



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

MESTRADO ACADÊMICO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Francisco Glauber de Souza Cavalcante

INTEGRAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN ENERGY*, NORMA ISO
50001, CRITÉRIOS ESG E ANÁLISE DE DADOS NA GESTÃO
ENERGÉTICA DE UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO

FORTALEZA

2023

FRANCISCO GLAUBER DE SOUZA CAVALCANTE

**INTEGRAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN ENERGY*, NORMA ISO 50001,
CRITÉRIOS ESG E ANÁLISE DE DADOS NA GESTÃO ENERGÉTICA DE
UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Engenharia Elétrica do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica. Área de Concentração: Sistemas de Energia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Silva Thé Pontes.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C364i Cavalcante, Francisco Glauber de Souza.
Integração da metodologia LEAN ENERGY, norma ISO 50001, critérios ESG e análise de dados na gestão energética de um hospital universitário / Francisco Glauber de Souza Cavalcante. – 2023.
117 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Ricardo Silva Thé Pontes.

1. LEAN ENERGY. 2. ISO 50001. 3. ESG. 4. Hospital. 5. Gestão Energética. I. Título.

CDD 621.3

FRANCISCO GLAUBER DE SOUZA CAVALCANTE

**INTEGRAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN ENERGY*, NORMA ISO 50001,
CRITÉRIOS ESG E ANÁLISE DE DADOS NA GESTÃO ENERGÉTICA DE
UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Engenharia Elétrica do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica. Área de Concentração: Sistemas de Energia Elétrica.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Silva Thé Pontes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho (Examinador interno PPGEE)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara (Examinador externo)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

“Ninguém vence sozinho, nem
no campo, nem na vida.”

(Papa Francisco)

“Se quer ir rápido, vá sozinho. Se
quer ir longe, vá acompanhado.”

(Provérbio africano)

DEDICATÓRIA

*A Deus, A
minha mãe Gerusa, minha irmã Marília, minha esposa
Eliane e aos meus filhos, Vitória e Henrique, Eu dedico
este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora por todas as bênçãos recebida nesta caminhada vitoriosa.

Agradeço em especial a minha mamãe Gerusa que com bastante esforço criou este filho em sua sabedoria de mãe. Pelo amor e dedicação que sempre teve a mim.

A minha irmã Marília que amo muito. Uma bênção na minha vida.

A minha esposa Eliane, uma mulher dedicada que tenho na minha vida e que amo muito. Por todo amor e atenção dados a mim durante esta trajetória.

A minha filhinha Vitória e meu filhinho Henrique, dois presentes maravilhosos de Deus.

Ao meu amigo, Castro Neto, uma grande amizade construída na trajetória de levar o uso sustentável da energia elétrica as empresas que atendemos.

Aos gestores do HUWC, o Sr. Samuel Pires Ribeiro e a Sr.^a Juliana de Lima Comaru por toda a atenção disponibilizada as visitas e reuniões realizadas para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Silva Thé Pontes, pelos ensinamentos e pela amizade construída durante esta trajetória acadêmica. Que confiou na minha capacidade de realizar grandes feitos desde o início do mestrado, por compartilhar seu conhecimento e experiência, contribuindo de forma decisiva para minha formação acadêmica.

Aos professores participantes da banca examinadora, Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho e Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara pela valiosa colaboração.

A todos, o meu muito obrigado!

RESUMO

Esta dissertação propõe verificar a aderência da metodologia LEAN ENERGY num hospital universitário, com foco na melhoria da eficiência energética. O estudo envolve a análise dos dados de consumo de energia elétrica, a identificação de oportunidades de economia nesse consumo e sugestões para melhorias sustentáveis ao incorporar elementos da norma ISO 50001 e critérios de ESG. O LEAN ENERGY consiste em um conjunto de técnicas e ferramentas originárias da indústria, que estão sendo adaptadas para aprimorar a eficiência no consumo de energia elétrica. A pesquisa foi conduzida por meio de um estudo de caso, com dados reais e resultados estimados, no Hospital Universitário Walter Cantídio, que possui uma demanda registrada média de 1350 kW por mês. O método empregado baseia-se no uso de ferramentas estatísticas e computacionais para analisar os dados e estabelecer padrões de consumo de energia elétrica. Ademais, é importante destacar a visita técnica de diagnóstico (VTD), também conhecida como *Gemba Walk* no LEAN, realizada nas instalações da unidade consumidora, que é um momento crucial para o projeto, uma vez que nela são identificadas as principais oportunidades de economia de energia elétrica e obtidas informações detalhadas para a elaboração do plano de ação que inclui as Ações de Eficiência Energética (AEEs) a serem implementadas. Adicionalmente, há a investigação do impacto do microclima na localização da UC, como a variação da incidência solar, objetivando otimizar o consumo de energia elétrica dos equipamentos de climatização do hospital. Soma-se a isto o uso do indicador Consumo Médio Diário (CMD), utilizado para estabelecer a Linha de Base Energética (LBE), além do mapeamento energético, diagrama de Sankey e mapa de calor na representação visual da distribuição do consumo de energia elétrica. Por fim, são apresentados resultados quantitativos focados no consumo de energia elétrica do hospital, com ênfase na importância de uma abordagem ágil para a eficiência energética, na redução de potência elétrica e no tempo de operação, visando a economia de energia elétrica. Em resumo, o LEAN ENERGY torna o consumo de energia elétrica “visível” para os gestores do hospital, permitindo a identificação de melhorias, a alocação eficiente de recursos e a promoção de uma cultura sustentável de gestão energética.

Palavras-chave: LEAN ENERGY, ISO 50001, ESG, HOSPITAL, GESTÃO ENERGÉTICA.

ABSTRACT

This dissertation proposes to verify the adherence of the LEAN ENERGY methodology in a university hospital, with a focus on improving energy efficiency. The study involves analyzing electricity consumption data, identifying opportunities for savings in this consumption and suggestions for sustainable improvements by incorporating elements of the ISO 50001 standard and ESG criteria. LEAN ENERGY consists of a set of techniques and tools originating from the industry, which are being adapted to improve efficiency in electricity consumption. The research was conducted through a case study, with real data and estimated results, at the Walter Cantídio University Hospital, which has an average recorded demand of 1350 kW per month. The method used is based on the use of statistical and computational tools to analyze data and establish patterns of electrical energy consumption. Furthermore, it is important to highlight the technical diagnostic visit (VTD), also known as Gemba Walk in LEAN, carried out at the consumer unit's facilities, which is a crucial moment for the project, since the main opportunities for saving money are identified. Electrical energy and obtained detailed information for the preparation of the action plan that includes the Energy Efficiency Actions (AEEs) to be implemented. Additionally, there is an investigation of the impact of the microclimate on the location of the UC, such as the variation in solar incidence, aiming to optimize the electrical energy consumption of the hospital's air conditioning equipment. Added to this is the use of the Average Daily Consumption (CMD) indicator, used to establish the Energy Baseline (LBE), in addition to energy mapping, Sankey diagram and heat map in the visual representation of the distribution of electrical energy consumption. . Finally, quantitative results are presented focused on the hospital's electrical energy consumption, with an emphasis on the importance of an agile approach to energy efficiency, reducing electrical power and operating time, aiming to save electrical energy. In short, LEAN ENERGY makes electricity consumption “visible” to hospital managers, allowing the identification of improvements, the efficient allocation of resources and the promotion of a sustainable energy management culture.

Keywords: LEAN ENERGY, ISO 50001, ESG, HOSPITAL, ENERGY MANAGEMENT.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Redução de emissões até 2050 por meio de 06 caminhos tecnológicos	.21
Figura 2 - Múltiplos benefícios da eficiência energética.....	25
Figura 3 - <i>Ranking</i> ACEEE de Eficiência Energética.....	26
Figura 4 - Curva de Gauss.....	31
Figura 5 - Distribuição Normal.....	32
Figura 6 - Distribuição Normal com limite $\pm 3 DP$	33
Figura 7 - Aplicação da família de normas da ISO 50000.....	37
Figura 8 - Quantidade total de certificados ISO 50001 válidos.....	38
Figura 9 - Comparação da quantidade de certificados ISO 50001 válidos entre Brasil e Alemanha	39
Figura 10 - Comparação da quantidade de certificados ISO 50001 válidos (Brasil) vs Setor de Saúde (total - ISO) e Setor de saúde (Brasil).....	39
Figura 11 - Metodologia da Norma ISO 50001.....	40
Figura 12 - Relação entre desempenho energético, IDE, LBE e metas energéticas.	45
Figura 13 - Hospital Universitário Walter Cantídio - HUWC.....	55
Figura 14 - Trajetória do Sol no HUWC.....	57
Figura 15 - Diagnóstico Inicial – Percepção do Usuário.....	58
Figura 16 - Matriz de esforço/impacto.....	59
Figura 17 - <i>Payback</i> entre os cenários em estudo.....	65
Figura 18 - Diagrama de <i>Sankey</i> – Estimativa de mapeamento energético no setor hospitalar.....	66
Figura 19 - Perfil típico semanal de consumo de energia elétrica do HUWC.....	68
Figura 20 - Mapa de calor referente ao consumo de energia elétrica ocorrido no mês de abril/23 no HUWC.....	69
Figura 21 - Histórico de consumo e LBE (HP).....	71
Figura 22 - Histórico de consumo e LBE (HFP).....	71
Figura 23 - Histórico CMD Vs LBE - HP.....	72
Figura 24 - Histórico CMD Vs LBE - HFP.....	73
Figura 25 - Consumo diário vs LBE (FP + P)	75
Figura 26 - Consumo diário vs LBE (P).....	76
Figura 27 - Consumo diário vs LBE (FP).....	76
Figura 28 - Valores de consumo de energia elétrica e GDR.....	78
Figura 29 - Regressão linear do consumo vs GDR.....	79

Figura 30 - Desvios dos dados em relação ao modelo estimado de regressão.....	80
Figura 31 - Processo de Implementação de <i>LEAN ENERGY</i> no HUWC com a ferramenta SIPOC.....	81
Figura 32 - Medição térmica e de corrente elétrica num condicionador de ar.....	83
Figura 33 - Polia com ausência de cabo.....	86
Figura 34 - Logomarca da metodologia <i>LEAN ENERGY</i>	105
Figura 35 - Distribuição Gaussiana – percentagens de dados em regiões centrais	110
Figura 36 - Vendas vs tempo em anos.....	111
Figura 37 - Vendas vs tempo em trimestres.....	111
Figura 38 - Diagrama de dispersão da qualidade vs cor.....	112
Figura 39 - Ilustração da variação do coeficiente de correlação.....	113
Figura 40 - Exemplos de correlações e os respectivos valores do coeficiente r	114
Figura 41 - Desvios dos dados em relação ao modelo estimado de regressão.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nível de Qualidade Sigma em Relação ao DPMO.....	33
Tabela 2 – Comparação de preço entre ACR e ACL.....	62
Tabela 3 – Orçamento simplificado de projeto FV.....	63
Tabela 4 – Comparação financeira entre a modalidade tarifária Hora Verde e Hora Azul.....	64
Tabela 5 – Inventários do parque de climatização do HUWC.....	67
Tabela 6 - Interpretação da posição gráfica da média diária do consumo	75
Tabela 7 – Dados para Regressão Linear Múltipla.....	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Família de normas da ISO 50000.....	37
Quadro 2 - <i>LEAN</i> e consumos de energia elétrica: poupanças estimadas.....	49
Quadro 3 - Consumos energéticos associados aos desperdícios <i>LEAN</i>	50
Quadro 4 - Utilização de ferramentas <i>LEAN</i> na redução do consumo energético.....	50
Quadro 5 - Classificação do indicador estabilidade de consumo.....	74
Quadro 6 - Graus-dia de resfriamento (GDR) e seu consumo de energia elétrica respectivo	78
Quadro 7 - Consumo de energia elétrica previsto a partir da modelagem da regressão linear.....	80
Quadro 8 - Método DMAIC.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABNT	Associação brasileira de Normas Técnicas
ACEEE	<i>American Concil for an Energy-Efficient Economy</i>
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
AEE	Ações de Eficiência Energética
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEE	Custo de Energia Evitada
CEEE	Câmara Especializada de Engenharia Elétrica
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A
CDD	<i>Cooling Degree Days</i>
CMD	Consumo Médio Diário
COP	Conferência das Partes
DP	Desvio Padrão
DPMO	Defeitos por Milhão de Oportunidade
EBSERH	Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
EERE	<i>Energy Efficiency & Renewable Energy</i>
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
FIESC	Federação das Indústrias de Santa Catarina
FV	Fotovoltaico
GE	General Electric Company
GDA	Graus-Dias de Aquecimento
GDR	Graus-Dias de Resfriamento
GEE	Gases de Efeito Estufa
HDD	<i>Heating Degree Days</i>
HFP	Hora Fora Ponta
HP	Hora Ponta

HUWC	Hospital Universitário Walter Cantídio
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IDE	Indicador de Desempenho Energético
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
LCCA	<i>Life Cycle Cost Analysis</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LBE	Linha de Base Energética
LE	<i>LEAN ENERGY</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
ML	Mercado Livre de Energia
MME	Ministério de Minas e Energia do Brasil
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OEE	<i>Overall Equipment Efficiency</i>
ONS	Operador Nacional do Sistema
ONU	Organização das Nações Unidas
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PMO	<i>Project Management Office</i>
PR	Prática Recomendada
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
RCB	Relação Custo Benefício
ROI	<i>Return On Investment</i>
SIPOC	<i>Suppliers, Input, Process, Outputs, Customers</i>
SGE	Sistema de Gestão de Energia
SUS	Sistema Único de Saúde
VTD	Visita Técnica de Diagnóstico
UC	Unidade Consumidora
UFC	Universidade Federal do Ceará
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
USE	Uso Significativo de Energia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Objetivos	19
1.1.1	Objetivo geral	19
1.1.2	Objetivos específicos	20
1.2	Justificativa	20
1.3	Estrutura do trabalho	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	Eficiência energética	24
2.2	LEAN	28
2.2.1	Origem do LEAN	28
2.2.2	Aplicações do LEAN	29
2.3	Six sigma	30
2.3.1	Origem do Six Sigma	30
2.3.2	Metodologia do Six Sigma	32
2.4	LEAN Six sigma	35
2.5	ISO 50001	36
2.5.1	Sistema de Gestão de Energia — SGE	40
2.5.2	Política Energética	41
2.5.3	Planejamento Energético	42
2.5.4	Revisão Energética	43
2.5.5	Uso Significativo de Energia – USE	43
2.5.6	Linha de Base Energética — LBE	44
2.5.7	Indicador de Desempenho Energético — IDE	44
2.5.8	Fronteira	45
2.5.9	Auditoria Energética	46
2.6	ESG	46
2.7	LEAN ENERGY	48

3	METODOLOGIA.....	54
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	61
4.1	Cenários típicos tradicionais.....	61
4.1.1	<i>Migração para o mercado livre de energia.....</i>	62
4.1.2	<i>Projeto de geração fotovoltaica.....</i>	63
4.1.3	<i>Ajuste de parâmetros na fatura de energia elétrica.....</i>	64
4.1.4	<i>Análise de payback entre os cenários.....</i>	65
4.2	Mapeamento energético.....	66
4.3	Resultados quantitativos.....	70
4.3.1	<i>Consumo Médio Diário (CMD).....</i>	70
4.3.2	<i>Índice de estabilidade de consumo.....</i>	73
4.3.3	<i>Correlação / regressão linear.....</i>	77
4.3.4	SIPOC.....	80
4.3.5	GEMBA WALK.....	82
4.3.6	<i>Life Cycle Cost Analysis – LCCA.....</i>	84
4.4	Resultados qualitativos.....	86
5	CONCLUSÕES.....	88
5.1	Recomendações para trabalhos futuros.....	90
	REFERÊNCIAS.....	91
	APÊNDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO ACEITO NO PERÍODO DO MESTRADO.....	104
	APÊNDICE B – SUGESTÃO DE LOGOMARCA LEAN ENERGY.....	105
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO 01 - DIAGNÓSTICO INICIAL – PERCEPÇÃO DO USUÁRIO.....	106
	ANEXO A – FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS.....	109
	ANEXO B – GRAUS DIAS.....	120

1 INTRODUÇÃO

Consumir energia elétrica com responsabilidade e sem desperdiçar não é apenas um exercício de cidadania no século XXI. Mas, sim, uma obrigação. Diante do impacto significativo que representa o uso consciente de recursos energéticos no processo de descarbonização, no combate as mudanças climáticas e na jornada da transição energética.

A gestão do consumo de energia elétrica está ganhando importância nas empresas. O tema está acendendo na agenda corporativa (WINSTON, 2017). O assunto está entre as áreas de maior custo para as companhias — junto com mão de obra, produção, instalações e equipamentos. E, (BOTTCHEER, 2016), concluiu que um Sistema de Gestão Energética (SGE) tem impacto positivo na diminuição de emissões de carbono e de custos, especialmente em empresas certificadas na norma ISO 50001.

Neste contexto, uma abordagem de gestão energética integrada, alinhada a filosofia *LEAN*, as normas ABNT PR 2030 ESG e ISO 50001 é apresentada neste trabalho. Com uma visão de melhoria dos processos, mitigação de desperdícios e aprimoramento da cadeia de valor do consumo sustentável de energia elétrica.

O termo *LEAN* pode abranger uma ampla gama de aplicações na gestão de processos e produção. Embora tenha se originado no ambiente industrial, o *LEAN* também pode ser adaptado a sistemas não-industriais, oferecendo resultados mensuráveis. No entanto, o objetivo permanece o mesmo: tornar um processo mais enxuto - mais simples, previsível e confiável, reduzindo o desperdício de tempo, material e esforço, resultando, é claro, em maior lucratividade.

Consoante o *LEAN INSTITUTE BRASIL* (2023), Lean é uma filosofia de gestão focado em aumentar a produtividade e eficiência, evitando o desperdício sem prejudicar a qualidade da solução final. Já o *INSTITUTO 6 SIGMA* (2022), estima-se que, em geral, cerca de 20% do faturamento das empresas seja representado por custos relacionados a perdas, retrabalhos e desperdícios. No entanto, ambos afirmam que com uma simples aplicação e monitoramento das métricas propostas na metodologia Six Sigma, esses custos podem ser reduzidos em um curto período.

Corroborando com o conceito de LE, a norma ISO 50001 fornece um arcabouço para gerenciar o desempenho energético das empresas. Apoiando no controle dos custos de energia elétrica e na redução de emissões de CO₂ para o meio ambiente. Propondo que as organizações estabeleçam os sistemas e processos necessários para melhorar continuamente o desempenho energético, incluindo a eficiência energética, o uso e o consumo da energia elétrica.

Segundo a ISO (2022) um Sistema de Gestão Energética estabelece uma política energética, objetivos, metas, planos de ação e processos para alcançar os indicadores energéticos estabelecidos pela unidade consumidora.

Conforme o MME (2023), o 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 elétrica.

E, os autores Bottcher e Muller (2016), concluíram em seus estudos que um SGE contribui positivamente para redução das emissões de carbono e de custos, com efeitos maiores em empresas com certificação na norma ISO 50001.

Desse modo, este trabalho seguiu a proposta de introduzir o *LEAN ENERGY* num estabelecimento assistencial de saúde universitário. Com o intuito de adotar o *know-how da metodologia LEAN*, da norma ISO 50001, critérios ESG e análise de dados ao uso final de energia elétrica da unidade consumidora em estudo.

1.1 Objetivos

A relevância do tema deste estudo dar-se no crescente interesse, por parte da universidade, agentes do setor energético, governos, instituições públicas e privadas, além dos consumidores finais de energia elétrica, sobre o alinhamento entre os temas, eficiência energética, descarbonização e mudanças climáticas, resumidos na chamada transição energética.

1.1.1 Objetivo geral

Verificar a aderência da metodologia *LEAN ENERGY* em um hospital universitário.

1.1.2 Objetivos específicos

O presente trabalho tem por objetivos específicos os seguintes itens:

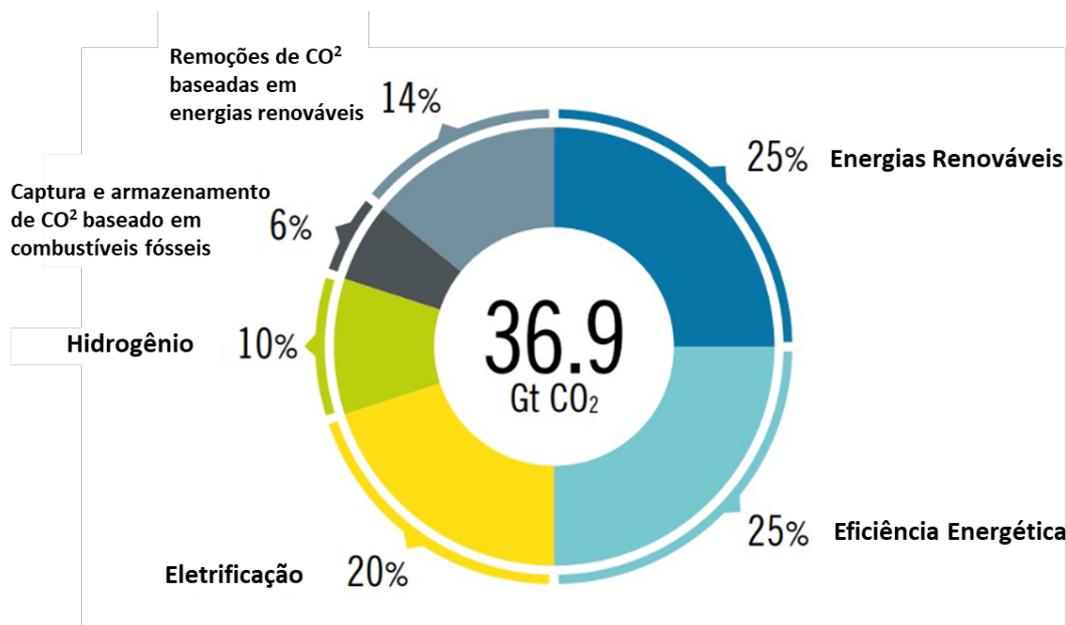
- Estabelecer uma sinergia entre a metodologia *LEAN*, a norma ISO 50001, a Jornada ESG e análise de dados;
- Propor que a Eficiência Energética faça parte do *Compliance* do Hospital em estudo;
- Analisar o perfil energético da Unidade Consumidora;
- Estabelecer padrões de estabilidade do consumo de energia elétrica;
- Determinar métricas e *Key Performance Indicator* (KPI) que auxiliem na proposta de redução no consumo de energia elétrica do hospital baseada em *benchmarks* de projetos de Eficiência Energética do setor hospitalar.

1.2 Justificativa

A seleção do tema foi motivada pela relevância e abrangência da Eficiência Energética na atualidade. Somado a um grande dilema na sociedade contemporânea, o qual é o aumento constante da demanda por energia elétrica, em simultâneo, em que há a necessidade de reduzir as emissões de carbono. Além de colaborar com o setor de saúde no controle de seus custos com energia elétrica.

Segundo o IRENA (2022), existem seis caminhos tecnológicos principais para a descarbonização: energias renováveis, eficiência energética, eletrificação, hidrogênio, captura e armazenamento de CO₂ baseado em combustíveis fósseis e remoções de CO₂ baseadas em energias renováveis. Com a Eficiência Energética responsável por 25% desta transição energética, conforme figura 1.

Figura 1: Redução de emissões até 2050 por meio de 06 caminhos tecnológicos



Fonte: *Report World Energy Transitions Outlook 2022* (IRENA)

Segundo a IEA (2022), faz-se necessário aumentar o progresso da eficiência energética até 2030. A meta assumida durante a 8.^a Conferência Global Anual sobre Eficiência Energética, realizada em Versalhes — França (junho – 2023), é aumentar de 2,2% para mais de 4% ao ano até o fim desta década.

O compromisso deu origem à Declaração de Versalhes (IEA 2022). Segundo o documento, esse movimento vai criar empregos, expandir o acesso à energia elétrica, reduzir seu custo, diminuir a poluição do ar e a dependência, na maioria dos países, de importações de combustíveis fósseis – entre outros benefícios sociais, ambientais e econômicos, além de emissões net zero até 2050. Segundo Fatih Birol, diretor-executivo da IEA, “Isso pode impulsionar os esforços por um resultado ambicioso na COP28” (PETRONOTÍCIAS 7/2023).

Em complemento, a Ministra da Transição Energética da França, Agnès Pannier-Runacher declara: “A economia de energia elétrica e a eficiência energética são as respostas mais simples e óbvias para as crises energética e climática. Elas são uma das ações mais cruciais para as transições de energia elétrica limpa” (PETRONOTÍCIAS 6/2023).

No entanto, não se pode ficar apenas em declarações de intenções, deve-se transformar tudo isso em ações concretas. Para tal, possuir um Sistema de Gestão Energética (SGE) conforme preconiza a norma ISO 50001 é fundamental. De tal forma, a frase de William E. Deming, estatístico e pai do controle moderno, é um início promissor: “Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia” (Deming, 2000).

Por último, um fator importante na escolha deste tema foi a oportunidade deste trabalho oferecer contribuições significativas para a comunidade acadêmica. Dada a escassez de literatura específica sobre o assunto, a intenção é colaborar ativamente na divulgação deste tema tanto na academia quanto na sociedade em geral.

1.3 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em 6 capítulos, 3 apêndices e 2 anexos. No primeiro capítulo é feita uma introdução do tema do estudo, incluindo objetivos, justificativa e escopo do texto.

O capítulo 2 contém a fundamentação teórica que traz publicações relacionadas a metodologia *LEAN*, norma ISO 50001 e jornada ESG, além de comentários de gestores do setor energético sobre o panorama da transição energética. Finalizando com a apresentação do conceito de *LEAN ENERGY* proposto.

A metodologia empregada neste estudo é detalhada no terceiro capítulo, no qual são apresentados os pormenores da unidade hospitalar investigada, destacando os procedimentos realizados durante o mapeamento energético da unidade consumidora e a coleta dos dados necessários para as análises subsequentes. Já o capítulo 4, discorre sobre a análise e discussão dos resultados obtidos pelo uso dos indicadores propostos. As conclusões e sugestões para pesquisas futuras são abordadas no capítulo 5, e, por último, o sexto capítulo engloba a relação de referências bibliográficas consultadas durante a elaboração deste trabalho.

Em complemento, o apêndice A inclui a citação ao artigo acadêmico aceito no SNPTEE 2023. Seguido da sugestão e explicação da logomarca da metodologia *LEAN ENERGY* no apêndice B. Acrescenta-se, também, o apêndice C, com o

questionário sobre diagnóstico inicial que trata sobre a percepção do usuário relacionado ao uso da energia elétrica e práticas de gestão energética da UC. Concluindo com o anexo A que oferece informações sobre as ferramentas estatísticas necessárias para a análise de dados proposta e anexo B que apresenta a ferramenta Graus - Dia, com a finalidade de estimar a quantidade de energia requerida para calefação e resfriamento de edificações em diferentes localidades.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diante de um mercado cada vez mais competitivo, torna-se fundamental para as empresas otimizarem seus processos, poupar recursos e alinhar a sua proposta de valor com as necessidades dos clientes.

Nesse contexto, a implementação de estratégias que combinem eficiência, governança, gestão energética e ESG, remetem a uma abordagem denominada *LEAN ENERGY*. A qual pode ser direcionada a diferentes setores e organizações numa jornada para um futuro energético mais sustentável, fortalecendo a transição energética.

2.1 Eficiência energética

O consumo de energia elétrica está aumentando, apesar de contribuir para quase 60% das emissões mundiais de gases com efeito estufa (ISO — 2018). Ao mesmo tempo, mais de um bilhão de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade e muitas outras dependem de fontes de energia elétrica nocivas e poluentes (IEA — 2017). Portanto, não é surpreendente que abordar os desafios da eficiência energética e das mudanças climáticas constitua uma parte fundamental dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas.

A Federação das Indústrias de Santa Catarina (FIESC) divulgou em 30 de agosto de 2022, que o Brasil tem um desperdício de energia elétrica estimado em 43 TWh por ano, o que equivale ao atendimento de 20 milhões de residências ou 62% da produção total de 2022 da usina de Itaipu Binacional. O dado foi apresentado pelo gerente de Pesquisa & Desenvolvimento e Inovação das Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (Celesc), Thiago Jeremias, em evento na Federação (FIESC — 2022).

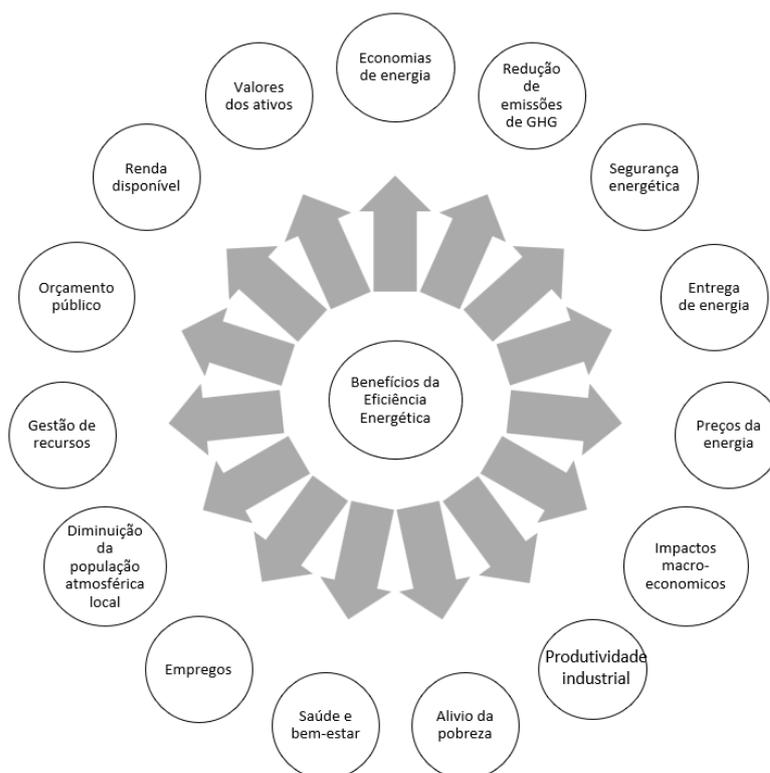
Medidas lançadas nos últimos anos já permitiram a redução das perdas na ordem de 10 TWh. A redução do desperdício se torna uma oportunidade porque o custo de conservação de cada MWh é de R\$ 104, contra R\$ 282 para cada MWh obtido na expansão do sistema de geração. Ou seja, combater as perdas é 63% menos oneroso do que ampliar os ativos de geração (FIESC — 2022).

