da empresa Treinar Serviços. Foram analisados os equipamentos e consumos antigos da empresa, feita uma proposta de melhoria elétrica utilizando como base o que foi mostrado na parte bibliográfica. Após a melhoria, foi sugerida a substituição por equipamentos mais eficientes e recalculado o consumo elétrico.

4.1. A empresa

A Treinar Serviços tem como objetivo ser líder em prestação de serviços em automação industrial e treinamentos técnicos voltados para a área industrial. Trabalhando lado a lado com clientes e fornecedores, buscando oferecer soluções inteligentes em custos e sem comprometer a qualidade e o prazo (TREINAR SERVIÇOS, 2022).

A empresa está localizada na Av. Doutor José Magalhães Pinto, 1813 – Giovaninni, Coronel Fabriciano – MG. CEP: 35170-097. (ANEXO A). Contato: (31)3667-2470. E-mail: contato@treinarservicos.com.br.

4.2. Equipamentos alvos das ações de eficiência energética

A empresa Treinar Serviços é localizada em uma residência onde possui dois andares. O primeiro andar é onde fica a oficina, um lavabo e um corredor com escada que liga ao segundo andar. O segundo andar é composto por 9 cômodos sendo sala de reunião, recepção, sala de equipamentos, copa, sala de gravação, diretoria, sala de programação, banheiro e corredor como mostra o ANEXO A.

Foram selecionados alguns equipamentos para realização da análise do estudo de caso, estes estão listados nos Quadros 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, separados entre equipamentos de iluminação e demais equipamentos por cômodo do prédio.

Quadro 1 - Equipamentos de iluminação.

Cômodo	LED: Quantidade - Potência	Fluorescente: Quantidade - Potência	Outros: Quantidade - Potência
Copa	0	01 - 40W	0
Diretoria	0	02 - 40W	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

(Continuação) Quadro 1 - Equipamentos de iluminação.

Cômodo	LED: Quantidade - Potência	Fluorescente: Quantidade - Potência	Outros: Quantidade - Potência
Banheiro	0	01 - 20W	0
Sala de Reunião	0	02 - 40W	0
Sala de Gravação	08 - 07W	01 - 20W	Softbox 02-150W
Sala de Programação	04 - 10W	0	0
Sala de Equipamentos	0	01 – 30W	0
Oficina	0	03 - 40W	0
Corredor da Oficina	02 - 20W	0	0
Banheiro da Oficina	0	01 - 20W	0
Recepção	0	02 – 40W	0
Corredor	0	01 – 20W	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Quadro 2 - Equipamentos da copa.

COPA	EQUIPAMENTO
1	Cafeteira Elétrica Element ARNO; Potência: 1000W
1	Refrigerador Brastemp 462 Litros Frost Free Duplex Branca BRM56BB - 127 Volts, consumo de energia 52,4 KWh/mês
1	Purificador De Água Fr600 Speciale Prateado Ibbl 110v, consumo de energia 11 KWh/mês

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Quadro 3 - Equipamentos da diretoria.

DIRETORIA (2 PESSOAS)	EQUIPAMENTO
1	Computador AOC; sempre ligado; Potência: 300W

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

(Continuação) Quadro 3 - Equipamentos da diretoria.

DIRETORIA (2 PESSOAS)	EQUIPAMENTO
1	Notebook DELL; sempre ligado; Potência: 65W
1	Ar-condicionado High Wall Rockies York – 220V 9000 BTUs – consumo de energia 0,88 KWh
1	Impressora HP LaserJet P1102w; Potência: 320W
1	Roteador TP-Link ligado 24h; Potência: 12W

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Quadro 4 - Equipamentos da sala de reunião.

SALA DE REUNIÃO	EQUIPAMENTO
1	Ar-condicionado High Wall Rockies York – 220V 12000 BTUs – consumo de energia 1,26 KWh

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Quadro 5 - Equipamentos da sala de gravação.

SALA DE GRAVAÇÃO (3 PESSOAS)	EQUIPAMENTO
3	Notebook DELL; sempre ligado; Potência: 65W
1	Ar-condicionado High Wall Rockies York – 220V 12000 BTUs – consumo de energia 1,26 KWh

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Quadro 6 - Equipamentos da sala de programação.

