



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



LUCCA NAKAGAWA UENO

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO CICLO PDCA NA GESTÃO
ENERGÉTICA EM UMA FÁBRICA DE BEBIDAS**

Dezembro de 2024
LUCCA NAKAGAWA UENO

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO CICLO PDCA NA GESTÃO ENERGÉTICA EM UMA FÁBRICA DE BEBIDAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Mato Grosso do
Sul.

Orientadora: Profa Dra. Nadya Kalache

Dezembro de 2024

RESUMO

A gestão energética eficiente é fundamental para indústrias que buscam aumentar sua competitividade e atender às crescentes demandas por práticas sustentáveis. Este estudo tem como objetivo analisar a implementação do Ciclo PDCA na gestão energética de uma fábrica de bebidas, com o intuito de otimizar o consumo de energia e reduzir custos operacionais. O método adotado para o estudo de caso envolveu a coleta de dados sobre o consumo energético da fábrica, seguida da aplicação do Ciclo PDCA, com foco na melhoria contínua. A análise foi realizada por meio da identificação de pontos críticos no uso de energia, aplicação de estratégias de eficiência energética e monitoramento constante dos resultados. Os resultados indicaram uma redução significativa no consumo de energia, bem como uma maior conscientização sobre práticas sustentáveis entre os colaboradores. Além disso, o ciclo de melhoria contínua permitiu ajustes em processos e equipamentos, gerando uma redução de custos a longo prazo. Conclui-se que a implementação do Ciclo PDCA na gestão energética foi eficaz para promover a eficiência, reduzir custos e contribuir para a sustentabilidade da unidade estudada, servindo como modelo para outras indústrias do setor.

Palavras-chave: Ciclo PDCA, gestão energética, eficiência energética, sustentabilidade, indústria de bebidas.

ABSTRACT

Efficient energy management is essential for industries aiming to enhance their competitiveness and meet the growing demands for sustainable practices. This study aims to analyze the implementation of the PDCA Cycle in energy management within a beverage factory, with the objective of optimizing energy consumption and reducing operational costs. The method adopted for this case study involved collecting data on the factory's energy consumption, followed by applying the PDCA Cycle with a focus on continuous improvement. The analysis included identifying critical points in energy use, implementing energy efficiency strategies, and continuously monitoring results. The findings indicated a significant reduction in energy consumption, as well as increased awareness of sustainable practices among employees. Furthermore, the continuous improvement cycle enabled adjustments to processes and equipment, leading to long-term cost reductions. It is concluded that the implementation of the PDCA Cycle in energy management was effective in promoting efficiency, reducing costs, and contributing to the sustainability of the studied unit, serving as a model for other industries in the sector.

Keywords: PDCA Cycle, energy management, energy efficiency, sustainability, beverage industry.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| SUMÁRIO | 5 |
| 1 INTRODUÇÃO | 6 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA..... | 7 |
| 1.1 OBJETIVOS | 8 |
| 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO..... | 8 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 10 |
| 2.1 GESTÃO ENERGÉTICA NAS INDÚSTRIAS | 10 |
| 2.2 CICLO PDCA COMO FERRAMENTA DE MELHORIA CONTÍNUA | 11 |
| 2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE..... | 12 |
| 2.4 SISTEMAS DE GESTÃO DE ENERGIA | 13 |
| 3 METODOLOGIA..... | 15 |
| 3.1 ETAPAS DA PESQUISA..... | 15 |
| 3.2 INDICADORES NA GESTÃO ENERGÉTICA | 17 |
| 3.3 LIMITAÇÕES NA ANÁLISE..... | 18 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 20 |
| 4.1 PDCA NA PRÁTICA | 26 |
| 4.2 MELHORIA NA EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS | 26 |
| 4.3 DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO POR SETOR | 27 |
| 4.4 EVOLUÇÃO DO INDICADOR GERAL DA PLANTA..... | 28 |
| 4.5 ECONOMIA ALCANÇADA | 28 |
| 4.6 IMPACTOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE | 28 |
| 4.7 LIMITAÇÕES E AJUSTES FUTUROS | 28 |
| 5 CONCLUSÕES | 32 |
| 6 REFERÊNCIAS..... | 33 |

1.INTRODUÇÃO

A eficiência energética é definida como a capacidade de reduzir o consumo de energia e os custos relacionados, sem comprometer a qualidade e a eficácia dos processos ou serviços (PROCEL, 2012). Este conceito, cada vez mais relevante no cenário atual, está intimamente ligado a questões ambientais e ao avanço das tecnologias. À medida que as tecnologias de gestão de energia evoluem, a eficiência energética se torna um tema central para assegurar a competitividade e a sustentabilidade das empresas, especialmente em setores industriais de alto consumo, como o de bebidas.

A crescente demanda por práticas sustentáveis e a pressão para reduzir custos operacionais têm incentivado as indústrias a adotar sistemas de gestão de energia mais eficientes. No Brasil, a indústria representa uma parcela significativa do consumo de energia, com setores como alimentos e bebidas se destacando devido à alta demanda por processos de refrigeração, movimentação de materiais e produção. Nesse contexto, a eficiência energética emerge como uma estratégia essencial, não apenas para a redução de custos, mas também para reforçar o compromisso social e ambiental das empresas (MOSKO, 2010).

O Ciclo PDCA (Planejar-Fazer-Verificar-Agir), desenvolvido por W. Edwards Deming, é uma ferramenta consolidada para a melhoria contínua dos processos industriais, inclusive na gestão energética. Sua abordagem permite a implementação progressiva de melhorias, resultando em maior eficiência no uso de energia. Na indústria de bebidas, onde o consumo energético é elevado e os custos precisam ser controlados (CCEE, 2024), essa metodologia auxilia na otimização dos processos, redução de desperdícios e adoção de práticas sustentáveis, alinhando-se tanto aos objetivos econômicos quanto ambientais.

A implementação de um sistema eficiente de gestão energética exige a definição de etapas claras, como o planejamento das necessidades energéticas, análise dos processos produtivos, adoção de tecnologias de eficiência energética e verificação contínua dos resultados. Esse processo contínuo de avaliação e ajustes assegura não apenas a redução de custos, mas também a integração de práticas sustentáveis, refletindo a responsabilidade social e ambiental das indústrias (ALDAY, 2000).

A busca por essas práticas representa um desafio crescente para as indústrias de bebidas. Empresas que conseguem alinhar a eficiência energética à sustentabilidade ambiental não apenas atendem às exigências legais, mas também ganham competitividade no mercado,

respondendo ao crescente interesse de consumidores e investidores por práticas empresariais responsáveis. Dessa forma, a implementação do Ciclo PDCA pode garantir o sucesso a longo prazo das indústrias de bebidas, especialmente em um cenário em que a eficiência e a sustentabilidade são cada vez mais valorizadas (ALENCAR, 2023).

1.1. JUSTIFICATIVA

A crescente pressão por práticas sustentáveis no setor industrial tem incentivado a busca por soluções que não apenas atendam às necessidades de eficiência econômica, mas também aos imperativos ambientais e sociais (MESQUITA, 2009). A adoção de práticas sustentáveis, especialmente no que diz respeito ao consumo de energia, é fundamental para as indústrias que buscam minimizar seus impactos ambientais e contribuir para a sustentabilidade do planeta. No contexto da indústria de bebidas, a gestão eficiente de energia é particularmente relevante, pois esse setor é intensivo no consumo de recursos energéticos, o que pode resultar em altos custos operacionais e, ao mesmo tempo, significativos impactos ambientais.

Do ponto de vista acadêmico, a relevância deste estudo reside em contribuir para o entendimento de como a implementação de um sistema estruturado de gestão energética, baseado no Ciclo PDCA, pode otimizar o uso de energia nas indústrias de bebidas. Além disso, ao investigar a eficácia desse sistema de gestão no contexto específico de uma fábrica de bebidas, o estudo oferece um aprofundamento sobre práticas que podem ser aplicadas em diversos setores industriais, ajudando a difundir o conhecimento sobre eficiência energética e suas implicações práticas.

A importância da gestão energética na indústria de bebidas também é demonstrada por dados do setor energético brasileiro. Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN, 2022), a indústria é responsável por aproximadamente 37% do consumo de energia no Brasil, com setores como alimentos e bebidas destacando-se entre os de maior demanda. Isso ocorre principalmente devido ao uso intenso de energia em processos como refrigeração, movimentação de materiais e produção. Para a indústria de bebidas, que enfrenta altos custos operacionais, a adoção de estratégias de eficiência energética não é apenas uma maneira de reduzir gastos, mas também uma ferramenta com potencial para a redução de emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se às metas globais de sustentabilidade.

Além disso, este estudo tem um impacto prático significativo, pois pode servir de modelo para outras indústrias do setor. A implementação do Ciclo PDCA, com foco na melhoria contínua, oferece uma abordagem estruturada e mensurável para a gestão de energia.

Com base nas lições extraídas desta pesquisa, outras empresas podem adaptar o processo para suas próprias necessidades, promovendo a eficiência energética e contribuindo para a sustentabilidade do setor industrial de maneira geral. Isso não apenas fortalece a competitividade das empresas que adotam práticas sustentáveis, mas também demonstra sua responsabilidade social e ambiental frente às exigências do mercado e da sociedade.

1.2. OBJETIVOS

Objetivo Geral:

- Analisar a implementação do Ciclo PDCA na gestão energética de uma fábrica de bebidas localizada em Campo Grande – MS.