O Crea-Paraná (CREA-PR — 2022) afirma:

(...) a eficiência energética é um desafio para o mundo inteiro. O Brasil tem avançado neste tema, mas ainda existe um universo de possibilidades a serem exploradas, desde a substituição de motores convencionais nas indústrias por motores de alto rendimento, passando pela substituição de iluminação de vapor de gás por lâmpadas de LED até a adoção de veículos elétricos.

A eficiência energética é definida (IEA — 2016) como “o primeiro combustível”, por ser o único recurso energético que todos os países possuem em abundância. Na figura 2, estão demonstrados os múltiplos benefícios que a eficiência energética (IEA — 2016) pode trazer, como o desenvolvimento macroeconômico, o aumento do orçamento público, a melhoria da saúde e do bem-estar, a produtividade industrial e as melhorias na entrega de energia elétrica (IEA, 2016a).

Figura 2 – Múltiplos benefícios da eficiência energética



Fonte: IEA, 2016 (Adaptado)

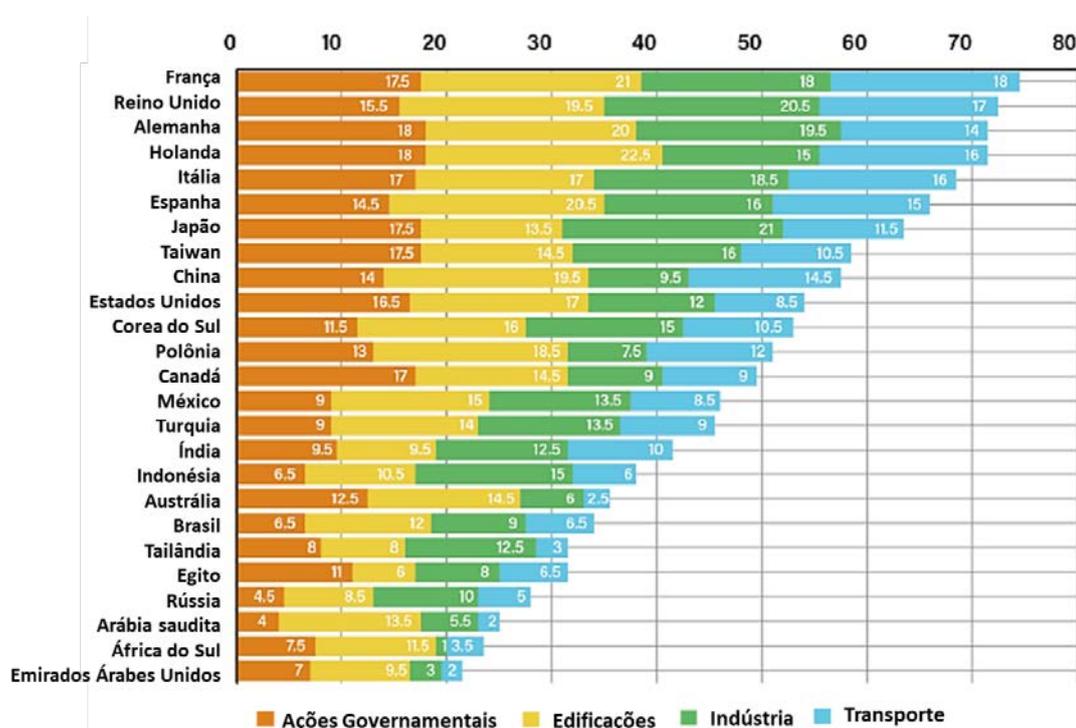
A eficiência energética é fazer o simples: eliminar o desperdício de energia elétrica. Muitos investimentos são realizados em todos os setores, mas não rendem o

resultado esperado. Pois, é comum as ações serem pautadas apenas em *retrofit* e não na gestão energética dos processos nas organizações, conforme verificado em atividades profissionais em campo.

O panorama da eficiência energética brasileiro não é dos mais animadores, segundo o ranking do ano de 2022 de eficiência energética do Conselho Americano para uma Economia Energeticamente Eficiente (ACEEE — 2022). Conforme mostrado na figura 3, o Brasil está na 19.^a posição no ranking internacional da eficiência energética entre os 25 países com maior consumo de energia elétrica do mundo.

A ACEEE (2022) usa 36 métricas de eficiência em sua classificação e destaca as melhores práticas que podem ser adotadas por todos os países para melhorar a economia de energia elétrica. Atribuindo pontuação com base em políticas e métricas de desempenho, com um máximo de 25 pontos para cada uma das quatro categorias: edifícios, indústria, transporte e esforços nacionais de eficiência energética.

Figura 3 – *Ranking* ACEEE de Eficiência Energética



Fonte: ACEEE Report — abril 2022

Corroborando com este desejo de mudança, desde 2001, o Brasil possui um relevante instrumento para o incentivo da eficiência energética: a Lei n.º 10.295, também conhecida como Lei de Eficiência Energética. Concebida sob o entendimento

de que a conservação de energia elétrica deve ser finalidade da Política Energética Nacional, a Lei estimula o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional (BRASIL. MME, 2023).

Somando-se a estas iniciativas, o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS — 2022) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento — BID, com participação e apoio da ABESCO promoveram em março de 2021 o webinar “Eficiência Energética para Pequenas e Médias Empresas e como a ISO 50001 Pode Beneficiar esse Setor”. Objetivando estimular a adesão a ISO 50001, similarmente que a ISO 9001 foi incorporada nas empresas (CEBDS 2022).

O consumo de energia elétrica tornou-se uma métrica relevante para as empresas. Visto que, o consumo energético eficiente resulta em redução de custos operacionais, diminuição das emissões de gases do efeito estufa — GEE e demonstração de maior cuidado com os recursos naturais. A ISO 50001 define a eficiência energética como uma métrica frequentemente utilizada para se medir o desempenho energético e pode ser utilizada como um indicador de desempenho energética — IDE.

O escritório *ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERG* (EERE 2023) dos Estados Unidos, afirma que a eficiência energética é uma das maneiras mais fáceis e econômicas de combater as mudanças climáticas, reduzir os custos de energia elétrica para os consumidores e melhorar a competitividade das empresas. Além de ser, um componente vital para alcançar emissões *NET ZERO* de dióxido de carbono por meio da descarbonização. Item, este, bastante debatido na seara do ESG. Que além do foco ambiental e social, há o de governança.

No contexto da eficiência energética, o que seria a governança? De acordo com a IEA (2010), em seu *handbook*, define tal governança como!

“Governança de eficiência energética é a combinação de estruturas legislativas e mecanismos de financiamento, arranjos institucionais e mecanismos de coordenação, que trabalham juntos para apoiar a implementação de estratégias, políticas e programas de eficiência energética.”

Por fim, a Eficiência Energética tem percorrido um extenso trajeto. E, seu progresso não depende exclusivamente de um único agente. Mas do amadurecimento

do consumidor, dos setores envolvidos e do mercado em relação à importância dos benefícios abrangentes refletidos na atratividade das ações de eficiência energética que devem orientar as iniciativas voltadas para resultados concretos, estabelecendo metas claras e objetivas de desempenho.

2.2 LEAN

Lean, do inglês, significa enxuto. Em seu conceito primitivo, é fazer mais com menos recursos. De acordo com o *LEAN ENTERPRISE INSTITUTE* (2022), *LEAN* é uma forma de pensar na criação de valor necessário com menos recursos e menos desperdício. Sendo este, atividades ou tarefas que não agregam valor da perspectiva do cliente.

Conforme Cristina Werkema (2012), o *LEAN* é uma iniciativa cujo objetivo é eliminar desperdícios, ou seja, remover tudo o que não agrega valor ao cliente e aumentar a velocidade da empresa.

Neste contexto, pode-se afirmar que *LEAN* é uma filosofia de gestão que visa aprimorar a eficiência, a qualidade e a capacidade de resposta das organizações, conectando aspectos estratégicos, táticos e operacionais, numa busca incessante pelo aumento da percepção de valor pelo cliente, redução dos desperdícios, promoção de uma cultura de melhoria contínua e repensando a maneira como se lidera, aprimora e capacita indivíduos. Pois, é através do engajamento das pessoas envolvidas no trabalho que se consegue enxergar oportunidades de melhorias e ganhos sustentáveis.

2.2.1 Origem do LEAN

LEAN é um conceito debatido e adotado por empresas globais há décadas. Sua semente surgiu na empresa *Toyota Motor Corporation*, durante as décadas de 1940 e 1950, numa combinação de ideias que visavam um objetivo comum: oferecer a melhor qualidade, pelo menor custo e tempo entre a produção de bem/serviço e entrega ao cliente.

O termo *LEAN* foi descrito pela primeira vez no livro *The Machine That Changed The World* (Womack 1990). Neste livro, são apresentadas as bases do Sistema Toyota

de Produção (STP), também conhecido pela expressão *lean manufacturing*. Esta, criada por John Krafcik, pesquisador do *Massachusetts Institute of Technology* — MIT (USCS — 2023).

Ao longo das décadas, o *LEAN* se tornou uma abordagem amplamente adotada em diversos setores e indústrias ao redor do mundo. Sua eficácia na redução de custos, aumento da qualidade e entrega de valor ao cliente tornou-se evidente, tornando-se uma referência para a gestão empresarial moderna. Estudos enfatizam as características do *LEAN*, permitindo sua replicação em ritmo exponencial e alcance global (ZILBOVICIUS, 1999).

2.2.2 Aplicações do *LEAN*

LIKER (2004), destaca que a Toyota melhorou sua produtividade em 50% e reduziu seu tempo de entrega em 90% ao implementar o Lean. LIKER (2004) evidencia, também, que durante os anos 90, a maioria das empresas norte-americanas percebeu, por meio do livro *The Machine That Changed The World*, (Womack 1990). Que o STP tinha muito mais a oferecer do que apenas ferramentas isoladas de qualidade. Esse paradigma foi disseminado por meio dos centros de treinamento que a própria Toyota estabeleceu nos Estados Unidos — *The Toyota Technical Center e The Toyota Supplier Technical Center* — e as visitas de executivos por ela recebidos nas plantas japonesas.

O *LEAN* foi além da indústria automobilística e tem sido adotado por diversas organizações em diferentes setores. Essas empresas utilizam-no como meio essencial para transformar práticas gerenciais, impulsionar resultados e otimizar o aproveitamento do potencial humano.

Além da manufatura, SEDDON (2011), apresenta abordagens do Lean para a melhoria dos processos no setor de serviços, destacando a importância de entender o fluxo de valor para identificar e eliminar atividades que não agregam valor ao cliente.

Nesse setor, o *LEAN* também tem se mostrado eficaz. Hospitais, por exemplo, aplicam a metodologia para melhorar a eficiência dos processos de atendimento aos pacientes, reduzir o tempo de espera, minimizar erros e melhorar a qualidade do cuidado (GRABAN 2016).

Por fim, averiguar o sucesso que tornou a Produção Lean um modelo de gestão industrial bem-sucedido, a adoção do *LEAN* pelas demais organizações, que também são feitas de processos internos, podem torná-las mais eficientes, ágeis e competitivas, permitindo alcançar resultados superiores e destaque no mercado.

2.3 Six sigma

Six Sigma, do inglês, significa seis *sigma*. O termo faz referência à 18.^a letra do alfabeto grego, *sigma*, cujo símbolo (σ) é usado na matemática para se referir ao conceito de desvio padrão. Sublinha-se que o *Six Sigma* é baseado em conceitos estatísticos.

Para Werkema (2006),

“O *Six Sigma* é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar expressivamente a performance e a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores.”

O *Six Sigma* é uma abordagem baseada em dados e análises estatísticas. Visto que sua definição por excelência é firmada no conceito matemático, desvio padrão. Os dados e métricas são utilizados para mensurar o nível de qualidade operacional da empresa. Dessa forma, torna-se possível a identificação das não conformidades, facilitando o planejamento e o desenvolvimento de soluções para eliminação de defeitos e redução da variabilidade de processos. Vale ressaltar que essas soluções agem diretamente na causa raiz do problema, proporcionando benefícios para a organização na totalidade.

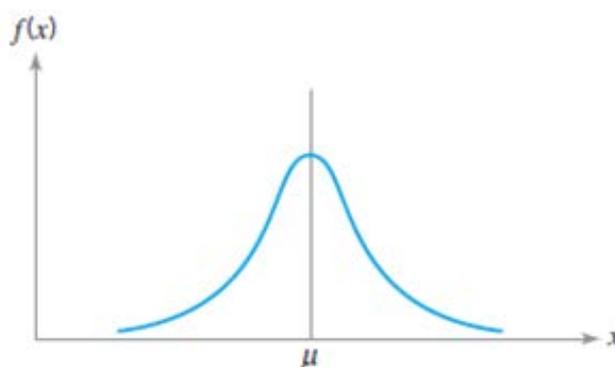
2.3.1 Origem do Six Sigma

Os princípios do Six Sigma como padrão de medição têm suas premissas em Carl Friedrich Gauss (1777–1855), matemático e físico alemão. A partir de estudos sobre eventos ocorridos na natureza, concluiu que estes tendiam a comportamentos comuns e poderiam ser representados por uma curva simétrica em forma de sino, em

um sistema de eixos cartesianos que foi denominada Curva de Gauss (RODRIGUES, 2009).

A Curva de Gauss, figura 4, representa o conceito de probabilidade de ocorrência de um evento e, conseqüentemente, o conceito de variabilidade, ou seja, o grau de concentração dos dados em torno de um valor central ou valor esperado “ μ ”. Matematicamente, esta variabilidade pode ser medida através do desvio padrão, o qual é simbolicamente representada pela letra grega *sigma* “ σ ”.

Figura 4 — Curva de Gauss



Fonte: MONTGOMERY (2012)

De acordo com Werkema (2011),

“O *Six Sigma* nasceu na Motorola, em 15 de janeiro de 1987, com o objetivo de tornar a empresa capaz de enfrentar seus concorrentes, que fabricavam produtos de qualidade superior a preços menores. O programa foi lançado em uma palestra do CEO da empresa na época, Bob Galvin, divulgada em videoteipes e memorandos. Já o “pai” dos conceitos e métodos do Seis Sigma foi Bill Smith, um engenheiro e cientista que trabalhava no negócio de produtos de comunicação da Motorola. Bob Galvin foi contagiado pela forte convicção de Bill Smith quanto ao sucesso do Seis Sigma e então criou as condições para que Bill colocasse o programa em prática e o transformasse no principal componente da cultura da Motorola.”

Além da Motorola, outra empresa fundamental para a disseminação do *Six Sigma* foi a *General Electric Company* (GE). Jack Welch, ex-CEO da GE, foi um defensor fervoroso da metodologia e a implementou com sucesso em várias áreas da empresa. KRAMES (2005) discute a abordagem de Welch e a importância do *Six Sigma* para o sucesso da GE. No Brasil, o *Six Sigma* foi disseminado a partir de 1997,

quando o Grupo Brasmotor introduziu o programa em suas atividades (WERKEMA, 2011).

2.3.2 Metodologia do *Six Sigma*

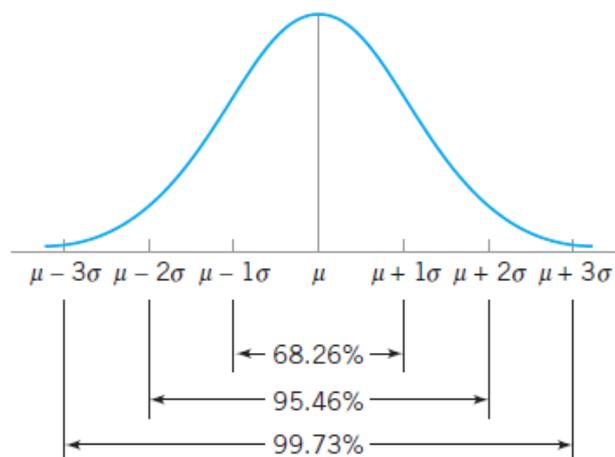
O foco do *Six Sigma* é obter o menor nível de variabilidade das principais características de qualidade de um produto, a fim de alcançar valores-alvo específicos e garantir a improbabilidade de falhas ou defeitos. Isso é realizado através do estabelecimento de metas claras e da implementação de projetos internos que visam melhorar os processos da organização. Nesse modelo, é analisado o número de defeitos que não contribuem para o aprimoramento do processo, produto ou serviço. O resultado ideal é alcançar uma taxa máxima de 3,4 erros em um milhão de amostras, garantindo que os limites de especificação estejam pelo menos a seis desvios padrão da média.

Para tal análise, faz-se uso da Distribuição Normal, figura 5, definida pela função 1:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad -\infty < x < \infty \quad (1)$$

Sendo a média da distribuição normal “ μ ” ($-\infty < \mu < \infty$), o Desvio Padrão (DP) “ σ ” e a variância é $\sigma^2 > 0$.

Figura 5 – Distribuição Normal



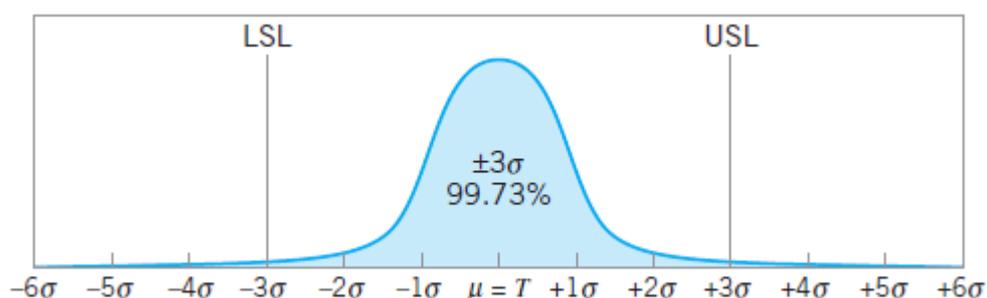
Fonte: MONTGOMERY (2012)

Conforme ilustrado na figura 6, temos:

- 68,26% dos valores estão entre os limites definidos pela média ± 1 DP;
- 95,46% dos valores estão entre os limites definidos pela média ± 2 DP;
- 99,73% dos valores estão entre os limites definidos pela média ± 3 DP.

Embora a curva normal vá até o infinito ($\pm\infty$), conforme figura 6. Vê-se que a quase totalidade dos casos ocorre entre ± 3 DP, correspondendo a 99,73% dos eventos.

Figura 6 – Distribuição Normal com limite ± 3 DP



Fonte: MONTGOMERY (2012)

A taxa máxima de 3,4 erros em um milhão de amostras está relacionada ao nível sigma. Este, representa a capacidade de um processo e é medido em número de defeitos por milhão de oportunidade (DPMO). Essa relação do DPMO com nível sigma pode ser verificado na tabela 1. Onde, observa-se que quanto maior o nível sigma, menor a variabilidade do processo.

Tabela 1 - Nível de Qualidade Sigma em Relação ao DPMO

Nível de Qualidade Sigma	Defeitos Por Milhão de Oportunidade — DPMO	Percentual de Conformidade
1 σ	697.700	30,23%
2 σ	308.700	69,13%
3 σ	66.810	93,32%
4 σ	6.210	99,3790%
5 σ	233	99,97670%
6 σ	3,4	99,999660%

Fonte: Adaptado de MONTGOMERY (2012)

Os Projetos *Six Sigma* devem ser conduzidos por equipes lideradas por colaboradores treinados e qualificados na metodologia. Tais profissionais são chamados de *belts*. Além destes especialistas, deve-se ter um elevado

comprometimento da alta direção administração da empresa denominados de *Sponsors* ou *champions*.

A metodologia *Six Sigma* segue o roteiro chamado DMAIC para guiar seus projetos. Com suas letras formando um acrônimo para às cinco etapas: *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve* e *Control*. Em tradução livre do inglês: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

Para, (OLIVEIRA, et al. 2010), o DMAIC é uma metodologia rigorosa que emprega ferramentas e métodos estatísticos para definir os problemas e situações a serem aprimoradas, medir para obter as informações e os dados, analisar o material coletado, implementar avanços nos processos e, por fim, controlar os sistemas ou atividades existentes, com o propósito de alcançar etapas ótimas, e, conseqüentemente, promover um ciclo de melhoria contínua. A seguir, estão descritos os passos do DMAIC:

- i. **Define:** Nesta etapa inicial, o objetivo é definir claramente o problema a ser resolvido, identificar as metas e os requisitos do projeto e estabelecer uma compreensão compartilhada do escopo e dos limites do processo em questão. São estabelecidos ganhos, inclusive financeiros para a organização
- ii. **Measure:** Nessa fase, o foco é coletar dados relevantes e mensuráveis sobre o processo atual. Isso envolve a identificação de indicadores-chave de desempenho (KPIs), o estabelecimento de métricas de qualidade e a coleta de informações necessárias para entender o desempenho atual do processo.
- iii. **Analyze:** Aqui, os dados coletados são analisados com o objetivo de identificar as causas raízes dos problemas e entender as relações entre as variáveis. Ferramentas estatísticas e de análise são aplicadas para investigar os padrões, identificar tendências e obter insights que ajudem a compreender as fontes dos problemas identificados.
- iv. **Improve:** Nesta etapa, com base nas descobertas da análise, são propostas soluções e melhorias para resolver as causas raízes dos problemas. Essas soluções são implementadas, testadas e ajustadas conforme necessário. O objetivo é alcançar melhorias significativas no processo, levando-o a um estado otimizado.

- v. **Control:** A última etapa do DMAIC é focada em estabelecer controles e medidas para monitorar continuamente a performance do processo após a implementação das melhorias. Isso envolve o estabelecimento de sistemas de controle, a definição de planos de monitoramento e a implementação de ações corretivas, se necessário. O objetivo é garantir que as melhorias sejam sustentáveis ao longo do tempo e que o processo permaneça nas especificações desejadas.

Cada uma dessas etapas desempenha um papel essencial na abordagem DMAIC, permitindo a identificação de problemas, a coleta de dados, a análise estatística, a implementação de melhorias e o controle contínuo do processo, visando um aperfeiçoamento continuado.

Em sua essência, o *Six Sigma* além de ser uma representação estatística utilizada para medir o coeficiente de desempenho dos processos. É uma metodologia de alta performance que visa aprimorar os processos por meio de diversas ferramentas. Identificando áreas de melhoria, analisando dados e tomando decisões embasadas em evidências. A sua aplicação traz benefícios tanto culturais, no sentido de promover uma cultura de melhoria contínua, quanto financeiros, comprovados por meio de resultados sustentáveis no negócio.

2.4 LEAN Six sigma

LEAN Six Sigma é uma poderosa metodologia gerencial que combina os princípios do *LEAN* e do *Six Sigma*. Ao unir essas abordagens, o *LEAN Six Sigma* oferece uma estratégia abrangente para aprimorar a qualidade, reduzir desperdícios e otimizar os processos organizacionais. A filosofia *LEAN* se concentra na melhoria contínua e na participação ativa dos colaboradores, enquanto o *Six Sigma* traz uma disciplina estatística para medir o desempenho e impulsionar a implementação de melhorias.

Não somente, mas também, fornecendo uma estrutura sistemática para identificar oportunidades de aprimoramento. Na busca de obter resultados mais rápidos e de alta qualidade. Com metas de melhoria estabelecidas com base em métricas quantificáveis alcançadas por meio das etapas do DMAIC.

A aplicação do *LEAN Six Sigma* pode ocorrer em diversos setores e organizações, independentemente do tamanho. Ao aplicar o *LEAN Six Sigma* aos processos de negócio, por exemplo. As empresas podem identificar e eliminar atividades que não agregam valor, reduzir o tempo de ciclo, minimizar a variabilidade e melhorar a satisfação do cliente. A abordagem também incentiva a melhoria contínua, encorajando as organizações a buscarem constantemente oportunidades para aprimorar os processos existentes.

2.5 ISO 50001

A *International Organization for Standardization* – ISO, possui o objetivo de desenvolver e promover padrões internacionais, conhecidos como normas ISO, para assegurar a qualidade, segurança e eficiência de produtos, serviços e sistemas. Além disso, a ISO oferece ferramentas para avaliação da conformidade e certificação de sistemas de gestão.

A ISO 50001, *Energy management systems — Requirements with guidance for use*, de agosto de 2018, é uma dessas normas internacionais desenvolvida pela ISO dedicada a estabelecer os requisitos para um Sistema de Gestão de Energia elétrica (SGE). Fornecendo diretrizes e orientações abrangentes para organizações de todos os tipos e tamanhos, independentemente de condições geográficas, culturais ou sociais. Visando a implementação de medidas eficazes de gestão energética.

No Brasil, o Foro Nacional de Normalização é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A qual, para atender a demanda por uma padronização para o gerenciamento energético, lançou a norma ISO 50001 sob a nomenclatura ABNT NBR ISO 50001:2018, *Sistemas de gestão da energia elétrica — Requisitos com orientações para uso*.

As normas ISO e ABNT são voluntárias e não têm força de lei, mas muitas organizações optam por adotá-las e obter sua certificação por um organismo acreditado para adquirir reconhecimento nacional e internacional, melhorar a competitividade, reduzir riscos e atender às expectativas de seus stakeholders. Ressalta-se que, a ISO 50001 faz parte da família de normas ISO 50000, conforme quadro 1.

Quadro 1: Família de normas da ISO 50000

Norma	Descrição
ISO 50001	Sistema de gestão da energia elétrica – Requisitos com orientações para uso
ISO 50002	Diagnósticos energéticos – Requisitos com orientação para uso
ISO 50003	Requisitos para organismos de auditoria e certificação de sistemas de gestão de energia elétrica
ISO 50004	Guia para implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão de energia elétrica
ISO 50006	Sistema de gestão de energia elétrica — Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) — Princípios gerais e orientações
ISO 50015	Energy management systems — Measurement and verification of energy performance of organizations — General principles and guidance

Fonte: ABNT 2023

Nota: A norma ISO 50015 ainda não possui versão no Brasil

FOSSA (ICA 2017), no Guia para aplicação da norma ISO 50001, apresenta um *roadmap*, figura 7, para a implementação da ISO 50001 recorrendo à família de normas, conforme quadro 1.

Figura 7: Aplicação da família de normas da ISO 50000



Fonte: Guia para aplicação da norma ABNT NBR ISO 50001 — gestão de energia elétrica (ICA 2017)

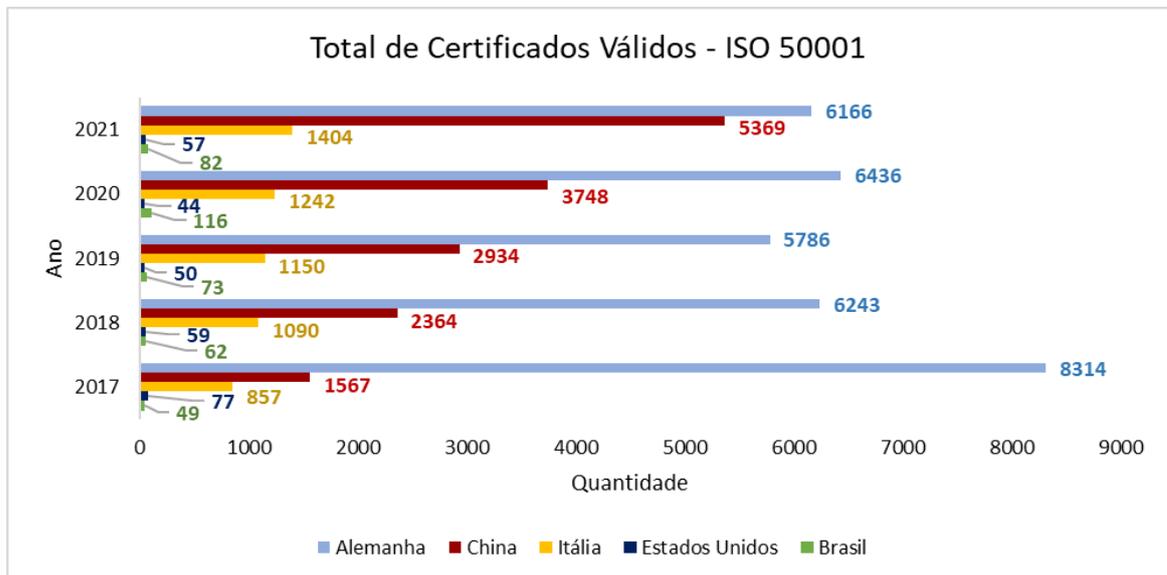
A certificação de acordo com a norma ISO 50001 assegura que a organização possua um sistema de gestão energética equilibrado, resultando na redução do

consumo de energia elétrica sem comprometer a produção, atenuação do impacto ambiental e no crescimento da rentabilidade.

A figura 8 ilustra a progressão do número de certificados válidos ao longo dos anos de 2017 a 2021, com destaque para Alemanha e China, liderando o ranking. Entre os países do mesmo continente, a Itália apresentou um percentual de 22,7% da quantidade que possuía a Alemanha no ano de 2021. Enquanto no continente americano, o Brasil superou os Estados Unidos em 4 de 5 períodos analisados.

A liderança destacada da Alemanha, superando significativamente outros países, pode ser atribuída a incentivos governamentais para a certificação da Norma Europeia EN 16001 (equivalente a ISO 50001) e da própria ISO 50001. Enquanto na China, a uma legislação mais restritiva para poluição do ar.

