

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCAS DAVID SILVA

COMPARATIVO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA PERDAS ENERGÉTICAS
DA NORMA ABNT NBR ISO 50001:2018

PALOTINA

2024

LUCAS DAVID SILVA

COMPARATIVO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA PERDAS ENERGÉTICAS
DA NORMA ABNT NBR ISO 50001:2018

TCC apresentado ao curso de Engenharia de Energia, Setor de Palotina. Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Wilson de Aguiar Beninca.

PALOTINA

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E EXATAS
Rua Pioneiro, 2153, - - Bairro Jardim Dallas, Palotina/PR, CEP 85950-000
Telefone: 3360-5000 - <http://www.ufpr.br/>

Ata de Reunião

Aos vinte e dois dias do mês de junho do ano de 2024, das 10h00min às 11h30min, na plataforma virtual *Microsoft Teams* [link](#), compareceu para defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso, requisito obrigatório para a obtenção do título de Engenheiro de Energia o aluno Lucas David Silva, tendo como Título do Trabalho de Conclusão de Curso "COMPARATIVO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA PERDAS ENERGÉTICAS DA NORMA ABNT NBR ISO 50001:2018". Constituíram a Banca Examinadora os professores: Prof. Dr. Wilson de Aguiar Beninca (Orientador e Presidente da Banca), Me. Odirlei Garcia do Nascimento e a Profa. Dra. Maria Cristina Milinsk. O orientador e Presidente da Banca concedeu a palavra ao discente, para exposição do seu trabalho. A seguir, foi concedida a palavra em ordem sucessiva aos membros da Banca de Exame, os quais passaram a arguir o discente. Ultimada a defesa, que se desenvolveu nos termos normativos, a Banca de Exame, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo atribuído ao discente as seguintes notas: **Me. Odirlei Garcia do Nascimento, nota: 80 (noventa e cinco)**, **Profa. Dra. Maria Cristina Milinsk, nota: 80 (noventa)**, e **Prof. Wilson de Aguiar Beninca, nota: 85 (noventa e cinco)**. A nota final do discente, após a média aritmética dos três membros da banca de exame, foi **82 (noventa)** considerando o discente **APROVADO**. As considerações e sugestões feitas pela Banca de Exame deverão ser atendidas pelo discente sob acompanhamento de seu orientador. Nada mais havendo a tratar foi lavrada a presente ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.



Documento assinado eletronicamente por **WILSON DE AGUIAR BENINCA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/07/2024, às 14:41, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MARIA CRISTINA MILINSK, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/07/2024, às 07:26, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **6856048** e o código CRC **2F4227E4**.

Dedico este trabalho aos meus pais, minha
noiva, família e amigos que fizeram a
diferença para que eu obtivesse sucesso
neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

De início gostaria de agradecer a instituição **Universidade Federal do Paraná (UFPR)** pela vivência acadêmica que me foi ofertada no curso de Engenharia de Energia.

Agradeço a minha noiva, **Nicole Cünegundes de Aguiar Briedis**, por todo apoio, incentivo e carinho em todos os momentos, bons e ruins. Com toda certeza esse sucesso no mundo acadêmico deriva desse apoio.

Agradeço aos meus pais, **Andrea Ribeiro da Silva Potter** e **Reginaldo David**, por acreditarem e me incentivarem em todas as etapas da minha vida.

Agradeço aos meus avós, **Saete David Silva** e **Manoel Azarias da Silva**, por me acolherem, pelos conselhos e pelo apoio.

Agradeço aos meus tios, **Wilson Moreira Miranda** e **Regiane David**, pelo apoio na vida acadêmica e profissional.

Agradeço ao meu querido professor e orientador, **Prof. Dr. Wilson de Aguiar Beninca**, não apenas pela orientação neste trabalho, mas também pela amizade construída e ensinamentos ao decorrer do curso.

Agradeço ao meu amigo, **Vilmar Pedro dos Anjos**, pela amizade construída e proporcionada pela UFPR.

Nunca ande por trilhas, pois assim só irá até onde outros já foram.

(ALEXANDER GRAHAM BELL, 1902)

Para trás, nem para pegar impulso.

(CLÓVIS DE BARROS FILHO, 2018)

RESUMO

A norma NBR ABNT ISO 50001:2018 está em evidência no Brasil e é uma das certificações que mais cresce quando usada como métrica a norma NBR ABNT ISO 9001:2015, ao qual trata de qualidade nos setores da organização, sendo a normativa mais conhecida e aplicada no mundo. Entretanto, a norma ISO 50001 poderia detalhar e projetar de forma mais estruturada os caminhos para eliminação de gargalos e eficiência energética. O presente trabalho teve como objetivo anexar à norma métodos eficientes para coletar dados, analisar resultados e prospectar ações corretivas através das ferramentas da qualidade. Para isso, foi realizada uma análise e comparação entre os pontos positivos e negativos que cada sistemática abordada oferece a quem a utiliza. Com isso, foi possível constatar que para a coleta de dados de forma quantitativa, a melhor ferramenta seria a folha de verificação, pelo seu fácil manuseio e interpretação junto a alta efetividade. Em seguida, para análise de dados, o histograma se sobressai perante as outras, devido a clareza e facilidade de se interpretar os pontos críticos. Por fim, para iniciar as tratativas, o diagrama de ishikawa mostra-se apto pois proporciona uma sistemática de análise de causas mais completa que as demais, além de apresentar bons resultados em problemas complexos, diferente das demais. Por fim, a estrutura de melhoria contínua recomendada na norma é o PDCA, entretanto, neste projeto foi possível recomendar o uso da metodologia kaizen, ao qual proporciona ágeis mudanças cotidianas e engajamento dos colaboradores.