Objetivos Específicos:

- Mapear o consumo energético atual da fábrica de bebidas, identificando os principais pontos críticos e áreas de alto consumo de energia.
- Aplicar o Ciclo PDCA para diagnosticar e propor melhorias nos processos de consumo energético, com o objetivo de reduzir desperdícios e melhorar a eficiência operacional.
- Implementar estratégias de eficiência energética nas etapas de produção e operação, considerando o uso de tecnologias e práticas sustentáveis para otimizar o consumo de energia.
- Avaliar os resultados das ações implementadas, com base na comparação entre o consumo energético antes e depois da aplicação do Ciclo PDCA, identificando os ganhos em termos de redução de custos e maior sustentabilidade.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

• **Tópico 1 - Introdução:** será apresentado o contexto da pesquisa, incluindo a justificativa e os objetivos gerais e específicos do estudo. A introdução abordará a relevância da implementação do Ciclo PDCA na gestão energética em uma fábrica de bebidas, destacando tanto sua importância acadêmica quanto prática. Será descrita também a estrutura do trabalho, com uma visão geral dos capítulos subsequentes.

• **Tópico 2 - Revisão da Literatura:** Explora os conceitos fundamentais relacionados à gestão energética, o papel estratégico da energia nas indústrias, com ênfase no setor de bebidas, e o uso do Ciclo PDCA como ferramenta de melhoria contínua. Inclui também a análise de práticas de

eficiência energética e sustentabilidade no setor, além de detalhar os sistemas de gestão de energia utilizados, como o GESTAL e o Power BI.

- **Tópico 3 – Procedimentos Metodológicos:** será detalhada a metodologia adotada para a implementação do Ciclo PDCA na gestão energética da fábrica de bebidas. Serão descritos os materiais utilizados, como o Sistema de Gestão de Energia GESTAL, e os métodos empregados para o diagnóstico do consumo energético, o planejamento das melhorias, a execução das ações, a verificação dos resultados e as ações corretivas. Também serão apresentadas as etapas de coleta de dados e análise quantitativa.

- **Tópico 4 - Resultados:** apresentará os resultados obtidos a partir da implementação do Ciclo PDCA, com base nos indicadores de desempenho energético. Serão discutidos os dados de consumo de energia, a redução de custos operacionais, e a melhoria na eficiência energética em cada setor da fábrica. O desempenho será avaliado por meio de gráficos, permitindo a visualização dos impactos das ações implementadas.

- **Tópico 5 - Discussões:** os resultados obtidos serão analisados à luz da literatura revisada, comparando-os com estudos anteriores. Serão discutidas as dificuldades encontradas, os fatores que influenciaram o sucesso ou as limitações do processo de implementação, e as lições aprendidas durante a pesquisa. O impacto das melhorias energéticas no ambiente de trabalho e na sustentabilidade da fábrica também será abordado.

- **Tópico 6 - Conclusão:** apresentará as conclusões gerais do estudo, resumindo os principais achados da pesquisa e as contribuições para a área de gestão energética na indústria de bebidas. Serão propostas recomendações para a continuidade do processo de melhoria e a aplicabilidade do modelo em outras fábricas ou indústrias com características semelhantes.

2.REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Gestão Energética nas Indústrias

A gestão energética nas indústrias é um processo estratégico que visa otimizar o uso da energia, reduzindo custos, aumentando a eficiência operacional e diminuindo os impactos ambientais. Em setores com altos consumos de energia, como o de bebidas, a eficiência energética é crucial. A produção de refrigerantes, por exemplo, envolve etapas intensivas em energia, como refrigeração, sopro e transporte, que exigem soluções de gestão bem estruturadas para minimizar desperdícios e otimizar o consumo.

Nos processos industriais, as ineficiências podem responder por 70% a 90% dos custos de transformação, indicando um consumo excessivo de recursos em relação ao necessário para converter insumos e matérias-primas em produtos acabados (MARTINS, 2016). Esse desperdício impacta diretamente os custos operacionais, reduz a produtividade e compromete a competitividade das empresas. Em muitos casos, essas dificuldades financeiras podem resultar no encerramento das atividades ou mesmo na falência do negócio.

O segmento de Alimentos e Bebidas apresentou o maior crescimento no consumo de energia no setor industrial, registrando um aumento de 19,7% em 2023 (BEN, 2024). Esse crescimento reflete a expansão da capacidade produtiva e o aumento da demanda por alimentos e bebidas, impulsionados pelo crescimento populacional e mudanças nos padrões de consumo. No entanto, esse aumento significativo também destaca a necessidade de investir em tecnologias mais eficientes e em estratégias de gestão energética para reduzir o impacto ambiental e os custos operacionais. A aplicação de práticas sustentáveis, como a utilização de energias renováveis e a automação de processos, pode ser essencial para equilibrar o crescimento do setor com as metas de eficiência e sustentabilidade.

Ao analisar o contexto energético dentro da indústria, é possível perceber que o aproveitamento eficiente dos recursos energéticos depende do envolvimento de toda a equipe organizacional. Isso significa que todos os processos produtivos, desde a operação até a gestão, precisam ser orientados por práticas que promovam o uso racional da energia. A implementação dessas práticas não deve ser limitada a um único setor, mas deve englobar toda a estrutura da empresa, assegurando que a eficiência energética se torne uma prioridade em todas as etapas da produção (MOSCO, PILATTI & PEDROSO, 2010).

A gestão energética não se resume apenas à redução de custos operacionais, mas também à busca por soluções sustentáveis, que minimizem o impacto ambiental. É traduzida

como a melhor utilização da energia empregada em um processo de produção de forma que haja menor consumo, sem reduzir a produtividade, conforto e a qualidade de vida, além de propiciar a preservação do meio ambiente de forma sustentável (TAKEDA, 2020).

2.2. O Ciclo PDCA como Ferramenta de Melhoria Contínua

O Ciclo PDCA é uma ferramenta que pode contribuir muito para a gestão energética nas indústrias, pois promove um processo contínuo de melhoria e otimização. Ele é composto pelas fases de Planejar, Executar, Verificar e Agir, e sua aplicação na gestão energética possibilita uma abordagem sistemática e eficaz na busca por eficiência e sustentabilidade (ANDRADE, 2003). Durante a fase de planejamento, as organizações estabelecem objetivos claros e conduzem um diagnóstico detalhado do consumo de energia, identificando áreas de desperdício e oportunidades para melhorias. Por exemplo, pode-se avaliar o desempenho energético dos equipamentos e processos, com base em indicadores como o consumo de energia por unidade de produção.

Na fase de execução, a organização implementa ações práticas, como a substituição de equipamentos antigos por tecnologias mais eficientes ou a modificação de processos produtivos para reduzir o consumo energético. Um exemplo comum é a instalação de sistemas de automação para otimizar o uso de energia em áreas como refrigeração, aquecimento ou iluminação. A fase de verificação envolve o monitoramento e análise dos resultados, onde os dados de consumo energético são comparados com as metas estabelecidas, permitindo a identificação de desvios ou falhas. A utilização de ferramentas como o GESTAL ou o Power Bi facilita essa análise, permitindo uma visualização mais precisa e eficiente dos dados. Por fim, a fase de ação implica em ajustes contínuos, com base nos resultados obtidos, para garantir que as metas de eficiência energética sejam atingidas de maneira sustentável e alinhada aos objetivos estratégicos da organização.

Conforme descrito por Slack (1996), o Ciclo PDCA, com sua natureza cíclica e repetitiva, é uma representação clara do processo de melhoria contínua. Sua aplicação em gestão energética não apenas reduz custos, mas também aumenta a produtividade ao promover uma gestão mais eficiente dos recursos energéticos. Dessa forma, a utilização do PDCA contribui para o aprimoramento constante das operações e para a implementação de soluções sustentáveis, beneficiando as organizações no longo prazo. Esse modelo de melhoria contínua, quando aplicado corretamente, resulta em um ciclo de feedback constante, em que cada etapa contribui para refinar a eficiência energética, maximizando os resultados positivo para a organização e o meio ambiente.

2.3. Eficiência Energética e Sustentabilidade

A indústria de bebidas é caracterizada por um alto consumo energético devido a processos como refrigeração, uso de equipamentos de elevado consumo e movimentação constante de produtos ao longo da cadeia de produção. Esse perfil energético exige, portanto, a busca incessante por soluções que promovam maior eficiência energética, sem comprometer a qualidade dos produtos (TONIM, 2009). A eficiência energética, nesse contexto, envolve otimizar o uso de energia em cada etapa do processo produtivo, reduzindo desperdícios e custos operacionais. Além disso, ela inclui a adoção de novas tecnologias e práticas sustentáveis, que permitem à indústria reduzir seu impacto ambiental enquanto mantêm ou até ampliam sua competitividade no mercado.

A indústria tem investido no uso de fontes de energia renováveis, como a solar e a biomassa, para complementar ou até substituir fontes de energia convencionais (TOMASQUIM, 2016). Por exemplo, algumas fábricas têm instalado painéis solares para gerar eletricidade, reduzindo a dependência de redes externas e, conseqüentemente, o impacto ambiental das suas operações. Além disso, iniciativas de eficiência energética têm sido integradas a processos industriais, como a reutilização de calor gerado nas operações, otimizando ainda mais o consumo de recursos energéticos.

