



Ministério da Educação

Universidade Federal da Integração Latino-Americana

Instituto de Tecnologia, Infraestrutura e Território

Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO BASEADO NA METODOLOGIA DA FAMÍLIA
DA NORMA ISO 50000 NA FÁBRICA DE CAPACITORES POTÊNCIA DA
SIEMENS ENERGY BRASIL**

JOSÉ CARLOS NAVAS PALMA

Foz do Iguaçu, PR

Dezembro de 2022

José Carlos Navas Palma

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO BASEADO NA METODOLOGIA DA FAMÍLIA
DA NORMA ISO 50000 NA FÁBRICA DE CAPACITORES POTÊNCIA DA
SIEMENS ENERGY BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Walber Ferreira Braga.
Coorientadora: Ma. Larissa Andreia Wagner Machado Justino.

FOZ DO IGUAÇU

Dezembro de 2022

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO BASEADO NA METODOLOGIA DA FAMÍLIA DA NORMA ISO 50000 NA FÁBRICA DE CAPACITORES POTÊNCIA DA SIEMENS ENERGY BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Walber Ferreira Braga

UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO AMERICANA - UNILA

Coorientadora: Prof. Ma. Larissa Andreia Wagner Machado Justino

UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO AMERICANA - UNILA

Banca: Marcelo Miguel

UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO AMERICANA - UNILA

Banca: Wilson Francisco de Alkmin
SIEMENS ENERGY BRASIL LTDA

Foz do Iguaçu, 27 de dezembro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades. Aos meus pais, Mirian Palma e Carlos Navas pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Obrigado aos meus irmãos Diana, Andrea, Paola e Carlos Salvador que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

A Universidade Federal da Integração Latino-Americana, pela oportunidade de fazer o curso de Engenharia de Energia. Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. Aos meus orientadores Larissa Justino e Walber Braga.

Meus agradecimentos aos meus amigos, principalmente àqueles que me acompanharam de mais perto durante toda esta trajetória, agradeço aos “trambólicos”: Carlos, Felipe, Jimmy, Maicon, Pedro e Rodrigo por estarem presentes nos momentos cruciais, madrugadas de estudos e dar-me o apoio na Universidade estando longe da minha família. E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

Palma, J. C. N. (2022). **DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO BASEADO NA METODOLOGIA DA FAMÍLIA DA NORMA ISO 50000 NA FÁBRICA DE CAPACITORES POTÊNCIA DA SIEMENS ENERGY BRASIL**. 2022. 55 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2022.

RESUMO

Num mercado cada vez mais competitivo, empresas buscam a redução de seus custos de produção. Alcançar este objetivo muitas vezes pode ser sinônimo de minimizar o consumo de energia elétrica, promovendo seu uso eficiente e, com isso, a redução dos custos contribuindo para a segurança energética. Tendo esses aspectos em mente, neste trabalho de graduação foi implementado um processo de auditoria energética em uma Fábrica de Equipamentos Capacitivos, Fábrica de Capacitores da SIEMENS ENERGY BRASIL LTDA, de acordo com as diretrizes da norma ISO 50002; estruturar as etapas do processo de auditoria, por meio de um fluxograma; obtenção e análise do desempenho energético da usina; as áreas fabris com potencial de maior consumo de energia e, portanto, onde se encontraria um dos maiores potenciais de economia. Além da criação de uma análise matemática do consumo energético da fábrica, facilitando a criação de uma projeção de consumo de energia elétrica em base a fatores como produção e *cooling degree days*.

Palavras-chave: Eficiência Energética, SIEMENS ENERGY, Norma ISO 50002, Desempenho Energético.

Palma, J.C.N. (2022). **ENERGY DIAGNOSIS BASED ON THE METHODOLOGY OF THE FAMILY OF THE ISO 50000 STANDARD IN THE POWER CAPACITOR FACTORY OF SIEMENS ENERGY BRAZIL.** 2022. 55 pages. Course Completion Work (Graduation in Energy Engineering) – Federal University of Latin American Integration, Foz do Iguaçu, 2022.

ABSTRACT

In an increasingly competitive market, companies seek to reduce their production costs. Achieving this goal can often be synonymous with minimizing the consumption of electricity, promoting its efficient use and thus reducing costs and contributing to energy security. Having these aspects in mind, in this graduation work it was implemented an energy audit process in a Capacitive Equipment Factory, Capacitor Factory of SIEMENS ENERGY BRAZIL LTDA, according to the guidelines of ISO 50002 standard; structuring the steps of the audit process, through a flowchart; obtaining and analyzing the energy performance of the plant; the factory areas with potential for higher energy consumption and, therefore, where it would be found one of the greatest potential for savings. Besides the creation of a mathematical analysis of the energy consumption of the plant, facilitating the creation of a projection of electric energy consumption based on factors such as production and cooling degree days..

Keywords: Energy Efficiency, SIEMENS ENERGY, ISO 50002 Standard, Energy Performance

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- A Família ISO 50000	16
Figura 3.0 – Localização do Projeto	27
Figura 3.0.1 – Fábrica de Capacitores SIEMENS ENERGY Brasil.	27
Figura 3.1 – Processo de Realização do Diagnostico Energético	28
Figura 4.2 – Histórico de temperaturas na cidade de Jundiaí.	39
Figura 4.4.1 – Consumo de Energia por Área da Fábrica.	44
Figura 4.4.2 – Consumo de Energia por Equipamento na Área de Laboratório Elétrico de Papel da Fábrica.....	45
Figura 4.4.3 – Consumo de Energia por Equipamento na Area de Montagem da Fábrica.....	45
Figura 4.4.4 – Consumo de Energia por Equipamento na Area de Papel da Fábrica.....	46
Figura 4.5 – Diagrama de causa e efeito das variáveis relevantes para o diagnóstico energético.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.5.2 - Níveis de Auditorias Energéticas	24
Tabela 4.0 – Levantamento de Carga da Fábrica	33 - 38
Tabela 4.2 – Dados base para a análise do sistema de resfriamento da Fábrica.....	40
Tabela 4.3 – Dados dos medidores e Produção.....	42
Tabela 4.3.1 – Diagnostico Energético com energia da iluminação	43
Tabela 4.3.2 – Diagnostico Energético sem energia da iluminação	43

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
CAPÍTULO I	11
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. JUSTIFICATIVA	12
1.2. OBJETIVOS	14
1.2.1. Geral	14
1.2.2. Específico	14
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	14
CAPÍTULO II	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	16
2.2. FAMÍLIA ISO 50000	17
2.3. GESTÃO DE ENERGIA	19
2.4. A ISO 50001	19
2.5. A ISO 50002	21
2.5.1. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	22
2.5.2. NÍVEIS DE AUDITORIA ENERGÉTICA	23
2.6. CÁLCULO DO CONSUMO MENSAL	24
2.6.1. FATOR DE UTILIZAÇÃO	25
2.6.2. COOLING DEGREE DAYS (CDD)	25
2.6.3. MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS	26
CAPÍTULO III	27
3. METODOLOGIA	27
3.1. PROCESSO DE REALIZAÇÃO DO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	28
3.1.1. Planejamento do diagnóstico energético	28
3.1.2. Reunião de Abertura	29
3.1.3. Coleta de Dados	29
3.1.4. Plano de Medição	29
3.1.5. Condição de visita ao local	30
3.1.6. Análise	31
3.1.7. Relatório do diagnóstico energético	31
3.1.8. Reunião de Encerramento	31
CAPÍTULO IV	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32

4.1.	RESULTADO DA ANÁLISE DO LEVANTAMENTO DE CARGA DA FÁBRICA	32
4.2.	SISTEMA DE RESFRIAMENTO DA FÁBRICA	39
4.3.	HISTÓRICO DE CONSUMO ENERGÉTICO	41
4.4.	ANÁLISE DOS USES	44
4.5.	VARIÁVEIS RELEVANTES NO IMPACTO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DA FÁBRICA	46
CAPÍTULO V.....		48
5.	CONCLUSÕES	48
5.1.	PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		50
ANEXOS.....		53
	Anexo A – Tabela da distribuição t-Student	53
	Anexo B – Arquitetura do Sistema de Medição da SIEMENS ENERGY	54
	Anexo C – Diagrama Unifilar do Sistema Elétrico de Potência da Fábrica.	55

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Um Sistema de Gestão Energética (SGE) é o conjunto de elementos de uma organização, inter-relacionados para o estabelecimento de uma política energética. Essa política serve como base para o cumprimento ou concretização de metas energéticas propostas (SOARES et al., 2014). Entre as ferramentas para o SGE apresenta-se a eficiência energética.

A Eficiência Energética (EE) pode ser definida como a otimização do consumo de energia mantendo níveis de conforto e serviço anteriormente utilizados. Por exemplo, pode-se citar o ajuste dos contratos de eletricidade às reais necessidades dos usuários ou implementação de mecanismos para economia de energia, reduzindo as perdas durante os processos. Além disso, a Eficiência Energética, tem o benefício secundário de proteger o meio ambiente, reduzindo a intensidade energética e treinando o usuário a não consumir mais do que o necessário. Ademais, as emissões de CO₂ enviadas para a atmosfera vêm constantemente aumentando, de forma que no ano de 2021 atingiram um novo recorde mundial, com 36,3 bilhões de toneladas ao ano. Por todos esses motivos, a Eficiência Energética torna-se uma forma de minimizar eventuais prejuízos ao planeta (EL MUNDO, 2022; POVEDA, 2007).

Por meio da economia de energia possível com a Eficiência Energética, pode-se colaborar com o cumprimento das metas climáticas, entre as quais o relatório elaborado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) diz que é preciso limitar o aumento da temperatura média global a 1,5 °C, o que implicaria numa redução de um 45% nas emissões de CO₂; mas também com a melhora da segurança energética e ajuda promover um suprimento de energia mais sustentável. Além disso, a EE reduz custos e melhora a competitividade das empresas e o bem-estar do consumidor. A EE é considerada a forma mais econômica de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, a qual é uma das metas declaradas pela comunidade internacional. Isto encontra-se totalmente alinhado com os critérios ambientais das práticas ESG (*Environmental, Social and Governance*) das empresas, os quais referem-se à correta gestão e destinação dos recursos naturais e energéticos, bem como à redução das emissões de gases de efeito estufa e à prevenção sustentável dos riscos ambientais. Assim, promover a EE também é uma meta importante das

Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs). As NDCs são as contribuições que cada país determina para os esforços globais de redução de emissões, sendo assim esta contribuição está definida na grande maioria dos países da América Latina e do Caribe. Mas o potencial das possibilidades da EE ainda está amplamente inexplorado devido a uma grande gama de restrições, tais como distorções nos preços da energia, falta de subsídios, problemas de financiamento, falta de regulamentação e capacidade institucional. Sendo assim, o diagnóstico energético é um grande aliado para cumprir com todos estes objetivos (ENERGÉTICA, 2021).