SALA DE PROGRAMAÇÃO (4 PESSOAS)	EQUIPAMENTO
4	Notebook DELL; sempre ligado; Potência: 65W
1	Ar-condicionado High Wall Rockies York – 220V 12000 BTUs – consumo de energia 1,26 KWh

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Quadro 7 - Equipamentos da oficina.

OFICINA	EQUIPAMENTO
2	Ventilador de Parede VOP 60cm MX; Potência: 200W
1	Motor Esmeril Ferrari ME-6” - 360W
1	Furadeira de Mesa SCHULZ: Modelo: FB 13 - Potência 735,5W.
1	Compressor Embraco EMI 45HER THERMALLY PROTECTED : 115-127V; Potência: 186,42 W
1	Furadeira BOSCH GSB 13 RE 3 601 B3D 5D0; 127V - 50/60Hz - 5.4A - 650W.
1	Esmerilhadeira BOSCH 3601H208D0: 127V - 50/60Hz - 7,0A - 850W M14.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A partir da seleção dos equipamentos/especificação de todo o consumo da empresa, foi realizada a análise de eficiência energética. Sendo essa análise exibida a partir dos tópicos 4.3 em diante. Não foram selecionados todos os equipamentos devido às limitações impostas pela própria Treinar Serviços, limitando a área de pesquisa aos equipamentos selecionados.

4.3 Análise do consumo da Empresa Treinar Serviços

Para iniciar a análise do consumo da Treinar Serviços, foram levantados os dados tarifários. A classe, subclasse, modalidade e preço monetário pelo kWh foram levantados, para posteriormente serem utilizados no cálculo de potência e levantar o consumo médio, conforme ilustra a Tabela 1:

Tabela 1 - Caracterização do consumo.

Classe	Bifásica
Subclasse	Residencial
Modalidade tarifária	Convencional
Preço pago por kWh (excluindo custo da iluminação pública e dos impostos)	R\$ 0,653

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Foram utilizados os equipamentos apontados no item 4.2, bem como o cálculo do consumo baseando-se na Equação 1. O Quadro 8 apresenta o cálculo de consumo médio mensal para a iluminação:

Quadro 8 - Iluminação – Consumo Médio Mensal.

Cômodo	Potência (W)	Horas Utilizadas	Média de Dias	Consumo Médio Mensal (KWh)
Copa	40	3	22	2,64
Diretoria	80	8	22	14,08
Banheiro	20	2	22	0,88
Sala de Reunião	80	2	8	1,28
Sala de Gravação	76	8	22	13,38
Sala de Gravação (Softbox)	300	2	12	7,20
Sala de Programação	40	8	22	7,04
Sala de Equipamentos	30	2	22	1,32
Oficina	120	8	22	21,12
Corredor da Oficina	40	8	22	7,04
Banheiro da Oficina	20	2	22	0,88
Recepção	80	8	22	14,08
Corredor	20	8	22	3,52
Total				94,46

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Dentro desse contexto, pode-se estimar um gasto médio mensal de R\$ 61,68 com iluminação nas instalações da Treinar Serviços. Dessa forma, o resultado do valor do consumo da iluminação foi encontrado pela solução da Equação 6:

$$\text{Valor a ser pago (R\$)} = 94,46 * 0,653 = 61,68 \quad (6)$$

No Quadro 9, utilizou-se as equações 1 e 3 para obter o consumo médio dos equipamentos analisados.

Quadro 9 - Consumo médio dos equipamentos.

Equipamentos	Quantidade – Potência (W)	Horas Utilizadas	Média de Dias	Consumo Médio Mensal (KWh)
Ar-condicionado High Wall Rockies York – 220V 9000 BTUs – consumo de energia 0,88 KW	01 – 815 W	8	22	154,88
Ar-condicionado High Wall Rockies York – 220V 12000 BTUs – consumo de energia 1,26 KW	01 – 1085 W	2	8	20,16
Ar-condicionado High Wall Rockies York – 220V 12000 BTUs – consumo de energia 1,26 KW	02 – 1085 W	8	22	443,52
Ventilador de Parede VOP 60cm MX; Potência: 200W	02 – 200 W	8	22	70,40
Notebook DELL; sempre ligado; Potência: 65W	08 – 65 W	8	22	91,52
Computador AOC; sempre ligado; Potência: 300W	01 – 300 W	8	22	52,80
Impressora HP LaserJet P1102w; Potência: 320W	01 – 320 W	1	22	7,04
Roteador TP-Link ligado 24h; Potência: 12W	01 – 12 W	24	30	8,64
Cafeteira Elétrica Element ARNO; Potência: 1000W	01 – 1000 W	1	22	22,00
Refrigerador Brastemp 462 Litros Frost Free Duplex Branca BRM56BB - 127 Volts, consumo de energia 52,4 KWh/mês		24	30	52,40
Purificador De Água Fr600 Speciale Prateado Ibbi 110v, consumo de energia 11KWh/mês		24	30	11

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

(Continuação) Quadro 9 - Consumo médio dos equipamentos.