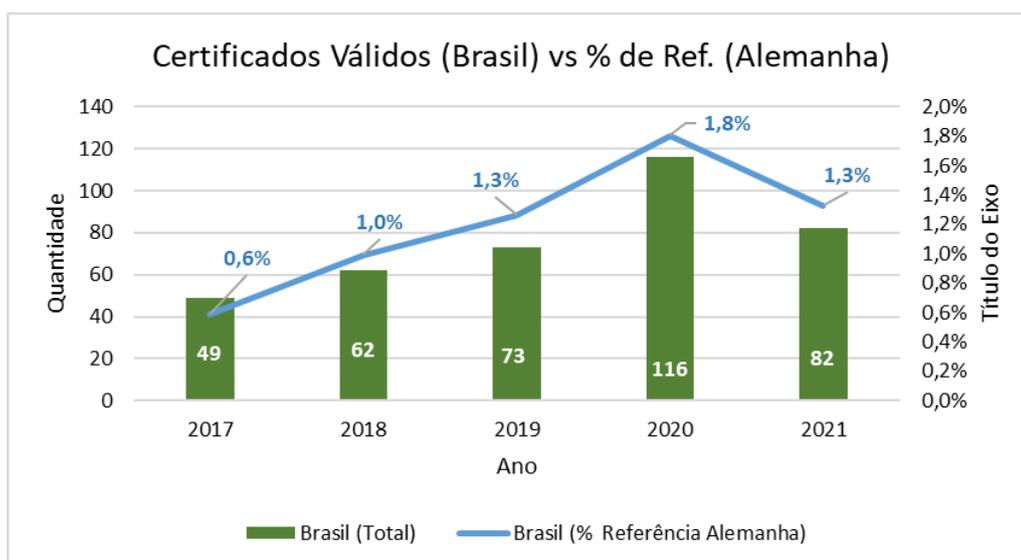
Figura 8 – Quantidade total de certificados ISO 50001 válidos



Fonte: ISO (2023)

Já na figura 9, nota-se que o Brasil registrou um percentual próximo de 1% da quantidade de certificados que possuía a Alemanha nos 5 períodos em questão.

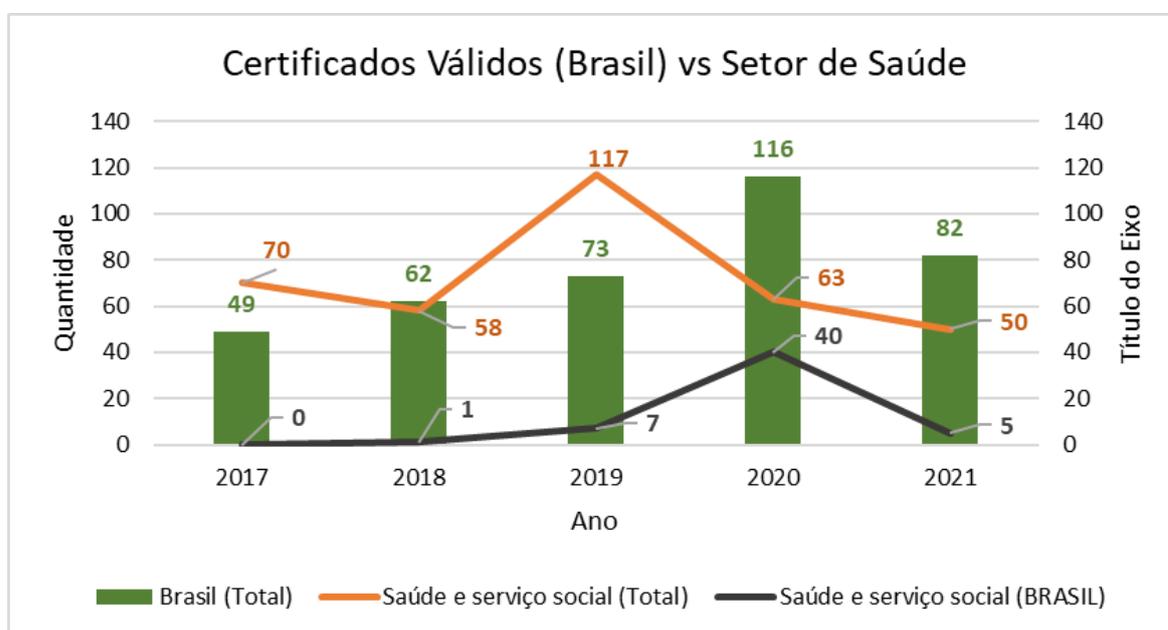
Figura 9 – Comparação da quantidade de certificados ISO 50001 válidos entre Brasil e Alemanha



Fonte: ISO (2023)

No *ranking* da ISO, as certificações da norma 50001 para estabelecimentos assistenciais de saúde são especificados apenas pela nomenclatura “setor de saúde e serviço social”, sem fornecer detalhes sobre a quantidade de hospitais certificados. O qual é o enfoque do estudo de caso deste trabalho. Mesmo assim, é possível observar na figura 10 que a quantidade de certificações desse setor é baixa. Tanto em comparação total quanto ao se restringir apenas ao Brasil.

Figura 10 — Comparação da quantidade de certificados ISO 50001 válidos (Brasil) vs Setor de Saúde (total — ISO) e Setor de saúde (Brasil)



Fonte: ISO (2023)

2.5.1 Sistema de Gestão de Energia elétrica — SGE

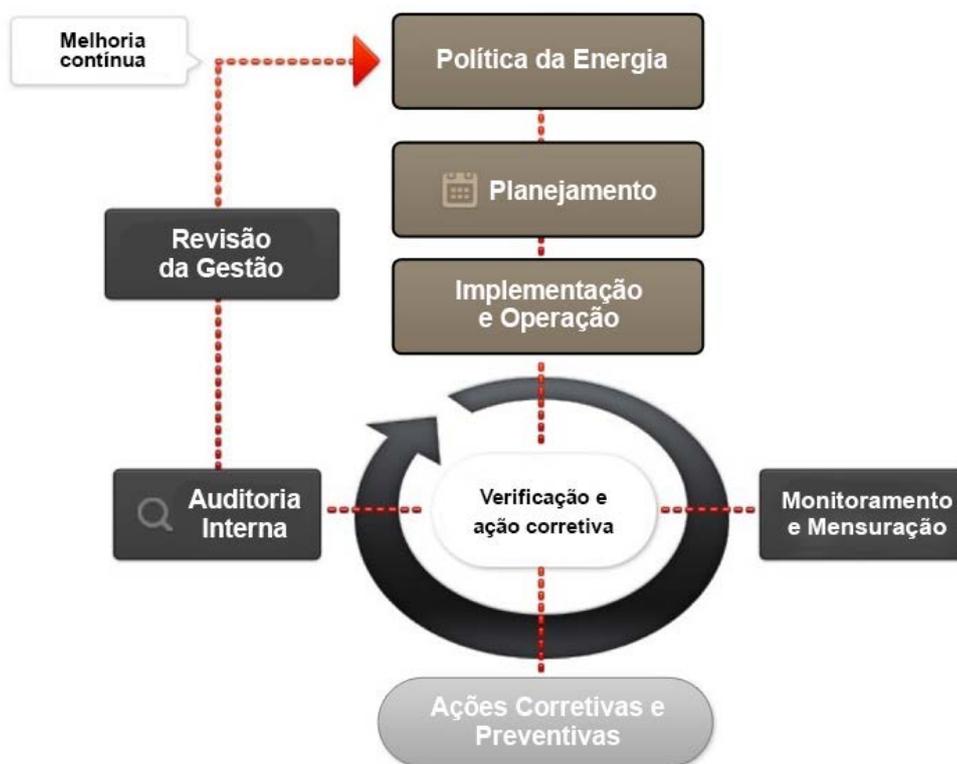
De acordo com a ISO 50001, um sistema de gestão de energia elétrica é um sistema de gestão que estabelece uma política energética, objetivos, metas energéticas, planos de ação e processos para alcançar os objetivos e metas energéticas.

Schulze et al. (2015), a partir de uma revisão de trabalhos publicados entre 1979 e 2014, elaboraram uma definição para o termo “gestão de energia elétrica”.

“(…)atividades sistemáticas, procedimentos e rotinas em uma companhia industrial incluindo elementos de planejamento/estratégia, implementação/operação, controle, organização e cultura, envolvendo tanto processos de produção quanto de suporte, com o objetivo de continuamente reduzir o consumo de energia elétrica na empresa e seus custos relacionados” (Schulze et al., 2015, p. 26).

O modelo de gestão sugerido pela norma, figura 11, baseia-se no ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). No português, significa planejar, executar, verificar e agir.

Figura 11: Metodologia da Norma ISO 50001



Fonte: Bureau Veritas — Adaptado da ISO 2018

i. **Plan** (Planejar): inclui compreender o contexto da empresa, estabelecer uma política energética e uma equipe de gestão de energia elétrica, considerar as ações para lidar com os riscos e oportunidades, realizar uma revisão energética, identificar os usos significativos de energia elétrica (USE), os indicadores de desempenho energético (IDE) e a(s) linha(s) de base energética(s) (LBE), estabelecer objetivos e metas energéticas, e elaborar planos de ação necessários.

ii. **Do** (Fazer): executar os planos de ação, implementar controles de operação e manutenção, estabelecer canais efetivos de comunicação, garantir competências adequadas e considerar o desempenho energético em projetos e aquisições;

iii. **Check** (Verificar): monitorar, medir, analisar, avaliar, auditar e conduzir análises críticas, realizadas pela alta direção, para avaliar o desempenho energético e do Sistema de Gestão de Energia elétrica (SGE) conforme estabelecido na etapa de planejamento;

iv. **Act** (Agir): adotar medidas para abordar as não conformidades e promover melhorias contínuas no desempenho energético e no Sistema de Gestão de Energia elétrica (SGE).

Amplamente, o SGE visa permitir que as organizações implementem uma política energética e traçar objetivos a serem alcançados, desenvolvendo ações de conscientização e de planejamento que ampliem o conhecimento sobre o uso responsável da energia elétrica.

Nestas orientações, a ISO 50001 prevê a responsabilidade pela implementação do SGE a “Alta direção”. Definida sendo uma pessoa ou grupo de pessoas que dirige e controla uma organização no nível mais alto. Logo, complementarmente, surge a necessidade da criação de um grupo de trabalho para esse Sistema de Gestão Energética.

2.5.2 Política Energética

Segundo a ISO 50001, Política Energética é a declaração da organização sobre suas intenções, diretrizes e compromissos gerais relacionados com seu desempenho

energético, formalmente expressos pela “Alta Direção”. Esta, deve contemplar os seguintes tópicos:

- i. Seja apropriada ao propósito da organização;
- ii. Forneça uma estrutura para o estabelecimento e análise crítica dos objetivos e metas energéticas;
- iii. Inclua um comprometimento em assegurar a disponibilidade de informações e recursos necessários para alcançar objetivos e metas energéticas;
- iv. Inclua um comprometimento em satisfazer requisitos legais aplicáveis e outros requisitos relacionados à eficiência energética, uso da energia elétrica e consumo da energia elétrica;
- v. Inclua um comprometimento com a melhoria contínua do desempenho energético e do SGE;
- vi. Apoie a aquisição de produtos e serviços energeticamente eficientes que impactem o desempenho energético;
- vii. Apoie as atividades de projeto que considerem a melhoria do desempenho energético.

SILVA (2015) afirma que é na política energética que se estabelece o compromisso da organização em alcançar a melhoria do desempenho energético, sendo o principal impulsionador do SGE. Deve estar em sintonia com natureza do uso e consumo da energia elétrica da instituição, deve incluir o compromisso de melhoria contínua do desempenho energético conforme as exigências legais aplicáveis, estabelecer metas e objetivos, encorajar a aquisição de produtos e serviços energeticamente eficientes. Deve ser mantida documentada e atualizada.

2.5.3 Planejamento Energético

O item 6 da ISO 50001 aborda especificamente o planejamento necessário para estabelecer um SGE eficaz. Ele enfatiza a importância de uma abordagem estratégica, baseada em informações confiáveis, para alcançar metas de melhoria contínua no desempenho energético de uma organização.

Nesse contexto, as organizações devem identificar suas oportunidades de melhoria, considerando, fatores como consumo de energia elétrica, eficiência energética, demandas internas e externas, bem como requisitos legais e regulatórios.

Além disso, é necessário estabelecer metas de desempenho energético mensuráveis, compatíveis com a política energética da organização. Assim, as empresas podem direcionar seus recursos de maneira eficiente, implementando medidas específicas para reduzir o consumo de energia elétrica, aumentar a eficiência e melhorar o desempenho global em relação à gestão de energia elétrica.

2.5.4 Revisão Energética

Consoante a ISO 50001, Revisão Energética trata da análise da eficiência energética, uso da energia elétrica e consumo da energia elétrica com base em dados e em outras informações, conduzindo à identificação do Uso Significativo de Energia elétrica (USE) e a oportunidades de melhoria do desempenho energético.

Por meio da Revisão energética, são identificadas áreas de desperdício de energia elétrica, ineficiências e potenciais fontes de melhoria. Considerando a quantidade de energia elétrica necessária para o bom funcionamento dos ativos e processos, além da quantidade de tempo utilizada. Essa análise detalhada envolve a coleta e análise de dados energéticos, como históricos de consumo, medições de equipamentos e sistemas. Essa abordagem proporciona uma compreensão mais abrangente do perfil de consumo de energia elétrica da unidade consumidora. Assim, a organização pode desenvolver um plano de ação para implementar medidas efetivas de economia e eficiência energética, visando otimizar o desempenho energético e reduzir os custos associados.

2.5.5 Uso Significativo de Energia - USE

É preconizado pela ISO 50001, o uso significativo de energia elétrica como sendo o uso da energia elétrica responsável por substancial consumo da energia elétrica e/ou que ofereça potencial considerável para melhoria do desempenho energético. Isto é, o objetivo do USE é focar nos pontos críticos de consumo e implementar medidas específicas para melhorar a eficiência energética e reduzir o desperdício.

A norma requer que as empresas realizem uma análise detalhada para abordar de forma estratégica o USE, considerando, fatores como o consumo absoluto de

energia elétrica, a participação percentual no consumo total da organização e seu potencial de melhoria. Essa análise permite que a corporação concentre seus esforços e recursos nas áreas onde é possível obter os maiores ganhos em termos de eficiência energética.

2.5.6 Linha de Base Energética — LBE

Conforme a ISO 50001, a Linha de Base Energética (LBE), também conhecida por *Base Line*, é a referência quantitativa que fornece uma base para comparação do desempenho energético da unidade consumidora e/ou equipamentos e sistemas. É o parâmetro de calibragem de um sistema de gestão de energia elétrica.

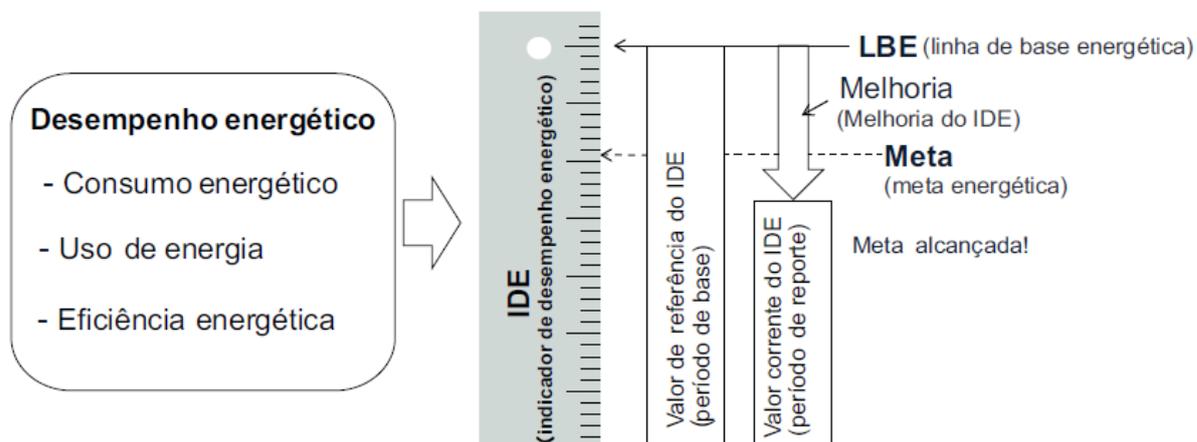
O adequado dimensionamento da LBE é de grande importância na mensuração da economia gerada advinda dos investimentos em eficiência energética (LEITE, 2010). Há vários métodos para estabelecer uma LBE que represente bem a organização. Pode-se citar a utilização de regressão estatística ou simulações (LEI; HU, 2009). E, a cada revisão energética, a LBE deverá ser atualizada, caso necessário.

2.5.7 Indicador de Desempenho Energético — IDE

A ISO 50001 apresenta o Indicador de Desempenho Energético (IDE) como sendo um valor ou medida, ou unidade de desempenho energético conforme definido pela organização. O desempenho energético refere-se ao resultado alcançado em relação ao uso de energia elétrica por uma organização, sistema ou processo. E, o IDE pode ser entendido como sendo uma métrica que relaciono como consumo de energia elétrica por unidade de produção ou por unidade de área, por exemplo.

A norma apresenta um diagrama que orienta o entendimento do IDE. O qual pode ser representado como uma “régua”, usada para comparar o desempenho energético antes (valor de referência do IDE) e depois (valor resultante ou atual do IDE) da implementação de planos de ação de gestão de energia elétrica. A diferença entre o valor de referência e o valor resultante é uma medida de mudança no desempenho energético (Fossa e Sgarbi, 2017), conforme representado na figura 12.

Figura 12: Relação entre desempenho energético, IDE, LBE e metas energéticas



Fonte: ISO 50006 2016

Por meio do acompanhamento contínuo do IDE, as empresas podem entender o impacto das medidas de eficiência energética implementadas, identificar tendências, desvios e oportunidades de melhoria, avaliar o progresso em relação às metas estabelecidas e realizar ajustes quando necessário. De tal maneira, ao analisar o comportamento de um IDE durante um período estabelecido, o SGE pode apontar se os resultados estão sendo obtidos como o esperado ou chamar atenção para não conformidades (Fossa e Sgarbi, 2017).

2.5.8 Fronteira

A ISO 50001 define fronteira como sendo os limites físicos ou departamentais da unidade consumidora. Por exemplo, um processo, um grupo de processos, um local, múltiplos locais sob o controle de uma gerência, ou a unidade inteira.

A fronteira delimita o escopo do sistema de gestão de energia elétrica de uma organização. Determinando quais instalações, processos, atividades ou áreas estão incluídas no sistema de gestão de energia elétrica.

Ao estabelecer uma fronteira bem definida, a organização pode concentrar seus esforços e recursos na gestão eficiente e eficaz da energia elétrica nas áreas abrangidas, permitindo uma abordagem estratégica para a melhoria contínua do desempenho energético. Além disso, a definição clara da fronteira também auxilia na

comunicação interna e externa sobre o escopo do sistema de gestão de energia elétrica da organização, garantindo transparência e confiabilidade nos resultados alcançados.

2.5.9 Auditoria Energética

A auditoria energética é uma atividade formal, sistemática e independente que avalia a eficácia do sistema de gestão de energia elétrica de uma organização. Envolve uma revisão completa dos processos, práticas e controles relacionados à gestão de energia elétrica, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria, verificar o cumprimento dos requisitos da norma ISO 50001 e fornecer recomendações para aprimoramento contínuo. A auditoria energética é conduzida por auditores internos ou externos qualificados e resulta em um relatório detalhado sobre o desempenho energético da organização. E, geralmente, objetiva a certificação ISO 50001.

Em (COSTA, 2014) consta a definição de que a auditoria energética é um exame detalhado de como a energia elétrica é utilizada. Permite conhecer as características de utilização da energia elétrica, além da eficiência dos equipamentos e onde ocorrem desperdícios de energia elétrica.

2.6 ESG

O conceito ESG (*Environmental, Social, and Governance*) representa três fatores (ambientais, sociais e de governança) tem se tornado uma temática amplamente considerada nas decisões de investimentos e nas estratégias empresariais para avaliar o desempenho e o impacto das empresas em áreas relevantes para a sustentabilidade e responsabilidade corporativa.

Do acrônimo ESG, temos:

A letra “E”, envolve ações para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, adotar práticas de energia elétrica renovável, preservar os recursos naturais, minimizar o desperdício e promover a sustentabilidade ambiental de maneira geral.

A letra “S” engloba a relação entre os diversos atores que participam do processo. Isso inclui colaboradoras e colaboradores, investidores, fornecedores, governo, terceiro setor, comunidades locais e outros parceiros comerciais. Além disso, são consideradas as relações com as comunidades do entorno e o impacto social positivo gerado pelas atividades da empresa.

A letra “G” refere-se à governança corporativa e administrativa de um negócio. Isso abrange questões relacionadas ao crescimento sustentável da empresa, transparência nas operações, comunicação clara sobre a performance de resultados, estruturas de liderança eficazes, políticas de remuneração justas, além de práticas éticas e *compliance*.

Na agenda do alfabeto do desenvolvimento sustentável, além do ESG, aparece outro acrônimo denominado de ODS — Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, preconizados pela ONU. Estes, extrapolam as ações numa única companhia e são compromissos globais entre os mais diversos atores, como governos, instituições, sociedade civil e o próprio setor privado. Englobando áreas como erradicação da pobreza, igualdade de gênero, acesso à educação de qualidade, saúde e bem-estar, energia elétrica limpa, ação climática, entre outros. Enquanto, aquele, está relacionado a práticas empresariais fundamentais para o desenvolvimento sustentável da organização como parte da sociedade.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas — ABNT, em dezembro de 2022, protagonizou a edição de uma prática recomendada (PR) voltada para o entendimento do tema ESG. Nomeada por ABNT PR 2030 — ESG — conceitos, diretrizes e modelo de avaliação e direcionamento para organizações. Reunindo os critérios dos eixos ambiental, social e de governança entendidos como relevantes, que foram selecionados com base em regulações, normas de sistema de gestão, frameworks e compromissos globais como os ODS.

No relatório do Pacto Global da ONU (2004), traz grafado pela primeira vez o termo ESG. O conceito surgiu de uma provocação do então secretário-geral da ONU, Kofi Annan, a diversos CEOs de grandes instituições financeiras sobre como integrar fatores ambientais, sociais e de governança no mercado de capitais (PACTO GLOBAL REDE BRASIL, 2020).

O Acordo de Paris firmado em 2015 durante a 21.^a Conferência das Partes (COP 21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês). E as práticas ESG estão relacionados. Ambos pretendem abordar as preocupações ambientais e promover a sustentabilidade. O Acordo de Paris estabelece combater as mudanças climáticas, limitando o aumento da temperatura média global a bem abaixo de 2 graus Celsius em relação aos níveis pré-industriais, e buscando esforços para limitar o aumento a 1,5 graus Celsius. Enquanto as práticas ESG são diretrizes para as empresas adotarem medidas sustentáveis em suas operações.

Somando-se a capilaridade do ESG, outro fato estreitamente ligado a este, é a transição energética. Tema amplamente discutido na COP27, realizada em 2022 no Egito. A transição energética não é apenas uma mudança de matriz energética. É uma resposta ao desafio global de mitigar os efeitos das mudanças climáticas e alcançar a sustentabilidade ambiental. Além da criação de empregos verdes, redução da poluição do ar e da água, melhoria da qualidade de vida das comunidades e promoção da inovação tecnológica.

Outro ponto importante que merece destaque é a mudança comportamental em direção ao consumo consciente e sustentável, buscando reduzir o consumo excessivo e adotar práticas mais responsáveis em relação aos recursos naturais. Neste contexto, a redução de emissões de GEE associadas à economia de energia elétrica é pauta cada vez mais presente nos debates sobre o tema.

Em resumo, a aplicação interdisciplinar e diversificada do ESG possui um amplo alcance de impacto nas empresas, na sociedade e no meio ambiente. Ao adotar práticas ambientais, sociais e de governança responsáveis, é possível promover um desenvolvimento sustentável, alcançar vantagens competitivas, criar valor compartilhado e contribuir para acelerar a transição energética.

2.7 LEAN ENERGY

A filosofia *LEAN* visa aprimorar a eficiência, reduzindo o desperdício e agregando valor ao produto, serviço ou processo. O consumo excessivo de energia elétrica que traz consigo um custo associado e deve ser mitigado. A energia elétrica

representa um input essencial na maioria dos processos produtivos e cadeias de valor. Ao debater sobre o consumo desnecessário de energia elétrica como um desperdício, as abordagens Lean podem reduzir significativamente os custos e aumentar a competitividade das organizações, possibilitando alcançar as metas ambientais.

Ao ser reduzido os desperdícios com processos dispensáveis, transporte e movimentações sem utilidade, as empresas conseguem reduzir a quantidade de energia elétrica necessária para equipamentos, iluminação, aquecimento e refrigeração, por exemplo. Dessa maneira, é possível alcançar uma redução significativa no consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, na pegada ambiental da empresa.

Exemplos de *savings*, em casos de sucesso com a implementação do *LEAN*, no quesito eficiência energética, podem ser visualizados no quadro 2.

Quadro 2 - Lean e consumos de energia elétrica: poupanças estimadas

Lean e consumos de energia: poupanças estimadas
Eastman Kodak Company — Poupanças na ordem dos \$15 milhões entre 1999 e 2006, através da redução dos consumos energéticos, recorrendo a eventos kaizen de eficiência energética.
General Electric — Poupanças acima de \$1 milhão, apenas numa fábrica, através da redução dos consumos de combustível após implementação Lean.
Howard Planting — Redução de 25% do consumo energético mediante uma implementação Lean.
Naugatuck Glass Company - Através de esforços Lean, foram atingidas reduções de 19% no consumo energético, para além da diminuição do lead time e melhorias de qualidade.
Lasco Bathware - Eliminação da necessidade de um forno de cozedura, no planeamento de um evento Lean, permitindo reduções no consumo de gás natural e poupando \$99,000.
Steelcase Inc. — Através do uso de operações de melhoria Lean, foram reduzidos os custos fixos (incluindo energia) em 90%.

Fonte: MAGALHÃES (2013) — Dissertação de Mestrado — Universidade de Aveiro — Portugal

As diminuições nos custos energéticos apresentados no quadro 2 não são surpreendentes, pois ao mitigar ou eliminar os sete desperdícios *LEAN*, há uma redução imediata do consumo de energia elétrica, como observado no quadro 3.

De acordo com Gonce e Sommers (2010), apesar dos resultados validarem a associação entre a implementação de práticas Lean e a eficiência energética, algumas

organizações ainda resistem em reduzir os desperdícios de consumo energético, por acreditarem que isso requer grandes investimentos para melhorar o desempenho energético e ambiental. No entanto, ressaltar que pequenas alterações operacionais podem levar a uma redução de até 15% no consumo geral, com pouco ou nenhum investimento de capital.

Quadro 3 - Consumos energéticos associados aos desperdícios *LEAN*

Consumos energéticos associados aos desperdícios <i>LEAN</i>	
Desperdício	Utilização de energia
Excesso de produção	Mais energia é consumida por equipamentos em laboração, produzindo produto desnecessário.
Excesso de inventário	Mais energia é consumida para aquecimento, refrigeração e iluminação de zonas de armazenagem.
Transporte e movimentações desnecessárias	Mais energia é usada no transporte; Mais espaço é requerido para movimentação resultando em maiores necessidades de iluminação, climatização e consumos de energia.
Defeitos	Mais energia consumida na produção de produtos com defeito; Mais espaço requerido para retrabalho e reparação aumentando o consumo energético em iluminação e climatização.
Processamento excessivo	Mais energia consumida na operação de equipamento em processamento desnecessário.
Tempo de espera	Desperdício de energia em climatização e iluminação durante paragens de produção.

Fonte: MAGALHÃES (2013) — Dissertação de Mestrado — Universidade de Aveiro — Portugal

O quadro 4 contém alguns exemplos das possibilidades de integração de ferramentas *LEAN* nas ações de eficiência energética.

Quadro 4 - Utilização de ferramentas Lean na redução do consumo energético

Metodologia/Ferramenta <i>LEAN</i>	Aplicação	Exemplo
VSM	Integrar os vários consumos energéticos no mapeamento da cadeia de valor.	Identificação dos processos que apresentam elevados consumos energéticos. Realização de eventos Kaizen de eficiência energética sobre os processos identificados.
Lean Seis Sigma	As ferramentas de análise estatística podem ajudar a isolar e controlar as causas de flutuações de consumo energético.	Instalação de medidores de energia, monitorização diária e controlo estatístico.
TPM	O aumento da eficiência de operação dos equipamentos reduz o desperdício de energia.	Incorporar checklists de boas práticas de eficiência energética nas atividades de manutenção autónoma (inspeções diárias, lubrificação, reparação, afinação, etc.).

Metodologia/Ferramenta LEAN	Aplicação	Exemplo
Trabalho Normalizado	A normalização de boas práticas de gestão energética permite a redução do consumo energético.	Incorporar boas práticas nos procedimentos e regras vigentes; incluir dicas de redução energética nas reuniões semanais e newsletters; incluir boas práticas de redução energética nos <i>checklists</i> 5S.
Gestão Visual	Os controlos visuais normalizam as melhores práticas de utilização de equipamentos e energia.	Afixar dísticos de alerta de boas práticas de eficiência energética; afixar os consumos e emissões poluentes mensais.
Envolvimento dos Colaboradores	Envolver os colaboradores na implementação de programas de eficiência energética.	Promover competições, prémios de boas práticas e reconhecimento dos colaboradores.
Poka-Yoke	A utilização de mecanismos anti erro permite reduzir o consumo energético.	Instalação de sensores de presença e células crepusculares; desligar automático de equipamentos e máquinas.

Fonte: MAGALHÃES (2013) — Dissertação de Mestrado — Universidade de Aveiro — Portugal

Outra abordagem e complementar pode ser verificada no livro *Guía de implementación: Energía limpia y libre de desperdicio para el desarrollo sostenible*, dos autores, JuanPablo Martín Gómez e Juan Pablo Martín Gómez (2019). Nesta literatura, os escritores definem *LEAN ENERGY* como uma metodologia que combina a estrutura do projeto *Lean Six Sigma* com aspectos técnicos de eficiência e economia de energia elétrica, energia elétrica renovável e conceitos da indústria 4.0.