O mercado, por sua vez, está cada vez mais exigente quanto às práticas sustentáveis das empresas. A pressão para adotar soluções energéticas eficientes e sustentáveis vem de diversos atores, como consumidores, reguladores e investidores. A sustentabilidade passou a ser um critério decisivo nas escolhas de consumo, e as empresas que adotam práticas sustentáveis tendem a melhorar sua imagem corporativa e a conquistar a fidelidade do consumidor. Além disso, muitas empresas estão alinhadas com as exigências regulatórias internacionais que impõem limites para emissões de gases de efeito estufa (GEE) e incentivam o uso de fontes renováveis de energia, contribuindo para o combate às mudanças climáticas (MOREIRA, 2010).

Apesar das várias iniciativas e investimentos em práticas de eficiência energética, a implementação bem-sucedida depende de uma abordagem estratégica que inclua a capacitação dos colaboradores, o desenvolvimento de processos padronizados e o monitoramento constante dos resultados. Um sistema de gestão de energia bem estruturado, como o ISO 50001, pode garantir que as ações de eficiência energética sejam eficazes e sustentáveis a longo prazo (FROZZA, 2012). O treinamento contínuo das equipes e a utilização de tecnologias adequadas são fundamentais para garantir que os processos de produção permaneçam eficientes e

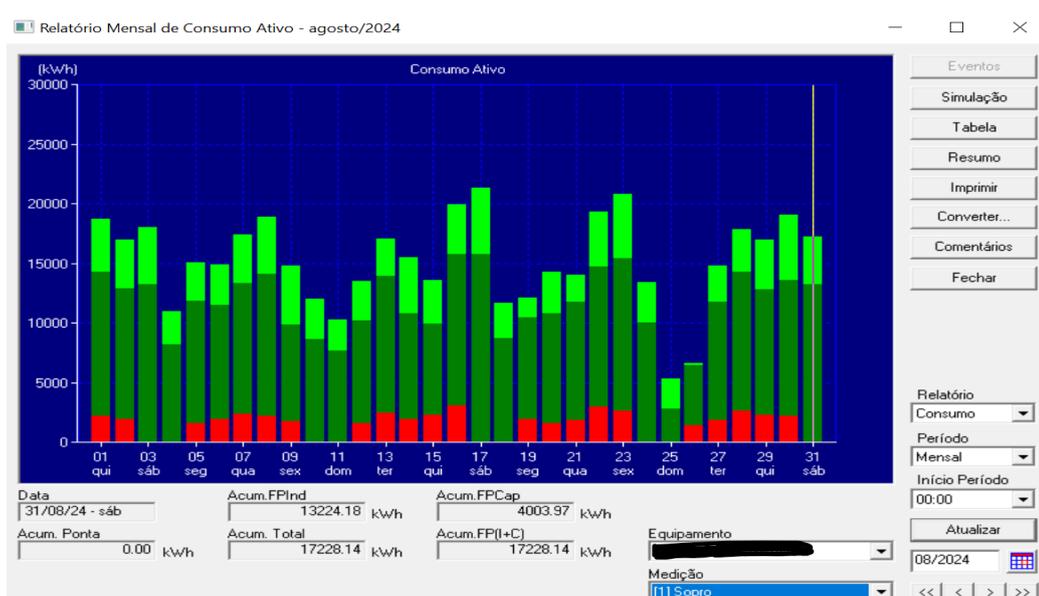
sustentáveis.

A sustentabilidade, como conceito, reflete a responsabilidade das empresas em equilibrar suas operações de forma a atender às necessidades presentes sem comprometer as gerações futuras (AYRES, 2008). A implementação de práticas sustentáveis e a gestão eficiente de recursos energéticos se tornam, portanto, elementos chave para garantir não apenas a competitividade das empresas no mercado, mas também sua contribuição para um futuro mais sustentável.

2.4. Sistemas de Gestão de Energia

As ferramentas de gestão de energia GESTAL e Microsoft Power BI desempenham um papel fundamental na implementação de estratégias de gestão energética eficazes (VASCONCELOS, 2021). O GESTAL é um sistema desenvolvido para monitorar e gerenciar o consumo de energia em tempo real, permitindo que as empresas realizem um acompanhamento contínuo de seu desempenho energético. Ele é particularmente útil na fase de Planejamento do Ciclo PDCA, pois oferece uma visão detalhada do uso energético da empresa, ajudando a identificar áreas de desperdício e a definir metas claras de redução de consumo. Além disso, ao permitir a implementação de ajustes rápidos, o GESTAL também apoia a fase de Ação do ciclo, facilitando a aplicação de correções necessárias para melhorar a eficiência energética.

Figura 1: Interface do GESTAL

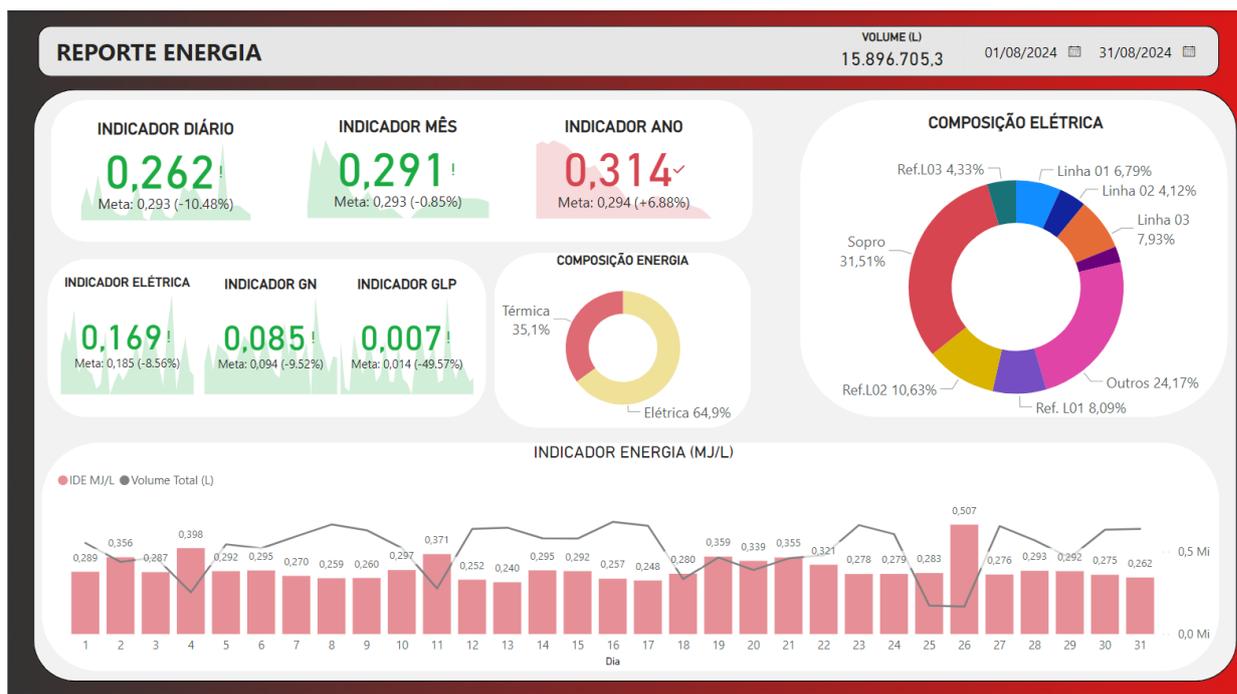


Fonte: Autor

Já o Microsoft Power BI é uma ferramenta poderosa de visualização e análise de dados. Ela possibilita a criação de dashboards interativos e relatórios analíticos, fornecendo insights

valiosos sobre o desempenho energético da empresa. Na fase de Verificação, o Power BI permite o monitoramento contínuo dos dados de consumo e a comparação com as metas estabelecidas, ajudando na análise de variâncias e identificando oportunidades de melhoria. Sua capacidade de integrar dados de diferentes fontes torna o processo de coleta de informações mais dinâmico, facilitando a tomada de decisões estratégicas de forma ágil e precisa.

Figura 2: Interface do Reporte de Energia no Microsoft Power Bi



Fonte: Autor

A integração dessas ferramentas ao Ciclo PDCA cria um ambiente propício para a melhoria contínua na gestão energética. O uso do GESTAL em conjunto com o Power BI proporciona uma análise mais detalhada e precisa do consumo energético, tornando o processo de verificação mais eficiente. Além disso, essas ferramentas ajudam as empresas a alinhar suas operações com as exigências de sustentabilidade e a otimizar os recursos energéticos de forma a reduzir custos operacionais e melhorar a competitividade no mercado. A principal vantagem de utilizar essas ferramentas é a capacidade de implementar melhorias rapidamente, baseadas em dados concretos e atualizados, o que contribui para a eficácia das ações no ciclo.

3.METODOLOGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem aplicada, com caráter quantitativo e exploratório, com o objetivo de analisar um sistema de gestão energética utilizando o Ciclo PDCA em uma fábrica de bebidas localizada na cidade de Campo Grande, MS. O estudo foca na análise do consumo energético da fábrica e na aplicação de melhorias para otimizar esse consumo, reduzindo custos e impactos ambientais, de acordo com as melhores práticas de eficiência energética.

Trata-se de um estudo de caso, onde será analisado o consumo de energia elétrica da fábrica durante um período determinado, permitindo a implementação de intervenções e o monitoramento dos resultados de forma contínua. O caráter quantitativo permite mensurar os resultados da implementação do Ciclo PDCA por meio da análise de dados energéticos, como o consumo de energia, custos e a eficiência dos processos.