Equipamentos	Quantidade – Potência (W)	Horas Utilizadas	Média de Dias	Consumo Médio Mensal (KWh)
Motor Esmeril Ferrari ME-6” - 360W	01 – 360 W	1	22	7,92
Furadeira de Mesa SCHULZ: Modelo: FB 13 - Potência 735,5W.	01 – 735,5 W	2	22	32,36
Compressor Embraco EMI 45HER THERMALLY PROTECTED: 115-127V; Potência: 186,42 W	01 – 186,42 W	2	22	8,20
Furadeira BOSCH GSB 13 RE 3 601 B3D 5D0; 127V - 50/60Hz - 5.4A - 650W.	01 – 650 W	2	22	28,60
Esmerilhadeira BOSCH 3601H208D0: 127V - 50/60Hz - 7,0A - 850W M14.	01 – 850 W	2	22	37,40
Total				1048,84

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O consumo dos equipamentos descritos no quadro 9 foi de R\$ 684,89. O consumo total médio previsto com os dados dos quadros 8 e 9 foi de R\$ 746,57 mensal.

4.4 Propostas para melhoria da eficiência energética

Para a iluminação, a proposta foi a troca das lâmpadas do prédio por modelos LED, com iluminância igual ou maior do que as já existentes. Deve-se salientar a importância de uma análise luminotécnica no ambiente, visto que é através dela que se determina a correta aplicação de equipamentos de iluminação para determinada área de trabalho. De forma que os ambientes possuam iluminação adequada para o trabalho executado. Essa ação também contribui indiretamente para a eficiência, uma vez determinada a iluminação correta, eliminam-se gastos desnecessários de energia. Nesse estudo essa análise foi excluída devido o escopo do projeto, não sendo realizada para a ocasião.

O critério utilizado para a substituição do SOFTBOX foi a substituição da lâmpada fluorescente para uma de LED com a mesma iluminância.

Os novos equipamentos de iluminação estão expressos no Quadro 10. Enquanto o cálculo médio de potência após a troca pode ser visto no Quadro 11.

Quadro 10 - Novos equipamentos de iluminação.

Cômodo	LED: Quantidade - Potência	Fluorescente: Quantidade - Potência	Outros: Quantidade - Potência
Copa	1 – 20 W	0	0
Diretoria	02 – 20W	0	0
Banheiro	01 – 10W	0	0
Sala de Reunião	02 – 20W	0	0
Sala de Gravação	04 – 17W	0	Softbox 02-85W
Sala de Programação	04 - 10W	0	0
Sala de Equipamentos	01 – 15W	0	0
Oficina	03 – 20W	0	0
Corredor da Oficina	02 - 20W	0	0
Banheiro da Oficina	01 – 10W	0	0
Recepção	02 – 20W	0	0
Corredor	01 – 10W	0	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Para obter a substituição das lâmpadas existentes foi analisada a iluminância total do ambiente das lâmpadas antigas e substituído por lâmpadas em LED com a mesma iluminância (lúmens). Na tabela 2, pode ser vista a equivalência entre as lâmpadas.

Tabela 2 - Equivalência das iluminâncias das lâmpadas.

Iluminância (Lúmens)	Fluorescente (W)	LED (W)
700	-	7
1018	20	10

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

(Continuação) Tabela 2 – Equivalência das iluminâncias das lâmpadas.

Iluminância (Lúmens)	Fluorescente (W)	LED (W)
1057	30	15
1836	-	17
2000	40	20
7650	150	85

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Quadro 11 - Novo consumo médio da iluminação.