Segundo os autores, os colaboradores que deverão estar engajados nesta proposta, não podem ter apenas conhecimentos técnicos, como geralmente é o caso de profissionais dos setores de manutenção e ambiental. Devem possuir, também, conhecimentos sobre economia. Visto que, eles costumemente são os responsáveis pelos projetos de melhorias. E, apresentarão o projeto para aprovação à diretoria da empresa e posteriormente condução das ações a ele relacionados.

Somando-se a esta primeira recomendação na promoção do *LEAN ENERGY* 4.0, a correta quantificação dos desperdícios de energia elétrica, bem como no conhecimento perfeito das áreas e equipamentos que geram esses resíduos, é uma das fases mais importantes do projeto. Tendo a necessidade de tornar os processos e consumos mais eficientes nas empresas, com expectativa de um *Return on*

Investment (ROI) superior a 8% do projeto em questão. E, para que plantas de energia elétrica renovável sejam apenas utilizadas de forma complementar.

Essas energias limpas são uma opção altamente benéfica e as empresas, de uma forma geral, deveriam considerar esta opção. No entanto, antes de adotar soluções dessa natureza, convém analisar cuidadosamente as opções disponíveis com o *LEAN ENERGY*, a fim de melhorar a eficiência energética utilizando os recursos que já dispõe.

Outra contribuição apontada, é sobre o aumento da disponibilidade no *Overall Equipment Efficiency* (OEE), ao ter um impacto positivo na redução do consumo de energia elétrica por unidade produzida. Visto que, ao reduzir o tempo de parada das máquinas, é possível produzir mais em menos tempo, diminuindo a necessidade de a fábrica operar durante muitas horas por dia ou de trabalhar longas jornadas. Destacando, também, que ao reduzir a variabilidade na operação, o consumo de energia elétrica por processo ou por peça é estabilizado e conseqüentemente menor. E, é importante lembrar, que o consumidor final de energia elétrica é cobrado na fatura de energia elétrica pelo kWh ou MWh consumido.

É citado a existência de duas estratégias para economizar energia elétrica. A primeira, investir em treinamentos e boas práticas de uso da energia elétrica. Neste caso, contribuiria com até 25% de economia no potencial de energia elétrica estimado a ser reduzido. Além de, não haver investimento inicial ou baixo investimento financeiro nas ações tomadas. A segunda, usar recursos financeiros na instalação de tecnologia, de novos equipamentos energeticamente mais eficientes e automatizados. Na expectativa de apoiar em até 75% de economia na estimativa de ganho na redução do consumo energético. Neste caso, diferentemente do primeiro, haverá investimento financeiro de médio ou alto porte. No entanto, o maior benefício é alcançado quando se pode aplicar uma combinação das duas estratégias, treinar pessoas e aplicar uma tecnologia adequada.

Por fim, os autores lembram que o foco não está necessariamente na economia financeira, mas na quantidade de energia elétrica consumida. E, que a integração da eficiência energética com a filosofia *LEAN* é totalmente viável para reduzir a variabilidade do consumo de energia elétrica e melhorar o desempenho energético da unidade consumidora. Além, adicionalmente, benefícios para o meio ambiente.

Nesta dissertação, define-se *LEAN ENERGY* como uma abordagem de gestão energética que atua na melhoria dos processos, mitigação de desperdícios e aprimoramento da cadeia de valor do consumo sustentável de energia elétrica. Combinando sinergia nas áreas de engenharia, economia, *LEAN*, gestão e ESG.

Em resumo, a abordagem *LEAN ENERGY* vai além da metodologia tradicional de um projeto de eficiência energética. É um conceito que tem em vista aplicar os princípios do pensamento *LEAN* à gestão e uso de energia elétrica, visando à eficiência, sustentabilidade e otimização dos recursos energéticos disponíveis. Estando alinhado com a crescente preocupação global com a sustentabilidade e a busca por fontes de energia elétrica mais limpas e eficientes. Dessa maneira, ao adotar a integração desses conceitos, empresas, governos e a sociedade na totalidade podem avançar em direção a um futuro energético menos poluente e mais sustentável, fortalecendo a transição energética.

3 METODOLOGIA

A filosofia *LEAN* é empregada em várias melhorias de processos em empresas, inclusive na área de saúde. Denominada de *LEAN Healthcare* (PUCPR – 2023). Em 2017, o Ministério da Saúde do Brasil, em parceria com o Hospital Sírio-Libanês, implementou o projeto Lean nas Emergências, com o intuito de reduzir a superlotação em hospitais públicos e filantrópicos (*Lean nas Emergências* — 2023).

Expandindo este campo de aplicabilidade *LEAN*, o presente estudo propõe a implementação de *LEAN ENERGY* num ambiente assistencial de saúde universitário. Utilizando-se do método de pesquisa estudo de caso, com situações mapeadas em instituições hospitalares. Propondo um *Project Management Office* (PMO) para uma meta de 5,6%, equivalente a 21 dias de redução do consumo anual de energia elétrica. O que impactaria positivamente nos Custos de Energia Evitada (CEE) e na Relação Custo-Benefício (RCB) dos projetos de Eficiência Energética, de acordo com os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) da ANEEL. Ademais, essa proposta de trabalho busca avaliar se a combinação entre *LEAN* e ISO 50001, através do conceito LE, pode resultar na redução do desperdício de energia elétrica e na adoção de uma cultura organizacional de melhoria contínua, incluindo os critérios ESG.

O estudo de caso proposto ocorre no Hospital Universitário Walter Cantídio (HUWC), figura 13. Este, é uma unidade de assistência, ensino e pesquisa e faz parte do Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Ceará (UFC), sob gestão da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) e atende gratuitamente a população, por meio do Sistema Único de Saúde (SUS). Conta com 212 consultórios para atendimento a diversas especialidades cirúrgicas e clínicas e oferece, ainda, 197 leitos de enfermaria e unidades de terapia intensiva (UTIs), 8 salas cirúrgicas, 6 salas de recuperação e 4 leitos de hospital-dia (HOSPITALARES; EDUCAÇÃO, 2020).

Figura 13: Hospital Universitário Walter Cantídio - HUWC



Fonte: Autor

Dentre os manuais e legislação que o HUWC segue, há o “Manual de Requisitos do Programa EBSEERH de Gestão da Qualidade — versão 03/2022”. Neste, estão estabelecidos os requisitos do Programa de Gestão da Qualidade (PGQuali) da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSEERH). O PGQuali, instituído pela Portaria-SEI n.º 23/2018, consiste em um sistema próprio de avaliação periódica cujo objetivo é promover a cultura de melhoria contínua dos serviços prestados à população brasileira pelos hospitais universitários federais da rede EBSEERH nas áreas de assistência, ensino, extensão, pesquisa e inovação em saúde (EBSEERH, 2018n). Onde, no item 33.2.34 deste manual, versa sobre a unidade possuir um programa de controle de desperdício e otimização de energia elétrica. Sua premissa estabelecida é que a estimativa do consumo de energia elétrica do estabelecimento deverá ser mensurada a partir da definição das atividades e equipamentos a serem utilizados no serviço, bem como as medidas de controle adotadas devem integrar-se às demais iniciativas da empresa, no âmbito da preservação da segurança, da saúde e do meio ambiente do trabalho otimizando o fornecimento elétrico e evitando desperdícios (RDC Anvisa n.º 50/2002).

Nesse contexto, o HUWC está empenhado em diversas iniciativas, que vão desde atualizações na infraestrutura, como a construção de uma nova subestação de energia elétrica, até a participação em chamadas públicas para projetos de eficiência

energética promovidos pela distribuidora de energia local, além da implementação de um programa de gestão energética fundamentado na metodologia *LEAN ENERGY*.

Após o planejamento inicial, a abordagem do LE no HUWC prosseguiu com o mapeamento energético, objetivando identificar o perfil energético da unidade consumidora (UC) e identificar os ativos que fazem uso significativo de energia elétrica (USE). O documento inicial avaliado foi a fatura de energia elétrica e por ser um documento técnico, sua leitura e análise segue tal prerrogativa. Demanda, consumo Ponta e Fora Ponta, Fator de Carga, Excedentes Reativos e modalidade tarifária vinculada ao perfil do setor hospitalar são alguns dos itens observados.

Na sequência, foi realizado uma Visita Técnica de Diagnóstico (VTD) na UC. No *LEAN*, esta visita é denominada de *Gemba Walk*. Uma prática comum em metodologias de gestão e frequentemente aplicada em ambientes de produção e operação para melhorar a eficiência, identificar problemas e promover a melhoria contínua. No contexto do *LEAN ENERGY*, o *Gemba Walk* pode ser uma ferramenta valiosa para identificar oportunidades de economia de energia elétrica nos processos energéticos de uma organização.

A aplicação do *Gemba Walk* em um hospital, com o propósito de reduzir o consumo de energia elétrica, é uma estratégia altamente benéfica. Hospitais são notórios consumidores de energia devido às operações 24/7 e às diversas demandas de equipamentos médicos, sistemas de iluminação, climatização e outros serviços essenciais. Para realizar um *Gemba Walk* eficaz em um contexto de eficiência energética, é crucial mapear os processos de alto consumo, desde equipamentos médicos até sistemas de climatização e iluminação. Durante as inspeções, a observação detalhada do funcionamento desses sistemas permite identificar fontes de desperdício em tempo real. É importante envolver uma equipe multidisciplinar e engajar os funcionários, promovendo uma cultura de conservação de energia. Além disso, o *Gemba Walk* não é um evento único, a avaliação contínua e a comunicação dos resultados são fundamentais para manter o foco na redução do consumo de energia elétrica ao longo do tempo.

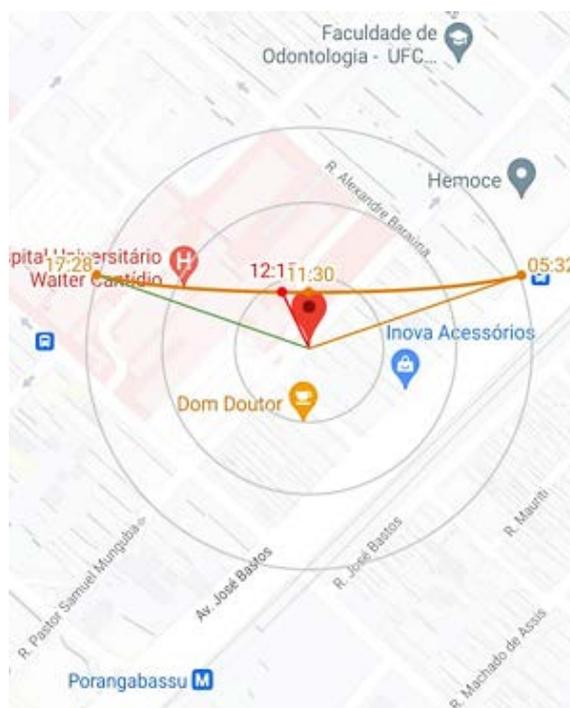
A ideia central do *Gemba Walk* é que os líderes e membros da equipe vão ao local de trabalho, o *Gemba* (uma palavra japonesa que se refere ao local onde o trabalho é realizado ou também chamado “chão de fábrica”), para observar as

operações em tempo real, conversar com os colaboradores e entender as práticas e processos em detalhes.

A VTD teve como objetivo o reconhecimento do local, coleta de informações dos ambientes, setores e equipamentos, medições de parâmetros elétricos e registro fotográfico de placas e informações técnicas de alguns equipamentos. Por exemplo, autoclave. Ressaltasse-se que, num ambiente hospitalar, existem setores cujo acesso é restringido, como UTI, os quais não puderam ser acessados durante a visita.

Além das atividades mencionadas conduzidas na VTD, também avaliamos o impacto da incidência solar na estrutura da edificação, com foco especial na influência sobre o sistema de climatização da UC. Para isso, utilizamos um aplicativo para celular chamado Sun Position Demo, na sua versão gratuita (versão 3.14.0). Esse aplicativo possibilita a visualização da trajetória solar *in loco*, conforme ilustrado na figura 14. Na análise desta medição, constata-se que a influência solar direta ocorre na parte frontal da edificação durante a manhã, enquanto à tarde, é observada na parte posterior da unidade de saúde. Para verificar a possibilidade de outro comportamento da trajetória solar, será necessário um número maior de medições.

Figura 14: Trajetória do Sol no HUWC

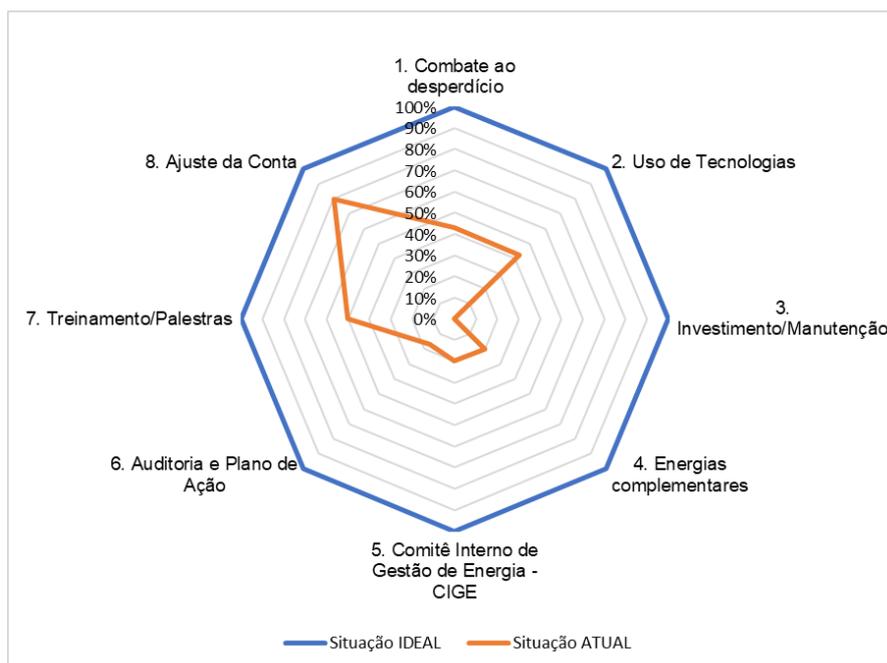


Fonte: Sun Position Demo

Ao final da visita, solicita-se ao gestor de energia elétrica da unidade que responda um questionário denominado de diagnóstico inicial (apêndice C), que trata sobre a percepção do usuário referente a oito pontos considerados relevantes para um projeto de gestão energética eficiente, os quais são listados a seguir. Com as respostas em mãos, é construído um gráfico radar, conforme figura 15.

- i. Ações de combate ao desperdício de energia elétrica;
- ii. Uso de tecnologia no uso da energia elétrica na UC;
- iii. Investimentos e plano de manutenção no quesito energia elétrica;
- iv. Uso de energias complementares (solar, por exemplo);
- v. Implementação do Sistema de Gestão de Energia elétrica — SGE;
- vi. Realização de Auditoria e Plano de Ação de Eficiência Energética;
- vii. Realização de treinamentos e palestras sobre boas práticas no uso da energia elétrica;
- viii. Ajuste da fatura de energia elétrica nos seus mais diversos parâmetros técnicos.

Figura 15: Diagnóstico Inicial — Percepção do Usuário



Fonte: Autor

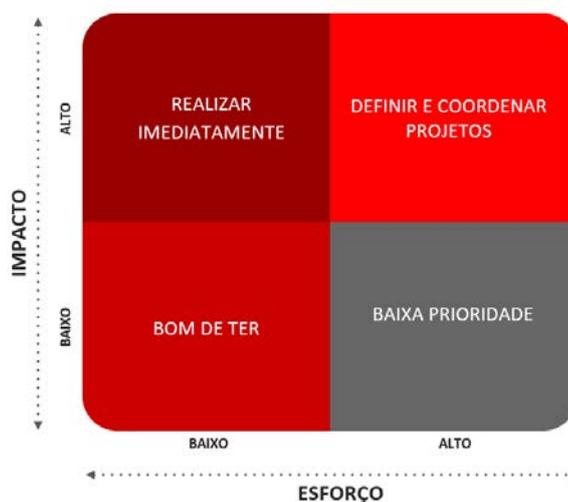
Por meio da figura 15, é possível avaliar o nível de maturidade da UC em relação aos oito pontos-chave deste octógono, proporcionando uma visão abrangente do cenário identificado durante o levantamento. Essa análise permite identificar as

contribuições e lacunas de cada item, fundamentais na definição do escopo do projeto a ser implementado. Observa-se, por exemplo, no item 8, um percentual de 70% de realização, já no item 3, não houve pontuação.

Com a conclusão da VTD, inicia-se a etapa das análises dos dados e informações obtidas. Com foco na construção do Plano de Ação — PMO, o qual detalhará todas as Ações de Eficiência Energética (AEE) propostas com intuito de redução do consumo de energia elétrica e atender critérios ESG. Estas ações serão classificadas com custo zero, baixo custo e médio/alto custo de implementação. As de custo zero não necessitam de investimento e podem ser implementadas imediatamente — limpeza de filtros de condicionadores de ar, ajustes de *setpoints*; desligamento de equipamentos inoperantes. As de baixo custo necessitam de pequenos investimentos iniciais e são de fácil implementação — instalar molas de retorno nas portas de salas climatizadas; utilizar películas térmicas nas janelas de vidro com incidência solar direta, instalar sensor de presença. Por último, as de médio/alto custo, são medidas complexas e envolvem investimento e análise de retorno financeiro — *retrofit* da iluminação e dos *chillers*; substituição de motores padrão por alto rendimento são alguns exemplos.

Com as AEEs em mãos, faz-se uso da matriz de esforço/impacto, apresentado na figura 16, para determinar a ordem de implementação das ações propostas. Em seguida, utiliza-se a sequência de 5 passos do método DMAIC para orientar a implementação e justificar cada AEE.

Figura 16: Matriz de esforço/impacto



A matriz esforço/impacto é uma ferramenta de gestão utilizada para priorizar tarefas com base na avaliação de dois fatores principais: o esforço necessário para concluir a tarefa e o impacto no projeto. Apresenta uma estrutura composta por quatro quadrantes, destinada à categorização das tarefas e ações em contextos de tomada de decisões para determinar onde alocar recursos limitados eficazmente.

Na classificação das atividades, existem quatro categorias com base em seu esforço e impacto: alto esforço, alto impacto (tarefas que requerem grande esforço, mas têm alto potencial de impacto), baixo esforço, alto impacto (tarefas que demandam pouco esforço, mas têm alto potencial de impacto positivo), alto esforço, baixo impacto (tarefas que consomem muitos recursos, mas têm impacto limitado, sendo sujeitas a revisão), e baixo esforço, baixo impacto (tarefas que demandam pouco esforço com impacto limitado, podendo ser consideradas de baixa prioridade e, em alguns casos, eliminadas).

Por fim, com ferramentas estatísticas e computacionais, realizam-se as análises dos dados e estabelecem-se padrões de estabilidade do consumo de energia elétrica. É criado o indicador Consumo Médio Diário (CMD), em kWh, para um período de 24h/dia. O qual é utilizado para estabelecer a Linha de Base Energética (LBE) e avaliar os resultados. E, sempre alinhado ao padrão ISO 50001 que remete a:

- i. Promover as melhores práticas e comportamentos na gestão energética;
- ii. Facilitar a comunicação eficaz sobre a gestão dos recursos energéticos;
- iii. Fornecer orientação para priorizar a implementação de novas tecnologias energeticamente eficientes;
- iv. Facilitar a otimização da gestão energética, resultando na redução das emissões de gases de efeito estufa.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados e discutidos os resultados da metodologia *LEAN ENERGY* no HUWC. Incorporando as ferramentas que ajudam a definir os requisitos necessários para analisar os dados de energia elétrica, estabelecendo uma abordagem sistêmica para identificar oportunidades de economia de energia elétrica e, finalmente, garantir melhorias sustentáveis do sistema. Destaca-se ainda que, LE é eficiência energética e não racionamento de energia elétrica.

É importante ressaltar que, devido a decisões da alta administração da EBSEH em Brasília, na realização de uma licitação para a contratação de empresas responsáveis por implantar projetos de eficiência energética em todos os hospitais universitários aos quais estão sob sua responsabilidade, não foi possível a implementação da metodologia proposta na UC. No entanto, foram realizadas as análises pertinentes ao LE, utilizando os recursos disponíveis, como o inventário dos condicionadores de ar e faturas de energia, entre outros, juntamente com os dados obtidos na VTD. Dessa forma, foi possível estimar uma redução no consumo de energia elétrica na ordem de 5,6%, com base nas ferramentas estatísticas empregadas, nos indicadores propostos e em benchmarks de projetos de Eficiência Energética do setor hospitalar verificado em atividades profissionais em campo.

Os itens deste capítulo podem ser classificados em quatro categorias conforme descrito a seguir: cenários típicos tradicionais, mapeamento energético, resultados quantitativos e os resultados qualitativos.

4.1 Cenários Típicos Tradicionais

Ao se abordar o tema da eficiência energética com o público, é comum surgirem as seguintes perguntas:

- É geração Fotovoltaica (FV)?
- É Mercado Livre de energia (ML)?
- A economia de energia elétrica virá após quanto tempo?
- Qual o valor do investimento?

Isso acontece devido a um equívoco comum, em que as pessoas consideram que simplesmente reduzir o valor da conta de energia elétrica já é sinônimo de

eficiência energética. Além disso, muitos acreditam que sempre será necessário um investimento financeiro significativo para implementar projetos dessa natureza.

Neste contexto, foram analisados os seguintes cenários:

- Migração para o Mercado Livre de energia elétrica;
- Projeto de geração Fotovoltaica;
- Ajuste de parâmetros na fatura de energia elétrica;
- *Payback* simples entre as opções de migrar para o ML, investir em FV ou implementar um projeto de Eficiência Energética, neste caso, *LEAN ENERGY*.

A fatura de energia elétrica do HUWC consultada para esta análise, refere-se ao mês de maio de 2023 (mês de referência para a distribuidora de energia elétrica). Os valores de consumo e demanda dizem respeito ao período de faturamento que compreende os dias de 1.º de abril de 2023 a 1.º de maio de 2023, totalizando um período de 30 dias. A escolha deste mês se dá por ser o documento mais recente disponibilizado pelo hospital e por conter, dentre outras informações, o histórico de consumo dos últimos doze ciclos.

4.1.1 Migração para o Mercado Livre de Energia

O ML é uma modalidade de compra de energia elétrica que permite grandes consumidores, como hospitais, negociarem diretamente com os fornecedores de energia elétrica, as condições contratuais mais adequadas às suas necessidades. Isto posto, uma estimativa de ganho do HUWC ao realizar a migração do ACR (modalidade tarifária contratada pela UC atualmente é horo sazonal verde — poder público e subgrupo A4) para o ACL, pode ser visto na tabela 2.

Tabela 2: Comparação de preço entre ACR e ACL

Descrição	Quantidade	Tarifa unitária com tributos - ACR (R\$)	Tarifa unitária com tributos - ACL (R\$)	Subtotal ACR (R\$)	Subtotal ACL (R\$)
Demanda	1260 kW	R\$ 29,725650	R\$ 14,017330	R\$ 37.454,32	R\$ 17.661,84
Energia (TE) Ponta	35000 kWh	R\$ 0,592440	R\$ 0,210262	R\$ 20.735,40	R\$ 7.359,17
Energia (TE) Fora Ponta	448000 kWh	R\$ 0,366330	R\$ 0,210262	R\$ 164.115,84	R\$ 94.197,38
TUSD Ponta	35000 kWh	R\$ 1,766510	R\$ 0,789900	R\$ 61.827,85	R\$ 27.646,50
TUSD Fora Ponta	448000 kWh	R\$ 0,104540	R\$ 0,111320	R\$ 46.833,92	R\$ 49.871,36
TOTAL				R\$ 330.967,33	R\$ 196.736,24

Fonte: ENEL (2023)

Ao comparar o valor atual pago pelo hospital apresentado na coluna do subtotal ACR com o valor estimado na coluna subtotal ACL, identifica-se um ganho na ordem de 40%.

4.1.2 Projeto de geração fotovoltaica

Com o progresso das tecnologias relacionadas à geração fotovoltaica e a crescente consciência sobre a sustentabilidade ambiental, a adoção desse sistema de geração de energia elétrica tem sido impulsionada por várias residências, empresas e indústrias. Além de contribuir para a redução da pegada de carbono, essa energia elétrica renovável também oferece vantagens econômicas e técnicas a longo prazo, como a redução do valor da fatura de energia elétrica, da dependência de fontes de energia elétrica convencionais e os custos associados a essas fontes. De tal maneira, exibe-se na tabela 3, resumidamente, outra possibilidade para o controle dos custos com energia elétrica do HUWC, um projeto FV.

Tabela 3: Orçamento simplificado de projeto FV

Descrição	Quantidade
Potência Nominal (kWp)	4.402,11
Módulos FV (570 W)	7723
Inversores (100 kWp)	27
Geração média estimada (kWh/mês)	562.744,47
Valor do investimento (R\$)	R\$ 13.206.330,00
Payback simples estimado (ano)	5

Fonte: Autor

Os valores da tabela 3, foram retirados de um orçamento realizado por uma empresa privada do ramo solar, tendo sido autorizado apenas a divulgação desses dados para fins acadêmicos sem a divulgação da empresa.

O projeto utilizou como base o consumo médio dos últimos 12 meses, período compreendido de maio de 2022 a abril de 2023. Não observando, por exemplo, se há área suficiente para a instalação dos 7723 módulos.

4.1.3 Ajuste de parâmetros na fatura de energia elétrica

Outra opção para o controle e redução dos custos com energia elétrica é o ajuste de parâmetros na fatura de energia elétrica. Um documento técnico e complexo para ser acompanhado e bem administrado.

Esse cenário envolve, por exemplo, a análise detalhada do consumo de energia elétrica, modalidade tarifária adequada ao perfil de consumo e o valor da demanda contratada. Além de reconhecer parâmetros técnicos que podem indicar a presença de desperdícios de energia elétrica na UC.

A análise em questão tem como foco apenas a modalidade tarifária, a definição de demanda contratada para o período de Ponta na modalidade azul e ajuste do valor da demanda contratada para o período Fora Ponta de ambas as modalidades tarifárias. Alterando de 1260 kW para 1400 kW. Não fazendo nenhum juízo de valor aos demais parâmetros encontrados. Visto não ser o escopo deste trabalho. Sendo assim, foi realizado a simulação para a modalidade tarifária horo sazonal verde e azul, conforme apresentado na tabela 4.

Tabela 4: Comparação financeira entre a modalidade tarifária Hora Verde e Horo Azul

Descrição	Quantidade	Tarifa unitária com tributos - ACR (R\$) Horo Verde	Tarifa unitária com tributos - ACR (R\$) Horo Azul	Subtotal ACR Horo Verde (R\$)	Subtotal ACR Horo Azul (R\$)
Demanda Ponta	900 kW	N/A	R\$ 68,523180	N/A	R\$ 61.670,86
Demanda Fora Ponta	1400 kW	R\$ 29,725650	R\$ 29,056400	R\$ 41.615,91	R\$ 40.678,96
Energia (TE) Ponta	35000 kWh	R\$ 0,592440	R\$ 0,592440	R\$ 20.735,40	R\$ 20.735,40
Energia (TE) Fora Ponta	448000 kWh	R\$ 0,366330	R\$ 0,366330	R\$ 164.115,84	R\$ 164.115,84
TUSD Ponta	35000 kWh	R\$ 1,766510	R\$ 0,104530	R\$ 61.827,85	R\$ 3.658,55
TUSD Fora Ponta	448000 kWh	R\$ 0,104540	R\$ 0,104540	R\$ 46.833,92	R\$ 46.833,92
TOTAL				R\$ 335.128,92	R\$ 337.693,53

Fonte: ENEL (2023)

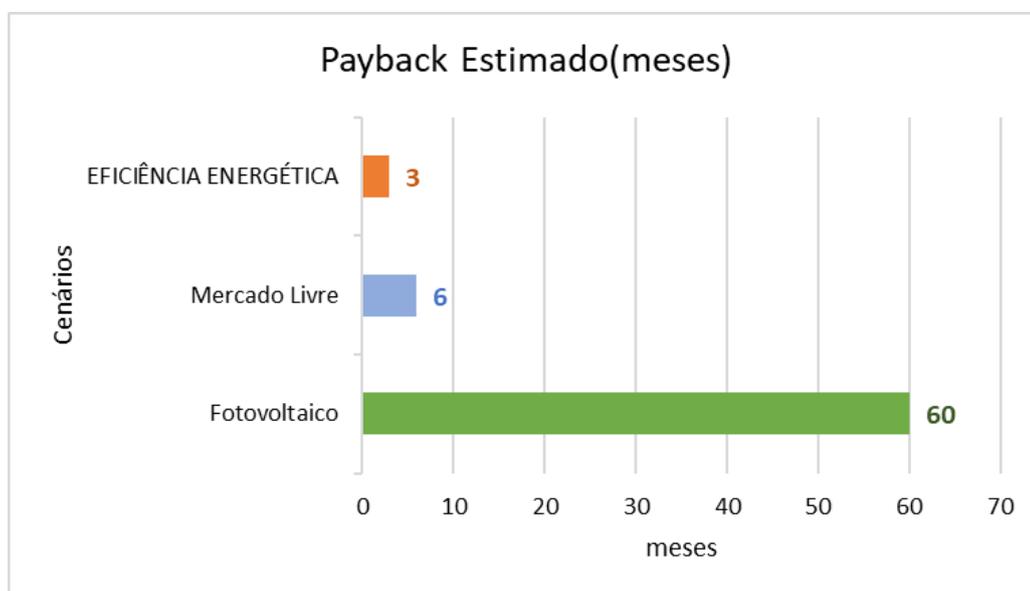
Comparando os valores obtidos para ambas as modalidades, constata-se que a modalidade horo sazonal verde é 0,76% mais aconselhável que a azul. No entanto, essa diferença não garante ser a melhor escolha num período de 12 meses consecutivos por poder haver oscilações devido a sazonalidades de consumo inerentes ao setor ou a UC em estudo.