1.1. JUSTIFICATIVA

A eletricidade é utilizada em nossa sociedade para diversos usos, tais como iluminação, refrigeração, aquecimento, tanto no setor residencial quanto industrial e comercial, além de servir, inclusive, para o acionamento de motores elétricos, máquinas e dispositivos de diversos setores produtivos. Em particular, o setor industrial demanda energia de alta qualidade e de forma constante, tanto que a interrupção de seus procedimentos (industriais) pode acarretar em custos muito elevados, visto que a indústria trabalha com produtos de alto valor para o mercado (JUNTA CASTILLA Y LEÓN, 2021).

Segundo o Balaço Energético Nacional (2022), no Brasil o setor industrial é responsável por 33% de toda a energia consumida no país. Neste setor, o consumo de energia elétrica reflete em um dos custos mais elevados para o processo de produção. Diante deste cenário, a economia conseguida em ações de Eficiência Energética no setor industrial constitui benefícios para toda a sociedade. Dessa energia consumida na indústria, de forma geral, quase metade é elétrica (BEN, 2022). Assim, a busca atual por eficiência energética é fundamentada na perspectiva de altos custos para a energia de origem fóssil e pela preocupação com o meio ambiente, em relação às mudanças climáticas ocasionadas pelo aquecimento global. Esses fatores levam a comunidade internacional a buscar medidas de gestão energética que suportem o desenvolvimento global contínuo (FOSSA, 2015).

Na última década, o crescimento econômico da América Latina tem sido verificado e documentado. Segundo a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), o centro e o sul do continente contribuíram em 2018 com 3,7% do crescimento econômico global; já no ano seguinte, essa contribuição aumentou para

6,2% — percentual acima do esperado, levando-se em conta os obstáculos que a economia mundial enfrentou com a pandemia do COVID-19 (BEKER, 2021).

Mas mais do que valores supostos, estes números traduzem um aumento de oportunidades, que vem tornando essa região em uma área emergente para investimentos internacionais; o que se apresenta como um momento muito conveniente para o desenvolvimento empresarial. Por consequência, as empresas latinas procuram manter-se atualizadas em termos de tendências de negócios. Desse modo, as empresas buscam se adaptar e buscar, cada vez mais, os critérios ESG para orientar as suas ações. Com isso, tais critérios tem redefinido o rumo de empresas em todo o mundo, e mudando os aspectos que os investidores consideram ao tomar decisões estratégicas na avaliação das empresas. Estes critérios são um conjunto de práticas que combinam ações responsáveis com foco em Meio Ambiente, Aspectos Sociais e Governança Corporativa. Destarte, se apresentam como uma ferramenta extrafinanceira, que permite visualizar os níveis de sustentabilidade ambiental, social e administrativo existente nas empresas, e, com isso, ajudar a determinar se o investimento em uma empresa representa uma oportunidade ou um risco, em curto ou longo prazo.

No propósito de auxiliar as empresas nesse processo, a Organização Internacional para Padronização (ISO), cujo objetivo é a regulamentação e estabelecimento de padrões aceitos internacionalmente, através do auxílio para que as empresas estabeleçam níveis de homogeneidade em relação à gestão, prestação de serviços e desenvolvimento de produtos em diversos setores, apresentam uma série de normas que, caso sejam implantadas, tornam-se aliadas para o cumprimento dos critérios da ESG.

Entre essas normas, a família das normas ISO 50000 se apresenta como auxiliar na implantação e administração dos sistemas de gestão de energia. A Norma ABNT NBR ISO 50001 tem como principal objetivo a melhoria contínua do desempenho e a eficiência energética, além de, identificar oportunidades para reduzir o uso de energia. Esta abordagem sistemática ajuda as organizações a estabelecer sistemas e processos (ABNT NBR ISO 50001:2018). Por sua vez, a Norma ISO 50002 tem como principal alvo, definir o conjunto mínimo de requisitos que levem à identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho energético (ABNT NBR ISO 50002:2014).

A empresa SIEMENS ENERGY é uma empresa líder no setor de energia, cujos produtos e soluções atuam em quase toda a cadeia de valor de energia, assim o foco de implantação desse trabalho, tem como uma das metas dos planos de ESG tornar o carbono neutro até 2030. Neste contexto, o trabalho apresenta um estudo com a finalidade de identificação de potenciais para efficientização energética dentro da SIEMENS ENERGY Brasil, que se traduzam em diminuição do consumo energético e, conseqüentemente, diminuição da pegada de Carbono. Para servir de estudo piloto, foi escolhida a fábrica de capacitores da SIEMENS ENERGY, porque ela possui uma linha elétrica de alimentação única (anexo C). Ela servirá como um modelo de implantação a ser replicado no restante do complexo industrial da SIEMENS ENERGY Brasil. Nesse estudo piloto, a primeira etapa de análise de implantação do processo de EE é a realização de uma auditoria energética.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Geral

Realizar a auditoria energética, dentro dos parâmetros das normas ISO na fábrica de capacitores da SIEMENS ENERGY.

1.2.2. Específico

Para o desenvolvimento do presente estudo será necessário cumprir os seguintes objetivos específicos:

- Estruturar o processo de auditoria energética enquadrado na norma ISO 50002;
- Identificar as variáveis relevantes para os processos da fábrica;
- Analisar o desempenho energético existente da fábrica;
- Identificar oportunidades de melhoria do desempenho energético da fábrica.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 5 capítulos.

Este primeiro capítulo teve como finalidade apresentar uma base introdutória e uma contextualização do assunto, justificando e postulando os objetivos a serem tratados.

O capítulo II traz uma revisão teórica necessária para realização deste trabalho. Nele são apresentados diversos tópicos, entre os quais: a família ISO 50000, gestão

energética, eficiência energética, diagnóstico energético e níveis de auditoria energética.

No capítulo III é descrita a metodologia utilizada para a execução da proposta do projeto, assim como os meios e ferramentas usados para a realização do diagnóstico energético da fábrica de capacitores.

Já no capítulo IV, são discutidos os resultados deste estudo, tratando de forma sucinta e clara, focando majoritariamente nos valores obtidos.

Finalmente, no capítulo V é realizada uma breve conclusão do trabalho realizado.

CAPÍTULO II

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo em vista os objetivos traçados do trabalho, é apresentada uma revisão teórica para melhorar a compreensão dos conhecimentos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A norma ABNT ISO 50001:2018 define EE como “a razão ou outra relação quantitativa entre uma saída de desempenho, serviço, produto ou energia e uma entrada de energia”.

A EE é entendida como o grupo de ações que buscam reduzir a quantidade de energia a ser utilizada para providenciar produtos e/ou serviços. Mediante o uso de medidas de EE, as organizações podem contribuir para mitigar o consumo de energéticos, o que, conseqüentemente, influencia a pegada de carbono do planeta. (CEBDS, 2022).

A EE traz benefícios para a sociedade toda, pois reduz a necessidade de novas usinas, redes de energia elétrica, custos com consumo de combustível nas usinas, o que se traduz como uma redução da tarifa de energia elétrica para os consumidores, além de amenizar os gases de efeito estufa. O que também aumenta a competitividade entre empresas que investem em EE, visto que garante a utilização racional das fontes energéticas (CEBDS, 2022).

Medidas de EE são convenientes para reduzir a produção, transformação e transporte de energia, conservando a demanda por produtos e serviços. É cada vez mais relevante a melhoria por EE, já seja por motivos energéticos ou por questões ambientais, pois as perdas e desperdício de energia vem atrelados aos impactos ambientais, como a poluição atmosférica e o desperdício dos recursos hídricos (MARQUES et al, 2006).

O Brasil possui diversos mecanismos para a promoção da conservação de energia, entre os mais destacados temos: o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural

(CONPET) (DE SOUZA, 2009). O país também dispõe da Lei n° 9.991/2000, a qual estabelece a obrigatoriedade de aplicação de recursos em programas de eficiência energética no uso final. Além disso, o Brasil tem a Lei n° 10.295/2001, conhecida também como Lei de Eficiência Energética, que determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como de edificações construídas, com base em indicadores técnicos pertinentes e de forma compulsória (DEVEZA, 2016).

2.2. FAMÍLIA ISO 50000

Com o propósito de auxiliar a aplicação da Norma ABNT NBR ISO 50001, foram desenvolvidos materiais normativos adicionais direcionados a aspectos específicos de um SGE. Por este motivo, foram criadas cinco normas técnicas complementares à ABNT NBR ISO 50001, as quais apresentam detalhes sobre os principais componentes desta norma, além de possuir uma análise mais minuciosa sobre aspectos de avaliação da conformidade de sistemas a serem certificados. Entre as políticas de auditoria energética está a ISO 50002, que visa definir os processos que levam à identificação de oportunidades para melhorar o desempenho energético, sendo essencial para uma futura possível certificação. (FOSSA; SGARBI, 2017). As normas complementares à ABNT NBR ISO 50001 estão explicitadas no fluxograma ilustrado na Figura 2.1 e são citadas a seguir:

Figura 2.1- A Família ISO 50000.



Fonte: Fossa e Sgarbi, 2017.

- ABNT NBR ISO 50002 – Diagnósticos energéticos – Requisitos com orientação para uso. Esta norma especifica os requisitos de processo para a realização de um diagnóstico energético em relação ao desempenho energético;
- ABNT NBR ISO 50003 – Sistemas de gestão de energia – Requisitos para organismos e auditoria e certificação de sistemas de gestão de energia. Esta Norma especifica os requisitos de competência, consistência e imparcialidade em auditorias e certificação de sistemas de gestão de energia (SGE);
- ABNT NBR ISO 50004 – Sistemas de gestão de energia – Guia para implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão de energia. Esta Norma fornece orientação para a implementação dos requisitos de um sistema de gestão da energia (SGE);
- ABNT NBR ISO 50006 – Sistema de gestão de energia – Medição do desempenho energético utilizando Linhas de Base Energéticas (LBE) e indicadores de desempenho energético – Princípios gerais e orientações. Esta norma fornece orientações para organizações de como estabelecer, utilizar e manter os IDE e LBE como parte do processo de medição de desempenho energético;
- ABNT NBR ISO 50015 – Sistemas de gestão de energia – Medição e verificação do desempenho energético das organizações – Princípios gerais e orientações. Esta norma estabelece princípios e diretrizes gerais para o processo de medição e verificação (M&V) do desempenho energético de uma organização ou de seus componentes;

É importante ressaltar que dentro deste grupo de normas da Família ISO 50000, este trabalho está concentrado na ISO 50002, uma vez que a ISO 50002 foi projetada para complementar a norma ISO 50001, que se concentra no desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de energia. A norma ISO 50002:2014, é um padrão internacional para auditoria energética, que os auxilia na tomada de decisões sobre a forma como se usa a energia (ABNT NBR ISO 50001:2018).

Para a obtenção da certificação, deve dirigir-se a uma entidade certificadora acreditada independente, que ateste que o sistema de gestão de energia

implementado cumpre os requisitos da norma 50001, isto é possível de se conseguir cumprindo as diretrizes da família ISO 50000 (ABNT NBR ISO 50001:2018).