Cômodo	Potência (W)	Horas Utilizadas	Média de Dias	Consumo Médio Mensal (KWh)
Copa	20	3	22	1,32
Diretoria	40	8	22	7,04
Banheiro	10	2	22	0,44
Sala de Reunião	40	2	8	0,64
Sala de Gravação	68	8	22	11,97
Sala de Gravação (Softbox)	170	2	12	4,08
Sala de Programação	40	8	22	7,04
Sala de Equipamentos	15	2	22	0,66
Oficina	60	8	22	10,56
Corredor da Oficina	40	8	22	7,04
Banheiro da Oficina	10	2	22	0,44
Recepção	40	8	22	7,04
Corredor	10	8	22	1,76
Total				60,03

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para esse cálculo, foi observado um gasto médio em reais de R\$ 39,20, sendo que na configuração anterior era de R\$ 61,68. Uma redução de 36,45% em relação a situação

anterior. A escolha da lâmpada LED deu-se em função da literatura de Egnatosyan e Egnatosyan (2021) explorada, onde através de seu desenvolvimento constatou-se que era o melhor tipo para redução de consumos em iluminação.

As substituições dos ares-condicionados foram planejadas através da análise crítica do ambiente, também utilizando a literatura como ferramenta auxiliar. Foi visto que em alguns ambientes eles estavam subdimensionados e em outros superdimensionados. Foi feita a substituição por ares-condicionados que atendem as condições do ambiente e que possuem maior eficiência energética observando o selo PROCEL e com um custo-benefício para o cliente.

Para os equipamentos apontados, foi proposta a troca dos aparelhos de ar-condicionado. A área dos ambientes é apresentada a seguir:

- DIRETORIA: 11,70 m²
- SALA DE REUNIÃO: 14,40 m²
- SALA DE GRAVAÇÃO: 6,67 m²
- SALA DE PROGRAMAÇÃO: 14,68 m²

A planta do prédio está ilustrada no Anexo A ao final do trabalho.

Com base na Equação 3, o resultado dos BTUs por ambiente é:

- DIRETORIA: 8.820 BTU's
- SALA DE REUNIÃO: 11.640 BTU's
- SALA DE GRAVAÇÃO: 8.202 BTU's
- SALA DE PROGRAMAÇÃO: 13.008 BTU's

A partir desse cálculo, a proposta seria substituir os aparelhos por modelos inverter, ou seja, aparelhos com um ciclo contínuo de baixa rotação, de forma que não sofrem picos de consumo de energia elétrica no processo de ligar e desligar. Em média os modelos inverter possuem eficiência 60% superior quando comparados com os modelos convencionais (EGNATOSYAN; EGNATOSYAN, 2021). Foi considerado o valor descrito na etiqueta PBE do Inmetro. Ao final da realização de todos os cálculos, foi desenvolvida a proposta de substituição dos equipamentos, a qual pode ser vista nas tabelas de novos consumos. Os novos valores de potência dos equipamentos estão ilustrados no Quadro 12 a seguir:

Quadro 12 - Nova potência média dos equipamentos

Equipamentos	Quantidade – Potência (W)	Horas Utilizadas	Média de Dias	Consumo Médio Mensal (KWh)
Ar-Condicionado Split Hi Wall Elgin Eco Power 9000 BTU/h Quente e Frio HWQI09B2IA - 220 Volts – consumo de energia 16,3 kWh/mês	02 – 815 W	8	22	191,25
Condicionado Split Consul Frio Maxi 12000 BTU Frio 220V – consumo de energia 22,8 kWh/mês	01 – 1085 W	2	8	12,16
Ar-Condicionado Split Elgin 18000 BTU's SRFI – 18000 – 2 – consumo de energia 36,8 KWh/mês	01 – 1238 W	8	22	215,89
Ventilador de Parede New 50cm - Ventisol	02 – 130 W	8	22	45,73
Notebook DELL; sempre ligado; Potência: 65W	Será utilizado o mesmo equipamento			91,52
NOTEBOOK ACER 15,6 HD LED A315-34-C6ZS/ CELERON N4000/ 4GB/ 1TB/ LINUX	01 – 65 W	8	22	11,44
Impressora HP LaserJet P1102w; Potência: 320W	Será utilizado o mesmo equipamento			7,04
Roteador TP-Link ligado 24h; Potência: 12W	Será utilizado o mesmo equipamento			8,64
Cafeteira Elétrica Dolce Arome, 110V, Mondial - C-30-18X-FB	01 – 550 W	1	22	12,10
Geladeira/Refrigerador Electrolux Frost Free - Inverter Duplex Branca 431L IF55 Top Freezer, consumo de energia 35,3 KWh/mês		24	30	35,3

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

(Continuação) Quadro 12 - Nova potência média dos equipamentos.