A pesquisa é de natureza aplicada, pois busca gerar soluções práticas e aplicáveis para a fábrica de bebidas, com o intuito de contribuir para a melhoria da eficiência energética e sustentabilidade do processo produtivo. A fábrica apresenta um consumo elevado de energia devido à natureza de seus processos produtivos, incluindo refrigeração, sopro e movimentação de produtos, o que a torna um ambiente propício para a implementação de práticas de gestão energética.

3.1. Etapas da pesquisa

A pesquisa foi estruturada em etapas interligadas que permitiram uma análise detalhada e eficiente do consumo energético da planta, promovendo a melhoria contínua por meio da aplicação do Ciclo PDCA. Inicialmente, os dados históricos de consumo energético foram coletados por meio do Sistema de Gestão Energética GESTAL, o que possibilitou a criação de uma base confiável para análise. A partir dessa base, foi elaborado um mapa de consumidores, indicando a porcentagem de consumo de energia de cada setor da planta. Essa etapa foi fundamental para compreender os principais pontos de impacto no consumo energético e identificar áreas prioritárias para intervenções.

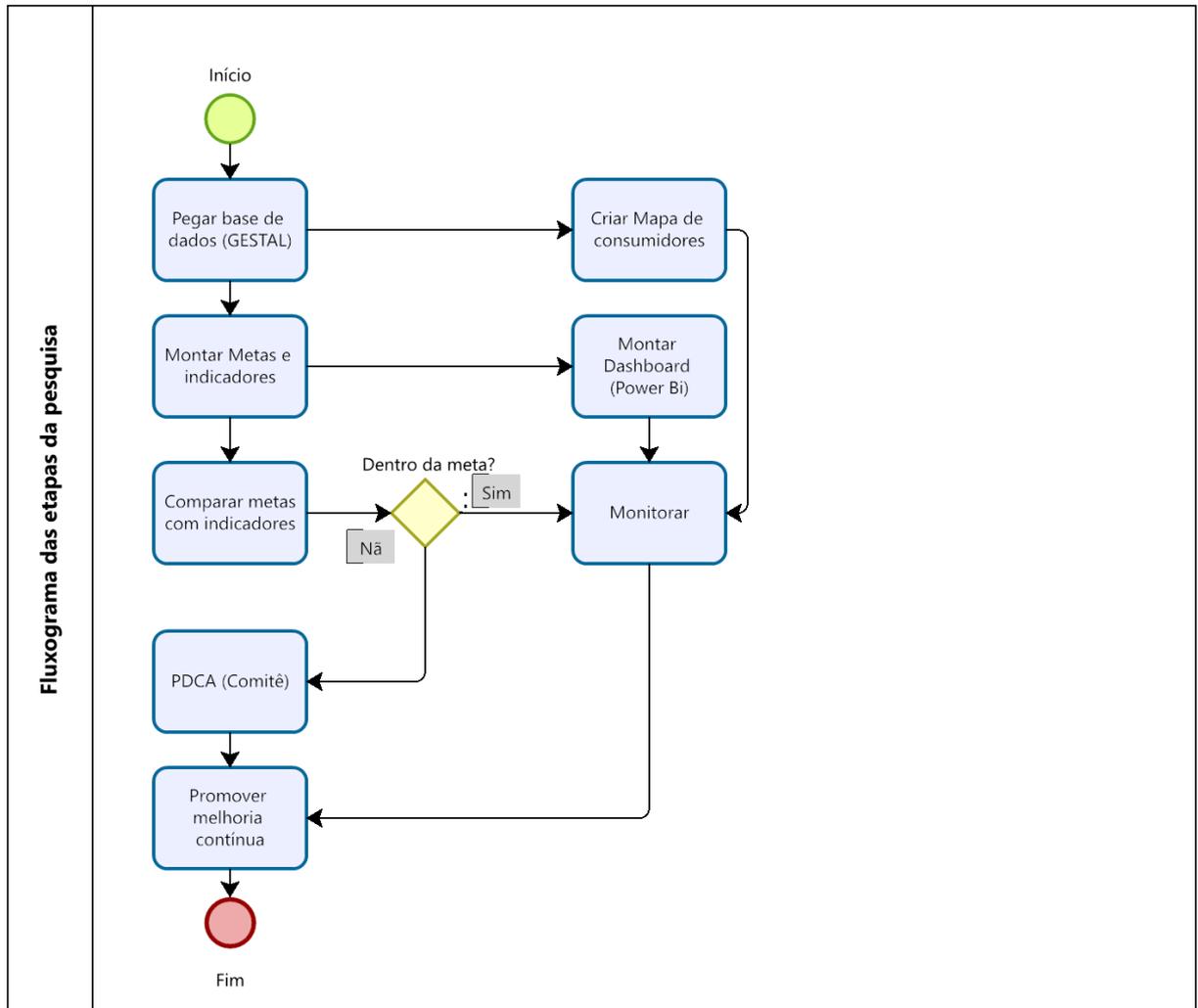
Com base nos perfis de consumo analisados, foram definidas metas e indicadores específicos para cada setor, servindo como parâmetros para avaliar a eficiência e o desempenho energético. Esses indicadores foram integrados em dashboards interativos no Power BI, que permitiram o monitoramento contínuo dos resultados e a comparação com as metas

estabelecidas. Sempre que os indicadores atingiam ou superavam as metas, o setor era mantido em monitoramento, garantindo a consistência dos resultados. No entanto, quando os indicadores ficavam aquém das metas, era iniciado o Ciclo PDCA, que orientava a adoção de medidas corretivas.

O Ciclo PDCA teve um papel central nesse processo, promovendo a melhoria contínua dos setores com desempenho abaixo das metas. As ações começavam com o planejamento, que envolvia a identificação das causas dos desvios e a elaboração de estratégias específicas para corrigi-los. Em seguida, essas ações eram executadas, podendo incluir ajustes operacionais, substituição de equipamentos ou mudanças em processos produtivos. Após a execução, os resultados eram avaliados e comparados com as metas para verificar a eficácia das medidas implementadas. Por fim, as práticas bem-sucedidas eram ajustadas e padronizadas, garantindo a sustentabilidade das melhorias a longo prazo.

Esse processo (Figura 3) dinâmico de coleta de dados, análise, definição de metas, monitoramento e ações corretivas assegurou que a gestão energética da planta fosse não apenas eficiente, mas também proativa. A integração das ferramentas tecnológicas, como o GESTAL e o Power BI, com metodologias como o Ciclo PDCA, consolidou uma abordagem robusta que possibilitou a otimização contínua do consumo energético e a identificação de novas oportunidades de eficiência e sustentabilidade.

Figura 3: Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autor

3.2. Indicadores na Gestão Energética

Para medir o sucesso da implementação do Ciclo PDCA na gestão energética da planta, são utilizados indicadores detalhados tanto para a planta como um todo quanto para setores específicos. Esses indicadores são fundamentais para avaliar a eficácia das ações implementadas e permitir ajustes contínuos para otimizar o consumo de energia.

O indicador geral da planta é calculado dividindo o consumo total de energia (em megajoule - MJ) pelo volume total produzido no dia. Este cálculo oferece uma visão geral da eficiência energética da planta, permitindo comparar o desempenho ao longo do tempo e avaliar o impacto das ações de melhoria implementadas. A fórmula para o cálculo é:

$$\text{Indicador Geral} = \frac{\text{Consumo Total de Energia (MJ)}}{\text{Volume Total Produzido (L)}}$$

Este indicador permite uma análise global do consumo energético em relação à produção, sendo uma ferramenta chave para medir os resultados de longo prazo e a eficiência geral do processo produtivo.

Além do indicador geral, são calculados indicadores específicos para cada medidor da planta, possibilitando uma análise mais detalhada por setor. O cálculo desses indicadores é baseado no consumo de energia de cada medidor, dividido pelo volume produzido no setor correspondente. Esses medidores estão estrategicamente distribuídos em pontos críticos da planta, como nas linhas de produção e no sistema de refrigeração. Os principais indicadores setoriais incluem:

- **Sopro:** Medido pelo consumo de energia do sistema dividido pela quantidade de garrafas sopradas.
- **Linha 1, Linha 2, Linha 3:** Cada linha de produção tem seu próprio indicador, calculado pelo consumo de energia dividido pelo volume de produção de cada linha.
- **Refrigeração das Linhas 1, 2 e 3:** O consumo energético dos sistemas de refrigeração de cada linha de produção é monitorado, com indicadores calculados com base no volume produzido em cada linha.
- **ETE (Estação de Tratamento de Efluentes):** A energia consumida no tratamento de efluentes também é medida separadamente, com indicadores calculados conforme o volume de efluentes tratado.
- **Outros (o que não é medido):** Toda energia subtraída do total que não é medida dividida pelo volume produzido no dia.
- **Energia Térmica (GN e GLP):** O consumo de Gás Natural (GN) e Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é monitorado, e o indicador é calculado em relação ao volume produzido na planta.

Esses indicadores setoriais permitem identificar áreas de alto consumo energético e orientar as ações corretivas específicas para cada setor, contribuindo para a eficiência energética global da planta e para a redução de custos operacionais.