4.1.4 Análise de *payback* entre os cenários

As opções para mitigar os custos com energia elétrica são diversas. Assim, a análise de *payback* simples realizada neste trabalho está restrita a uma observação dos valores absolutos entre os cenários apresentados para uma mesma carga instalada.

Na escolha de implementar uma planta fotovoltaica, os benefícios obtidos vão desde a mitigação de CO₂ para o ambiente até uma redução da ordem de 95% do item consumo na fatura de energia elétrica da distribuidora. Porém, exige investimento financeiro com *payback* simples médio de 60 meses (períodos verificados em atividades profissionais em campo), conforme se observa na figura 17.

Figura 17: *Payback* entre os cenários em estudo



Fonte: Autor

Já o mercado livre de energia elétrica, além realizar a compra de energia elétrica por um preço mais competitivo, pode-se optar em adquirir energia elétrica de fontes renováveis, como a eólica, por exemplo, contribuindo com o meio ambiente. No entanto, por força da legislação do setor elétrico, a UC só começará a usufruir do benefício com no mínimo 6 meses. Conforme se observa na figura 17.

Por fim, tem-se a Eficiência Energética. Que se mostra a mais célere na obtenção dos benefícios, um período de apenas 3 meses, conforme se constata na figura 17. Além disso, a Eficiência Energética pode resultar em uma maior durabilidade

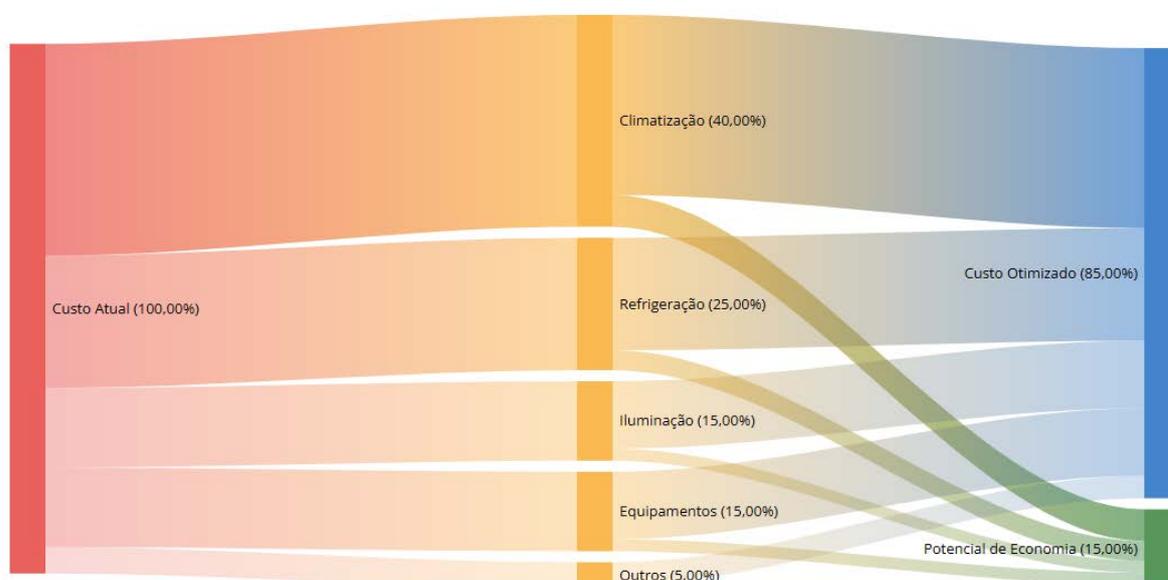
dos equipamentos e sistemas, reduzindo custos de manutenção e substituição de componentes. Dessa forma, a implementação da eficiência energética não apenas traz benefícios ambientais, mas também impacta positivamente a saúde financeira das organizações, proporcionando economia de recursos e melhorias na rentabilidade.

4.2 Mapeamento Energético

O mapeamento energético é uma abordagem holística para compreender e gerenciar de forma eficiente os recursos energéticos de uma unidade consumidora. Esse processo envolve coleta de dados, análise minuciosa e representação visual detalhada e quantitativa do consumo e da distribuição do vetor energético da unidade consumidora em sua totalidade e/ou por ativos aos quais a compõe.

Corroborando com o mapeamento energético realizado no HUWC, a representação visual denominado diagrama de *Sankey* foi utilizada para obter-se um panorama da distribuição das cargas de uma unidade hospitalar, conforme se apresenta na figura 18. Revelando que a carga de maior USE no setor hospitalar é atribuída à climatização seguida por refrigeração.

Figura 18: Diagrama de *Sankey* — Estimativa de mapeamento energético no setor hospitalar



Fonte: SOMA ENERGIA (2023)

No inventário do parque de climatização do HUWC, foram identificadas um total de 699 máquinas, distribuídas entre condicionadores de ar tipo splits, máquinas tipo splitão e *chiller*, totalizando uma carga térmica de 12.397,7 TR conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5: Inventários do parque de climatização do HUWC

Equipamento	Tipo	Quantidade	Capacidade por máquina (kBTUS)	Total (kBTUS)
Climatização	Split	3	7	21
		4	7,3	29,2
		1	7,5	7,5
		214	9	1926
		191	12	2292
		104	18	1872
		1	22	22
		134	24	3216
		2	30	60
		25	36	900
		2	48	96
		3	60	180
		Splitão	1	36
	5		60	300
	4		90	360
	1		120	120
	1		180	180
	Chiller	2	360	720
		1	60	60
	Total		699	

Fonte: Autor

O mapeamento energético proposto vai além da identificação da divisão de consumo por grupo de cargas. Após esta etapa inicial, quer-se compreender o padrão desse consumo durante toda a operação da UC no decorrer das 24 horas do dia ao longo dos sete dias da semana. Esse padrão de consumo é denominado neste trabalho de perfil de consumo e representado de forma gráfica na figura 19.

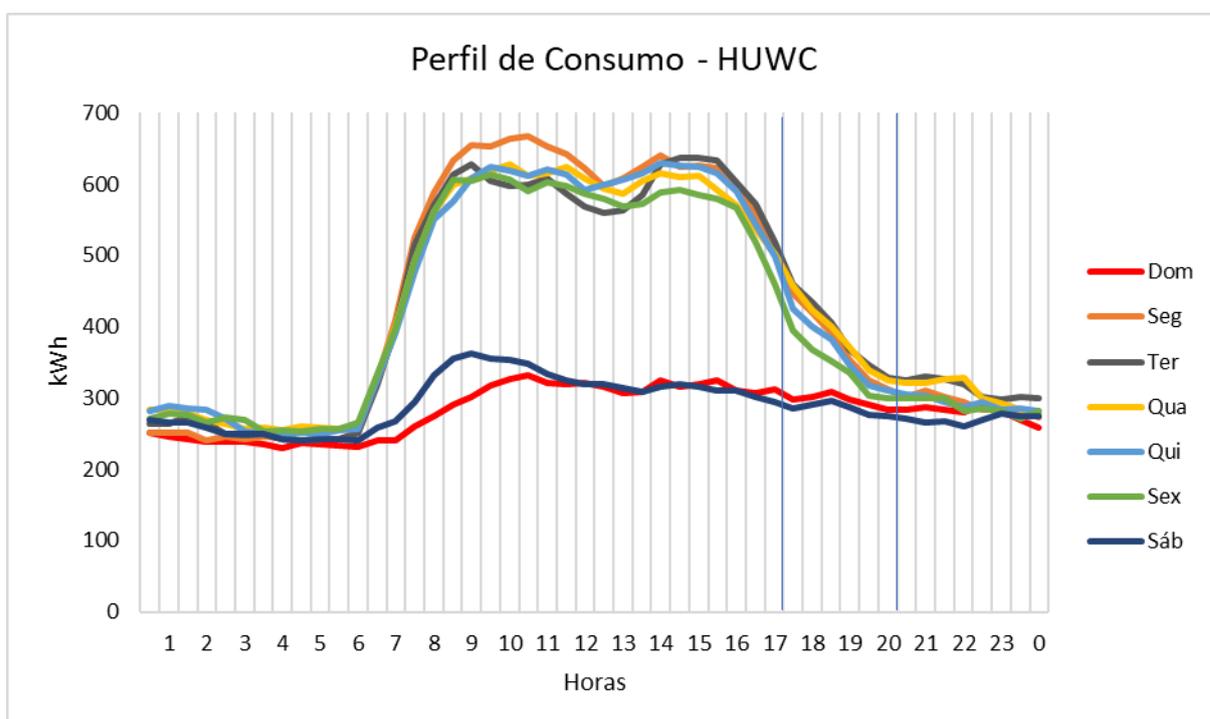
Para sua construção foram coletados os valores de consumo de energia elétrica, em intervalos regulares de 30 minutos cada, da memória de massa disponibilizada pelo hospital.

Com base no gráfico traçado, é possível identificar a distribuição e tendências do consumo durante o período estabelecido, é notada a diferença de consumo durante

os dias de semana em comparação aos dias de fim de semana, sábado e domingo. Vale destacar que os padrões observados nos fins de semana são repetidos em dias de feriado.

A partir das 8h, percebe-se um aumento significativo no consumo, passando de aproximadamente 300 kWh para consumo superior a 600 kWh, que se mantém elevado até por volta das 16h, com apenas uma leve redução durante o intervalo de almoço, entre 11h e 14h. Isso sugere um comportamento possivelmente recorrente dos usuários: ligam muitos equipamentos ao iniciar suas atividades laborais e somente os desligam no final do dia. Embora seja uma prática comum, essa abordagem resulta em ineficiência no uso da energia elétrica pela unidade consumidora.

Figura 19: Perfil típico semanal de consumo de energia elétrica do HUWC



Fonte: Autor

Um aspecto adicional a ser ressaltado é que durante o Horário de Ponta, que se estende das 17h30 às 20h30, quando o valor do kWh de energia elétrica é aproximadamente cinco vezes mais elevado do que nos demais horários, observa-se redução do consumo do hospital.

Outra perspectiva para investigar a distribuição do consumo de energia elétrica em uma instalação, é usar o mapa de calor ou *heatmaps*, em inglês, conforme exemplificado na figura 20.

Esses *heatmaps* são representações gráficas e intuitivas de visualização de dados que podem revelar insights específicos sobre o uso de energia elétrica por diversos grupos de cargas, padrões de consumo de consumo dos usuários ou práticas operacionais inadequadas, tudo representado em duas dimensões por meio de cores codificadas.

Figura 20: Mapa de calor referente ao consumo de energia elétrica ocorrido no mês de abril/23 no HUWC.

	Sáb	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30							
1	0,237	0,229	0,23	0,24	0,228	0,226	0,206	0,212	0,196	0,198	0,228	0,238	0,256	0,253	0,255	0,231	0,227	0,244	0,242	0,256	0,269	0,243	0,242	0,242	0,27	0,282	0,259	0,236	0,245	0,23							
2	0,234	0,221	0,217	0,244	0,226	0,23	0,203	0,211	0,191	0,194	0,218	0,222	0,249	0,252	0,245	0,23	0,22	0,244	0,241	0,253	0,277	0,24	0,238	0,234	0,26	0,279	0,259	0,222	0,235	0,228							
3	0,222	0,219	0,213	0,23	0,216	0,233	0,2	0,203	0,193	0,192	0,212	0,227	0,245	0,251	0,241	0,228	0,22	0,255	0,244	0,241	0,262	0,24	0,24	0,229	0,25	0,273	0,262	0,221	0,23	0,229							
4	0,217	0,216	0,212	0,23	0,201	0,235	0,201	0,206	0,197	0,188	0,212	0,228	0,248	0,242	0,241	0,221	0,221	0,249	0,234	0,255	0,264	0,242	0,233	0,22	0,253	0,26	0,256	0,224	0,235	0,222							
5	0,21	0,213	0,205	0,219	0,203	0,225	0,2	0,202	0,192	0,184	0,218	0,212	0,239	0,242	0,23	0,218	0,218	0,238	0,235	0,242	0,255	0,238	0,231	0,221	0,261	0,26	0,25	0,234	0,223	0,22							
6	0,209	0,208	0,202	0,229	0,199	0,216	0,199	0,2	0,187	0,187	0,212	0,21	0,245	0,232	0,216	0,214	0,217	0,238	0,242	0,233	0,255	0,233	0,225	0,215	0,246	0,253	0,246	0,224	0,222	0,22							
7	0,206	0,205	0,202	0,224	0,202	0,208	0,199	0,194	0,185	0,182	0,2	0,214	0,228	0,227	0,221	0,214	0,213	0,23	0,227	0,236	0,245	0,234	0,22	0,219	0,245	0,245	0,234	0,217	0,218	0,222							
8	0,202	0,213	0,202	0,209	0,196	0,208	0,196	0,197	0,18	0,189	0,194	0,212	0,221	0,225	0,217	0,211	0,214	0,22	0,217	0,229	0,237	0,227	0,22	0,213	0,241	0,247	0,218	0,204	0,214	0,221							
9	0,202	0,208	0,197	0,205	0,195	0,203	0,196	0,194	0,184	0,184	0,19	0,206	0,219	0,22	0,215	0,213	0,212	0,219	0,218	0,225	0,24	0,221	0,216	0,218	0,238	0,247	0,224	0,206	0,212	0,219							
10	0,204	0,207	0,198	0,203	0,196	0,203	0,202	0,197	0,184	0,183	0,193	0,204	0,221	0,217	0,22	0,214	0,211	0,215	0,221	0,228	0,238	0,225	0,217	0,219	0,239	0,247	0,225	0,201	0,208	0,212							
11	0,211	0,211	0,202	0,21	0,192	0,209	0,207	0,202	0,191	0,187	0,194	0,201	0,224	0,224	0,224	0,212	0,218	0,216	0,221	0,227	0,237	0,222	0,217	0,23	0,238	0,25	0,226	0,205	0,21	0,218							
12	0,225	0,214	0,275	0,28	0,256	0,225	0,208	0,213	0,186	0,245	0,259	0,268	0,278	0,302	0,225	0,218	0,295	0,303	0,293	0,307	0,299	0,237	0,212	0,229	0,246	0,262	0,229	0,213	0,208	0,216							
13	0,228	0,215	0,332	0,331	0,309	0,22	0,208	0,208	0,191	0,298	0,306	0,319	0,338	0,361	0,238	0,228	0,378	0,359	0,358	0,363	0,246	0,242	0,227	0,385	0,392	0,388	0,342	0,327	0,232	0,228							
14	0,254	0,218	0,435	0,419	0,406	0,25	0,238	0,241	0,202	0,405	0,396	0,458	0,46	0,458	0,274	0,241	0,489	0,477	0,482	0,459	0,27	0,28	0,239	0,542	0,515	0,507	0,452	0,436	0,258	0,256							
15	0,294	0,238	0,526	0,483	0,477	0,266	0,243	0,278	0,211	0,482	0,472	0,532	0,551	0,523	0,345	0,262	0,569	0,562	0,547	0,553	0,314	0,338	0,257	0,62	0,598	0,578	0,514	0,508	0,275	0,274							
16	0,33	0,238	0,561	0,524	0,492	0,281	0,264	0,274	0,232	0,536	0,516	0,575	0,601	0,56	0,369	0,267	0,59	0,589	0,612	0,591	0,307	0,34	0,267	0,658	0,635	0,624	0,533	0,538	0,293	0,269							
17	0,358	0,247	0,578	0,534	0,504	0,279	0,255	0,283	0,235	0,558	0,526	0,611	0,632	0,586	0,382	0,273	0,59	0,593	0,66	0,628	0,327	0,364	0,272	0,685	0,608	0,661	0,552	0,569	0,311	0,28							
18	0,363	0,239	0,611	0,554	0,514	0,296	0,261	0,285	0,238	0,554	0,547	0,631	0,671	0,583	0,393	0,274	0,584	0,597	0,662	0,642	0,325	0,357	0,276	0,691	0,608	0,676	0,567	0,587	0,322	0,274							
19	0,348	0,249	0,626	0,558	0,508	0,297	0,255	0,285	0,236	0,512	0,546	0,626	0,663	0,576	0,395	0,275	0,587	0,569	0,665	0,645	0,335	0,344	0,298	0,683	0,654	0,691	0,554	0,586	0,326	0,284							
20	0,326	0,254	0,63	0,566	0,512	0,302	0,24	0,278	0,226	0,502	0,537	0,616	0,651	0,575	0,381	0,291	0,586	0,572	0,662	0,642	0,356	0,348	0,301	0,679	0,65	0,689	0,545	0,589	0,324	0,291							
21	0,31	0,267	0,613	0,557	0,499	0,297	0,244	0,265	0,222	0,514	0,54	0,608	0,644	0,582	0,352	0,288	0,593	0,566	0,666	0,625	0,339	0,322	0,292	0,668	0,647	0,688	0,538	0,601	0,307	0,294							
22	0,292	0,279	0,592	0,543	0,507	0,295	0,253	0,266	0,23	0,534	0,533	0,613	0,632	0,59	0,356	0,292	0,592	0,554	0,672	0,608	0,339	0,316	0,292	0,668	0,61	0,674	0,508	0,598	0,304	0,295							
23	0,301	0,27	0,571	0,52	0,522	0,299	0,244	0,266	0,221	0,519	0,529	0,588	0,613	0,552	0,361	0,283	0,597	0,549	0,65	0,59	0,341	0,306	0,294	0,653	0,623	0,671	0,488	0,572	0,307	0,302							
24	0,286	0,285	0,556	0,527	0,492	0,298	0,241	0,269	0,215	0,492	0,513	0,572	0,608	0,519	0,36	0,287	0,616	0,532	0,632	0,574	0,324	0,316	0,291	0,647	0,608	0,644	0,478	0,559	0,303	0,309							
25	0,284	0,274	0,549	0,515	0,507	0,298	0,24	0,263	0,233	0,492	0,513	0,556	0,606	0,52	0,356	0,284	0,608	0,528	0,619	0,585	0,322	0,323	0,29	0,649	0,611	0,634	0,486	0,565	0,303	0,319							
26	0,285	0,267	0,556	0,514	0,529	0,299	0,253	0,249	0,23	0,52	0,526	0,579	0,622	0,531	0,341	0,284	0,633	0,537	0,625	0,616	0,312	0,324	0,293	0,642	0,614	0,633	0,483	0,568	0,295	0,315							
27	0,286	0,206	0,586	0,534	0,533	0,308	0,256	0,243	0,23	0,522	0,549	0,585	0,609	0,536	0,34	0,282	0,638	0,536	0,648	0,635	0,319	0,319	0,291	0,673	0,63	0,662	0,51	0,571	0,312	0,303							
28	0,288	0,216	0,591	0,543	0,52	0,314	0,255	0,242	0,235	0,556	0,549	0,602	0,616	0,545	0,348	0,287	0,659	0,548	0,657	0,643	0,316	0,331	0,298	0,679	0,646	0,642	0,526	0,572	0,309	0,304							
29	0,292	0,216	0,572	0,538	0,526	0,309	0,256	0,249	0,24	0,558	0,551	0,611	0,611	0,553	0,34	0,289	0,662	0,554	0,634	0,636	0,328	0,325	0,287	0,673	0,662	0,643	0,524	0,579	0,309	0,306							
30	0,296	0,22	0,562	0,506	0,526	0,307	0,246	0,245	0,253	0,536	0,546	0,596	0,594	0,544	0,328	0,287	0,651	0,557	0,63	0,608	0,317	0,317	0,284	0,652	0,641	0,657	0,513	0,563	0,308	0,297							
31	0,287	0,222	0,552	0,487	0,507	0,285	0,255	0,245	0,232	0,518	0,51	0,576	0,587	0,537	0,326	0,28	0,611	0,534	0,618	0,574	0,312	0,313	0,294	0,634	0,631	0,64	0,503	0,541	0,311	0,287							
32	0,283	0,226	0,513	0,472	0,473	0,274	0,262	0,237	0,232	0,488	0,482	0,542	0,556	0,505	0,328	0,287	0,555	0,507	0,593	0,55	0,311	0,326	0,287	0,601	0,587	0,604	0,482	0,51	0,297	0,293							
33	0,286	0,214	0,462	0,454	0,446	0,265	0,252	0,233	0,24	0,445	0,488	0,508	0,472	0,325	0,274	0,515	0,456	0,53	0,504	0,311	0,308	0,273	0,567	0,538	0,57	0,434	0,468	0,294	0,299								
34	0,282	0,223	0,417	0,384	0,393	0,251	0,245	0,231	0,239	0,399	0,4	0,417	0,441	0,409	0,316	0,264	0,452	0,394	0,446	0,454	0,301	0,284	0,266	0,475	0,461	0,479	0,367	0,417	0,28	0,296							
35	0,265	0,238	0,385	0,338	0,351	0,263	0,256	0,238	0,231	0,36	0,373	0,388	0,411	0,37	0,298	0,271	0,4	0,362	0,411	0,433	0,301	0,271	0,271	0,429	0,42	0,43	0,342	0,364	0,28	0,297							
36	0,269	0,267	0,343	0,32	0,326	0,264	0,248	0,221	0,226	0,344	0,344	0,347	0,353	0,356	0,297	0,274	0,365	0,345	0,377	0,398	0,298	0,282	0,269	0,393	0,388	0,397	0,327	0,343	0,273	0,295							
37	0,275	0,255	0,317	0,301	0,308	0,256	0,251	0,23	0,228	0,318	0,304	0,32	0,328	0,329	0,284	0,262	0,342	0,32	0,356	0,366	0,288	0,278	0,267	0,374	0,366	0,374	0,311	0,314	0,264	0,288							
38	0,278	0,242	0,289	0,27	0,284	0,246	0,237	0,226	0,22	0,283	0,29</																										

Dessa forma, no processo de gerenciamento de energia elétrica, é possível identificar quais os períodos do dia estão contribuindo mais para o alto consumo. Em quais horários do dia, ou quais os dias da semana, o consumo é maior. E observar com clareza e transparência qual é a sazonalidade de consumo da operação da UC.

Um projeto *LEAN ENERGY* requer monitoramento constante, estruturado e de fácil visualização. Assim, o mapeamento energético mostra-se uma ferramenta valiosa. Oferecendo dados fundamentais para esse acompanhamento, permitindo identificar desvios, estabelecer indicadores de desempenho e garantir que as melhorias implementadas sejam mantidas ao longo do tempo.

Em geral, mapear envolve simplificar e representar informações complexas de uma maneira mais acessível, permitindo uma análise mais clara e auxiliando na tomada de decisões. Logo, o mapeamento energético é uma ferramenta essencial para garantir que um projeto *LEAN ENERGY* seja bem-sucedido, permitindo a identificação de áreas de melhoria, a eficiência na alocação de recursos e a criação de uma cultura de gestão de energia elétrica mais sustentável e confiável.

4.3 Resultados quantitativos

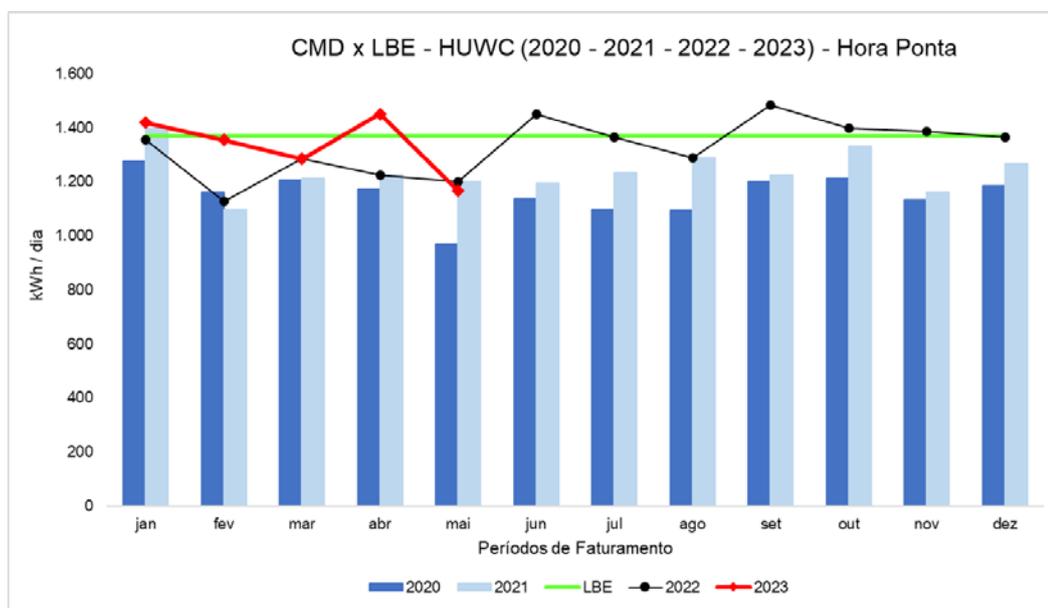
Sabe-se que, o consumidor final de energia elétrica é cobrado na fatura de energia elétrica pelo kWh ou MWh consumido, além de outros parâmetros, como, por exemplo, a demanda contratada. Com foco apenas no consumo, o hospital pagará um menor valor na conta de energia elétrica se atuar no aumento da eficiência, redução da potência dos equipamentos ou na redução do tempo de operação dos ativos.

4.3.1 Consumo Médio Diário (CMD)

O Consumo Médio Diário (CMD) é uma métrica estabelecida para analisar de maneira padronizada o consumo de energia elétrica desta unidade hospitalar, uma vez que o consumo de energia elétrica registrado nas faturas de energia elétrica pode variar de 27 a 33 dias (ANEEL). Então, não é possível comparar o consumo entre meses sem utilizar uma métrica padronizada. As figuras 21 e 22 exibem o histórico dos CMD nos anos de 2020, 2021 e 2022, além dos 5 primeiros meses de 2023. Para os horários Ponta (HP) e Fora Ponta (HFP), respectivamente, juntamente com a Linha

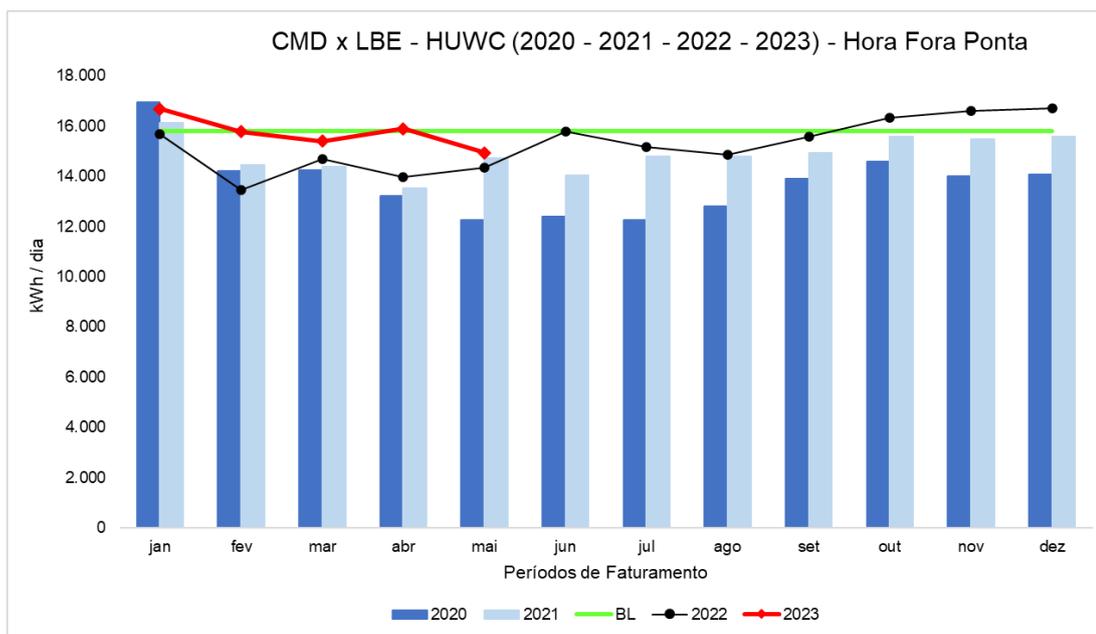
de Base Energética (LBE) obtida pela média aritmética dos consumos dos 12 meses de 2022.