2.3. GESTÃO DE ENERGIA

A gestão de energia consiste em otimizar o uso da energia, buscando o uso racional e eficiente, sem reduzir o nível de desempenho. Por meio da gestão de energia, são detectadas oportunidades de melhoria em aspectos relacionados à qualidade e segurança do sistema energético, conscientizando os usuários sobre o sistema, identificando pontos de consumo e implementando melhorias, alcançando altos níveis de eficiência energética. A Gestão Eficiente de Energia é um conjunto de medidas de Eficiência Energética que podem ser implementadas para garantir que uma atividade ou processo possa ser realizado da mesma forma ou melhor, com menor consumo de energia. Basicamente é a resposta à demanda de energia elétrica (IEA,2017).

2.4. A ISO 50001

A ISO 50001 é uma ferramenta que ajuda empresas a conhecerem e gerenciar o uso da energia, permitindo, além disso, aproveitar o conhecimento sobre as melhores práticas no uso da energia utilizadas em todo o mundo na atualidade. Nesse contexto, a importância da implantação de um Sistema de Gestão da Eficiência Energética baseia-se no fato de, através da definição de um conjunto de procedimentos de atuação e a atribuição de responsabilidades pela implementação e controle do sistema, uma melhoria é alcançada no comportamento energético contínuo das atividades da empresa, bem como a prevenção de possíveis impactos ambientais (IDAE, 2020).

A ABNT NBR ISO 50001:2018 aplica alguns termos e definições para melhor entendimento do documento e que estão explicitados a seguir.

- Fronteiras

A Norma define fronteiras como limites físicos, locais e/ou organizacionais definidos pela organização. Este estabelecimento de fronteiras auxilia a determinar o campo de atuação do SGE (ABNT NBR ISO 50001:2018).

- Política energética

É a declaração da organização em relação às intenções gerais, ações e compromissos com o desempenho energético e este deve ser formalmente expressa pela alta direção (ABNT NBR ISO 50001:2018).

- Desempenho energético

São aqueles resultados mensuráveis em relação à eficiência energética, uso e consumo de energia.

- Objetivo energético

É o resultado ou realização específica determinada para atender à política energética da organização em relação à melhoria do desempenho energético dela, ou seja, assiste na direção que deve seguir as ações do SGE, tales como reduzir o consumo energético.

- Meta energética

É um requisito de desempenho energético quantificável, procedente do objetivo energético o qual é necessário ser atendido para atingir este objetivo.

- Revisão energética

É a delimitação do desempenho energético com base em dados e informações, levando à identificação das oportunidades de melhoria.

- Uso significativo de energia (USE)

É o uso da energia responsável por parte considerável do consumo de energia e que ofereça oportunidade de melhoria de desempenho energético.

- Linha de base energética (LBE)

Referência quantitativa que fornece a base para comparação do desempenho energético. Reflete um período especificado.

- Indicador de desempenho energético (IDE)

É o valor ou medida do desempenho energético, conforme definido pela organização.

- Auditoria interna

É o processo sistemático, independente e documentado da obtenção de evidências e avaliações objetivas com o intuito de determinar quais requisitos estão sendo cumpridos.

Como todas as ISOs, a ISO 50001 estabelece requisitos que devem ser cumpridos à risca pelas organizações que desejam a certificação. De forma resumida, os principais pontos que devem ser atendidos são:

- Elaborar uma política interna para um consumo mais eficiente de energia;
- Definir objetivos e metas para que a política seja implantada e para que a empresa busque de forma permanente a melhoria contínua de seu desempenho energético;
- Levantar dados sobre o consumo de energia e utilizá-los na tomada de decisões;
- Melhorar a forma de consumir energia por meio de novas tecnologias e ferramentas, utilizando software de gerenciamento de energia e utilidades;
- Monitorar processos e mensurar resultados, incluindo as medições do consumo na empresa, hoje comumente feitas por meio do monitoramento em tempo real das operações;
- Rever sistematicamente a performance do Sistema de Gestão de Energia para identificar onde a eficiência pode ser aumentada (o sistema deve ser capaz de identificar desvios, anomalias e oportunidades de economia de forma permanente e sistemática);
- Atender os requisitos legais e contratuais associados à Gestão de Energia (o que acaba sendo um benefício também, pois esse item impõe que a empresa faça um controle mais rigoroso dessas exigências e, com isso, é mais fácil evitar multas devido ao descumprimento de alguma obrigatoriedade).

2.5.A ISO 50002

Uma auditoria ou avaliação energética compreende uma revisão detalhada do desempenho energético de uma organização, de um processo ou de ambos. Normalmente se baseia na medição e observações adequadas dos usos e o consumo

energético. Os produtos da auditoria geralmente incluem informações sobre o consumo e o desempenho atual, e podem vir acompanhados de uma série de recomendações, classificadas para melhorar o desempenho energético. Uma auditoria de energia pode respaldar uma inspeção de energia como se descreve na ISO 50001 ou se pode utilizar de forma independente (ABNT NBR ISO 50002:2014).

2.5.1. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Um diagnóstico energético é um estudo por meio do qual se obtém conhecimento sobre o consumo de energia de uma indústria, edifício ou processo, ele é planejado e conduzido para entender as variáveis energéticas e identificar oportunidades de melhoria na eficiência e no uso eficiente dos recursos energéticos e produtivos. O resultado desta prática traz informações do uso e desempenho atual, além de listar recomendações por prioridades para uma melhoria, isto podendo ser por desempenho energético e/ou benefícios econômicos (ABNT NBR ISO 50002:2014).

Conforme a norma ABNT NBR ISO 50002, o processo para a realização de um diagnóstico energético deve ser realizado conforme os seguintes princípios:

- a) ser consistente com o escopo do diagnóstico energético, fronteira e objetivos do diagnóstico acordado;
- b) as medições e observações sejam apropriadas aos usos e ao consumo de energia;
- c) os dados coletados de desempenho energético sejam representativos das atividades, processos, equipamentos e sistemas;
- d) os dados utilizados para quantificar o desempenho energético e identificar as oportunidades de melhoria sejam consistentes e únicos;
- e) o processo de coleta, validação e análise de dados seja rastreável;
- f) o relatório do diagnóstico energético forneça oportunidades de melhoria do desempenho energético com base em análises técnica e econômica apropriadas.

Para realizar o diagnóstico energético precisa-se realizar uma compilação prévia de informações. Para isso, deve-se considerar informação sobre as instalações, é muito conveniente ter todo o tipo de documentação relacionada com as instalações e o seu funcionamento energético. Deve ser recolhido:

- Planos do estabelecimento;

- Diagramas unifilares;
- Recibos de serviços de energia de pelo menos o último ano;
- Horários de funcionamento.

Estas informações devem ser fornecidas pelos representantes da fábrica. Uma vez recolhidas e analisadas as informações iniciais disponíveis, é preciso realizar a visita de percurso às instalações, o que permitirá uma avaliação mais completa e precisa. O principal objetivo deste registro é saber o que está na instalação e como funciona, pois, é impossível calcular o impacto das medidas sem conhecer a fundo a instalação. Os principais dados que precisam ser obtidos durante a visita são, portanto, a potência dos equipamentos consumidores de energia e suas horas de uso.

2.5.2. NÍVEIS DE AUDITORIA ENERGÉTICA

Dependendo da necessidade da organização, é possível selecionar um ou mais níveis de avaliação como uma guia para a determinação do alcance e o nível de detalhamento da auditoria. Os níveis de auditoria não são requisitos absolutos. As organizações podem ajustar o nível de detalhamento da auditoria da energia entre os níveis 1 ao 3 para assim adaptar-se nas necessidades da organização. O nível 1 representa o nível mínimo de detalhamento que poderia denominar-se adequadamente como uma auditoria energética. O nível adequado de detalhamento requerido para uma auditoria depende do objetivo da auditoria, os usos de energia e o consumo de energia e os recursos disponíveis para a auditoria. Como atividade de auditoria preliminar, as organizações e o auditor da energia devem estabelecer a disponibilidade de dados para permitir um maior nível de auditoria. Se for requerida uma medição adicional, então a organização e o auditor deveriam acordar o alcance das medições solicitadas antes de realizar a auditoria. Para auditorias no nível 2, ou superior, é aconselhável que a organização e o auditor acordem uma tarifa atual ou uma tarifa de referência para a análise financeira, na auditoria nível 3, a análise de grau de investimento financeiro da organização é imprescindível (ABNT NBR ISO 50002:2014).

Tabela 2.5.2 - Níveis de Auditorias Energéticas

Níveis	Descrição
Nível 1	Proporciona uma visão geral quantitativa do rendimento energético baseado em dados da visão geral, destinado à determinação do potencial de melhora do rendimento energético baseado na avaliação adicional para identificar sistemas específicos que marquem um maior nível de atenção. Dirigido a organizações pequenas e medianas, para as quais uma auditoria detalhada usualmente não é rentável; também pode-se utilizar como uma auditoria preliminar para organizações maiores. Implica num recorrido pelo sítio para inspecionar visualmente os sistemas que utilizam energia; inclui uma avaliação dos dados energéticos gerais para analisar o uso e os padrões de energia; identifica oportunidades sem custo e de baixo custo para melhorar o rendimento energético (ABNT NBR ISO 50002:2014).
Nível 2	Auditoria detalhada para permitir recomendações quantificadas de economia de energia em vez de inúmeras recomendações para investigação adicional; alguns grandes projetos ou oportunidades podem exigir dados adicionais para quantificar melhorias de desempenho energético, custos e benefícios, e ainda podem exigir mais investigações. Ele quantifica o consumo de energia por meio de uma revisão e análise mais detalhada de equipamentos, sistemas e características operacionais. Inclui medições e testes no local onde está dentro do escopo da auditoria. Os auditores devem ter experiência técnica, gerencial e profissional, bem como habilidades e familiaridade com os usos de energia auditados para analisar dados detalhados de energia e processo para identificar e avaliar oportunidades (ABNT NBR ISO 50002:2014).
Nível 3	Define uma auditoria abrangente para quantificar as despesas de capital que, normalmente, são realizadas após uma auditoria de Nível 1 ou Nível 2; muitas vezes uma avaliação no nível de processo ou subsistema, como para um sistema de bombeamento. Auditoria detalhada para quantificar o consumo de energia através de uma revisão e análise mais detalhada de equipamentos, sistemas, características operacionais e medições no local, levando em consideração as diferentes demandas do sistema. Os dados de energia devem ser monitorados por um período longo o suficiente para capturar as várias condições operacionais e variáveis relevantes que requerem seu próprio conjunto de medições. Além dos requisitos de competência no Nível 2, você pode exigir conhecimento mais específico de processo e medição. Um relatório de auditoria de Nível 3 fornece níveis de precisão de grau de investimento para informar o processo de investimento de capital da organização (ABNT NBR ISO 50002:2014).

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 50002:2014.