Equipamentos	Quantidade – Potência (W)	Horas Utilizadas	Média de Dias	Consumo Médio Mensal (KWh)
Purificador de Água Soft Slim Prata – Refrigerado Por Compressor; consumo de energia 5,1 KWh/mês		24	30	5,1
Tramontina 42400150, Moto Esmeril 5, Potência 260W, Bivolt, Azul	01 – 260 W	1	22	5,72
Furadeira de Bancada 1/2 Pol. 1/3CV com Protetor de Mandril - Pratika - SCHULZ-FSB-13P	01 – 250 W	2	22	11
Compressor Embraco EMI 45HER THERMALLY PROTECTED : 115-127V; Potência: 186,42 W	Será utilizado o mesmo equipamento			8,20
Furadeira de Impacto Bosch GSB 550 RE 550W com 14 Acessórios	01 – 550 W	2	22	24,20
Black+Decker Esmerilhadeira Angular 4.1/2 (115Mm) 650W 127V	01 – 650 W	2	22	28,6
Total				713,89

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para esse cálculo, foi observado um gasto médio em reais de R\$ 466,17, sendo que na configuração anterior era de R\$ 684,89. Sendo essa redução em média 32% do cenário anterior. Como visto, não havia necessidade de troca de alguns equipamentos, mantendo-se os cálculos médios de consumo, como mencionado anteriormente, em função da restrição da própria empresa estudada.

Com isso a redução do custo total: iluminação + equipamentos foi recalculada. O Novo custo é de $R\$ 466,17 + 39,20 = R\$ 505,37$. Em comparação com o custo anterior de R\$ 746,57, pode-se observar uma redução de 32%. Para a realização da troca dos equipamentos, foi feito um orçamento no mercado, levando-se em conta os valores médios de custo de cada um deles. O resultado da busca encontra-se no Quadro 13.

Quadro 13 - Orçamento dos novos equipamentos.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
LAMPADA LED BULBO 10W E-27 BIVOLT 6500K - BR FRIO	4	10,71	42,84
Lâmpada Led Bulbo E27 6500K Branco Frio 12W Avant	3	9,77	29,31
Lâmpada Led Bulbo A60 15W 6.500K Branca Fria Bivolt Kian	1	12,90	12,90
Lâmpada Led 17W 6500K Bulbo A60 OSRAM	3	13,80	41,40
Lâmpada LED Bulbo HP Alta Potência 20W Luz Branca 6500K Base E27 Bivolt Avant	12	13,90	166,80
Lâmpada Led Globe Base E-27 50W 6.5K Bivolt Kian	2	44,90	89,80
Ar-Condicionado Split Hi Wall Elgin Eco Power 9000 BTU/h Quente e Frio HWQI09B2IA - 220 Volts – consumo de energia 16,3 KWh/mês	2	1687,86	3375,72
Ar-Condicionado Split Consul Frio Maxi 12000 BTU Frio 220V – consumo de energia 22,8 kWh/mês	1	1635,04	1635,04
Ar-Condicionado Split Elgin 18000 BTU's SRFI – 18000 – 2 – consumo de energia 36,8 KWh/mês	1	2880,14	2880,14
Ventilador de Parede New 50cm - Ventisol	2	179,90	359,80
NOTEBOOK ACER 15,6 HD LED A315-34-C6ZS/ CELERON N4000/ 4GB/ 1TB/ LINUX	1	2043,80	2043,80
Cafeteira Elétrica Dolce Arome, 110V, Mondial - C-30-18X-FB	1	118,82	118,82

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

(Continuação) Quadro 13 – Orçamento dos novos equipamentos.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
Geladeira/Refrigerador Electrolux Frost Free - Inverter Duplex Branca 431L IF55 Top Freezer, consumo de energia 35,3 KWh/mês	1	3679,08	3679,08
Purificador de Água Soft Slim Prata – Refrigerado Por Compressor; consumo de energia 5,1 KWh/mês	1	505,00	505,00
Tramontina 42400150, Moto Esmeril 5, Potência 260W, Bivolt, Azul	1	309,95	309,95
Furadeira de Bancada 1/2 Pol. 1/3CV com Protetor de Mandril - Pratika - SCHULZ-FSB-13P	1	791,60	791,60
Furadeira de Impacto Bosch GSB 550 RE 550W com 14 Acessórios	1	298,96	298,96
Black+Decker Esmerilhadeira Angular 4.1/2 (115Mm) 650W 127V	1	213,98	213,98
TOTAL			16594,94

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A instalação das lâmpadas e ventiladores será feita pelos próprios donos e empregados que tem capacitação na área de elétrica. As instalações dos ares-condicionados têm o preço médio de R\$ 500,00 para cada ar, totalizando R\$ 2.000,00.