3.3. Limitações na Análise

Embora os indicadores forneçam uma visão clara da eficiência energética da planta,

existem algumas limitações que podem influenciar a análise:

1. **Ausência de Medidores em Alguns Setores:** A falta de medidores individuais em setores específicos pode dificultar a análise detalhada de certos processos, tornando difícil identificar áreas com maiores consumos ou oportunidades de melhoria. A instalação de medidores adicionais pode ser necessária para garantir uma visão mais precisa e abrangente do consumo energético.
2. **Variabilidade no Consumo por Linha:** Diferenças operacionais entre as linhas de produção podem afetar os indicadores, especialmente se houver mudanças no volume de produção ou nas especificidades de cada linha. Isso pode exigir ajustes nas metas de consumo para refletir as variações operacionais e garantir uma comparação justa entre os diferentes períodos.
3. **Fatores Externos:** O consumo de energia pode ser impactado por fatores externos, como variações nos preços da energia ou alterações no fornecimento de recursos energéticos. Esses fatores devem ser monitorados para que a análise dos resultados não seja distorcida por variáveis externas não relacionadas às ações internas de gestão energética.

Apesar dessas limitações, os indicadores ainda oferecem uma base sólida para a avaliação contínua e a melhoria da eficiência energética da planta. Através da análise periódica, é possível ajustar as ações de melhoria conforme os resultados obtidos e as condições operacionais, garantindo a eficácia das estratégias implementadas. Embora as limitações existam, a flexibilidade do Ciclo PDCA permite otimizar as abordagens ao longo do tempo, promovendo um processo de gestão energética mais eficiente e adaptável.

4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação do sistema de gestão energética e a aplicação do Ciclo PDCA ofereceu um panorama abrangente dos padrões de consumo energético da planta produtiva. Este capítulo apresenta a melhoria na eficiência dos processos, a identificação dos maiores consumidores, evolução do indicador de energia elétrica da unidade e a economia alcançada.

4.1. PDCA na Prática

A implementação de uma gestão energética eficaz é fundamental para reduzir o consumo de energia, melhorar a eficiência e contribuir com as metas sustentáveis das empresas (SILVA, VASCONCELOS, FERRAZ, 2023). No processo de gestão energética da planta, a coleta de dados e o uso de ferramentas tecnológicas desempenham um papel essencial. Para garantir a eficiência e o acompanhamento preciso, foi adotado o Sistema de Gestão de Energia GESTAL, que realiza a leitura em tempo real do consumo de energia de todos os medidores instalados nos diferentes setores da planta. Esse sistema coleta dados sobre o consumo de energia, permitindo um monitoramento detalhado do desempenho energético. A planta tem medidores espalhados em alguns setores estratégicos como as linhas de produção, a área de sopro, a refrigeração das linhas e ETE.

A análise dos dados históricos fornecidos pelo GESTAL possibilitou a definição de metas de consumo energético para cada setor, com base nos padrões históricos de uso de energia. As metas foram estabelecidas considerando não apenas os valores médios de consumo, mas também as variações nos padrões operacionais de cada setor, levando em conta as especificidades das operações e os pontos de maior variabilidade no consumo energético. Essas metas visam não só reduzir o consumo de energia, mas também promover uma melhoria contínua na eficiência energética, alinhando-se aos objetivos de sustentabilidade da planta e à redução de custos operacionais.

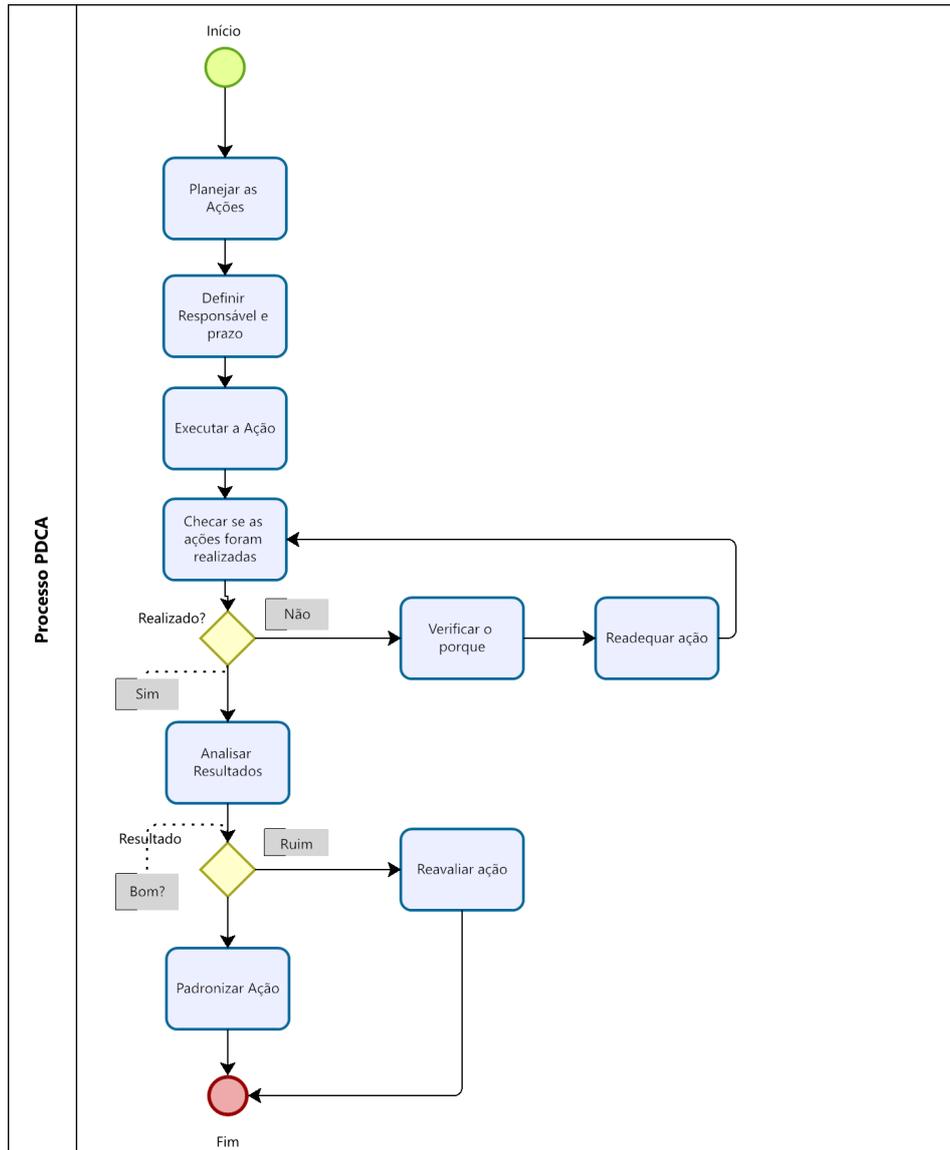
Além disso, o envolvimento dos colaboradores de cada setor foi um ponto chave para o sucesso do processo. Os colaboradores, com seu conhecimento prático e experiência nas operações diárias, contribuíram ativamente para a identificação de potenciais problemas de consumo excessivo de energia, além de sugerirem soluções viáveis para reduzir o desperdício. Essa interação com a equipe de operadores e outros profissionais da planta foi vital para garantir que as ações propostas fossem realistas, adaptadas à operação e eficazes na implementação de mudanças nos processos produtivos.

A gestão energética foi estruturada com o apoio de um Comitê de Energia, composto

por sete representantes de setores e cargos diferentes da planta, como coordenador das linhas de produção, operador do sopro, coordenadora da xaroparia, operador da ETE, analista da qualidade, coordenador de automação e estagiário de melhoria contínua. O comitê foi formado para coordenar as ações de melhoria, realizar o acompanhamento constante dos resultados, propor novas ações e garantir que o ciclo de otimização do consumo energético seja contínuo. A estrutura desse comitê foi baseada no Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), uma metodologia de gestão amplamente utilizada que proporciona um ciclo contínuo de avaliação e melhoria. Ele foi praticado conforme o fluxograma (Figura 3).

O Ciclo PDCA é aplicado no contexto da gestão energética para garantir que as ações de melhoria sejam não apenas implementadas, mas também ajustadas conforme os resultados observados. Cada uma das fases – Planejar (Plan), Executar (Do), Checar (Check) e Agir (Act) – são fundamentais para garantir a eficácia do processo de gestão energética e a continuidade das melhorias.

Figura 4: Fluxograma do Comitê na prática



Fonte: Autor

Planejar (Plan)