2.6. CÁLCULO DO CONSUMO MENSAL

O cálculo do consumo mensal de cada equipamento foi realizado a partir dos dados de potência, quantidade de equipamentos por sala, horas por dia e dias por semana em que o equipamento consome energia, fator de utilização, a partir da equação a seguir:

$$\text{Consumo [kWh]} = \frac{P * Q * h * d * 4 * f_u}{1000} \quad (2.7)$$

Sendo:

P – Potência do equipamento [W];

Q – Quantidade [-];

h – Horas de uso por dia [h/dia];

d – Dias de uso por semana [dia/semana];

f_u – Fator de utilização [-].

A equação foi dividida por 1000 para obter o resultado do consumo em kWh e o fator 4 está presente na equação por considerarmos 4 semanas em um mês.

2.6.1. FATOR DE UTILIZAÇÃO

Segundo Mamede Filho (2001), fator de utilização é o valor que deve ser multiplicado pela potência nominal do aparelho a fim de se obter a potência média absorvida por ele. É dizer o fator pelo qual deve ser multiplicada a potência nominal do aparelho para se obter a potência média absorvida pelo mesmo, nas condições de utilização.

Neste trabalho será obtido este valor mediante a utilização de medidores elétricos da fábrica e o valor obtido no cálculo do consumo mensal da fábrica, na equação 2.7.1. aprecia-se este cálculo:

$$f_u [\%] = \frac{\text{Consumo mesal calculado}}{\text{Consumo mensal obtido nos medidores elétricos}} \quad (2.7.1)$$

2.6.2. COOLING DEGREE DAYS (CDD)

O CDD é uma medida projetada para quantificar a demanda de energia necessária para resfriar edifícios. É o número de graus que a temperatura média de um dia está acima da temperatura de operação do sistema de refrigeração (*setup*). Estudos mostraram que, quando a temperatura externa atinge esse nível, as pessoas dentro não mais desejam aquecer o prédio, mas começam a considerar seu resfriamento (SCOTT, 2022).

Embora o CDD possa descrever a necessidade geral de resfriamento como parte do planejamento de edifícios residenciais ou comerciais, é fundamental para a precificação de derivativos climáticos. Esses instrumentos criam uma ferramenta de gerenciamento de risco que empresas de serviços públicos, agricultura, construção e outras podem usar para proteger suas atividades afetadas pelo clima externo, seja demanda de energia, estação de cultivo ou tempo de trabalho ao ar livre. Existem

várias maneiras de calcular o CDD. Quanto mais detalhado for o registro dos dados de temperatura, mais precisamente o CDD pode ser calculado (SCOTT, 2022).

O cálculo para realizar este CDD é a diferença da temperatura média por dia em relação à temperatura do *setup* do sistema de resfriamento do local, pegando apenas os valores positivos desta diferença.

2.6.3. MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS

É um procedimento de análise numérica em que, dado um conjunto de dados (pares ordenados e uma família de funções), tenta-se determinar a função contínua que melhor se aproxima dos dados (linha de regressão ou linha de melhor ajuste), fornecendo uma demonstração visual da relação entre os pontos da função. Em sua forma mais simples, busca minimizar a soma dos quadrados das diferenças ordenadas (chamadas de resíduos) entre os pontos gerados pela função e os dados correspondentes (Abdi, 2003).

Este método é comumente utilizado para analisar uma série de dados obtidos de um estudo, a fim de expressar seu comportamento de forma analítica e possibilitar a predição de valores futuros baseado em valores históricos anteriores. Neste trabalho será realizada uma análise da energia consumida pela fábrica mediante este método relacionando variáveis como CDD, consumo de refrigeração puro, consumo de produção puro, número de unidades produzidas e o consumo de energia independente da produção e o do CDD; na equação 2.7.3. se aprecia este cálculo:

$$Y [kWh] = a * CDD + b * P + c \quad (2.7.3)$$

Sendo:

Y – Energia consumida pela fábrica sem iluminação [kWh];

a – Consumo de refrigeração pura; [kWh/oC];

CDD – Cooling Degree Days [oC];

b – Consumo de produção puro [kWh/unid];

P – Unidades produzidas [unid];

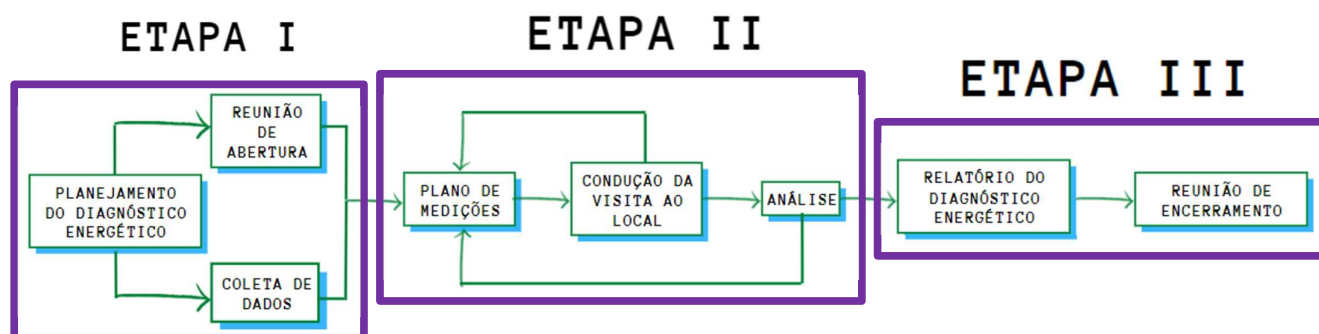
c – Consumo de energia independente da produção e do CDD [kWh].

No ano de 2009 foi inaugurada na cidade de Jundiaí, a única fábrica de capacitores de alta tensão no mundo da, então conhecida, SIEMENS. Com 5000m² de área, sua capacidade produtiva chega a mais de 15 mil unidades/ano. Esta fábrica teve uma aquisição do simulador digital RTDS, com isto, está preparada para receber sistemas de controle para HVDC (Reprodução Siemens Energy, 2022).

3.1. PROCESSO DE REALIZAÇÃO DO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

O processo de diagnóstico energético foi realizado na Fábrica de Capacitores da SIEMENS ENERGY consistiu em três etapas, a etapa 1 composta pelos seguintes atos: planejamento do diagnóstico energético, reunião de abertura e coleta de dados; a etapa 2 em que se realizou as seguintes ações: plano de medições, condução da visita ao local e análise; e, por fim, a etapa 3 constituída pela elaboração do relatório do diagnóstico energético e reunião de encerramento; isto apresentado na figura 3.1.

Figura 3.1 – Processo de Realização do Diagnóstico Energético.



Fonte: Adaptado ABNT NBR ISO 50002:2014.

3.1.1. Planejamento do diagnóstico energético

As atividades de planejamento de auditoria energética são essenciais para definir o escopo de trabalho e coletar informações preliminares da organização. Para realizar a auditoria, devem ser definidos: o objetivo; o limite;, necessidades e expectativas; nível de detalhamento exigido; prazo para conclusão da auditoria energética; critérios de avaliação de oportunidades para melhorar o desempenho energético; compromissos de tempo e outros recursos da organização; resultados esperados e formato de relatório exigido; pessoa responsável pelo processo de auditoria energética dentro da organização (ABNT NBR ISO 50002:2014). Vale mencionar que, os dados relevantes devem ser disponibilizados antes do início da auditoria energética.

Este passo é essencial para a realização da definição do escopo de diagnóstico energético, objetivos.

Para a realização desse passo na fábrica de capacitores foi:

- 1) definido o escopo, fronteiras e objetivos do diagnóstico energético;
- 2) enquadrada as necessidades e expectativas para alcançar os objetivos do diagnóstico;
- 3) definido o intervalo de tempo para completar o diagnóstico energético;
- 4) definido critério para avaliar e priorizar oportunidades de melhoria do desempenho energético.

3.1.2. Reunião de Abertura

O objetivo da reunião inicial foi informar todas as partes interessadas sobre os objetivos da auditoria, escopo, limite, nível de detalhe e acertar com as providências para a auditoria energética (por exemplo, induções de segurança do local, acesso, segurança, etc.) (ABNT NBR ISO 50002:2014). Esta etapa foi realizada informando ao gerente de desenvolvimento da fábrica de capacitores.

3.1.3. Coleta de Dados

Deve haver uma lista de pontos de medição existentes e seus processos associados, identificação de pontos de medição adicionais necessários, equipamentos de medição adequados, seus processos associados e viabilidade de instalação, duração de medição única ou registrada eletronicamente, frequência de aquisição para cada medição, período identificado durante o qual a atividade da empresa é representativa, e um responsável pela realização das medições. Precisão e repetibilidade necessárias para medições (ISO, 2014).

Trata-se de onde for possível, coletar, conferir e registrar os dados apropriados de energia que sustentem os objetivos do diagnóstico. Esta etapa foi desenvolvida a partir do acesso à informação disponibilizada pelo analista de métodos e processos da fábrica.

3.1.4. Plano de Medição

A lista de sistemas, processos e equipamentos consumidores de energia elétrica foi compilada: características detalhadas dos objetos auditados, incluindo

variáveis relevantes conhecidas e também como a organização acredita que influenciam o consumo de energia, dados atuais e históricos; monitorar informações de configuração e análise de equipamentos, planos futuros que afetam o uso de energia, documentos de projeto, operação e manutenção; auditorias energéticas ou estudos prévios relacionados com energia e desempenho energético; taxa atual ou de referência para análise financeira; outros dados econômicos relevantes; conhecimento sobre como a organização gerencia sua energia; configuração relativa do sistema de distribuição de energia e estrutura de gestão (ISO, 2014).

Este plano, a ser aplicado em outras versões do diagnóstico, deverá ser revisado baseado nos resultados obtidos durante o diagnóstico energético anterior. O plano é constituído por:

- a listagem de pontos de medição relevantes;
- a identificação de quaisquer pontos adicionais de medição;
- a duração e frequência de medição para cada medição;
- a frequência de aquisição para cada medição;
- a indicação do período adequado no qual as atividades sejam representativas;
- a indicação de variáveis relevantes disponibilizadas pela organização;
- a indicação das responsabilidades para a execução das medições.

3.1.5. Condição de visita ao local

Este passo é dividido em duas sub-etapas, as quais constaram do gerenciamento do trabalho de campo e as visitas aos locais. Abaixo seguem algumas ações realizadas:

- observado o uso de energia dentro da fábrica de capacitores e comparado com a informação fornecida;
- estudado o impacto das rotinas de operação e do comportamento dos usuários;
- geradas ideias, oportunidades, mudanças tecnológicas ou operacionais preliminares que possam levar a melhoria do desempenho energético;
- listado áreas e processos para os quais serão necessários dados adicionais para análise posterior;

- certificado que medições, observações e dados passados são representativos das práticas operacionais;
- certificado que os dados históricos fornecidos sejam representativos a uma operação normal;
- informado rapidamente a organização da fábrica de capacitores sobre possíveis dificuldades inesperadas encontradas durante o diagnóstico energético.