5. RESULTADOS

Como visto é um investimento médio de R\$ 16.594,96 dos equipamentos mais R\$ 2.000,00 de mão de obra, totalizando R\$ 18.594,96. O cálculo de *payback* foi analisado da seguinte maneira: foi utilizada a soma entre os valores do consumo da iluminação e dos equipamentos, e depois feita a diferença do valor antigo de consumo pelo novo valor calculado, ou seja: R\$ 746,57 - R\$ 505,37 = R\$ 241,20 de economia. A proposta possui o cenário a seguir:

- *Payback*: $18594,94 / 241,20 = 77,09$ meses;
- Tempo em anos = $77,09 / 12 = 6,42$ anos.

O projeto não será viável como foi expresso através do *Payback* calculado, mostrando-se muito longo. Com o estudo realizado, foi possível notar que a troca dos equipamentos gerou uma redução nos valores a serem pagos de quase 32% no valor da fatura depois dos 6,42 anos de *Payback*. Esse prazo gerado não é considerado viável, sendo poucos os ganhos pela ordem do investimento e levando em conta também o tempo de vida útil de muitos equipamentos são menores que 6 anos, como por exemplo, as lâmpadas.

Embora o projeto em questão não tenha apresentado uma viabilidade financeira, com base no cálculo de *Payback*, é fundamental reconhecer a importância de se buscar soluções que promovam o uso eficiente da energia. Ao investir em tecnologias e práticas mais eficientes, as empresas podem não apenas reduzir seus custos ao longo prazo, além de obter benefícios financeiros, atrair clientes e colaboradores engajados e, ao mesmo, tempo contribuir para um futuro mais sustentável e responsável com o consumo de energia.

6. CONCLUSÃO

Esse trabalho de conclusão de curso foi o resultado de um estudo de caso aplicado na organização Treinar Serviços, com o intuito de reaver os equipamentos consumidores de energia elétrica na planta. Dentro desse conceito, revisou-se bibliograficamente alguns pontos antes de seguir para a parte prática do trabalho. Em primeiro momento, abordou-se a crise energética mundial, elucidando a necessidade da problemática do trabalho que é a redução do consumo de energia.

Posteriormente, discutiu-se sobre o consumo de energia nacional, apontando dados estatísticos como base fundamental para a perspectiva de consumo pelos anos seguintes. Também se abordou a teoria implícita em eficiência energética, discutindo-a entre equipamentos básicos como motores, iluminação e ar-condicionado.

Com essa construção teórica, foi possível identificar todos os consumos médios de iluminação e equipamentos elétricos da empresa estudada, constatando seus gastos médios mensais com esse cenário. Após isso, foi criada uma proposta de troca de alguns itens de iluminação para equipamentos mais eficientes, como lâmpadas LED, bem como de alguns equipamentos eletrônicos. Também foi feito o cálculo de refrigeração dos ambientes para determinar o melhor aparelho de ar-condicionado a ser utilizado na proposta.

Com base na proposta apresentada, concluiu-se que há métodos de trabalhar a eficiência energética na Treinar Serviços, sendo que o investimento a ser utilizado deveria ser em média R\$ 18.594,96. Sendo que o *Payback* do projeto apresentou um retorno a longo prazo, isto é, 6 anos e 5 meses para o investimento a ser realizado, sendo dessa forma inviável.

Entretanto, com a realização desse estudo, nota-se que os estudos de eficiência energética são o caminho para a redução do consumo das organizações. E, se realizada em massa, possui grande expectativa para refletir no consumo energético nacional, e, até mesmo global. Implicando resultados positivos na crise de energia mundial.

7. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, pretende-se aplicar o cálculo luminotécnico do ambiente, de forma que sejam avaliadas possibilidades de redução de iluminação sem comprometer o trabalho. Com isso, aumentar os índices de eficiência de iluminação do prédio da Treinar Serviços. Também a implantação do projeto através do estudo apresentado para que os resultados coletados sejam reais e não literários.