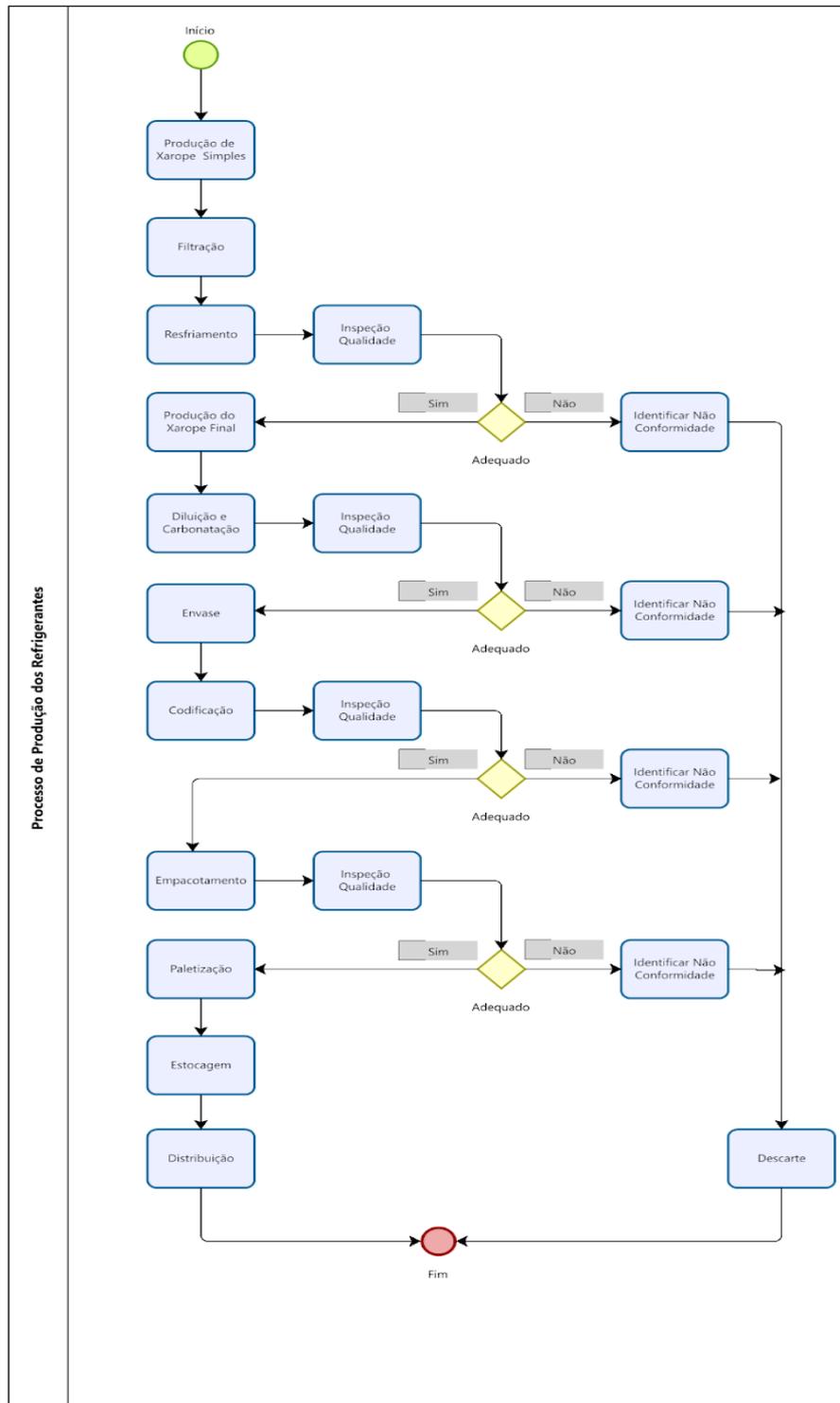
A fase de planejamento é essencial para criar uma base sólida para a gestão energética. O primeiro passo desse processo foi realizar um diagnóstico detalhado do consumo energético da planta, utilizando os dados históricos fornecidos pelo GESTAL. Esse diagnóstico inicial permitiu a identificação das áreas com maior consumo e as variações nos padrões de uso de energia, facilitando a análise das necessidades específicas de cada setor. Com base nesse diagnóstico, foram estabelecidas metas claras e mensuráveis de consumo de energia para cada área da planta. Por exemplo, metas específicas foram definidas para reduzir o consumo nas linhas de produção, melhorar a eficiência dos sistemas de refrigeração e otimizar o uso de

energia nos processos.

Com as metas traçadas, foram elaborados planos de ação detalhados. Esses planos envolveram a implementação de diversas tecnologias e práticas de eficiência energética, como a substituição de equipamentos antigos por novos modelos mais eficientes, a instalação de sistemas de monitoramento em tempo real e a realização de treinamentos contínuos para capacitar os colaboradores no uso eficiente dos recursos energéticos. Algumas ações específicas planejadas para reduzir o consumo de energia incluem a automação de equipamentos, que permite que se desliguem automaticamente quando não estão em operação, ajustando o consumo durante períodos de inatividade ou de baixo uso. Outra ação importante foi a redução da pressão dos compressores, ajustando-os para níveis mais eficientes sem comprometer a qualidade dos processos. O isolamento térmico nas tubulações foi outra estratégia, impedindo o aumento de calor e reduzindo a necessidade de compensação energética para manutenção da temperatura.

Além disso, o planejamento considerou as etapas do processo produtivo da fábrica de refrigerantes, as quais envolvem a produção do xarope simples, filtração, resfriamento, inspeção de qualidade, produção do xarope final, diluição, carbonatação, envase e distribuição (Figura 4). O consumo energético de cada uma dessas etapas foi analisado, com foco na melhoria da eficiência energética em áreas chave, como a refrigeração, a movimentação dos produtos e o sopro das garrafas, visando reduzir desperdícios e melhorar a performance energética de cada setor.

Figura 5: Fluxograma dos processos para produção de bebida



Fonte: Autor

Executar (Do)

Na fase de execução, as ações planejadas começam a ser colocadas em prática. O processo de substituição de equipamentos e motores de alta eficiência, foi iniciado, proporcionando uma redução significativa no consumo de energia. Além disso, a calibração e

o ajuste dos sistemas e equipamentos para otimizar sua eficiência energética também foram realizados. A automação dos equipamentos foi implementada, permitindo a operação de máquinas e sistemas apenas quando necessários, evitando o desperdício de energia durante períodos de inatividade.

O treinamento contínuo dos colaboradores desempenhou um papel crucial na implementação das ações planejadas. Durante as sessões de treinamento, os colaboradores foram instruídos sobre práticas de consumo consciente e eficiente de energia, o que incluiu a correta utilização dos equipamentos, a otimização dos tempos de operação e a adequação no uso de sistemas energéticos. Paralelamente, o sistema de monitoramento de KPIs de desempenho energético foi instalado e passou a registrar o consumo diário de cada setor, permitindo um acompanhamento constante do impacto das ações implementadas.

Checar (Check)

A fase de verificação tem como objetivo avaliar a eficácia das ações implementadas. Para isso, os resultados do consumo energético são comparados com as metas estabelecidas no início do processo, utilizando os dados do GESTAL. Relatórios de desempenho são gerados e analisados para verificar se os objetivos de redução de consumo estão sendo atingidos. O Comitê de Energia se reúne semanalmente para discutir os resultados obtidos, revisar as metas e ajustar as estratégias de ação. Essa avaliação constante permite uma compreensão detalhada dos resultados e a identificação de desvios em relação às metas.

Durante essas reuniões semanais, os resultados são discutidos em conjunto com os responsáveis pelos setores, e eventuais desvios nas metas são analisados. Caso o consumo de energia esteja superior ao esperado, o Comitê de Energia analisa as causas e desenvolve novas ações para corrigir a situação. O feedback contínuo dos colaboradores também é fundamental para essa etapa, pois eles podem fornecer informações valiosas sobre problemas operacionais que não foram inicialmente identificados ou sobre pontos críticos não previstos.

Agir (Act)

A fase de ação envolve ajustar e corrigir as estratégias com base nos resultados obtidos na fase de verificação. Se as metas não foram atingidas ou se os resultados não são os esperados, o Comitê de Energia revisa as ações implementadas e ajusta as abordagens conforme necessário. Isso pode envolver a substituição de equipamentos adicionais, o aprimoramento dos processos operacionais ou até mesmo a redefinição das metas estabelecidas inicialmente, caso os padrões de consumo ou as condições operacionais da planta tenham mudado.

Além disso, as melhores práticas identificadas durante o processo são documentadas e padronizadas para garantir que as melhorias sejam sustentáveis a longo prazo. Isso significa que as ações bem-sucedidas são adotadas como procedimentos padrão em todos os setores, e as lições aprendidas são compartilhadas com todos os colaboradores, garantindo que os novos métodos de trabalho se tornem parte da cultura organizacional da planta.

4.2. Melhoria na Eficiência dos Processos

As melhorias implementadas impactaram diretamente a eficiência operacional da planta, promovendo ganhos em diversas áreas. O Comitê de Energia desempenhou um papel fundamental nesse processo, planejando 104 ações voltadas à eficiência energética, das quais 57 foram concluídas durante o período analisado. As iniciativas focaram em quatro principais frentes, detalhadas a seguir:

- **Gestão Energética:** Foram implementadas gestão visual e reportes regulares, que permitiram identificar e corrigir desvios de consumo de forma ágil e proativa.
- **Conscientização de Consumo:** Ações de conscientização foram realizadas para minimizar desperdícios. Entre as medidas, destacaram-se vídeos educativos compartilhados para os colaboradores.
- **Automatização de Equipamentos:** Os sistemas foram atualizados com tecnologias mais avançadas que desligam automaticamente os equipamentos quando as linhas entram em stand-by ou param.
- **Otimização dos Compressores:** A redução da pressão de trabalho dos compressores, mantida dentro de limites seguros para a operação, resultou em economia significativa de energia.

Das 104 ações planejadas, a conclusão de 57 reflete o comprometimento da equipe com a melhoria contínua e a busca pela eficiência energética. A automatização de equipamentos destacou-se como uma medida determinante, ao minimizar o consumo durante períodos de inatividade por meio de ajustes automáticos. A redução da pressão dos compressores também foi fundamental, resultando em economias significativas sem prejudicar a performance dos processos, além de prolongar a vida útil dos equipamentos.