3.1.6. Análise

Este passo foi iniciado pela análise do desempenho energético atual, passando pela identificação das oportunidades de melhoria, e por conseguinte, realizando uma avaliação de tais oportunidades.

3.1.7. Relatório do diagnóstico energético

Neste documento foi apresentado os requisitos do diagnóstico energético acordados, a identificação das medições relevantes feitas durante o diagnóstico, um resumo da análise detalhando quaisquer estimativas, hipóteses ou incertezas, além de fornecer ainda, uma lista por ordem de prioridade das oportunidades de melhoria do desempenho com sugestão de recomendações para a implementação das oportunidades.

3.1.8. Reunião de Encerramento

Este é o passo final do diagnóstico energético, onde antes da reunião de encerramento, o relatório do diagnóstico energético será fornecido e explicado à organização nos seguintes aspectos:

- apresentados os resultados do diagnóstico energético;
- explicando os resultados e esclarecidos questionamentos;
- identificando os itens que querem uma análise mais profunda e/ou um acompanhamento.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. RESULTADO DA ANÁLISE DO LEVANTAMENTO DE CARGA DA FÁBRICA

A partir dos dados de produção dos capacitores de alta tensão da fábrica e do inventário dos equipamentos presentes em cada parte do processo fabril, foi montada uma tabela da potência instalada da fábrica. Ademais, durante o levantamento os funcionários foram questionados em relação ao tempo de uso de cada equipamento, a fim de obter-se uma estimativa de consumo de cada equipamento específico, identificando o tempo de uso dos mesmos (utilização em hora/dia e dias/semana). Com isto foi realizado o cálculo da estimativa do consumo energético mensal realizado conforme a equação 2.7. Na tabela 4.0., aprecia-se este levantamento de carga.

O aporte da iluminação para o resultado do cálculo do consumo mensal foi desconsiderado devido ao fato de que a fábrica conta um sistema de iluminação exclusivo, além do aporte do sistema de resfriamento, pois a análise dele será feito com mediante o CDD, sendo mais vantajoso sua desconsideração para efeitos do cálculo do Fator de Utilização da fábrica, com o qual o valor obtido para este cálculo do consumo mensal foi de 25491,40 kWh.

Tabela 4.0 – Levantamento de Carga da Fábrica.

Nº	Area	Equipamentos	Potência Nominal (kW)	Utilização (horas/dia)	Dias/Semana	Emissões Atmosféricas	Fator de utilização	Consumo Estimado (kWh/mês)
1	Bobinagem	Bobinadeira Hilton 01	11	10	5	Não	1	2200,0000 kWh
2	Bobinagem	Bobinadeira Hilton 02	11	10	5	Não	1	2200,0000 kWh
3	Bobinagem	Bobinadeira Hilton 03	11	10	5	Não	1	2200,0000 kWh
4	Bobinagem	Bobinadeira Hilton 04	11	10	5	Não	1	2200,0000 kWh
5	Bobinagem	Teste Drycap 01	4,4	10	5	Não	1	880,0000 kWh
6	Bobinagem	Teste Drycap 02	4,4	10	5	Não	1	880,0000 kWh
7	Bobinagem	Teste Drycap 03	4,4	10	5	Não	1	880,0000 kWh
8	Bobinagem	Teste Drycap 04	4,4	10	5	Não	1	880,0000 kWh
9	Bobinagem	Guindaste Pneumático 01	0	10	5	Não	1	0,0000 kWh
10	Bobinagem	Guindaste Pneumático 02	0	10	5	Não	1	0,0000 kWh
11	Bobinagem	Guindaste Pneumático 03	0	10		Não	1	0,0000 kWh
12	Bobinagem	Schiller	42,9	8	5	Não	1	6864,0000 kWh

13	Bobinagem	Fancoil	18	12	5	Não	1	4320,0000 kWH
14	Montagem	Teste a Seco 01	5	20	5	Não	1	2000,0000 kWH
15	Montagem	Inserora de Pacotes	1,5	20	1	Não	1	120,0000 kWH
16	Papel	Enrolar Canudos	0,75	2	5	Não	1	30,0000 kWH
17	Papel	Fio Fusível	0,75	1	5	Não	1	15,0000 kWH
18	Montagem	Fita e Cordoalha	2,2	20	5	Não	1	880,0000 kWH
19	Papel	Guilhotina COR- DOB	3,7	20	5	Não	1	1480,0000 kWH
20	Papel	Dobradeira IMAG 2000	0	20	5	Não	1	0,0000 kWH
21	Papel	Dobradeira IMAG 1000	0,2	20	5	Não	1	80,0000 kWH
22	Montagem	Talha da Solda Fundo	1,8	20	5	Não	1	720,0000 kWH
23	Embalagem	KBK Racks 01	5	10	5	Não	1	1000,0000 kWH
24	Racks	KBK Racks 02	5	5	7	Não	1	700,0000 kWH
25	Racks	Ponte Rolante 6,3T	7,1	5		Não	1	0,0000 kWH
26	Secagem e Impregnação	Aquecimento Forno Secagem 01	42,2	10	5	Não	1	8440,0000 kWH
27	Secagem e Impregnação	AquecimentoForn o Secagem 02	42,2	10	4	Não	1	6752,0000 kWH

28	Secagem e Impregnação	Aquecimento Forno de secagem 03	42,2	10	4	Não	1	6752,0000 kWH
29	Secagem e Impregnação	Aquecimento Forno de secagem 06	42,2	10	4	Não	1	6752,0000 kWH
30	Secagem e Impregnação	Talha dos Tambores	1,8	4	5	Não	1	144,0000 kWH
31	Secagem e Impregnação	Heat Soaking 01	7,5	24	5	Sim	1	3600,0000 kWH
32	Secagem e Impregnação	Heat Soaking 02	7,5	24	5	Sim	1	3600,0000 kWH
33	Secagem e Impregnação	Heat Soaking 03	7,5	24	5	Sim	1	3600,0000 kWH
34	Secagem e Impregnação	Bomba de vácuo Duo Line Pfeifer	1,8	24	5	Não	1	864,0000 kWH
35	Secagem e Impregnação	Bomba de vácuo Duo Line Pfeifer	1,8	24	5	Não	1	864,0000 kWH
36	Secagem e Impregnação	Bomba de vácuo E2M80	2,2	24		Não	1	0,0000 kWH
37	Secagem e Impregnação	Bombas Tratamento de óleo	3,75	24	5	Não	1	1800,0000 kWH

38	Secagem e Impregnação	Bomba Roots Forno 01	11	24	5	Não	1	5280,0000 kWh
39	Secagem e Impregnação	Bomba Roots Forno 02	11	24	5	Não	1	5280,0000 kWh
40	Secagem e Impregnação	Bomba Roots Forno 03	13,2	12	5	Não	1	3168,0000 kWh
41	Secagem e Impregnação	Bomba de Parafuso Forno 03	6,9	12	5	Não	1	1656,0000 kWh
42	Secagem e Impregnação	Bomba de Pistão Forno 04	7,5	12	5	Não	1	1800,0000 kWh
43	Secagem e Impregnação	Bomba Seca Parafuso Forno 05	6,6	12	5	Não	1	1584,0000 kWh
44	Secagem e Impregnação	Bomba Seca Parafuso Forno 06	6,6	12	5	Não	1	1584,0000 kWh
45	Secagem e Impregnação	Aquecimento Banho Lavagem	7,5	4	5	Não	1	600,0000 kWh
46	Secagem e Impregnação	Ponte Talha 1250kg Desengraxe	2,2	10	5	Não	1	440,0000 kWh
47	Jateamento e Pintura	Cabines de Pintura	11,6	10	5	Sim	1	2320,0000 kWh
48	Jateamento e Pintura	Estufa da cabine	7,5	10	5	Sim	1	1500,0000 kWh

49	Jateamento e Pintura	Talha da Pintura	1,8	10	5	Não	1	360,0000 kWH
50	Jateamento e Pintura	Máquina de Jateamento	20	10	5	Sim	1	4000,0000 kWH
51	Jateamento e Pintura	Talha do Jato	1,8	10	5	Não	1	360,0000 kWH
52	Manutenção	Compressor Atlas 1	29	12	5	Não	1	6960,0000 kWH
53	Manutenção	Compressor Chicago	29	12	5	Não	1	6960,0000 kWH
54	Manutenção	Torre de resfriamento	0,75	24	5	Não	1	360,0000 kWH
55	Manutenção	Gerador de N2	0,08	24	5	Não	1	38,4000 kWH
56	Manutenção	Serra de fita (fundo)	1,5	10	5	Não	1	300,0000 kWH
57	Manutenção	Furadeira	0,75	10	5	Não	1	150,0000 kWH
58	Recuperação	Furadeira	0,75	10	5	Não	1	150,0000 kWH
59	Montagem	Exaustor Nederman	14	20	5	Sim	1	5600,0000 kWH
60	Recuperação	Exaustor Nederman	5,8	10	5	Sim	1	1160,0000 kWH
61	Recuperação	Exaustor Nederman	14	10	5	Sim	1	2800,0000 kWH
62	Papel	Femes - placa fusível	0,8	20	5	Não	1	320,0000 kWH
63	Papel	Femes - isolamento 0,3	0,8	20	1	Não	1	64,0000 kWH
64	Papel	Dellmarck	7,5	20		Não	1	0,0000 kWH

65	Papel	Talha Dellmarck	1,8	20	5	Não	1	720,0000 kWh
66	Montagem	Estação solda Automática	70	12	5	Não	1	16800,0000 kWh
67	Geral	Iluminação Galpão	24	0	5	Não	1	0,0000 kWh
69	Geral	A/C's	80,65	0	5	Não	1	12904,0000 kWh
68	Laboratório elétrico	Transformadores	600	8	5	Não	1	96000,0000 kWh
								25491,4000 kWh

Fonte: O autor, 2022

4.2. SISTEMA DE RESFRIAMENTO DA FÁBRICA

Calculado o consumo mensal, foi possível analisar o consumo por tipo de equipamento e, assim, apontar quais são os que apresentam USE.

A análise foi realizada considerando o clima da região como um fator que afeta o uso significativo de energia, devido ao grande número de condicionadores de ar e a elevada temperatura em alguns meses do ano. O histórico de temperaturas na cidade de Jundiaí está ilustrado na Figura 4.2.

Figura 4.2 – Histórico de temperaturas na cidade de Jundiaí.



Fonte: MSN Clima - Windows 10.

A partir dos dados obtidos no histórico de temperaturas média da cidade de Jundiaí, foi realizado o cálculo do “Cooling Degree Day” (CDD), onde foi considerada a temperatura de setup de 19 °C, a tabela 4.2 contém os dados base para a análise do sistema de resfriamento da fábrica.

Tabela 4.2 – Dados base para a análise do sistema de resfriamento da Fábrica.