REFERÊNCIAS

- ABESCO. **O que é Eficiência Energética? (EE)**. Novidades, 2023. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- ACHÃO, C. C. L.; MATOS, R. A. S.; SOARES, F. K.; LOUREIRO, L. S. S. M. **Balanço Energético Nacional 2016**. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2016. Disponível em <http://www.cbdb.org.br/informe/img/63socios7.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR16819: Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, 2020.
- BÁRTOLO, R. de S. D. S. **Previsão Inteligente do Consumo de Energia com Base em Modelos Deep Learning**. Instituto Politecnico do Porto (Portugal) ProQuest Dissertations Publishing, 2018. 28984166.
- BIZ, A. V. **Auditoria energética com ênfase em condicionamento ambiental, aplicado no DEE – CCT - UDESC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Energia) – Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade do Estado de Santa Catarina, 2015. Joinville, 2015.
- BOQUIMPANI, C. L.; DA MOTTA, A. L. T.; SOUZA, L. O. de C.; OLIVEIRA, C. H. V do O. Eficiência energética: sistemas de iluminação com LEDs, distribuídos em corrente contínua e utilizando energia fotovoltaica. **Artigos - Ambient. constr.** 19 (4) • Oct-Dec 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000400357>. Acesso em: 19 jan. 2023.
- BRASIL. **Norma Regulamentadora 17 - Ergonomia**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR17.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- CASTRO, D. F. **Eficiência energética aplicada a instalações elétricas residenciais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. Rio de Janeiro, 2015.
- CASTRO, Fábio Avila de. **Ensaio em tributação da renda da Pessoa Física no Brasil**. 2020. 275 f., il. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- CEMIG. Valores de tarifas e Serviços. 2023. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>. Acesso em: mar. 2023.
- CLIMATE POLICY INITIATIVE. **Eficiência energética**. 2023. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/agendas/eficiencia-energetica/>. Acesso em 19 jan. 2023.
- DA SILVA, D. L. **A viabilidade de implementação de Projeto do Programa de Eficiência Energética na Oficina de Manutenção de Viaturas da 111ª Companhia de Apoio de Material**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Ciências Militares, com ênfase em Defesa) – à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2021. Rio de Janeiro, 2021.
- DE OLIVEIRA, A. P. M.; FUGANHOLI, N. S.; CUNHA, P. H. de S.; BARELLI, V. A.; BUNEL, M. P. M.; NOVAZZI, L. F. Análise técnica e econômica de fontes de energia renováveis. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa/MG, BR, v. 4, n. 1, p.

0163–0169, 2018. DOI: 10.18540/jcecvl4iss1pp0163-0169. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcecv/article/view/2502>. Acesso em: 18 jan. 2023.

DE SOUZA, Gabriel Fernando Laureano. **Eficiência energética em sistemas de ar condicionados: revisão de literatura**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, 2019.

DIAS, Genebaldo Freire. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana**. Global Editora e Distribuidora Ltda, 2015.

DO SANTOS, G. A. **Eficiência energética da iluminação em uma indústria de produtos de limpeza**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Energia) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2021. Goiânia, 2021.

DOS ANJOS, C. M. **Analisa as razões determinantes qye levaram a política econômica vigente no período de 197/79 a não corrigir os deficits em transações correntes do balanço de pagamentos a partir da crise do petróleo. Faz uma abordagem das principais teorias do comércio internacional**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Econômicas) - Universidade Federal da Bahia, 2019. Salvador, 2019.

EGNATOSYAN, Siranush; EGNATOSYAN, Naira. **Metodologia de Desenho para Câmaras de Rega de Sistemas de Ar Condicionado**. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **6º Boletim de Conjuntura da Indústria do Petróleo**. Brasil, 2019. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/resultado-de-busca?k=crise%20de%20petr%C3%B3leo>. Acesso em: 18 jan. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Matriz Energética e Elétrica**. Brasil, 2016. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 18 jan. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decencial de Expansão de Energia 2026**. Brasil, 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/PDE2026.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decencial de Expansão de Energia 2029**. Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-423/topico-481/02%20Demandada%20de%20Energia.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2023.

FOSSA, J. A.; SGARBI, A. F. Guia para Aplicação da Norma ABNT NBR ISO 50001 Gestão de Energia. 1 ed. São Paulo: **International Copper Association Brazil**, 2018.