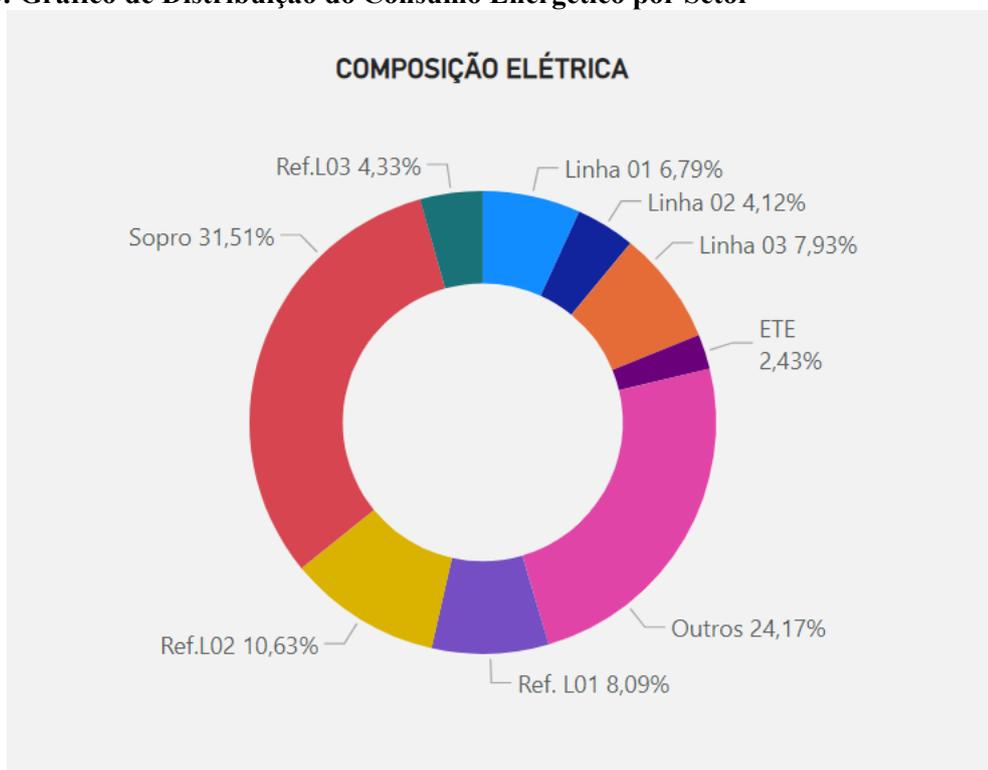
O uso de ferramentas visuais e reportes regulares aprimorou o monitoramento, permitindo respostas mais rápidas aos desvios identificados. Adicionalmente, campanhas de conscientização, como vídeos educativos, fomentaram uma mudança de comportamento entre

os colaboradores, consolidando uma cultura organizacional voltada à eficiência energética. Essas práticas reforçam a importância do engajamento coletivo em projetos de gestão energética, uma abordagem amplamente respaldada na literatura especializada, que destaca o impacto do alinhamento organizacional no alcance de resultados sustentáveis.

4.3. Distribuição do Consumo Energético por Setor

A distribuição do consumo energético foi analisada com base nos medidores instalados em diferentes setores da planta, permitindo identificar áreas de maior impacto. O gráfico abaixo resume a contribuição percentual de cada setor no consumo total de energia:

Figura 6: Gráfico de Distribuição do Consumo Energético por Setor



Fonte: Autor

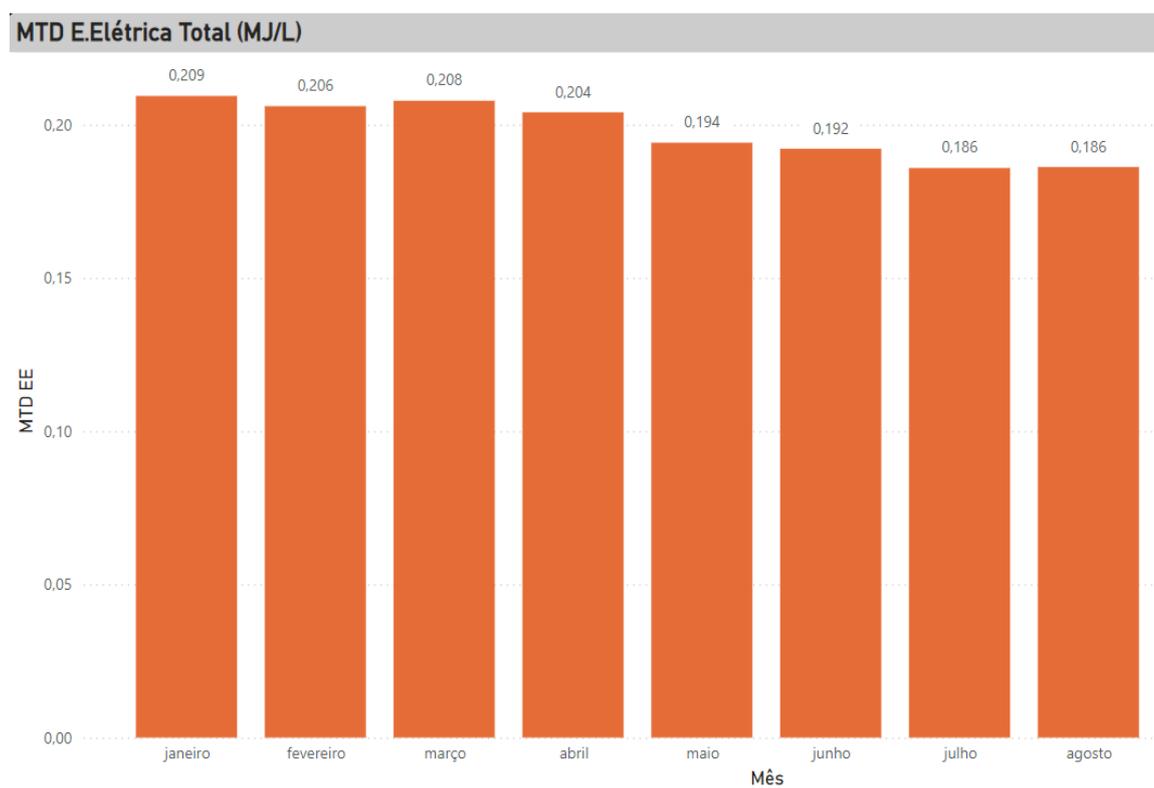
Foram determinados os maiores consumidores, seguindo a ordem, respectivamente os setores de Sopro (31,5%), Outros (24,17%), Refrigeração das Linhas (23%), Linhas (18,9%) e ETE (2,43%).

A análise setorial revelou que o Sopro e a Refrigeração são os maiores consumidores de energia, representando 31,5% e 23% do consumo total, respectivamente. Esses achados indicam a necessidade de ações específicas nesses setores, como descrito por Tassini (2012), que enfatiza a importância de identificar pontos críticos para direcionar esforços de otimização.

4.4. Evolução do Indicador Geral da Planta

O Indicador Geral da Planta, que relaciona o consumo total de energia ao volume produzido, apresentou uma evolução significativa ao longo dos meses analisados. A redução no consumo médio de energia elétrica por litro produzido indica maior eficiência operacional. Abaixo, o gráfico detalha essa evolução:

Figura 7: Gráfico de Evolução Mensal do Indicador de Energia



Fonte: Autor

- **Janeiro:** 0,209 MJ/L
- **Fevereiro:** 0,206 MJ/L
- **Março:** 0,208 MJ/L
- **Abril:** 0,204 MJ/L
- **Maior:** 0,194 MJ/L
- **Junho:** 0,192 MJ/L
- **Julho:** 0,186 MJ/L
- **Agosto:** 0,186 MJ/L

A evolução do Indicador Geral da Planta demonstrou uma redução de 11% no consumo médio de energia elétrica por litro produzido entre janeiro e agosto. Essa melhoria reflete o impacto direto das ações planejadas e implementadas pelo Comitê de Energia, consolidando práticas de eficiência que contribuem para a sustentabilidade.

4.5. Economia Alcançada

Considerando uma produção média mensal de 14.500.000 litros de bebida, ao comparar os meses de janeiro e agosto, a economia de energia alcançou cerca de 92.650 kWh, resultando em uma economia aproximada de R\$ 19.500,00. Esse valor representa uma redução nos custos operacionais que se torna contínua a partir de agosto e tende a se expandir à medida que práticas de eficiência energética forem consolidadas. Durante todo o período analisado, a planta alcançou uma economia total de aproximadamente 288.000 kWh, o que resultou em uma economia de aproximadamente R\$ 60.000,00.

Esse resultado corrobora com estudos anteriores que enfatizam a eficácia do Ciclo PDCA como ferramenta de gestão contínua, como descrito por Corrêa (2017). A economia total reforça a importância de estratégias de gestão energética, alinhando-se à literatura que aponta para o impacto positivo de ações integradas na redução de custos operacionais e consumo energético.

4.6. Impactos Ambientais e Sustentabilidade

A análise dos resultados obtidos ao longo da implementação da gestão energética na planta revela implicações significativas para a sustentabilidade ambiental da operação. A principal fonte de energia utilizada pela planta é a eletricidade fornecida pela Energisa, em sua maioria proveniente de hidrelétricas, com uma parcela do consumo também proveniente do gás natural para aquecimento dos equipamentos. Ambos os tipos de energia, embora considerados menos poluentes em comparação com outras fontes fósseis, ainda apresentam impactos ambientais que devem ser gerenciados de forma eficaz para contribuir com a sustentabilidade a longo prazo.