Mês	CDD (oC)	UNID PROD (UNID)	ENERGIA SEM ILUMINAÇÃO (kWh)
outubro/21	33	1.154	34.125,40
novembro/21	37	1.109	42.332,92
dezembro/21	71	1.399	65.993,01
janeiro/22	90	1.102	56.641,89
fevereiro/22	85	1.065	55.136,78
março/22	67	1.766	63.595,58
abril/22	22	1.608	60.230,73
maio/22	0	1.663	53.772,02
junho/22	0	1.720	33.262,03
julho/22	0	996	53.358,58
agosto/22	0	820	49.440,29
setembro/22	5	952	30.249,91

Fonte: O autor, 2022.

Posteriormente, utilizando conceitos matemáticos de mínimos quadrados, foi encontrado o seguinte sistema de equações (equação 4.2.1):

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n=12} (CDD_i)^2 & \sum_{i=1}^{n=12} (CDD_i * P_i) & \sum_{i=1}^{n=12} (CDD_i) \\ \sum_{i=1}^{n=12} (CDD_i * P_i)^2 & \sum_{i=1}^{n=12} (P_i)^2 & \sum_{i=1}^{n=12} (P_i) \\ \sum_{i=1}^{n=12} (CDD_i) & \sum_{i=1}^{n=12} (P_i) & \sum_{i=1}^{n=12} (1) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \\ \hat{c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n=12} (CDD_i * Y_i) \\ \sum_{i=1}^{n=12} (P_i * Y_i) \\ \sum_{i=1}^{n=12} (Y_i) \end{bmatrix} \quad (4.2.1)$$

Logo, resolvendo este sistema mediante o método de eliminação de Gauss-Jordam, foi determinado os termos da equação 4.2.2 sendo:

$$Y [kWh] = 176,8354 * CDD + 10,1515 * P + 30814,135 \quad (4.2.2)$$

4.3. HISTÓRICO DE CONSUMO ENERGÉTICO

Em seguida, foi realizada a coleta de dados de medição de toda a fábrica. Esta fábrica do complexo fabril possui medidores elétricos conforme o anexo B, sendo um deles exclusivo para iluminação, e outro para a fábrica como um todo. Os medidores do complexo fabril são gerenciados utilizando o software Sisacs 3000, ferramenta empregada para a extração da base de dados destes medidores.

A Tabela 4.0.1 é um resumo dos cálculos realizados numa planilha digitalizada em Microsoft Excel, com os dados coletados dos medidores, as informações de fabricação ao longo do último ano fiscal da SIEMENS ENERGY BRASIL LTDA.

Tabela 4.3 – Dados dos medidores e Produção.

Consumo Fabrica							
Mês	Energia Consumida Fábrica	Energia Consumida Iluminação	Energia Consumida Sem Iluminação	Unidades Produzidas	Energia x Produção	Energia x Produção (Sem iluminação)	Fator de Utilização
out/21	40357,4383 kWh	6232,0432 kWh	34125,3951 kWh	1154 Und	34,9718 kWh/Und	29,5714 kWh/Und	20,60%
nov/21	49252,0298 kWh	6919,1134 kWh	42332,9164 kWh	1109 Und	44,4112 kWh/Und	38,1722 kWh/Und	
dez/21	72730,7748 kWh	6737,7612 kWh	65993,0136 kWh	1399 Und	51,9877 kWh/Und	47,1716 kWh/Und	
jan/22	63713,4426 kWh	7071,5522 kWh	56641,8904 kWh	1102 Und	57,8162 kWh/Und	51,3992 kWh/Und	
fev/22	62766,5119 kWh	7629,7327 kWh	55136,7792 kWh	1065 Und	58,9357 kWh/Und	51,7716 kWh/Und	
mar/22	73008,6410 kWh	9413,0575 kWh	63595,5835 kWh	1766 Und	41,3412 kWh/Und	36,0111 kWh/Und	
abr/22	68012,8263 kWh	7782,1001 kWh	60230,7262 kWh	1608 Und	42,2965 kWh/Und	37,4569 kWh/Und	
mai/22	62104,7955 kWh	8332,7753 kWh	53772,0202 kWh	1663 Und	37,3450 kWh/Und	32,3343 kWh/Und	
jun/22	40634,9579 kWh	7372,9276 kWh	33262,0303 kWh	1720 Und	23,6250 kWh/Und	19,3384 kWh/Und	
jul/22	59364,9384 kWh	6006,3619 kWh	53358,5765 kWh	996 Und	59,6034 kWh/Und	53,5729 kWh/Und	
ago/22	55650,7799 kWh	6210,4948 kWh	49440,2851 kWh	820 Und	67,8668 kWh/Und	60,2930 kWh/Und	
set/22	36202,3064 kWh	5952,3990 kWh	30249,9074 kWh	952 Und	38,0276 kWh/Und	31,7751 kWh/Und	

Fonte: O autor, 2022.

Após a coleta destes dados foi obtido o valor do fator de utilização da fábrica mediante a equação 2.7.1, obtendo o valor de 20,60%. Logo, foi realizada uma análise estatística dos valores obtidos, determinando desta forma o consumo médio de energia elétrica por unidade produzida na fábrica. Foram realizados dois casos, um considerando o consumo da iluminação no processo fabril para a obtenção deste valor e outro sem. Para ambos os cálculos foi utilizado o fator t-student com um nível de confiança de 95% (anexo A).

Na tabela 4.3.1 se apresentam os resultados dos cálculos com a inclusão do consumo energético da iluminação da fábrica.

Tabela 4.3.1 – Diagnostico Energético com energia da iluminação.

Com Iluminação	
Desvio Padrão	12,79721904
Variância	163,7688153
Média	46,5190 kWh/Und
n	12
Confiança ao 95%	2,201
Intervalo de confiança inferior	38,02643867 kWh/Und
Intervalo de confiança superior	55,01158526 kWh/Und
IC	[38,0264 ; 55,0116] kWh/Und
Δ IC	16,98514658 kWh/Und

Fonte: O autor, 2022.

Na tabela 4.3.2 se apresentam os resultados dos cálculos sem a inclusão do consumo energético da iluminação da fábrica.

Tabela 4.3.2 – Diagnostico Energético sem energia da iluminação.

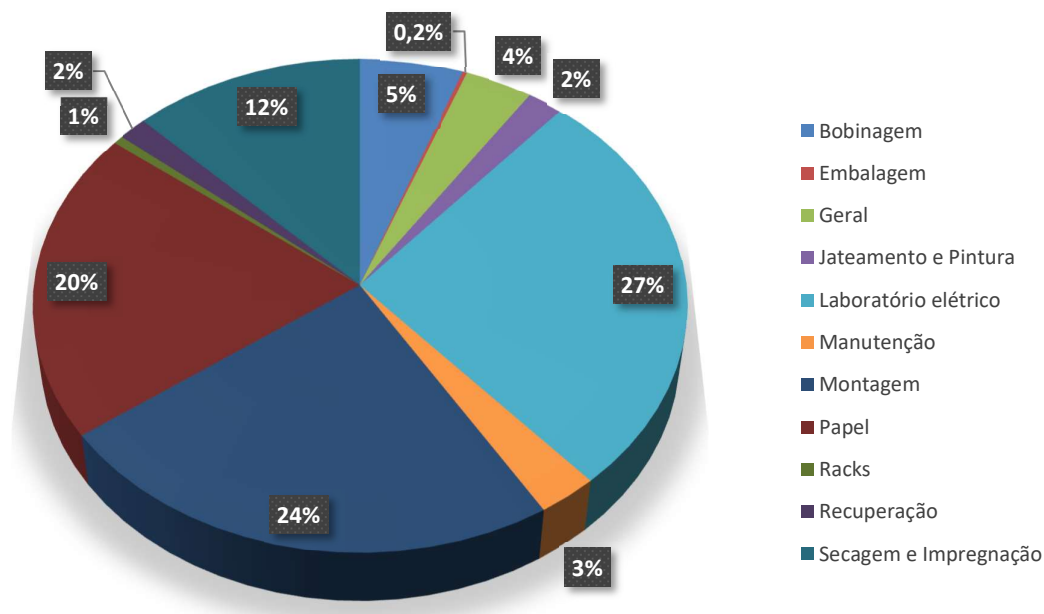
Sem Iluminação	
Desvio Padrão	12,04993023
Variância	145,2008186
Média	40,7390 kWh/Und
n	12
Confiança ao 95%	2,201
Intervalo de confiança inferior	32,74231966 kWh/Und
Intervalo de confiança superior	48,73562497 kWh/Und
IC	[32,7423 ; 48,7356] kWh/Und
Δ IC	15,99330531 kWh/Und

Fonte: O autor, 2022.

4.4. ANÁLISE DOS USES

Obtidos os valores de consumo de energia na fronteira do estudo, foi realizado uma análise do USE da fábrica mediante a potência instalada. Na figura 4.4.1 são apresentados os resultados por áreas da fábrica.

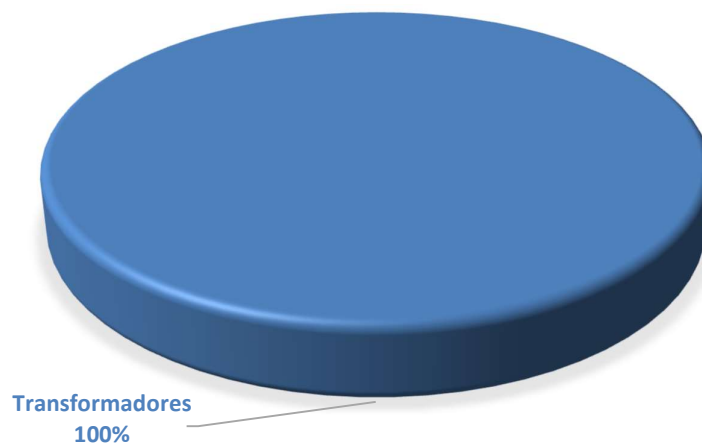
Figura 4.4.1 – Consumo de Energia por Área da Fábrica.



Fonte: O autor, 2022.

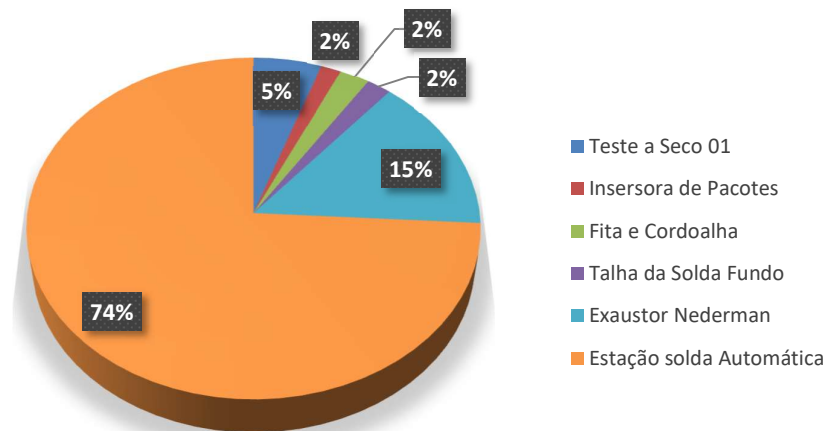
Mediante o gráfico da figura 4.4.1, é possível observar que áreas fabris onde se concentra o maior potencial de consumo é no Laboratório Elétrico, Montagem e Papel; estes representam 71% da potência total da fábrica. Nos gráficos das figuras 4.4.2, 4.4.3 e 4.4.4 são exibidos os equipamentos consumidores de cada área.