Figura 21: Histórico de consumo e LBE (HP)



Fonte: Autor

Figura 22: Histórico de consumo e LBE (HFP)



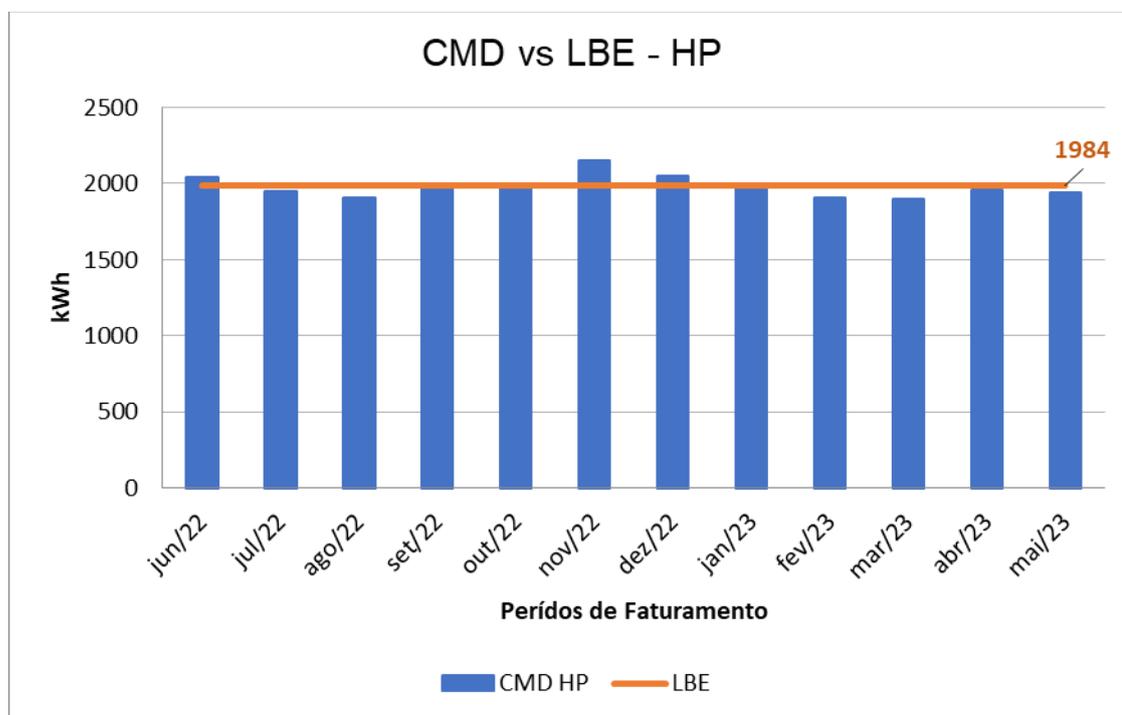
Fonte: Autor

É importante observar que nos anos de 2020 e 2021 houve uma redução no consumo em comparação com 2022, devido às circunstâncias relacionadas à

pandemia da Covid-19. Logo, não foram considerados para uma análise mais aprofundada. No entanto, em 2022 há uma tendência significativa de alta no consumo. Dessa forma, no âmbito das Ações de Eficiência Energética (AEEs) do PMO, e da matriz da figura 16, a ação de frear esta tendência é de realização imediata. Outro destaque é a sazonalidade do consumo. Observa-se que nos meses de fevereiro, março, abril e maio existe um menor histórico de consumo. Por tal fato, a adoção de uma LBE diferenciada dos demais meses do ano seria indicada. No entanto, ao fazer o recorte dos meses de junho/22 a maio/23, esse cenário não se mantém.

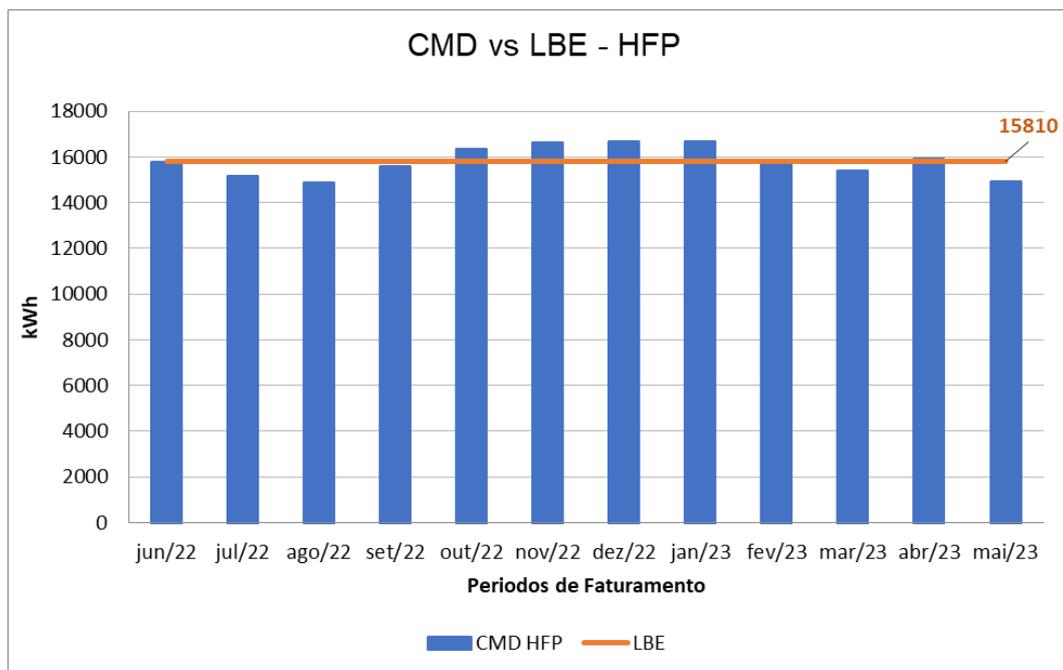
Por tal fato, a definição de uma LBE preliminar pode ser construída pela média dos valores de CMD dos 12 ciclos mostrados nas figuras 23 e 24. Sendo uma LBE para HP e outra para HFP, observa-se que a LBE HP (1.984 kWh) corresponde a 11% de uma LBE total ($1.984 + 15.810 = 17.794$ kWh).

Figura 23: Histórico CMD Vs LBE — HP



Fonte: Autor

Figura 24: Histórico CMD Vs LBE — HFP



Fonte: Autor

4.3.2 Índice de estabilidade de consumo

Ao analisar o consumo diário do HUWC conforme apresentado nas figuras 25, 26 e 27, quer-se averiguar quanto é o percentual de estabilidade de consumo em relação a LBE adota.

Um índice de estabilidade de consumo de energia elétrica mostra o quão estável ou regular é o consumo de energia elétrica em relação a LBE adotada. Esse índice é relevante para entender a tendência do desempenho de um projeto *LEAN ENERGY* e realizar o acompanhamento das Ações de Eficiência Energética (AEE) propostas. Mostrando se o consumo da UC em estudo permanece equilibrado, previsível, resistente a perturbações ou mudanças ao longo do tempo.

A partir da memória de massa de consumo de energia elétrica, com valores em kWh, disponibilizada pelo HUWC, do mês de abril/23 (1 ciclo de faturamento), foram construídas as figuras 25, 26 e 27. Nestes, pode-se encontrar o consumo diário total, Hora Ponta e Hora Fora Ponta, respectivamente, além do valor da LBE adotada em cada cenário.

O objetivo deste indicador vai além de verificar o quão está regular o consumo, mas identificar as oscilações acima da LBE. Assim, poder identificar e atuar na causa raiz e perseguir a melhoria contínua no projeto de *LEAN ENERGY*.

Quando essas variações são expressivas, o consumo deixar de ser estável, passando a ser volátil, dificultando o seu gerenciamento. Por exemplo, o que ocorreu no setor hospitalar durante a pandemia. O consumo de energia elétrica e outros insumos dispararam, fazendo o acompanhamento ser quase impossível de ser realizado em tempo hábil, levando a desperdícios.

O índice de estabilidade possui faixas de interpretação: quando está acima de 90%, indica alta estabilidade e uso da energia elétrica de forma eficiente. Já um valor entre 90% e 80%, denota média estabilidade, podendo sinalizar alerta para possíveis desperdícios no consumo energético. Por fim, um percentual abaixo de 80% sinaliza oscilações frequentes acima da LBE, indicando a faixa de maior probabilidade de desperdícios do vetor energético em estudo conforme quadro 5.

Quadro 5: Classificação do indicador estabilidade de consumo

Percentual do indicador	Estabilidade de consumo
Acima de 90%	Alta. Consumo eficiente.
Entre 90% e 80%	Média. Alerta de desperdício.
Abaixo de 80%	Alta. Uso ineficiente de energia elétrica.

Fonte: Autor

Um aspecto adicional relevante é a representação gráfica da média diária de consumo durante o período de faturamento analisado, diretamente ligada ao índice de estabilidade, tabela 6. Quando essa representação gráfica estiver abaixo da LBE, indica uma redução no consumo em comparação ao período usado para determinar a LBE. Se houver sobreposição no gráfico, significa que o consumo permanece inalterado. Por outro lado, se a representação gráfica estiver acima da linha da LBE, isso sinaliza um alerta de aumento de consumo em relação à meta estabelecida, ou seja, a LBE.

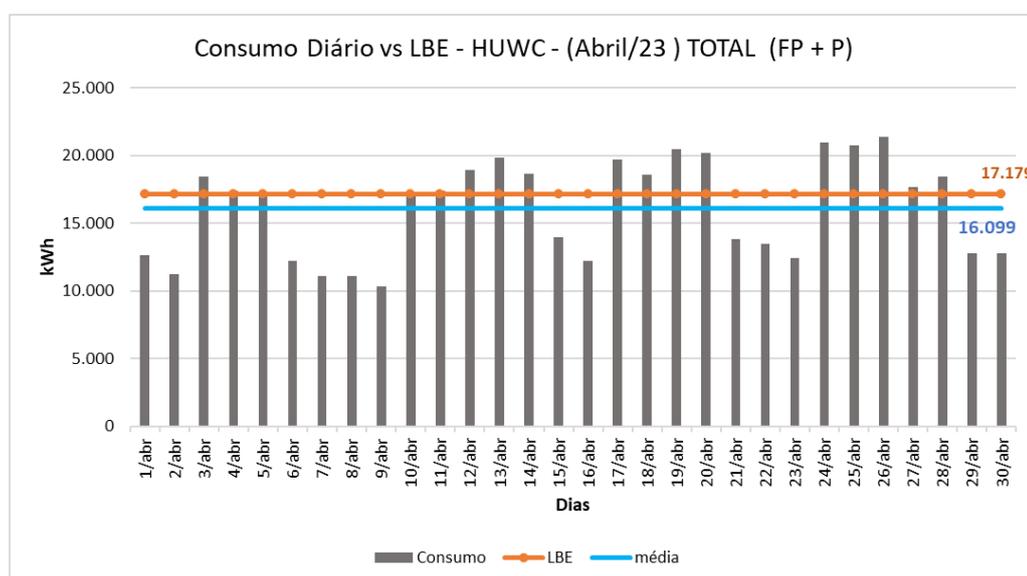
Tabela 6: Interpretação da posição gráfica da média diária do consumo

Sinalização gráfica da média diária do consumo	Status do consumo
Abaixo da LBE	Tendência redução de consumo.
Sobreposição na LBE	Consumo inalterado
Acima da LBE	Tendência de aumento de consumo

Fonte: Autor

Na figura 25, observa-se um período de faturamento de 30 dias, onde 15 desses dias registraram consumo acima da LBE. Isso resulta em uma estabilidade de apenas 50%. Portanto, a UC em análise está operando na faixa de uso ineficiente de energia elétrica, conforme indicado na tabela 5. A média diária de consumo durante esse período de faturamento está 6% abaixo da LBE, sinalizando uma tendência de redução no consumo.

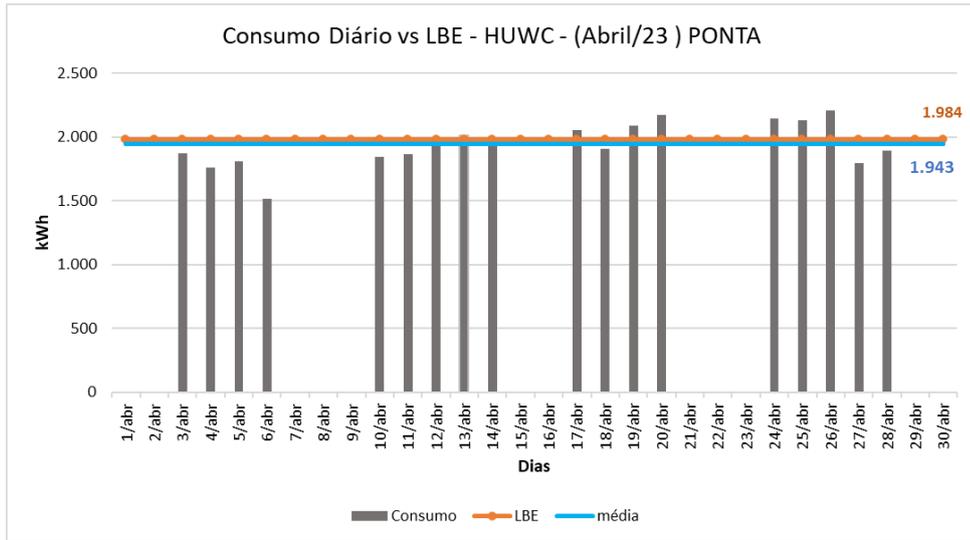
Figura 25: Consumo diário vs LBE (FP + P)



Fonte: Autor

Já na figura 26, pode-se notar um período de faturamento de apenas 18 dias, o que corresponde aos dias que possuem o HP, com consumo acima da LBE em 7 desses dias. Isso resulta em uma estabilidade de apenas 61,11%. Conseqüentemente, a UC em análise está operando na faixa de uso ineficiente de energia elétrica, conforme indicado na tabela 5. A média diária de consumo ao longo desse período de faturamento está 2% abaixo da LBE, sinalizando uma ligeira tendência de redução no consumo.

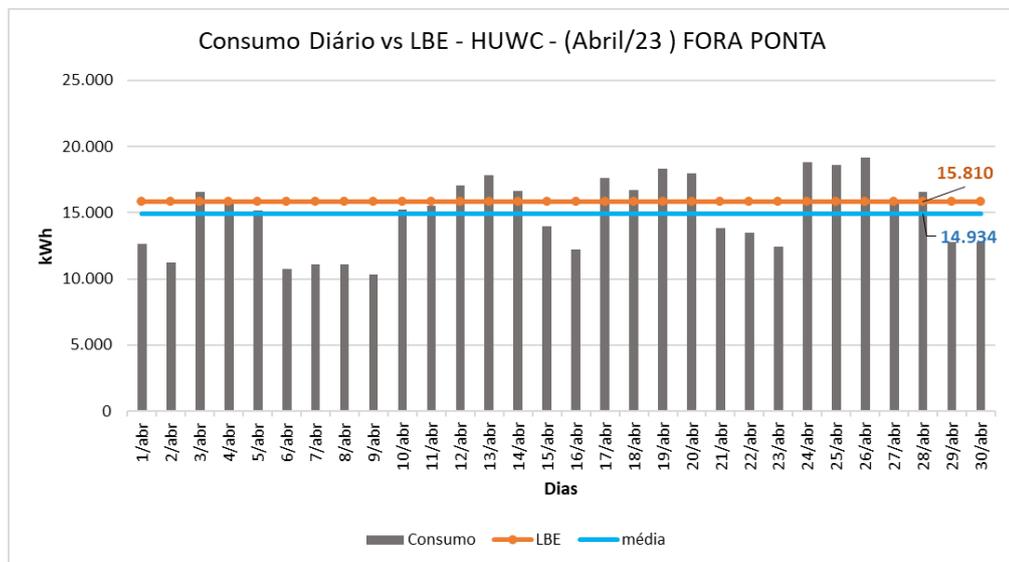
Figura 26: Consumo diário vs LBE (P)



Fonte: Autor

Por conseguinte, na figura 27, é possível observar um período de faturamento de 30 dias, com 12 desses dias apresentando consumo acima da LBE. Isso resulta em uma estabilidade de apenas 60%. Dessa forma, a UC em análise está operando na faixa de uso ineficiente de energia elétrica, conforme indicado na tabela 5. A média diária de consumo ao longo desse período de faturamento está 5% abaixo da LBE, sinalizando uma leve tendência de redução no consumo.

Figura 27: Consumo diário vs LBE (FP)



Fonte: Autor

Por fim, o índice de estabilidade de consumo de energia elétrica é um instrumento significativo para realizar uma gestão a vista eficiente dos vetores energéticos, contribuindo para uma tomada de decisão assertiva.

4.3.3 Correlação / Regressão Linear

Conforme a figura 18, Diagrama de *Sankey*, a carga de maior USE do HUWC é atribuída a climatização. Então, pretende-se verificar, de maneira simplificada, o impacto das temperaturas externas no consumo da UC.

É possível se utilizar modelos estatísticos para fazer previsões e verificações do consumo mensal e anual de energia elétrica, apresentando, em algumas situações, dispersões pequenas em relação ao valor medido.

Com este propósito, far-se-á uso da métrica estatística denominada de correlação. A qual é uma ferramenta fundamental para entender associações entre dados. E, da regressão linear, usada para modelar a relação entre uma variável independente (Graus-Dia, neste estudo. Ver anexo B) e uma variável dependente (consumo de energia elétrica, nesta análise) por meio de uma equação linear. Permitindo fazer previsões ou estimar o impacto da variável independente na variável dependente.

Os graus-dia, seja de aquecimento ou resfriamento, constituem uma representação simplificada de dados meteorológicos históricos dos registros de temperatura do ar exterior, frequentemente empregados no mundo para estimar o consumo de energia elétrica devido ao aquecimento e/ou resfriamento em edificações (STENSJO — 2017).

Os Graus-Dias de Aquecimento (GDA), também conhecidos como *Heating Degree Days* (HDD), são uma medida de quanto (em graus), e por quanto tempo (dias), a temperatura do ar exterior se manteve abaixo do limiar da temperatura base de referência adotada. São utilizados para cálculos relativos ao consumo de energia elétrica necessário para aquecer ambientes.

De maneira análoga, os Graus-Dias de Resfriamento (GDR), denominados *Cooling Degree Days* (CDD), expressam uma métrica que reflete quanto (em graus), e por quanto tempo (dias), a temperatura do ar externo foi maior que a temperatura

base escolhida. Tais valores são empregados para efetuar cálculos relativos ao consumo de energia elétrica necessário para resfriar espaços.

A abordagem adotada neste trabalho utiliza a métrica Graus-Dias de Resfriamento (GDR). Os valores de graus-dia para a cidade de Fortaleza (quadro 5) são dos registros climatológicos da estação meteorológica SBFZ Fortaleza/Pinto Martins, BR (38.53W,3.78S), tendo o valor de 15,5 °C como temperatura base de referência.

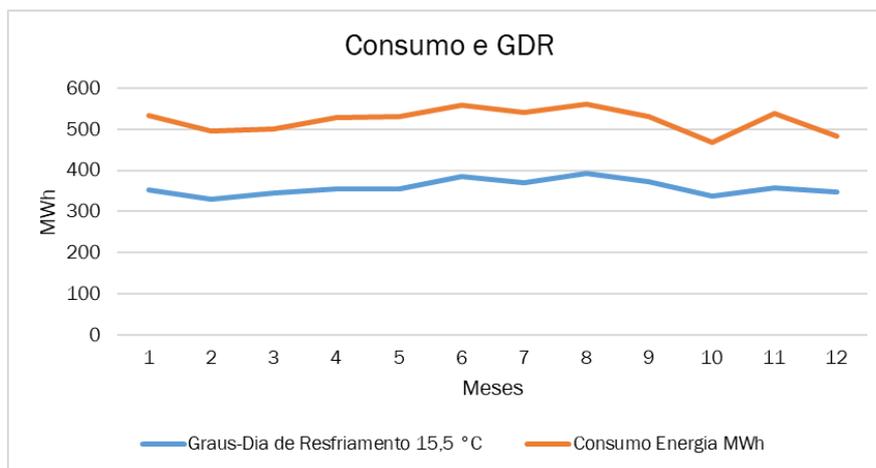
No quadro 6, além dos Graus-Dias referentes ao período de maio/22 a abril/23, apresenta também, os valores de consumo para o mesmo período. Com tais valores, foi construído a figura 28 objetivando verificar o comportamento dessas duas variáveis.

Quadro 6: Graus-dia de resfriamento (GDR) e seu consumo de energia elétrica respectivo

Período	Graus-Dia de Resfriamento — GDR	Consumo Energia elétrica MWh	
1	Maio/22	352	534
2	Junho/22	330	496
3	Julho/22	346	501
4	Agosto/22	356	529
5	Setembro/22	356	532
6	Outubro/22	384	558
7	Novembro/22	371	542
8	Dezembro/22	392	561
9	Janeiro/23	374	531
10	Fevereiro/23	337	467
11	Março/23	359	538
12	Abril/23	348	483

Fonte: DEGREE DAYS; Faturas de energia elétrica do HUWC

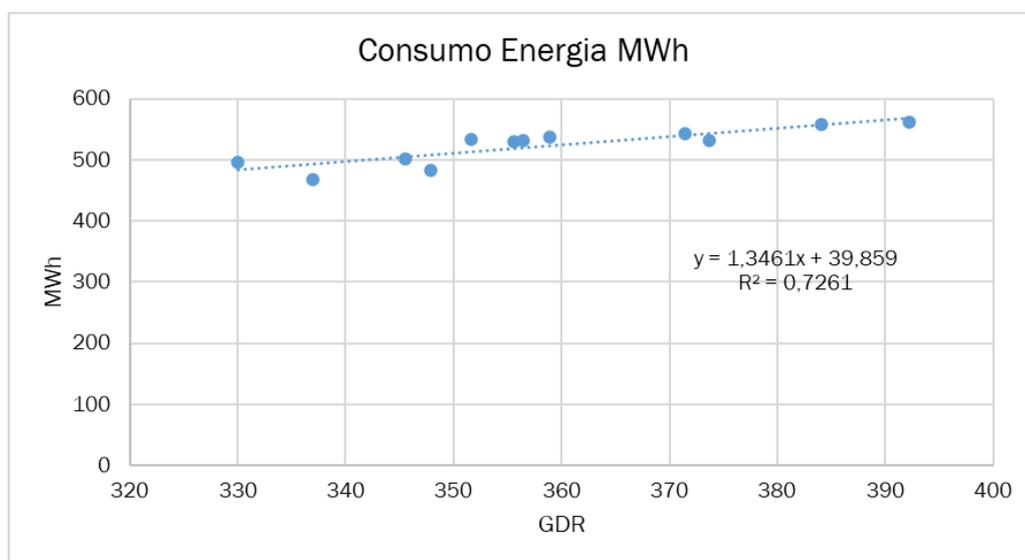
Figura 28: Valores de consumo de energia elétrica e GDR



Fonte: Autor

Ao analisar ambas as curvas da figura 28, observa-se um comportamento bastante correlato. Onde pode ser um primeiro indicativo para haver uma correlação forte entre as variáveis. Por tal fato, observa-se a dispersão na figura 29 e identifica-se a equação de regressão linear.

Figura 29: Regressão linear do consumo vs GDR

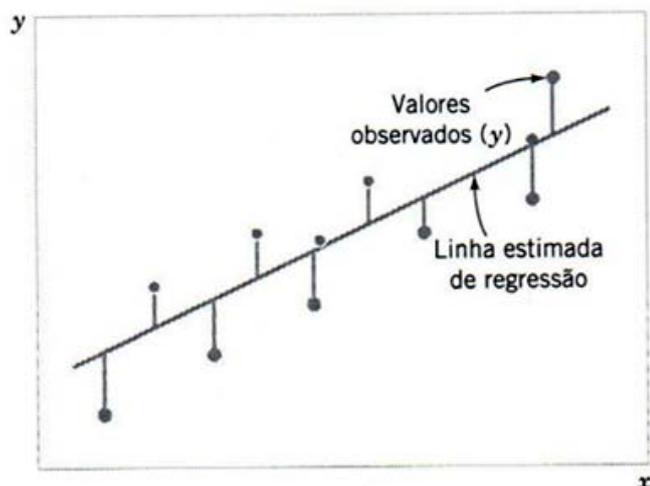


Fonte: Autor

O valor de R^2 é o índice estatístico usado quando o objetivo primário é avaliar como os dados se ajustam no modelo. Logo, o valor de R^2 igual a 0,72 indica uma boa correlação entre as variáveis Graus-Dia e consumo de energia elétrica. Conseguindo explicar 72% do consumo energético. No entanto, ressalta-se que em projetos de Eficiência Energética, é preferível um R^2 maior que 0,75. Já quando o valor R^2 for muito baixo, aponta que o consumo de energia elétrica é pouco afetado pelas variações de temperatura.

A modelagem verificada na figura 30 ajuda a prever a energia elétrica que ter-se-ia consumido (quadro 7) sem a implementação do Projeto *LEAN ENERGY*. Mesmo que a equação de regressão linear seja apenas uma simplificação da realidade, faz-se necessário a verificação do erro entre real e previsto, além do viés. O erro encontrado é mínimo (quadro 7) demonstrando a utilidade desta abordagem e o viés neste caso foi encontrado 0,0002% negativo. Valor inferior ao máximo recomendado pela *ASHRAE* de 0,005%. Por fim, conclui-se que os Graus-Dias são fundamentais para a contabilização confiável dos resultados na análise do consumo de energia elétrica em projetos de gestão energética.

Figura 30: Desvios dos dados em relação ao modelo estimado de regressão



Fonte: MONTGOMERY (2021)

Quadro 7: Consumo de energia elétrica previsto a partir da modelagem da regressão linear

Período		Graus-Dia de Resfriamento - GDR	Consumo (real) de Energia MWh	Consumo (Previsto) de Energia MWh	Erro (real - previsto)
1	mai/22	352	534	514	20
2	jun/22	330	496	484	12
3	jul/22	346	501	506	-5
4	ago/22	356	529	519	10
5	set/22	356	532	519	13
6	out/22	384	558	557	1
7	nov/22	371	542	539	3
8	dez/22	392	561	568	-7
9	jan/23	374	531	543	-12
10	fev/23	337	467	493	-26
11	mar/23	359	538	523	15
12	abr/23	348	483	508	-25
Total			6272	6273	-1

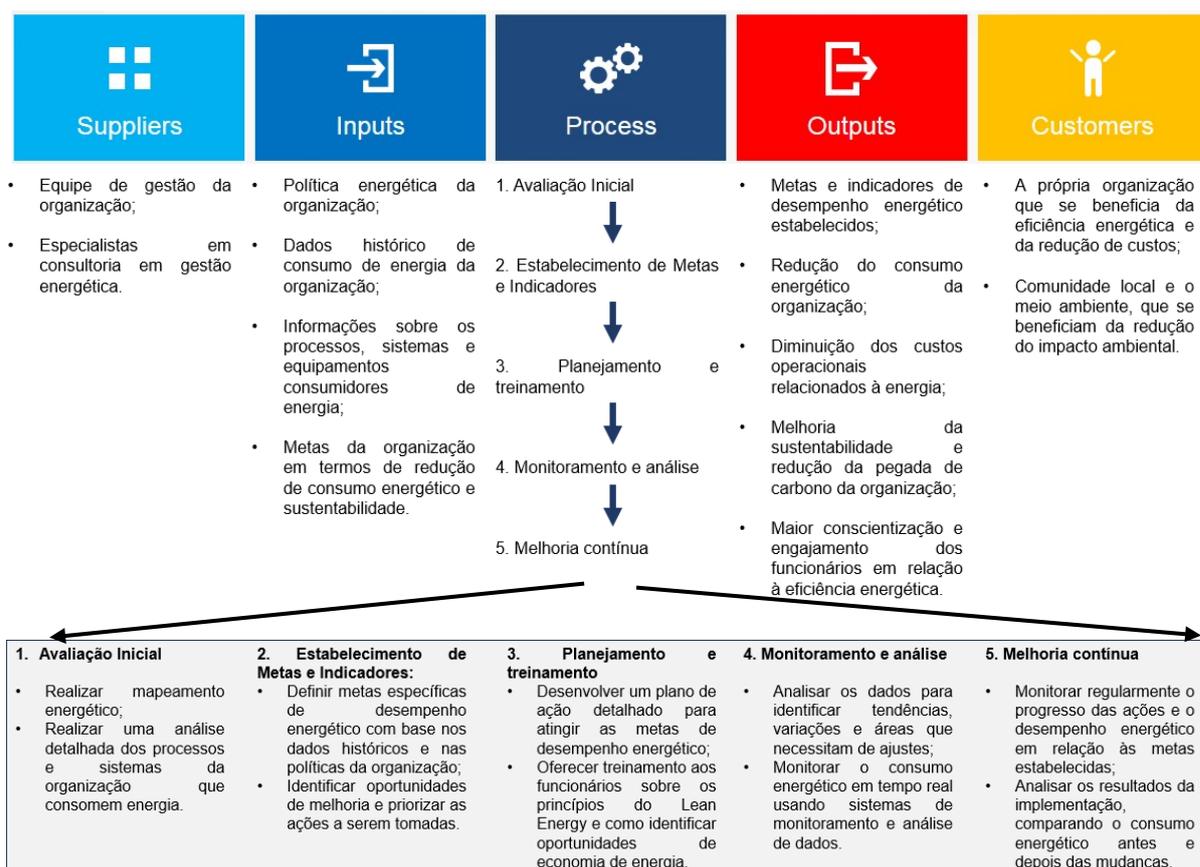
Fonte: Autor

4.3.4 SIPOC

O SIPOC, é um acrônimo que significa *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Insumos), *Process* (Processo), *Outputs* (Saídas) e *Customers* (Clientes). O qual se apresenta como uma ferramenta utilizada para mapear e entender os principais elementos de um processo. Fornecendo uma visão geral clara e concisa de um processo, destacando os elementos-chave envolvidos (FM2S – 2023).

O SIPOC é uma ferramenta valiosa, por auxiliar a equipe a compreender rapidamente a amplitude e o escopo de um processo, destacando os pontos de entrada e saída, além das partes interessadas envolvidas. Isso é particularmente útil ao iniciar projetos de melhoria, pois cria uma base sólida para identificar áreas problemáticas, ineficiências e oportunidades de aprimoramento. Além disso, o SIPOC facilita a comunicação entre equipes interdisciplinares, fornecendo uma estrutura comum de entendimento. Um exemplo de aplicação do SIPOC pode ser visualizado na figura 31. Nele tem-se a identificação dos elementos relevantes no processo de implementação de *LEAN ENERGY* no HUWC.

Figura 31: Processo de Implementação de *LEAN ENERGY* no HUWC com a ferramenta SIPOC



Fonte: Autor

Ao analisar esta aplicação do SIPOC no Projeto de *LEAN ENERGY* do hospital, verifica-se que as equipes podem obter uma visão completa da gestão energética em questão, identificando os pontos-chave onde as intervenções podem ser feitas para otimizar o uso da energia elétrica. Isso auxilia na priorização de ações, no planejamento de implementação e na avaliação dos resultados obtidos. Além disso,

ao destacar a importância dos fornecedores, insumos, processo, saídas e clientes no contexto da eficiência energética, o SIPOC ajuda a criar uma abordagem mais abrangente e direcionada para aprimorar a sustentabilidade e a gestão energética em qualquer organização ou projeto.