IUSNATURA. **Tudo sobre a ISO 50001 | Sistema de Gestão de Energia**. Brasil, 2019. Disponível em <https://iusnatura.com.br/iso-50001/>. Acesso em: 18 jan. 2023.

JÚNIOR, V. P. B. **Eficiência Energética**. 1º Ed. Clube de Autores, 2021.

MACIEL, G. L. F. **Análise de métodos de acionamento de motores de indução trifásicos visando o aumento da eficiência energética de sistemas de refrigeração**. 2021. Trabalho

de Conclusão de Curso (Engenharia de Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021. Pato Branco, 2021.

MATTOZO, V. **Conservação de Energia**. **Energia**, Ambiente e Desenvolvimento, 2021. Disponível em: <https://www.guiafloripa.com.br/sites/energia/energia/conservacao.php>. Acesso em: 18 jan. 2023.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Conheça o Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE**. GOV, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/conheca-o-programa>. Acesso em: 18 jan. 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Balanco Energético Nacional**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-a-informacao/auditorias/processo-de-contas-anuais/Contas%20Anuais/Relatorio%20De%20Gestao%20EPE%20-%202022.pdf>. Acesso em: 12 de jun. 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Programa de Eficiência Energética: Conheça o Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL**. GOV.br, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/eficiencia-energetica/pee>. Acesso em: 18 de ago. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Relatório de gestão do exercício de 2016**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-a-informacao/auditorias/processo-de-contas-anuais/Contas%20Anuais/Relatorio%20De%20Gestao%20EPE%20-%202016.pdf>. Acesso em: 18 de ago. 2022.

NASCIMENTO, P. G. M. **Eficiência energética na indústria: estudo de caso em uma empresa metalúrgica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Energia) – Universidade Federal do Pampa, 2017. Bagé, 2017.

NELI, R. R.; CAVALHEIRO, D.; DE SOUZA, W. E.; MANTOVANI, M. C. A eficiência energética como ferramenta de gestão na redução de custos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Campo Mourão. **Brazilian Journal of Development**. 2020 Dec 14;6(12):97454-66.

NORONHA, M. S.; RODRIGUES, J. C.; MIRANDA, D. C. Análise dos Certificados de Eficiência Energética na União Europeia (ENERG) e Brasil (PROCEL) para Produtos Eletroeletrônicos. **CLAV 2018**. 2018.

NUNES, D. A.; BARBOSA, G. A.; RATZINGER, P. H.; MORAES, J. A. R.; ANDRÉ LUIZ EMMEL SILVA. Gestão de energia e a ISO 50001: ações entre duas organizações de setores diferenciados. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa/MG, BR, v. 6, n. 1, p. 0036–0041, 2020. DOI: 10.18540/jcecvl6iss1pp0036-0041. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/9517>. Acesso em: 18 jan. 2023.

PORTAL DA ADMNISTRAÇÃO. **Ciclo PDCA: do conceito à aplicação**. 2014. Disponível em: <https://www.portal-administracao.com/2014/08/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao.html>. Acesso em: 19 de jan. 2023.

PORTAL SOLAR. **Crise energética:** Saiba como se prevenir e confira dicas de economia. Notícias, 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/crise-de-energia-como-se-prevenir>. Acesso em: 18 jan. 2023.

PROCELINFO. **Indústria e Comércio.** Sobre o Procel, 2023. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B74460477-DD43-4E04-8454-47260EAD3D01%7D>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SCHUTZE, A.; HOLZ, R. **Eficiência energética no Brasil.** Nexo, 2021. Disponível em: <https://pp.nexojornal.com.br/linha-do-tempo/2021/Efici%C3%Aancia-energ%C3%A9tica-no-Brasil1>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SGS. **Programa brasileiro de etiquetagem em eficiência energética para refrigeradores e assemelhados.** 2020. Disponível em: <https://www.sgsgroup.com.br/pt-br/news/2020/12/etiquetagem>. Acesso em 19 jan. 2023.

TREINAR SERVIÇOS. **Sobre nossa Empresa.** Ano desconhecido. Disponível em: <https://treinarservicos.com.br/>. Acesso em: 18 de ago. 2022.

WEG. **Motores elétricos e eficiência energética.** Potência Portal, 2021. Disponível em <https://revistapotencia.com.br/portal-potencia/energia/motores-eletricos-e-eficiencia-energetica/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

ANEXO A

Planta do prédio