Figura 4.4.2 – Consumo de Energia por Equipamento na Área de Laboratório Elétrico de Papel da Fábrica.



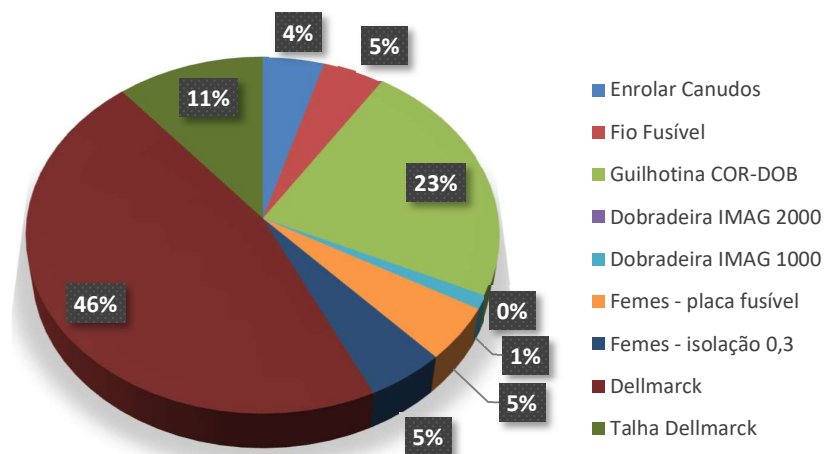
Fonte: O autor, 2022.

Figura 4.4.3 – Consumo de Energia por Equipamento na Área de Montagem da Fábrica.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 4.4.4 – Consumo de Energia por Equipamento na Área de Papel da Fábrica.



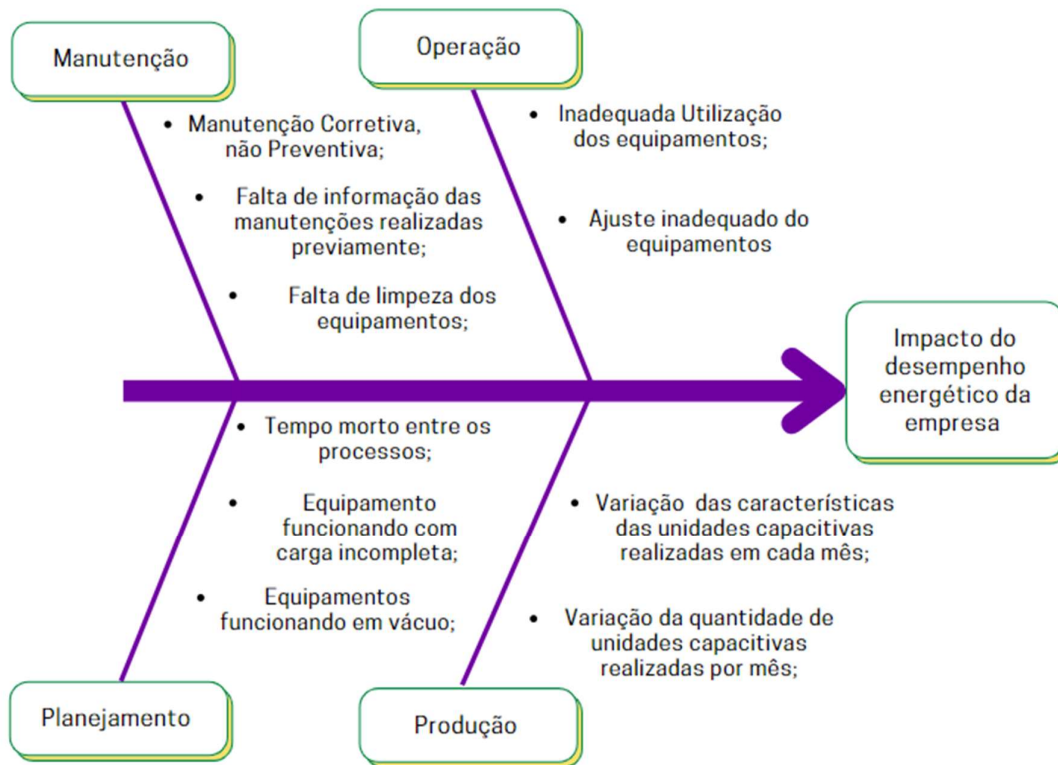
Fonte: O autor, 2022.

Os gráficos das figuras foram elaborados mediante a estimativa de uso dos equipamentos fornecida pela fábrica (tabela 4.0). E nelas podemos observar que o maior uso significativo de energia está nas áreas de laboratório elétrico, área de montagem e área de papel, respetivamente.

4.5. VARIÁVEIS RELEVANTES NO IMPACTO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DA FÁBRICA

Em conjunto com a empresa, foram identificadas quatro variáveis relevantes que impactam no desempenho energético, que são manutenção, operação, planejamento e produção. Além disso, foram levantadas algumas causas para as quais essas variáveis são consideradas e que podem ser observadas na figura 4.5

Figura 4.5 – Diagrama de causa e efeito das variáveis relevantes para o diagnóstico energético;



Fonte: O autor, 2022.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSÕES

O processo de auditoria energética, enquadrado na norma ISO 50002, faz parte da fase de revisão energética, imersa na norma ISO 50001, portanto, a implantação desse processo é um avanço no que diz respeito ao desenvolvimento de um sistema de gestão de energia, determinado na norma ISO 50001, pela empresa. De maneira geral, o estudo mostrou que o processo de auditoria energética pode ser realizado de forma simples, graças às diretrizes da norma ISO 50002, que estipula as tarefas tanto do auditor quanto da empresa a ser auditada, e mostra as etapas em ordem cronológica que devem ser realizadas para implementar com sucesso o processo de auditoria energética.

A implantação de um processo de auditoria energética em uma indústria da região depende da conscientização das empresas quanto à necessidade econômica e ambiental de ter processos produtivos mais eficientes; uma vez que a norma que contém as diretrizes para este processo, a ISO 50002, não é obrigatória. Além disso, o processo de auditoria depende de a empresa fornecer ao auditor informações relevantes para o processo e suporte adequado durante o tempo acordado do processo de auditoria energética.

O fator de utilização obtido nos resultados e discussões diz respeito ao fator pelo qual deveria ser multiplicado as potências nominais dos equipamentos da fábrica para obter a potência média absorvida por eles, nas suas respectivas condições de utilização. Este fator de utilização pode ser obtido de forma teórica mediante a utilização das normas existentes como a NBR 5410:2004, porém estes valores só farão sentido se houver um perfeito conhecimento do equipamento e de suas condições de uso. Sendo assim, o fator de utilização encontrado neste estudo foi de 20,60%, o que viria a indicar que os equipamentos utilizados na fábrica não se encontram nas melhores condições de uso energético, sugerindo que existe um elevado consumo de energia reativa pela fábrica, pois dessa forma, os equipamentos da fábrica viriam a absorver uma potência menor da potência total deles.

Para obter um melhor desempenho energético da fábrica é importante focar nas variáveis relevantes neste impacto, determinadas neste estudo, que são: manutenção, operação, planejamento e produção.

Foi obtido um valor de consumo energético médio por unidade produzida de 40,7390 kWh/Und. Este valor insere-se dentro do Intervalo de Confiança de 95%, que é de [32,7423 ; 48,7356]. Com estes valores obtidos é possível realizar uma projeção do consumo elétrico da fábrica mediante uma estimativa de produção. Também através da análise do sistema de resfriamento foi possível realizar uma descrição matemática do consumo energético da fábrica determinando os termos de Consumo de Refrigeração Puro = 176,38654, Consumo de Produção Puro = 10,1515 e Consumo de Energia Independente da Produção = 30814,135. Assim, a equação Y [kWh]=176,8354*CDD+10,1515*P+30814,135 descreve isto.

5.1. PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalhos futuros para continuação do presente estudo, estão:

- acompanhamento da autodeclaração de conformidade ou certificação da Fábrica de Capacitores da Siemens Energy à Norma ISO 50001, destacando os obstáculos e soluções encontrados para possibilitar tal processo;
- extensão da implantação da Norma ISO 50001 a outros prédios da Siemens Energy, como a fábrica de Transformadores, entre outros;
- estudo e análise de novas propostas de melhorias para o desempenho energético da empresa;
- realização de um estudo mais aprofundado e minucioso na fábrica de Capacitores focando principalmente nas áreas identificadas na análise do USE's: Laboratório Elétrico, Montagem e Papel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdi, H (2003). «[1] (2003). Least-squares.». M. Lewis-Beck, A. Bryman, T. Futing (Eds): Encyclopedia for research methods for the social sciences. Thousand Oaks (CA): Sage. pp. 792-795.

ABNT NBR ISO 50001:2018, **Sistemas de gestão da energia** — Requisitos com orientações para uso.

APLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD: ENERGÍA Y MINERÍA en Castilla y León. [S. l.], 20 nov. 2021. Disponível em: <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/suministro-electricidad-aplicaciones.html>. Acesso em: 20 nov. 2021

Beker, V. (2021). **El impacto del Covid-19 en la economía global**. Universidad de Belgrano-Centro de Estudios de la Nueva Economía (CENE).

CEBDS. **CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA: uma agenda para o Brasil**. Disponível em: <http://cebds.org/wp-content/uploads/2016/05/CEBDS_CONSUMO_EFICIENTE_DE_ENERGIA_ELÉTRICA-uma_agenda_para_o_brasil-NAVEGAVEL.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2022.

DE SOUZA, Hamilton Moss et al. Reflexões sobre os principais programas em eficiência energética existentes no Brasil. **Revista Brasileira de energia**, v. 15, p. 7-26, 2009.

DEVEZA, Ana Carolina Peixoto. **ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**. 2016. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10016265.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2022.

EL MUNDO. Las emisiones mundiales de CO2 batieron un nuevo récord en 2021. **MEDIO AMBIENTE**, [s. l.], 9 mar. 2022. Disponível em: <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/medio-ambiente/2022/03/09/62289105fc6c830f5d8b45b3.html>. Acesso em: 17 set. 2022.

ENERGÉTICA, Eficiência. **Eficiencia energética**. Clube de Autores, 2021.

FOSSA, Alberto. **Qualidade nas Instalações - BT**. Atitude Editorial, 2015.

IDAE. (2020). **Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2020** (N.º 1; pp. 26-86). <http://www.idae.es/index.php/id.663/mod.pags/mem.detalle>

Internacional Energy Agency (IEA), 2017. World Eenergy Outlook 2017. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017>>. Acesso em: 15 maio 2022.