4.3.5 GEMBA WALK

A integração do *Gemba Walk* ao *LEAN ENERGY* oferece uma abordagem sistemática para identificar oportunidades de economia de energia elétrica, redução de desperdício e melhoria contínua nos processos energéticos de uma organização. O *Gemba Walk* consiste em um exercício de caminhar pelo “chão de fábrica”, onde o trabalho acontece, e observar os processos produtivos. É o local aonde o gestor vai com o intuito de entender o trabalho e liderar (Womack - 2011).

No *Gemba Walk* realizado no HUWC, e em atenção ao item sobre foco na Eficiência Energética, dos diversos dados e informações coletadas, citam-se as medições termográficas de corrente elétrica em uma amostra de condicionadores de ar do tipo *split*, conforme ilustrado na figura 32. Tal escolha deve-se a análise feita ao Diagrama de *Sankey* da figura 18 que revela a carga de maior USE no setor hospitalar é atribuída à climatização. Constatou-se que aparelhos de mesma capacidade em BTUs exibiam variações de temperatura na unidade condensadora superiores a 20%. Além de, nas máquinas com temperaturas mais elevadas, o valor medido de corrente elétrica ultrapassou o valor máximo indicado na placa do equipamento. Neste caso, no PMO, enfatiza-se a implementação de AEEs para manutenção mecânica da máquina, limpeza de filtros e orientação aos usuários sobre a temperatura de conforto térmico em 23 °C para ambientes comuns e que não haja determinação normativa contrária. Para fins exemplificativos, vale mencionar que apenas o filtro de ar saturado de um condicionador de ar pode aumentar o consumo da máquina em 8%.

Figura 32: Medição térmica e de corrente elétrica num condicionador de ar



Fonte: SOMA ENERGIA ELÉTRICA

Já sobre o item comunicação de um *Gemba Walk* eficaz, aplicou-se o método DMAIC para facilitar a comunicação e implementação das AEEs identificadas, conforme exemplo apresentado no quadro 8.

Quadro 8: Método DMAIC

AEE: Condicionador de Ar (C.A.) dos consultórios médicos devem operar em set-point 23° C.

C.A. em operação abaixo do set-point recomendado: 23°C nos consultórios médicos.	D Define
C.A.s com set-point abaixo do recomendado (17°) é desperdício de energia.	M Measure
Em VTD ao hospital, verificou-se operação do equipamento fora dos padrões de eficiência.	A Analyze
Estabelecer set-point de operação em 23° C. Desligar o equipamento em ausências superiores a 15 min.	I Improve
Definir quem é o responsável para verificar diariamente se a determinação está sendo cumprida. O CIGE deverá averiguar mensalmente se a determinação está sendo cumprida	C Control

Responsável: _____

Prazo: _____

Fonte: Autor

Destaca-se também, no item sobre implementação de medidas, as AEEs que foram priorizadas no HP. Visto que, o valor da tarifa de energia elétrica é aproximadamente 5 vezes maior, pois o mercado em questão é o cativo, em comparação ao valor no HFP. Dessa maneira, e em observância a matriz da figura 16, sugeriu-se especial atenção às cargas com maior Uso Significativo de Energia elétrica (USE), como autoclaves.

Complementarmente, ao observar a trajetória do sol na figura 14, analisa-se o impacto do microclima ao qual a UC está inserida e constata-se a variação da incidência solar na edificação durante o dia. Com influência direta no consumo de energia elétrica dos equipamentos de climatização do hospital.

Ao implementar o *Gemba Walk* de maneira eficaz, um hospital poderá reduzir significativamente seu consumo de energia elétrica, resultando em economia de custos e uma pegada ambiental mais sustentável.

Portanto, o *Gemba Walk* desempenha um papel essencial no Lean Energy, permitindo que as organizações identifiquem, implementem e mantenham práticas eficientes em termos de energia elétrica, contribuindo tanto para redução de custos quanto para a sustentabilidade ambiental.

4.3.6 Life Cycle Cost Analysis - LCCA

As AEEs do projeto não se limitaram apenas ao *focal point* climatização. Elas abrangem uma série de iniciativas nas áreas de gestão, iluminação, climatização, hotelaria, autoclaves e instalações elétricas prediais, garantindo uma abordagem ampla e integrada.

Neste contexto, sugere-se ao SGE do HUWC uma imersão na ferramenta *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA). Segundo o *National Institute of Standards and Technology* (NIST 1995), LCCA é um método de avaliação de projetos no qual os custos decorrentes de possuir, operar, manter e finalmente descartar um projeto são considerados potencialmente importantes.

Ao considerar todos os custos envolvidos, incluindo custos iniciais, custos operacionais, custos de manutenção, custos de energia elétrica, custos de atualização e até mesmo os custos ambientais, a LCCA fornece uma visão mais abrangente e

precisa dos impactos financeiros ao longo do tempo. Isso ajuda a tomar decisões mais informadas e a otimizar recursos, evitando surpresas com custos inesperados que podem surgir ao longo da vida útil de um projeto ou ativo.

A LCCA inserida na abordagem *LEAN ENERGY*, envolve uma avaliação holística dos custos de energia elétrica ao longo do ciclo de vida completo de processos, sistemas, instalações ou operações, com o objetivo de identificar oportunidades para reduzir o consumo de energia elétrica, melhorar a eficiência energética e otimizar os custos relacionados.

Como exemplo, durante a VTD ocorrida no HUWC identificou-se ausência de cabo na polia dos motores dos elevadores (figura 33). Esta ocorrência leva a duas perguntas iniciais: A polia possui mais vincos do que o necessário? Ou, por outro lado, existe uma insuficiência de cabos?

Caso a resposta seja afirmativa para a primeira pergunta, isso indica que o motor está sendo submetido a uma força excessiva devido ao peso adicional da polia. No entanto, se a segunda pergunta for confirmada, significa que a distribuição das forças não está em conformidade, resultando na operação inadequada do equipamento em relação aos padrões estabelecidos pelo fabricante. Nos dois cenários, o consumo de energia elétrica pelo motor será elevado. Adicionalmente, essa situação contribuirá para um aumento no número de intervenções de manutenção, períodos mais longos de inatividade e uma redução significativa na vida útil do equipamento. Logo, orienta-se que para a solução desta situação e que não haja recorrência, seja a adoção do LCCA.

Figura 33: Polia com ausência de cabo



Fonte: Casa de máquinas dos elevadores do HUWC

Em resumo, a aplicação da LCCA em *LEAN ENERGY* em hospitais pode proporcionar economias significativas de energia elétrica, redução de custos operacionais, melhoria da sustentabilidade e promoção de um ambiente mais saudável para pacientes e profissionais de saúde. É uma abordagem que alinha eficiência com responsabilidade ambiental e pode ser um componente vital de uma gestão hospitalar moderna e sustentável.

4.4 Resultados qualitativos

A metodologia *LEAN ENERGY*, que incorpora critérios da ISO 50001 e da jornada ESG, possui também seus indicadores qualitativos, como pode ser verificado no gráfico radar da figura 15. Esse gráfico não apenas reflete a situação atual, mas também revela oportunidades de melhoria nos oito itens que o compõem.

Um destaque importante é a criação do Comitê Interno de Gestão Energética — CIGE, no Sistema de Gestão Energética (SGE), o qual supervisiona todas as atividades do projeto. Desde sua implementação até a avaliação dos resultados, segundo o ciclo PDCA. Além de realizarem treinamentos, acompanharem os

resultados e campanhas educativas, o comitê tem em vista estabelecer uma cultura de uso eficiente de energia elétrica.

Do que vem antes, a questão cultural inicia-se com a sensibilização dos colaboradores do hospital, por meio da oferta de treinamentos sobre como economizar energia elétrica em suas residências. Pois, foi verificado que o ditado popular “os costumes de casa vão à praça”, não é só uma expressão, mas uma prática real. Ao fornecer informações sobre o uso eficiente de energia elétrica aos colaboradores para serem aplicadas em suas casas, eles acabam adotando esses comportamentos também em seu ambiente laboral, especialmente quando percebem reduções em suas contas de energia elétrica. Além disso, eles compartilham voluntariamente e com orgulho suas experiências com seus colegas de trabalho.

De fato, a abordagem qualitativa está intrinsecamente ligada ao acompanhamento e engajamento, por serem duas ações fundamentais que direcionam o caminho para o sucesso dessa prática.

5 CONCLUSÕES

A Metodologia *LEAN ENERGY* otimiza, quantifica e qualifica o consumo de energia elétrica, trazendo consigo a possibilidade de ser um ponto de partida para a implementação da ISO 50001, reduzindo custos de certificação, e auxiliando na Jornada de ESG. Além de permitir a identificação de áreas de melhoria, alocação eficiente de recursos e promoção de uma cultura de gestão sustentável de energia. Já a identificação de oportunidades de melhorias começa na VTD e continua na definição de metas, objetivos, monitoramento, medição e realização de auditorias energéticas internas periódicas.

Os resultados do estudo analisado e discutido permeiam pelo mapeamento energético, o CMD e o índice de estabilidade de consumo. No primeiro, destaca-se o mapa de calor, por ser uma ferramenta capaz de revelar insights específicos sobre o padrão de consumo da UC. O segundo, uma métrica importante para a composição da LBE e acompanhamento dos resultados do Projeto *LEAN ENERGY*. E o terceiro, descreve a tendência do consumo da UC em permanecer ou não equilibrado e previsível ao longo do tempo na hipótese que não haja alteração da quantidade de ativos consumidores de energia elétrica ou da operação.

A partir das ferramentas estatísticas utilizadas, com destaque para correlação e regressão linear, verificou-se o impacto das temperaturas externas no parque de climatização do hospital, que corresponde ao maior USE da UC em estudo, com uso da métrica graus-dia, permitindo a obtenção de uma equação que explica 72% do comportamento desse consumo de energia elétrica. Assim, a análise do impacto do microclima, como a variação da incidência solar, é mencionada como uma abordagem adicional para otimizar o consumo de energia elétrica dos equipamentos de climatização do hospital.

Dentre as ferramentas de gestão *LEAN*, sublinha-se o SIPOC, que propicia ao SGE obter uma visão completa da gestão energética em questão, auxiliando na priorização de ações, no planejamento de implementação e na avaliação dos resultados obtidos.

Na VTD realizada, a qual é o *Gemba Walk* do projeto, foi possível conhecer as operações dos equipamentos, dados técnicos e os setores internos da unidade. O processo continua para a construção de um PMO a ser executado pelo SGE do

hospital, classificando as ações em custo zero, baixo custo e médio/alto custo que utiliza uma matriz de esforço/impacto para determinar a ordem de implementação. Além de contribuir para a aplicação do método DMAIC, o qual facilita a comunicação e implementação das AEE identificadas e avaliar os resultados sempre conforme o padrão ISO 50001. De forma complementar, é sugerido que SGE do HUWC explore a ferramenta LCCA, pois avalia os custos envolvidos ao longo do ciclo de vida de um projeto ou ativo, incluindo custos iniciais, operacionais, de manutenção, de energia elétrica, atualizações e custos ambientais.

Sobre a implementação da metodologia, é importante ressaltar que, devido a decisões da alta administração da EBSEH em Brasília, na realização de uma licitação para a contratação de empresas responsáveis por implantar projetos de eficiência energética em todos os hospitais universitários aos quais estão sob sua responsabilidade, não foi possível a concretização da proposta na UC. No entanto, foi possível estimar uma redução no consumo de energia elétrica na ordem de 5,6%, com base nas ferramentas estatísticas empregadas, nos indicadores propostos e em benchmarks de projetos de Eficiência Energética do setor hospitalar.

Essa redução é factível ao considerar apenas ajustes nos fluxos de processos internos da unidade de saúde, sem necessidade de investimento financeiro, com a construção de indicadores a serem monitorados e a identificação de áreas de alto consumo. Contudo, deve-se admitir essa redução como meta a ser atingida e assegurar a persistências das AEE para manter os resultados duradouros.

Por fim, devido à energia elétrica ser um produto com qualidade, preço e demanda, o uso de LE torna a mensuração do consumo dessa energia “visível” aos tomadores de decisões da organização, devido a começarem a conhecer os processos energéticos. O que pode ter impactos positivos, tanto no meio ambiente quanto na saúde financeira da instituição.

5.1 Recomendações para Trabalhos Futuros

As análises realizadas neste trabalho demonstram a complexidade do tema relacionado a gestão energética e o quão oportuno é para o momento no Brasil e no mundo, merecendo ser tratado em outros trabalhos e estudos acadêmicos.

Nesse sentido, apresentam-se as seguintes sugestões de linha de pesquisa para trabalhos futuros:

- Uso da Inteligência Artificial na Gestão Energética;
- Uso da modelagem de circuito RLC para simulação e previsão de consumo de uma UC;
- Desenvolver uma sugestão de texto orientativo para a implementação da metodologia *LEAN ENERGY*. Similar a uma *Publicly Available Specification* (PAS). A qual é uma publicação específica que antecede a uma norma de padronização;

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 50001:2018: Sistemas de gestão de energia elétrica — requisitos com orientação para uso**. Rio de Janeiro. 2018.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **PR2030:2022: Ambiental, social e governança (ESG) — Conceitos, diretrizes e modelo de avaliação e direcionamento para organizações**. Rio de Janeiro. 2022.
- ACEEE. **International Energy Efficiency Scorecard, 2022**. Research report. Disponível em: <<https://www.aceee.org/research-report/i2201>>. Acesso em: 23 de nov. 2022.
- ANEEL. **Procedimentos dos Programas de Eficiência Energética e de Pesquisa e Desenvolvimento – PROPEE, 2022**. Procedimentos Regulatórios. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/procedimentos-ee-ped>>. Acesso em: 15 de dez. 2022.
- ANVISA. **RDC n.º 50, de 21 de fevereiro de 2002**. Resolução. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_50_2002_COMP.pdf/9682e8b7-3c4f-4b30-bec9-f76de593696d>. Acesso em: 10 de dez. de 2022.
- ASHRAE. **Fundamentals Handbook 2001**. Cap. 8: Thermal comfort. Ashrae: 2001.
- APCER. **ISO 50001 | Entrevista Alexandre Sedlacek Moana**, Diretor da ABESCO. Disponível em: <<https://apcergroup.com/pt-br/newsroom/3121/iso-50001>>. Acesso em 9 de jan. de 2023.
- BAYART, D. Walter Andrew Shewhart. **Statisticians of the Centuries** (ed. C. C. Heyde and E. Seneta) pp. 398–401. New York: Springer, 2001.
- BONAMIGO, A., & Rodriguez, C. M. T. **O conceito Hoshin Kanri aplicado no gerenciamento da cadeia de suprimentos**. Journal of Lean Systems, 2(3), 107-118, 2017.
- BOTTCHER C., MULLER M. **Insights on the impact of energy management systems on carbon and corporate performance**. An empirical analysis with data from German automotive suppliers, Journal of Cleaner Production, 137, 1449 – 1457, 2016.
- CAMPOS, L. M. S.; & Vazquez-Brust, D. **Lean and green synergies in supply chain management**. Supply Chain Management: An International Journal, 21(5), 627–641, 2016.
- CAMPOS, L. M. S. **Lean manufacturing and Six Sigma based on Brazilian model “PNQ”**: An integrated management tool. International Journal of Lean Six Sigma, 4(4), 355 – 369, 2013.

CEBDS - Conselho Empresarial. Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Página inicial. Disponível em: < <https://cebds.org/> >. Acesso em: 4 de dez. de 2022.

CEBDS - Conselho Empresarial. Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Workshop Eficiência Energética — ISO 50001** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=PNGETdSihFc>>. Acesso em: 4 de dez. de 2022.

COUTINHO, Leandro de Matos. **O Pacto Global da ONU e o desenvolvimento sustentável.** (2021). Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/22029/1/13-BNDES-Revista56-PactoGlobalONU.pdf>>. Acesso em: 5 de dez. de 2022.

CREA-PR. **Eficiência energética é desafio**, 2022. Revista. Disponível em <<https://revista.crea-pr.org.br/eficiencia-energetica-e-desafio/>> Acesso em 20 de dez. 2022.

DEGREEDAYS. **Degree Days Calculated Accurately for Locations Worldwide.** Estação meteorológica SBFZ Fortaleza / pinto Martins, BR (38.53W,3.78S). Disponível em: < www.degreedays.net >. Acesso em: 10 de jun. de 2023.

DEMING, Edwards W. **The new economics for industry, government, education.** — 2. Edition, 2000.

EBSEH. **Portaria-SEI n.º 23, de 05 de novembro de 2018.** Boletim de Serviço n.º 488, de 06 novembro de 2018. Institui o PGQuali — Selo Ebserh de Qualidade. Brasília, 2018n. Disponível em: <<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/acao-a-informacao/boletim-de-servico/sede/2018/boletim-de-servico-no-488-06-11-2018>>. Acesso em: 14 de nov. de 2022.

EERE – Energy Efficiency & Renewable Energy. Energy **Efficiency: Buildings and Industry.** Disponível em <<https://www.energy.gov/eere/energy-efficiency#:~:text=Energy%20efficiency%20is%20the%20use,less%20energy%20to%20produce%20goods>>. Acesso em: 4 de abr. de 2023.

EIA. **EIA projects nearly 50% increase in world energy usage by 2050, led by growth in Asia.** Disponível em: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=41433>>. Acesso em: 12 de maio de 2023.

ENEL. **Enel.** Página inicial. Disponível em: www.eneldistribuicao.com.br. Acesso em: 10 de ago. de 2023.

ENESEP. **Aplicação do método graus-dia para avaliação do desempenho energético de edificações unifamiliares.** XXX encontro nacional de engenharia de produção, 2010. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/enesep2010_TN_STO_121_786_15236.pdf. Acesso em: 26 de maio de 2023.

ENERGY STAR. **Energy Efficiency**. Disponível em: <https://www.energystar.gov/about/how_energy_star_protects_environment/energy_efficiency>. Acesso em: 5 de dez. de 2022.

EXAME. **Em busca do padrão Seis Sigma**, 2011. Disponível em: <<https://exame.com/revista-exame/em-busca-do-padrao-seis-sigma-m0048915/>>. Acesso em: 10 de dez. de 2022.

FIESC. **Desperdício elétrico no Brasil equivale ao consumo de 20 milhões de residências**, 2022. Disponível em: <<https://fiesc.com.br/pt-br/imprensa/desperdicio-eletrico-no-brasil-equivale-ao-consumo-de-20-milhoes-de-residencias>>. Acesso em 12 de nov. de 2022.

FM2S. **SIPOC: aprenda como melhorar seus processos com a ferramenta**, 2015. Blog. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/blog/como-fazer-um-sipoc>>. Acesso em 12 de abr. de 2023.

FOSSA, Alberto José; SGARBI, Felipe de Albuquerque. **Guia para aplicação da norma ABNT NBR ISO 50001 - Gestão de Energia elétrica**. International Copper Association (ICA), 2017.

FRAZZON, E. M., Tortorella, G. L., Dávalos, R., Holtz, T., & Coelho, L. **Simulation-based analysis of a supplier-manufacturer relationship in lean supply chains**. International Journal of Lean Six Sigma, 8(3), 262-274. 2017.

GEORGE, L. M. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**. Mc Graw Hill, 2002.

GÓMEZ, Juan Pablo Martín; GÓMEZ, Luis Socconini Pérez. **Lean Energy 4.0. Guía de implementación: Energía limpia y libre de desperdício para el desarrollo sostenible**. 1ª Edición. Barcelona: Editora Marge Books, 2019.

GONCE, A., & SOMMERS, K. **Lean for green manufacturing. Climate Change Special Initiative**. McKinsey & Company, Inc. 2010.

GOOGLE PLAY. **sun position demo**. Aplicativo. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.andymstone.sunpositiondemo&hl=pt_BR&gl=US>. Acesso em: 8 de out. de 2022.

GRABAN, M. **Lean Hospitals: Improving Quality, Patient Safety, and Employee Engagement**. New York. CRC Press, 3 Edição. 2016.

GOULART, S. V. G. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. 1993.

HADDAD, J., P. H. R. P. **Gama e Outros. Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1 ed. Editora, Campinas, SP, 2012.

HAHN, G.J., Doganaksoy, N. & Hoerl, R.W. (2000). **The evolution of six sigma**. Qual. Eng., 12(3), 317–326. 2000.

HARRY, Mikel J.; SCHROEDER, Richard R. **Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations**. Currency, march 21, 2006.

HOR, C. L.; WATSON, S. J.; MAJITHIA, S. **Analyzing the impact of weather variables on monthly electricity demand**. IEEE Transactions on Power Systems, n. 4, p. 2078 – 2085, 2005.

HOSPITALARES, Empresa Brasileira de Serviços; EDUCAÇÃO, Ministério da. **Sobre o Hospital**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-nordeste/ch-ufc/assistencia/huwc/sobre-o-hospital-1>>. Acesso em: 11 set. de 2022.

IEA. **World Energy Outlook 2020**. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/8b420d70-b71d-412d-a4f0-869d656304e4/BrazilianPortuguese-Summary-WEO2020.pdf>. Acesso em: 23 de nov. de 2022.

IEA. **handbook Energy Efficiency Governance 2010**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-governance>>. Acesso em: 10 de nov. de 2022.

IEA - **Energy Efficiency Indicators: Highlights. OECD/IEA, 2016**. Disponível em: <<https://www.oecd.org/publications/energy-efficiency-indicators-9789264268692-en.htm>>. Acesso em: 15 de set de 2022.

INSTITUTO 6 SIGMA. **Nível Sigma: Aprenda a calcular sem esforço**. Disponível em: <https://instituto6sigma.com.br/blog/gestao-de-projetos/six-sigma/nivel-sigma-aprenda-a-calcular-sem-esforco/>. Acesso em: 11 set. de 2022.

IRENA. **Repor World Energy Transitions Outlook 2022**. Disponível em: <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2022>. Acesso em: 11 de set. de 2022.

ISIXSIGMA. **The History of Six Sigma**. Disponível em: <<https://www.isixsigma.com/history/history-six-sigma/>>. Acesso em: 20 de nov. de 2022.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 13053-1:2011 Quantitative methods in process improvement — Six Sigma — Part 1: DMAIC methodology**. 2011.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 13053-1:2011 Quantitative methods in process improvement - Six Sigma - Part 2: Tools and techniques**. 2011.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 18404:2015 Quantitative methods in process improvement — Six Sigma — Competencies for key personnel and their organizations in relation to Six Sigma and Lean implementation.** 2015.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 50001 for energy management gets a boost.** Disponível em:
<<https://www.iso.org/news/ref2316.html>>. Acesso em: 4 de dez. de 2022.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO Survey of certifications to management system standards - Full results.** Disponível em:
<<https://www.iso.org/the-iso-survey.html>>. Acesso em: 1 de ago. de 2023

ITAIPU BINACIONAL. **Produção ano a ano.** Disponível em:
<[https://www.itaipu.gov.br/energia/elétrica/producao-ano-ano](https://www.itaipu.gov.br/energia/el%C3%A9trica/producao-ano-ano)>. Acesso em: 4 de abr.de 2023.

KRAMES. Jeffrey A. **Jack Welch and the 4 E's of Leadership: How to Put GE's Leadership Fórmula to Work in Your Organization.** 2005.

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística aplicada**, São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2016.

LEITE, F.C. **Modelamento da Eficiência Energética para o Gerenciamento Sustentável no Setor Industrial pela Medição e Verificação.** 2010.94 f. Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

LEI, F.; HU, P. **A baseline model for office building energy consumption in hot summer and cold winter region.** IEEE Conferences, 2009.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **What is Lean?** Disponível em:
<<https://www.lean.org/explore-lean/what-is-lean/>>. Acesso em: 10 de out. de 2022.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Definição e Aplicações.** Disponível em:
<<https://www.lean.org.br/o-que-e-lean.aspx>>. Acesso em: 4 de jan. de 2023.

Lean nas Emergências. **O que é o projeto Lean nas Emergências?** Disponível em:
<<https://www.leannasemergencias.com.br/a-comunidade-lean-nas-emergencias/>>. Acesso em: 8 de mar. de 2023.

LEAN SIX SIGMA BRASIL, 2023. Página inicial. Disponível em:
<<https://leansixsigmabrasil.com.br/>>. Acesso em: 12 de set. de 2022.

LIKER. J. **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer.** New York: McGraw-Hill, 2004

LSSI. Lean six sigma institute, 2022. Página inicial. Disponível em:
<<https://lssinstitute.org/>>. Acesso em: 31 de ago. de 2022.

MAGALHÃES, D. C. Pereira de. **Filosofia lean e eficiência energética no setor dos serviços**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial. Universidade de Aveiro, 2013.

MARTINAITIS V. **Analytic calculation of degree-day for the regulated heating season**. *Energy and Buildings*, n. 28, p. 185-189, fev. 1998.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Lei de Eficiência Energética**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/quem-e-quem>>. Acesso em: 22 de maio de 2023.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Gestão de Energia elétrica e ISO 50001**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/iso-50001#:~:text=O%20Sistema%20de%20Gest%C3%A3o%20de,do%20consumo%20total%20de%20energia%20el%C3%A9trica>>. Acesso em: 3 de fev. de 2023.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Minicurso ISO 50001 e ISO 50.002**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/sef/materiais-disponiveis-para-download-1/materiais-dos-minicursos/p1-minicurso_modulo-1-pt1.pdf>. Acesso em: 1 de ago. de 2022.

MELO, M., Deschamps, F., & Costa, S. E. G. **Aplicação da construção enxuta – uma análise sistemática da literatura**. *Journal of Lean Systems*, 2(3), 02-21. 2017.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to Statistical Quality Control**, 7th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2012.

NIST. national institute of standards and technology. **Handbook 135: Life-Cycle Costing Manual**. Washington, 1995

OLIVEIRA, et. al. **Aplicação da metodologia seis sigma na redução de defeitos na face de válvulas de admissão e escape**. *Revista Ciências Exatas – Universidade de Taubaté (UNITAU) – Brasil – Vol. 16, N. 2, 2010*

PACTO GLOBAL REDE BRASIL. **Entenda o significado da sigla ESG (Ambiental, Social e Governança) e saiba como inserir esses princípios no dia a dia de sua empresa**. Pacto Global Rede Brasil, São Paulo, 1 dez. 2020. Disponível em: <<https://www.pactoglobal.org.br/pg/esg>>. Acesso em: 6 maio de 2023.

PANDE, P. S.; Neuman, Robert P.; Cavanagh, Roland R. **The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance**. New York: McGraw-Hill Professional, 2001.

PETRONOTÍCIAS. **Agência internacional de energia e presidência da cop-28 fazem debate sobre mudanças climáticas**. Disponível em: <<https://petronoticias.com.br/agencia-internacional-de-energia-e-presidencia-da-cop-28-realizaram-debate-sobre-transicao-energetica-e-mudancas-climaticas/>>. Acesso em: 8 de maio de 2023.

PROJETO LEAN NAS EMERGÊNCIAS: Ministério da Saúde, 2022. Página inicial. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/projeto-lean-nas-emergencias-reducao-das-superlotacoes-hospitalares>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

PUCPR. **7 ferramentas de lean healthcare que otimizam o trabalho do gestor de saúde**. Disponível em: < <https://posdigital.pucpr.br/blog/lean-healthcare#:~:text=Lean%20healthcare%20%C3%A9%20um%20conjunto,meio%20da%20elimina%C3%A7%C3%A3o%20dos%20desperd%C3%ADcios>>. Acesso em: 13 de abr. de 2023.

REVISTA CREA-PR. **Eficiência Energética é desafio**. Ed. 106 SETEMBRO - OUTUBRO - NOVEMBRO /22. Disponível em: <https://revista.crea-pr.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Crea_Revista_106_compressed.pdf>. Acesso em: 5 de mar. de 2023.

RODRIGUES, Marcus Vinicius **Entendendo, Aprendendo, Desenvolvendo Qualidade Padrão Seis Sigma**. 2009

SAID, S. A. M.; HABIB, M. A.; IQBAL, M. O. **Database for building prediction in Saudi Arabia**. Energy Conversion & Management, n. 44, p. 191 – 201, 2003.

SARAK H.; SATMAN A. **The degree-day method to estimate the residential heating natural gas consumption in Turkey: a case study**. Energy, n. 28, p. 929-939, 2003.

SEDDON, John; O'DONOVAN, Brendan.; ZOKAEI, Keivan. Rethinking Lean Service. In: MACINTYRE, Mairi; PARRY, Glenn; ANGELIS, Jannis. (Editors). **Service Design and Delivery**, Springer, New York, LLC, 2011

SOLIMAN, M., & Saurin, T. **Uma análise das barreiras e dificuldades em lean healthcare**. Revista Produção Online, 17(2), 620-640, 2017.

SOMA ENERGIA. **Diagnóstico**, 2022. Página inicial. Disponível em: <<https://www.somaenergia.com.br/diagnostico-eficiencia-energetica#form>>. Acesso em: 18 de out. de 2022.

SOUSA, J. B. S. **Lean Startups: o sistema de produção enxuta como estratégia competitiva**. Journal of Lean Systems, 1(4), 53-65, 2016.

THE COUNCIL FOR SIX SIGMA CERTIFICATION, 2022. Página inicial. Disponível em: <<https://www.sixsigmacouncil.org>>. Acesso em: 20 de set. de 2022

TORTORELLA, G. L., Fettermann, D., & Anzanello, M. **Implementação da manufatura enxuta e os comportamentos das lideranças: uma pesquisa exploratória**. Revista Produção Online, 17(3), 857-882, 2017.

TOYOTA. **Sistema Toyota de Produção**. Disponível em: <<https://www.toyota.com.br/mundo-toyota/sistema-toyota-de-producao>>. Acesso em 10 de jan. de 2023.

TOYOTA. **Toyota code of conduct**. Disponível em: <https://global.toyota/pages/global_toyota/company/vision-and-philosophy/code_of_conduct_001_en_2.pdf>. Acesso em: 15 de jan. de 2023.

UNITED NATIONS. **Climate action. Renewable energy – powering a safer future**. Disponível em: <<https://www.un.org/en/climatechange/raising-ambition/renewable-energy>>. Acesso em: 12 de maio de 2023.