Embora a energia elétrica fornecida pela Energisa venha predominantemente de fontes hidrelétricas, o impacto ambiental não é nulo. O processo de geração hidrelétrica pode levar à alteração dos ecossistemas aquáticos, aumento da emissão de gases de efeito estufa como o metano (devido à decomposição da biomassa nos reservatórios) e à perda de biodiversidade

(GUENA, 2007). Contudo, as hidrelétricas representam uma fonte renovável de energia, o que, quando comparado a fontes não renováveis, contribui positivamente para a redução das emissões de CO₂ e outros poluentes atmosféricos.

O uso de gás natural, por sua vez, tem uma pegada de carbono mais baixa em comparação com outros combustíveis fósseis, como carvão ou petróleo, mas ainda assim resulta em emissões de CO₂ durante sua queima. A extração e o transporte de gás natural também podem causar impactos ambientais, como o risco de vazamentos de metano, que é um gás de efeito estufa potente (RASHAD & HAMMAD, 2000). Mesmo que o consumo de gás na planta seja reduzido ao mínimo necessário para aquecimento, sua utilização contribui para a pegada de carbono da operação.

Este trabalho demonstra a importância de integrar práticas de eficiência energética à estratégia de gestão da planta. A redução do consumo de energia elétrica e gás natural, além de gerar economia financeira, contribui para a diminuição da pressão sobre as fontes de energia e para a preservação dos recursos naturais. A prática de gestão contínua, orientada pelo Ciclo PDCA, permite que as melhorias sejam monitoradas e ajustadas de forma dinâmica, garantindo a implementação de ações que minimizem os impactos ambientais e promovam a sustentabilidade.

4.7. Limitações e Ajustes Futuros

Apesar dos avanços significativos, algumas limitações foram identificadas, apontando áreas para melhoria contínua. A implementação incompleta das ações planejadas reflete a necessidade de maior agilidade e engajamento para fechar o ciclo PDCA de forma mais efetiva. Esse aspecto destaca uma oportunidade para otimizar processos internos e aumentar o impacto das medidas propostas.

Outro ponto crítico foi a ausência de medidores específicos em determinados setores da planta, o que limitou a granularidade da análise energética. Esse fator restringiu a capacidade de identificar com precisão algumas ineficiências. Por exemplo, o setor classificado como "outros" foi responsável por 24,17% do consumo energético total, representando um percentual expressivo e heterogêneo que carece de maior detalhamento. A falta de dados mais segmentados dificulta a priorização de ações corretivas específicas e a alocação eficiente de recursos.

Para superar essas limitações, recomenda-se a instalação de dispositivos de medição

adicionais em setores ainda não monitorados. Essa iniciativa pode fornecer dados mais precisos para ações futuras e ajudar a segmentar melhor o consumo, reduzindo a parcela atribuída a "outros". Além disso, a priorização das ações pendentes e a incorporação de tecnologias que automatizem o monitoramento e análise de dados podem acelerar o processo de melhoria contínua.

Esses ajustes têm o potencial de ampliar os benefícios observados até o momento, contribuindo não apenas para uma redução ainda maior no consumo energético, mas também para uma gestão mais estratégica e sustentável dos recursos energéticos da planta. Além disso, ao integrar essas melhorias com um acompanhamento contínuo dos resultados, será possível identificar novas oportunidades de eficiência e garantir a evolução constante do processo.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo analisar a implementação do Ciclo PDCA na gestão energética de uma fábrica de bebidas localizada em Campo Grande, MS, destacando sua eficácia na otimização do consumo de energia e na redução de custos operacionais. Os resultados obtidos demonstram que a aplicação sistemática do Ciclo PDCA, aliada a uma gestão eficiente da energia, pode gerar benefícios significativos tanto para a empresa quanto para o meio ambiente.

Os dados analisados evidenciam uma redução contínua no consumo de energia, com destaque para uma economia de aproximadamente 288.000 kWh ao longo do período de janeiro a agosto. Isso resultou em uma economia de cerca de R\$ 60.000,00, reforçando a importância de adotar práticas de gestão energética mais rigorosas e sistemáticas. O impacto financeiro positivo reflete-se diretamente nos custos operacionais, ao mesmo tempo em que contribui para a redução da pegada ambiental da planta, alinhando-se com as metas globais de sustentabilidade.

Ao longo do estudo, observou-se que, além das economias financeiras diretas, o Ciclo PDCA contribui para a construção de uma cultura organizacional voltada para a melhoria contínua. A implementação bem-sucedida desse ciclo permitiu à empresa monitorar, corrigir e ajustar constantemente seus processos energéticos, promovendo maior eficiência e sustentabilidade.

Por fim, os resultados apontam que a gestão energética, por meio de metodologias como o Ciclo PDCA, pode se tornar um diferencial competitivo no setor industrial, especialmente em um cenário global cada vez mais exigente em relação às práticas sustentáveis. A contínua implementação de ações que visem a otimização dos recursos energéticos e a adoção de tecnologias inovadoras são fundamentais para o sucesso de empresas que buscam alinhar seu desempenho econômico com responsabilidade ambiental.

Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se a ampliação da pesquisa para incluir outras fábricas do setor de bebidas, de forma a verificar a replicabilidade das estratégias adotadas. Também é importante a consideração de novas tecnologias energéticas, como fontes renováveis, que podem proporcionar mais oportunidades para otimização do consumo e redução de custos.

6.REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 50001: Sistemas de gestão da energia** - Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2018.
- ALDAY, Hernan E. **O planejamento estratégico dentro do conceito de administração estratégica**. Revista FAE, Curitiba, vol.3, n.2, maio/agosto, 2000, p. 9 – 16
- ALENCAR, Jean M. F. De. **Aplicação do ciclo pdca na gestão administrativa de uma agroindústria familiar no município de João Pessoa-pb**, 2023.
- ANDRADE, Fábio Felipe de. **O método de melhorias PDCA**. 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- ANEEL. **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010**. ANEEL. Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021.
- AYRES, R. U. **Sustainability economics: Where do we stand?** *Ecological Economics*, v.67, n.2, p.281-310, 2008.
- BAJAY, S. V. et al. **Oportunidades de eficiência energética para a indústria: Relatório Setorial: alimentos e bebidas**. Brasília, CNI, 2010.
- CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Consumo de energia no Brasil subiu 5% no 1º trimestre de 2024**, 2024.
- CORRÊA, Felipe de Oliveira. **Aplicação do Ciclo PDCA como ferramenta de gestão de energia elétrica em uma cervejaria**, 2017.
- DEMPING, W. Edwards. **Out of the Crisis**. Massachusetts Institute of Technology, 1986.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco Energético Nacional – BEN 2022**. Rio de Janeiro, 2022.
- FROZZA, J., et al. **Metodologia de implantação de um sistema de gestão de energia utilizando ABNT NBR ISO 50001**. VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2012.
- GELLER, H. S. **O Uso eficiente da eletricidade: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro: INEE, 2003.
- GUENA, A. M. de O. **Avaliação ambiental de diferentes formas de geração de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- MARTINS, Fernando Luiz. **Eficiência energética: gestão metodológica para a redução de energia elétrica na indústria**. 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

MENDES, Jair Eduardo Alves. **Eficiência energética aplicada na indústria de bebidas em sistemas de refrigeração e ar comprimido: estudo de casos.** 2014. 141 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.

MESQUITA, R. P. **Análise de viabilidade técnica-econômica para a aplicação de inversores de frequência em sistemas de bombeamento de baixa potência.** 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica – Transmissão e Conversão de Energia) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

MOREIRA, S. **Fontes alternativas de energia renovável, que possibilitam a prevenção do meio ambiente.** Revista de Divulgação do Projeto Universidade PETROBRAS/IF Fluminense, v. 1, p. 397-402, 2010

MOSKO, Juliano Marcos; PILATTI, Luiz Alberto; PEDROSO, Bruno. **Eficiência energética na indústria: elaboração e planejamento de programas de conservação de energia.** *Revista de Engenharia e Tecnologia*, Curitiba, v. 2, n. 1, p.17-23, abr. 2010.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). **Dados da instituição**, 2012.

RASHAD, S. M.; HAMMAD, F. H. **Nuclear power and environment: comparative assessment of environment and health impacts of electricity generating systems.** *Applied Energy*, n.65, p.211-229, 2000.

SARTORI, S.; LATRONICO, F.; CAMPOS, L. M. S. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura.** *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. XVII, n.1, p.3-5, jan.-mar. 2014.

SILVA, Edson. **Consumo eficiente de energia elétrica em indústrias do ramo de bebidas no Brasil**, 2018.

Silva, J. V. de A., Vasconcellos, K. R., & Ferraz, R. de S. C. (2023). **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: PLANEJAMENTO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NAS EMPRESAS.** *Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação*, 9(5), 1076–1094.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção.** São Paulo: Editora Atlas, 1996.

SOLA, A. V. H.; KOVALESKI, J. L. **Eficiência energética nas indústrias: cenários e oportunidades.** XXIV ENEGEP, Florianópolis, 2004, p.3326–3333.

TAKEDA, Marcondes Silvestre. **Eficiência energética na indústria.** *Revista Potência*, set. 2020.

TASSINI, Jussara Oliveira. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial: estudo de caso.** 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

TOMASQUIM, M.T. **Energia Renovável: biomassa, energia eólica, solar e oceânica.** EPE. Rio de Janeiro, 2016.

VASCONCELOS, Felipe Barbosa. **Treinamento em Power Bi: contribuições da engenharia de produção em Business Intelligence**. 2021. TESE DE CONCLUSÃO DE CURSO (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, MG, 2021

VENTURINI, O. J.; PIRANI, M. J. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. 1. ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005a. 316 p.