JUNTA DE CASTILLO Y LEON. **ENERGÍA Y MINERÍA en Castilla y León: APLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD**. [S. l.], 30 nov. 2021. Disponível em: <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/suministro-electricidad-aplicaciones.html>. Acesso em: 30 nov. 2021.

MARQUES, Milton César Silva; HADDAD, Jamil; MARTINS, André Ramon Silva. **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. Itajubá: FUPAI, 2006.

ONU NEWS. Do Brasil para a COP26, indígena fala aos líderes mundiais. 2021. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/11/1768902> Acesso em: 02 nov.2021

ONUDI - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Observatório de Energias renováveis para América Latina e o Caribe. **Informe Anual**. 2018.

Poveda, M. (2007). **Eficiencia energética: recurso no aprovechado**. OLADE. Quito.

Rodríguez Olalla, A., Álvarez Gallego, S. Madrid, (2015). **La Huella de Carbono de las Organizaciones**. AENOR Ediciones.

SACOMANO, José Benedito et al. **Indústria 4.0**. Editora Blucher, 2018.

SANTOS, Marcos; MANHÃES, Aline Martins; LIMA, Angélica Rodrigues. **Indústria 4.0: Desafios e oportunidades para o Brasil**. Anais do X SIMPROD, 2018.

SCOTT, GORDON. **Cooling Degree Day (CDD)**. Investopedia, [S. l.], p. 1, 29 maio 2022. Disponível em: [https://www.investopedia.com/terms/c/colddegreeday.asp#:~:text=A%20cooling%20degree%20day%20\(CDD,Fahrenheit%20\(18o%20Celsius\)](https://www.investopedia.com/terms/c/colddegreeday.asp#:~:text=A%20cooling%20degree%20day%20(CDD,Fahrenheit%20(18o%20Celsius)). Acesso em: 18 nov. 2022.

SOARES, Gerdson *et al.* **MELHOR APROVEITAMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA NA INDÚSTRIA**: Aula prática – Medição e verificação. [S. l.], 30 nov. 2014. Disponível em: <https://osetoreletrico.com.br/melhor-aproveitamento-da-energia-eletrica-na-industria/>. Acesso em: 20 nov. 2021.

VEGA OJOPI, Vania *et al.* **La importancia de la eficiencia energética**. [S. l.], 1 jan. 2019. Disponível em: <https://www.alide.org.pe/la-importancia-de-la-eficiencia-energetica/>. Acesso em: 20 nov. 2021.

Walpole, Ronald E et al. **Probability & statistics for engineers & scientists/Ronald E. Walpole . . . [et al.]** — 9 th. Ed. ISBN 978-0-321-62911-1.Boston-USA/2011.

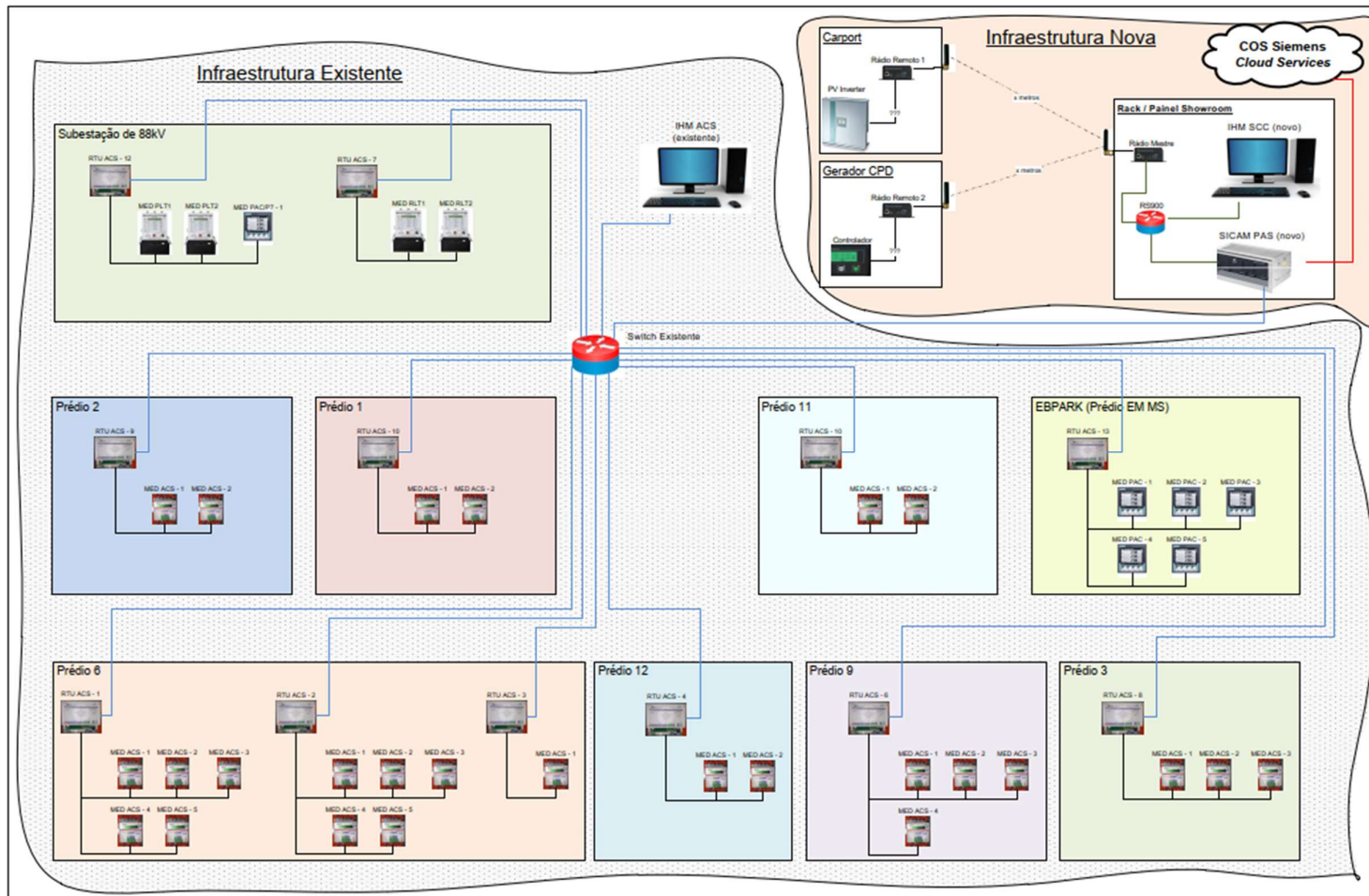
ANEXOS

Anexo A – Tabela da distribuição t-Student

<i>Unicaudal</i>	75%	80%	85%	90%	95%	97,50%	99%	99,50%
<i>Bicaudal</i>	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%
<i>gl</i>								
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.710	31.820	63.660
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
50	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678
60	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
80	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

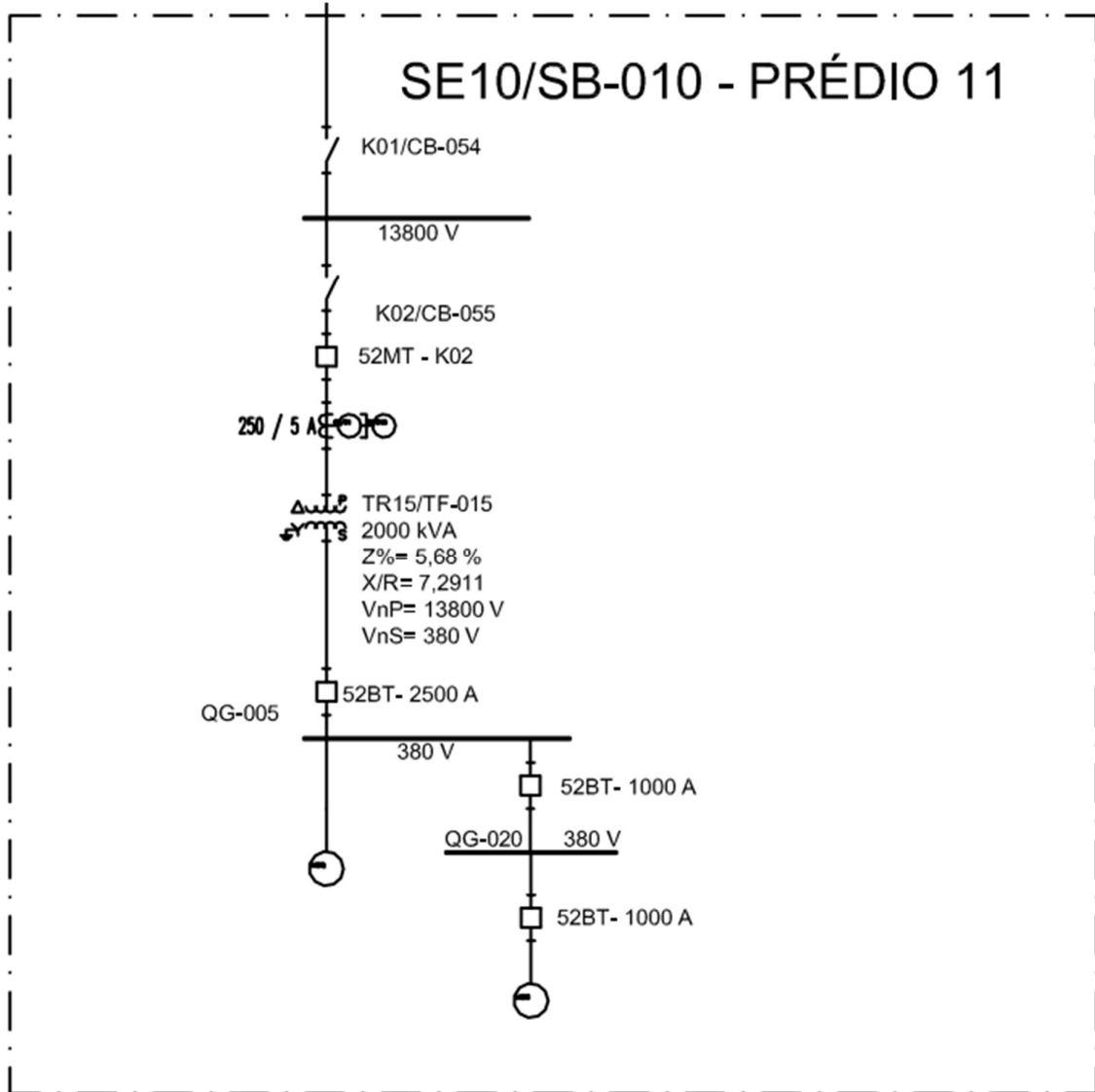
Fonte: Walpole, Ronald E et al., 2011.

Anexo B – Arquitetura do Sistema de Medição da SIEMENS ENERGY



Fonte: Reprodução Siemens Energy, 2022.

Anexo C – Diagrama Unifilar do Sistema Elétrico de Potência da Fábrica.



Fonte: Reprodução Siemens Energy, 2022.