UNITED NATIONS. **Sustainable Development. Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all**. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/goals/goal7>>. Acesso em: 4 de abr. de 2023.

USCS – Pos Graduação. **Lean Manufacturing: Um sistema de produção mais eficiente, flexível, ágil e inovador**. Disponível em: <<https://www.posuscs.com.br/lean-manufacturing-um-sistema-de-producao-mais-eficiente-flexivel-agil-e-inovador/noticia/2431#:~:text=O%20TPS%20ficou%20mundialmente%20conhecido,sistema%20habilitado%20a%20enfrentar%20um>>. Acesso em: 12 de fev. de 2023.

VENDRAMIN, A. L. **Método graus – dia para avaliação do desempenho térmico de uma edificação unifamiliar em diferentes condições climáticas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2007.

W. Edwards Deming. “Walter A. Shewhart, 1891-1967,” **American Statistician** 21: 39-40, 1967.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. Série Werkema de Excelência Empresarial - Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, Cristina. **Perguntas e respostas sobre o Lean seis sigma**. Série Werkema de Excelência Empresarial. 2 ed - Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

WINSTON, Andrew; FAVALORO, George; HEALY, Tim. **Energy Strategy for the C-Suite**. Magazine Harvard Business Review January-February 2017(pp. 138-146). Disponível em: <<https://hbr.org/2017/01/energy-strategy-for-the-c-suite>>. Acesso em: 5 de maio de 2022.

WOMACK, Jim. **Caminhadas pelo Gemba – Gemba Walks**. Lean Institute Brasil. São Paulo, SP. 1ª Ed, 2011.

WOMACK, J., Jones, D. and Roos, D. **The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production**. Free Press, New York, 1990.

ZATTAR, I. C., Silva, R. R. L., & Boschetto, J. W. **Aplicações das ferramentas lean na área da saúde: revisão bibliográfica.** Journal of Lean Systems, 2(2), 68-86, 2017.

ZILBOVICIUS, Mauro. **Modelos para produção, produção de modelos: contribuição à análise da gênese, lógica e difusão do modelo japonês.** 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. doi:10.11606/T.3.2017.tde-11072017-073039. Acesso em: 26 de maio de 2023.

APÊNDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO ACEITO NO PERÍODO DO MESTRADO

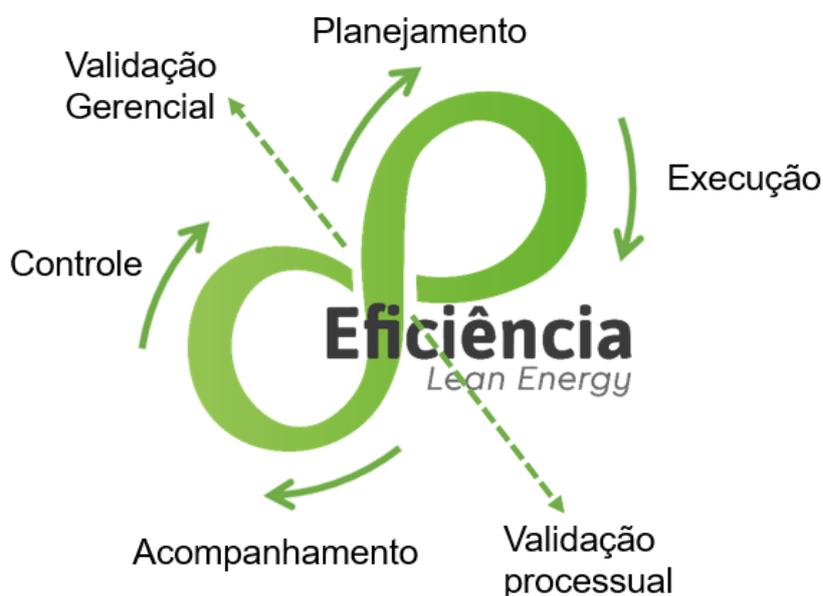
Durante o período do Mestrado, o seguinte artigo científico foi aceito no XXVII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE 2023.

- *LEAN ENERGY*: gestão de consumo de energia elétrica, critérios ESG e de eficiência energética sob o prisma da melhoria contínua, com aplicação em estabelecimentos assistenciais de saúde.

APÊNDICE B – SUGESTÃO DE LOGOMARCA *LEAN ENERGY*

A curva selecionada, que se assemelha a uma fita com laço como mostra a figura 34, para ser a identidade visual da metodologia *LEAN ENERGY*, encapsula a essência de um processo estruturado e cíclico, englobando de maneira contínua as etapas de planejamento, execução, validação processual, acompanhamento, controle e validação gerencial com aprimoramentos quando necessário, em momentos de autenticação bem definidos pelas fases de validação. Já a tonalidade verde dessa curva está associada ao compromisso ambiental inerente a projetos de gestão energética.

Figura 34: Logomarca da metodologia *LEAN ENERGY*



Fonte: Autor

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO 01 - DIAGNÓSTICO INICIAL – PERCEPÇÃO DO USUÁRIO

Questionário 01 - Diagnóstico Inicial – Percepção do Usuário

Respondido por: _____

Cargo/função: _____

Data: _____

Por favor, preencher as lacunas da coluna “situação” com o valor “0” ou “1”.

Indicador Ausente = 0

Indicador Presente = 1

a. Combate ao desperdício

INDICADOR	Situação
Há desligamento das máquinas/equipamentos durante os períodos de não utilização da mesma?	
Há boa compreensão dos conceitos e ações em eficiência energética?	
Há implantação de práticas em combate ao desperdício de energia elétrica?	
Sabe-se diferenciar Eficiência energética de Racionamento de Energia elétrica?	
Possui ou executa projeto direcionado a eficiência energética?	
Realizam-se medições de parâmetros de desperdício de energia elétrica?	
Possui plano de ação específico para combater o desperdício de energia elétrica?	

b. Uso de Tecnologias

INDICADOR	Situação
Faz uso da luz natural nos ambientes do hospital?	
A Iluminação artificial é de tecnologia LED?	
O Sistema de Iluminação possui algum tipo de automação? Por exemplo: sensor de presença.	
A intensidade luminosa da iluminação artificial é considerada adequada ao ambiente laboral?	
Faz uso de climatização natural nos ambientes da empresa?	
Os equipamentos de climatização são SELO PROCEL A?	
Há plano de ação para modernização das tecnologias de baixa eficiência por tecnologias com eficiência superior?	

c. Investimento / Manutenção

INDICADOR	Situação
Possui metodologia de aquisição de equipamentos eficientes que fazem uso da energia elétrica?	
Possui plano específico, com foco em eficiência energética, de manutenção dos equipamentos que fazem uso de energia elétrica?	
Realizam-se medições, regularmente, de parâmetros elétricos, nos equipamentos que fazem uso da energia elétrica?	
Possui plano de ação, em investimentos, no que tange a eficiência energética?	

d. Energia Complementares – Energia elétrica Solar, por exemplo.

INDICADOR	Situação
Possui Interesse em implementar o uso de energia elétrica complementar?	
Possui orçamento aprovado para projeto de energia elétrica complementar?	
Realiza algum tipo de investimentos para aquisição de uma planta de geração própria em energia elétrica?	
Possui planta de geração própria em energia elétrica?	
Gerencia a planta de geração própria de energia elétrica?	

e. Sistema de Gestão de Energética - SGE

INDICADOR	Situação
Possui Interesse na implementação do SGE?	
Possui algum comitê de gerenciamento de energia elétrica?	
Possui plano de ação específico para atuação do SGE?	
Realiza controle de qualidade de atuação da SGE?	
O SGE realiza treinamento/palestras com os demais colaboradores?	

f. Auditoria e Plano de Ação

INDICADOR	Situação
O hospital realiza Auditoria Energética Anual?	
Possui Gestor em Energia elétrica?	
O Gestor em Energia elétrica possui alguma formação específica direcionada para esta finalidade?	
Possui Plano de Ação de Gestão em Energia elétrica?	
Realizam-se medições de parâmetros elétricos com a finalidade de estabelecer indicadores de Economia de energia elétrica no quesito gerenciamento da Energia elétrica?	
Possui acesso ao acompanhamento da Telemetria (consumo)?	

g. Treinamento/Palestras

INDICADOR	Situação
Possui interesse em treinamentos/palestras, para os colaboradores, na temática de economia de energia elétrica?	
Houve, nos últimos 12 meses, contratação de Consultoria Específica em Eficiência Energética?	
Compreende a importância de treinamentos e formações específicas na temática do melhor uso da energia elétrica?	
Realiza ou realizou, nos últimos 12 meses, algum treinamento específico na temática de economia de energia elétrica?	
Realizou medições de parâmetros de aprendizado dos treinamentos realizados	
Possui plano de ação específico na área de treinamentos?	

h. Ajuste da Conta

INDICADOR	Situação
A Demanda Contratada está adequada?	
Excedente de Energia elétrica Reativa Ausente?	
Ultrapassagem de Demanda Ausente?	
Modalidade Tarifária Adequada?	
Realiza acompanhamento mensal dos parâmetros gerenciais da fatura de energia elétrica?	

ANEXO A – FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

A estatística desempenha um papel fundamental na análise de dados, proporcionando insights significativos para a tomada de decisões. Envolvendo a criação de modelos matemáticos que representam a relação entre variáveis e os padrões observados nos dados, capturando a complexidade e a variabilidade dos fenômenos observados.

Neste estudo, ela possui um papel significativo na análise e no gerenciamento do consumo de energia elétrica. Por meio de suas técnicas, como médias, desvios padrão e regressão, é possível extrair informações valiosas sobre os padrões de consumo de energia elétrica, tendências sazonais e variações ao longo do tempo, cálculo de indicadores de monitoramento de consumo, além de permitir identificar oportunidades de economia e otimizar processos que envolvem o uso da energia elétrica.

A.1 Média

A média é uma medida de tendência central que representa um ponto de equilíbrio entre os valores observados. No entanto, pode ser influenciada por valores extremos (conhecidos também por estarem “fora da curva”), chamados *outliers*, que distorcem o resultado.

Seja “n” o número total do conjunto de dados em uma amostra e cada observação denotada por x_1, x_2, \dots, x_n , então a média da amostra “ \bar{x} ” será definida pela função 2:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

A.2 Variância

A variabilidade nos dados amostrais é medida pela variância amostral “ s^2 ou $\text{var}(X)$ ” definida por MONTGOMERY (2021) na função 3:

$$\text{var}(X) = s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (3)$$

Note que a variância amostral é simplesmente a soma dos quadrados dos desvios de cada observação em relação à média amostral \bar{x} dividida pelo tamanho da amostra menos um. Sendo usada para quantificar o quanto os valores individuais se afastam da média. Se não há variabilidade na amostra, então cada observação $x_i = \bar{x}$ e a variância amostral é $s^2 = 0$. Em geral, quanto maior a variância amostral s^2 , maior a variabilidade nos dados da amostra.

A.3 Desvio Padrão

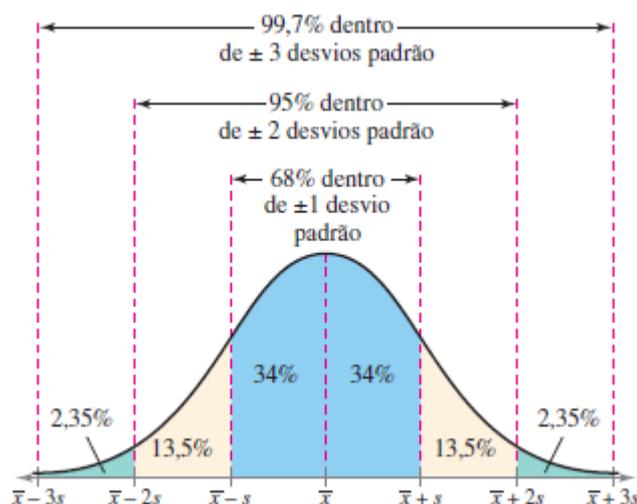
Sejam x_1, x_2, \dots, x_n os valores assumidos por uma variável x . MONTGOMERY (2021) Define desvio padrão de X sendo a raiz quadrada da variância:

$$\sqrt{[var(X)]} = s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

O desvio padrão não reflete a magnitude dos dados amostrais, reflete apenas a dispersão em torno da média conforme figura 35.

Quanto maior o valor do desvio padrão, maior é a dispersão dos dados em relação à média, indicando uma maior variabilidade ou heterogeneidade dos valores. Por outro lado, um desvio padrão menor indica que os valores estão mais próximos da média, havendo uma menor dispersão ou homogeneidade nos dados.

Figura 35: Distribuição Gaussiana – percentagens de dados em regiões centrais



Fonte: LARSON (2016)

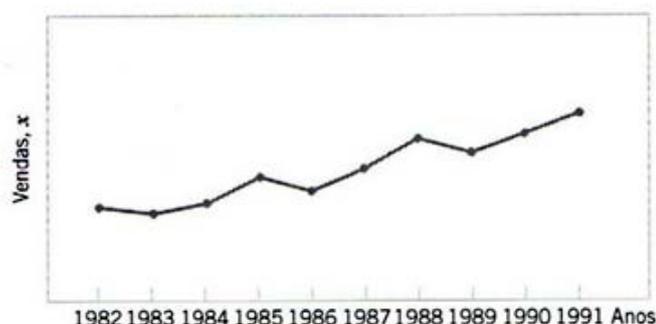
A.4 Gráfico de Séries Temporais

Um gráfico estatístico de séries temporais é uma representação visual dos dados coletados ao longo do tempo. Esse tipo de gráfico é amplamente utilizado na análise de séries temporais, que são conjuntos de observações registradas em intervalos regulares ao longo de um período específico.

O gráfico de linha, conforme figuras 36 e 37, é um tipo de gráfico temporal. Sendo que o eixo das abscissas representa as unidades de tempo: dias, meses, anos, por exemplo. Enquanto o eixo das ordenadas, representa o valor observado da variável em estudo. Quando as medidas são traçadas como uma série temporal, frequentemente vemos tendências, ciclos ou outras formas de padrões.

Na figura 36, constata-se uma tendência de crescimento do cenário observado.

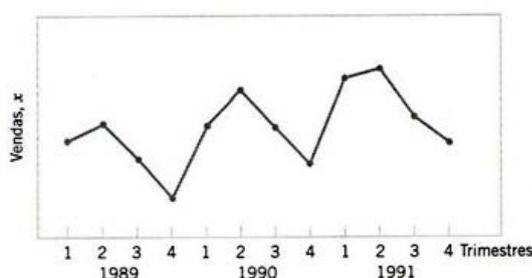
Figura 36: Vendas vs tempo em anos



Fonte: MONTGOMERY (2021)

Já na figura 37, exibe uma variabilidade cíclica por trimestre. Sendo o primeiro e segundo trimestre maiores que o terceiro e quarto.

Figura 37: Vendas vs tempo em trimestres



Fonte: MONTGOMERY (2021)

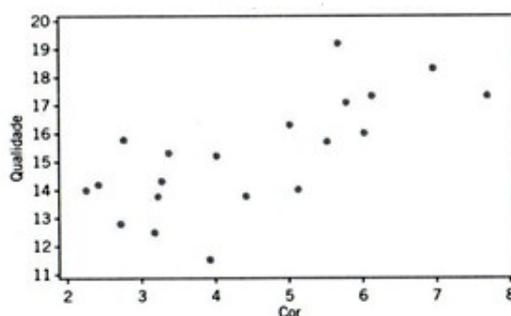
A.5 Diagrama de dispersão

O diagrama de dispersão é uma técnica estatística que exibe a relação entre duas variáveis, pares ordenados (x, y) , em um plano cartesiano. Se é linear ou curvilínea., por exemplo. Além de permitir identificar possíveis correlações entre as variáveis.

O eixo das abscissas do diagrama de dispersão é reservado para a variável independente, enquanto o eixo das ordenadas é usado para a variável dependente. Ao traçar os pontos no gráfico, é possível visualizar a distribuição dos dados e identificar a natureza da relação entre às duas variáveis.

O diagrama da figura 38 mostra de forma exemplificativa uma correlação entre a qualidade de um produto e sua cor. Onde observa-se produtos de maiores qualidade para os que possuem cores representadas por valores maiores em sua abscissa.

Figura 38: Diagrama de dispersão da qualidade vs cor



Fonte: MONTGOMERY (2021)

A.6 Correlação

A correlação é uma técnica estatística utilizada para entender o grau de associação entre duas variáveis. Como uma variável se comporta em um cenário onde outra está variando, visando identificar se existe alguma relação entre a variabilidade de ambas.

Ela pode ajudar a identificar se as variáveis estão positivamente ou negativamente relacionadas, se a relação é forte ou fraca, e até mesmo se há uma relação não linear. A correlação pode ser usada para fazer previsões, identificar padrões e auxiliar na seleção de variáveis em análises multivariadas. Os dados podem

ser representados por pares ordenados (x, y) , sendo x a variável independente e y a variável dependente.

A.7 Coeficiente de Correlação Linear

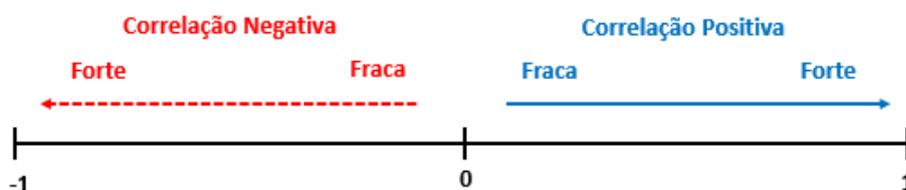
É uma métrica que descreve, por meio de um único número, a associação ou dependência entre duas variáveis. Entre outras palavras, explica a tendência de elas se moverem em conjunto. Embora não implique em causalidade, o coeficiente de correlação exprime em números essa relação, ou seja, quantifica a relação entre as variáveis.

Segundo MONTGOMERY (2012), o coeficiente de correlação “ r ” é uma medida da força e da direção de uma relação entre duas variáveis definida pela fórmula 5:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n y_i(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \dots\dots\dots (5)$$

A variação do coeficiente de correlação é de -1 a 1 , inclusive, figura 39. Quando x e y têm uma correlação linear positiva forte, r está próximo de 1 . Quando x e y têm uma correlação linear negativa forte, r está próximo de -1 .

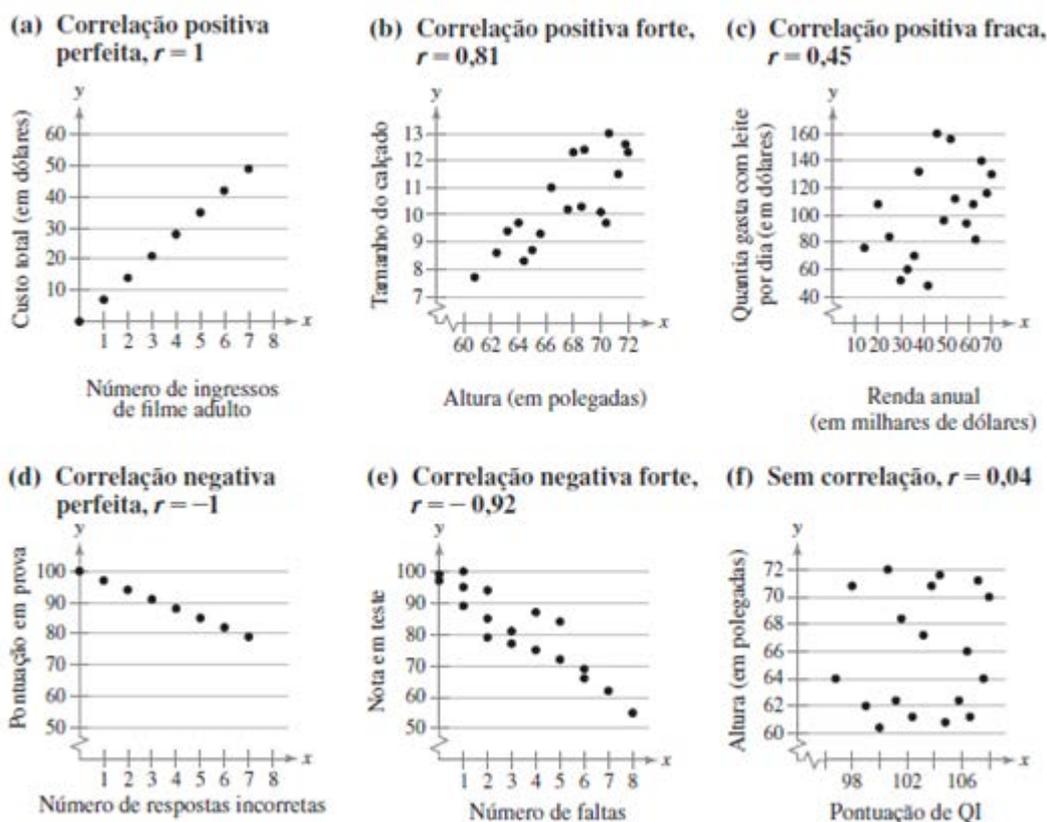
Figura 39: Ilustração da variação do coeficiente de correlação



Fonte: Autor

Quando x e y têm correlação linear positiva perfeita ou correlação linear negativa perfeita, r é igual a 1 ou -1 , respectivamente. Quando não há correlação linear, r está próximo a 0 . É importante lembrar que quando r está próximo de 0 não significa que não há relação entre x e y , significa apenas que não há relação linear. Alguns exemplos são apresentados na figura 40.

Figura 40: Exemplos de correlações e os respectivos valores do coeficiente r .



Fonte: LARSON (2016)

A.8 Regressão

A análise de regressão é uma técnica estatística para investigar e modelar relação entre variáveis. Em muitos problemas, duas ou mais variáveis são relacionadas e é de interesse a modelagem e a exploração dessa relação.

Existem vários tipos de análise de regressão, sendo a mais comum a regressão linear simples. Nesse tipo de regressão, uma variável independente é usada para prever uma variável dependente através de uma relação linear. O objetivo é encontrar a melhor linha reta que se ajuste aos dados observados, minimizando a soma dos erros quadráticos entre as previsões e os valores reais.

É importante ressaltar que a regressão não implica em causalidade. Uma relação encontrada por meio da regressão não significa necessariamente que uma variável causa a outra. A análise de regressão é baseada em correlações estatísticas e requer cuidadosa interpretação, considerando a natureza dos dados, a adequação do modelo e a validade das suposições consideradas.

A.8.1 Regressão Linear Simples

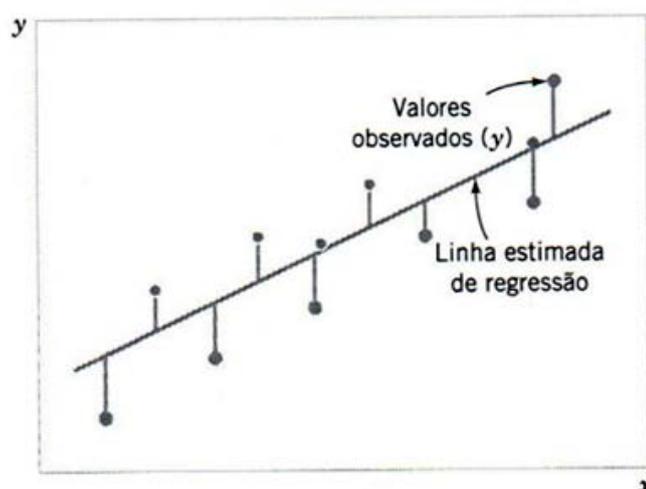
No caso de uma regressão linear simples considera-se uma única variável independente “x” e uma variável dependente “y”. A relação entre “x” e “y” poderá ser descrita pelo modelo da equação 6 (MONTGOMERY - 2021):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (6)$$

Em que β_0 é o coeficiente linear, β_1 é o coeficiente angular e ε é um erro aleatório com média zero. Além de que, os coeficientes são desconhecidos.

Na figura 41 mostra-se um diagrama típico de dispersão dos dados observados e uma candidata para a linha estimada de regressão. As estimativas para os parâmetros desconhecidos β_0 e β_1 devem resultar no “melhor ajuste” para os dados em questão.

Figura 41: Desvios dos dados em relação ao modelo estimado de regressão



Fonte: MONTGOMERY (2021)

Segundo o cientista alemão Karl Gauss (1777-1855) propôs estimar tais parâmetros na equação 6 de modo a minimizar a soma dos quadrados dos desvios verticais na figura 40.

Esse critério para estimar os coeficientes de regressão é chamado de método dos mínimos quadrados. De tal forma, reescreve-se a equação 6, onde “n” são as observações na amostra 7:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Sendo a soma dos quadrados dos desvios das observações em relação à linha verdadeira de regressão dada por 8:

$$L = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 \quad (8)$$

Para os estimadores de mínimos quadrados de β_0 e β_1 , isto é $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ têm de satisfazer 9 e 10:

$$\left. \frac{\partial L}{\partial \beta_0} \right|_{\hat{\beta}_0 \hat{\beta}_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i) = 0 \quad (9)$$

$$\left. \frac{\partial L}{\partial \beta_1} \right|_{\hat{\beta}_0 \hat{\beta}_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i) x_i = 0 \quad (10)$$

Simplificando as duas equações, temos 11 e 12:

$$n \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \quad (11)$$

$$\hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_i + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i x_i \quad (12)$$

Essas equações são denominadas de equações normais dos mínimos quadrados. Onde, sua solução resulta nos estimadores de mínimos quadrados $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$.

Por fim, as estimativas de mínimos quadrados dos coeficientes angular e linear no modelo de regressão linear simples são 13 e 14:

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad (13)$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i x_i - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)(\sum_{i=1}^n x_i)}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}} \quad (14)$$

Em que 15:

$$\bar{y} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n y_i \text{ e } \bar{x} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n x_i \quad (15)$$

Ressalta-se que, softwares são largamente utilizados para obterem a equação, a reta que melhor se adequa as observações e os demais parâmetros de análise de uma regressão linear.

A.8.2 Regressão Linear Múltipla

A regressão linear múltipla é uma técnica estatística utilizada para modelar a relação entre uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes. É uma extensão da regressão linear simples, em que apenas uma variável independente é considerada.

Na regressão linear múltipla, busca-se encontrar a melhor combinação linear das variáveis independentes que melhor explique a variabilidade na variável dependente. A relação entre as variáveis é modelada por um plano ou hiperplano em um espaço de dimensões superiores.

Ao ajustar o modelo de regressão linear múltipla, é necessário estimar os coeficientes de regressão, que representam a contribuição de cada variável independente na variação da variável dependente, levando em conta o efeito das outras variáveis independentes.

De acordo com (MONTGOMERY - 2021), é costume apresentar os dados para regressão múltipla conforme tabela 7:

Tabela 7: Dados para regressão Linear Múltipla

y	x_1	x_2	\dots	x_k
y_1	x_{11}	x_{12}	\dots	x_{1k}
y_2	x_{21}	x_{22}	\dots	x_{2k}
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
y_n	x_{n1}	x_{n2}	\dots	x_{nk}

Fonte: MONTGOMERY (2021)

Cada observação $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}, y_i)$ satisfaz o modelo na equação 16:

$$\begin{aligned}
 y_i &= \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \\
 &= \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

Em que 22:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & x_{nk} \end{bmatrix} \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (22)$$

ANEXO B – GRAUS DIAS

O Método Graus - Dia é uma ferramenta que tem a finalidade de estimar a quantidade de energia requerida para calefação e resfriamento de edificações em diferentes localidades. Uma das principais formas de consumo de energia está ligada à manutenção das condições de conforto térmico.

O Método Graus – Dia é uma ferramenta introduzida no final da década de 20 que tem a finalidade de estimar a quantidade de energia requerida para calefação e resfriamento de edificações em diferentes localidades (SAID, 2003). Este método é o mais simples para análise energética e o mais adequado quando o uso da edificação e a eficiência do aparelho de condicionamento de ar são constantes (ASHRAE, 2001).

É baseado no princípio de que as perdas de energia da construção são proporcionais às diferenças de temperatura interna e externa. A energia é adicionada ou retirada da construção quando há perda para manter as condições ideais de conforto no ambiente durante as estações frias e quentes (VENDRAMIN, 2007).

Graus – Dia é um parâmetro climático que pode ser definido como o somatório das diferenças de temperatura, quando esta encontra-se abaixo de uma temperatura base (T_b). Por exemplo, se a temperatura base adotada é de 18.°C, verifica-se a temperatura média diária ($T_{méd}$) durante todo o ano. Quando esta for menor que T_b , calcula-se a diferença ($T_b - T_{méd}$), somando-se estas diferenças, dia a dia, para todo o ano (GOULART, 1993).

Portanto, para estimar-se a energia requerida para calefação, temos a equação 1:

$$HDD = \sum T_b - T_{méd} \quad (23)$$

A energia requerida para refrigeração pode ser calculada de forma análoga, porém são consideradas as temperaturas que excedem a temperatura base conforme equação 24:

$$CDD = \sum T_{méd} - T_b \quad (24)$$

Sendo HDD o número de graus-dia para aquecimento e CDD o número de graus-dia para resfriamento. Quanto maior o valor de HDD, menores são os valores de temperaturas médias diárias. O oposto ocorre para os valores de CDD (HOR, 2005).

A temperatura base (T_b) é a temperatura necessária para haver conforto e varia de um lugar para outro. Muitos autores divergem quanto ao valor a ser adotado para este parâmetro. Segundo Goulart (1993), a Norma Espanhola NBE – CT – 79 recomenda a temperatura base de 15.°C ao estabelecer os graus – dias anuais para determinar a energia necessária para aquecimento. Em estudos práticos, essa temperatura é adotada como sendo constante.

Este método tem sido utilizado por países como a Turquia, onde se estimou o potencial de distribuição de gás natural destinado à calefação. O método foi avaliado com sucesso após comparação com dados reais de consumo de gás natural para calefação (SARAK e SATMAN, 2002). Martinaitis (1998) realizou trabalho com dados climáticos da Lituânia e concluiu que o método provou ser útil para a solução de problemas relacionados ao consumo de energia em edificações.