Palavras chave: ISO; Perdas Energéticas; Melhoria Contínua.

ABSTRACT

The NBR ABNT ISO 50001:2018 standard is in evidence in Brazil and is one of the fastest growing certifications when used as a metric the NBR ABNT ISO 9001:2015 standard, which deals with quality in the organization's sectors, being the best known and most applied around the world. However, the ISO 50001 standard could detail and design in a more structured way the paths to eliminating bottlenecks and energy efficiency. The objective of this work was to attach efficient methods to the standard for collecting data, analyzing results and prospecting corrective actions through quality tools. To this end, an analysis and comparison was carried out between the positive and negative points that each system addressed offers to those who use it. With this, it was possible to verify that for quantitative data collection, the best tool would be the check sheet, due to its easy handling and interpretation along with high effectiveness. Then, for data analysis, the histogram stands out compared to the others, due to its clarity and ease of interpreting critical points. Finally, to begin negotiations, the Ishikawa diagram is suitable because it provides a more complete systematic analysis of causes than the others, in addition to presenting good results in complex problems, unlike the others. Finally, the continuous improvement structure recommended in the standard is PDCA, however, in this project it was possible to recommend the use of the kaizen methodology, which provides agile daily changes and employee engagement.

Keywords: ISO; Energy Losses; Continuous Improvement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo PDCA para implementação de um SGE.....	19
Figura 2: Fatores que constituem a gestão de energia.....	24
Figura 3: Planejamento Estratégico.....	25
Figura 3: Gráfico de Pareto das Paradas.....	28
Figura 4: Histograma.....	29
Figura 5: Modelo de Diagrama de Ishikawa para Problemas de Natureza Industrial: 6 M's.....	29
Figura 6: Folha de Verificação.....	30
Figura 7: Exemplo de gráfico de controle.....	31
Figura 8: Exemplo de Gráfico de Dispersão.....	32
Figura 9: Fluxograma da área de “lead prep”.....	33
Figura 10: Ferramenta 8D.....	34
Figura 11: Ciclo PDCA.....	38
Figura 13: Diagrama de Pareto.....	43
Figura 14: Diagrama de Ishikawa.....	44
Figura 15: Comparação entre PDCA e Kaizen.....	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Comparação de certificados ISO emitidos.....	22
TABELA 2: Comparativo das ferramentas da qualidade.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SGE	Sistema de Gestão de Energia
PDCA	Plan, Do, Check e Act
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
COPANT	Comissão Pan-americana de Normas Técnicas
AMN	Associação de Normalização do MERCOSUL
IEC	International Electrotechnical Commission
CE	Comissões de Estudo
PROCEL	Programa de Conservação de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas e Energia
Eletrobrás	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural
DE	Gestão do Desempenho Energético
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
USE	Uso Significativo de Energia
IDE	Indicadores de desempenho energético
LBE	Linha de base energética
ISO	International Organization for Standardization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 ISO (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO).....	17
2.2 ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS).....	17
2.3 A NORMA ABNT NBR ISO 50001:2018.....	18
2.4 POLÍTICA ENERGÉTICA.....	19
2.5 GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	21
2.6 SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA.....	22
2.7 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO.....	24
2.8 POSSÍVEIS PONTOS DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	26
2.9 FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	27
2.9.1 Diagrama de Pareto.....	27
2.9.2 Histograma.....	28
2.9.3 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa).....	29
2.9.4 Folha de Verificação.....	30
2.9.5 Gráficos de Controle.....	31
2.8.6 Diagrama de Dispersão.....	31
2.9.7 Fluxograma.....	32
2.10 METODOLOGIA 8D.....	33
2.10.1 Disciplina 1: Definição de equipe.....	34
2.10.2 Disciplina 2: Descrição do problema.....	34
2.10.3 Disciplina 3: Ações corretivas imediatas.....	35
2.10.4 Disciplina 4: Análise da causa raiz (modo de falha).....	35
2.10.5 Disciplina 5: Ações corretivas.....	35

2.10.6 Disciplina 6: Comprovação da eficácia das ações.....	35
2.10.7 Disciplina 7: Ações preventivas.....	35
2.10.8 Disciplina 8: Análise de encerramento.....	36
3. MASP.....	36
4. 5W2H.....	37
5. PDCA.....	37
6. KAIZEN.....	39
7. MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
8. RESULTADOS.....	42
8.1 DIAGRAMA DE PARETO: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	42
8.2 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO (ISHIKAWA): APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	44
8.3 HISTOGRAMA: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	46
8.4 FOLHA DE VERIFICAÇÃO: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	46
8.5 DIAGRAMA DE DISPERSÃO: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	47
8.6 GRÁFICOS DE CONTROLE: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	48
8.7 FLUXOGRAMA: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	48
8.8 METODOLOGIA 8D: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	49
8.9 METODOLOGIA MASP: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	50
8.10 5W2H: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	50
8.11 PDCA: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	51

8.12 KAIZEN: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS.....	51
8.13 COMPARATIVO DE APLICABILIDADE.....	52
8.14 PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO.....	57
9. CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

No momento atual de um mundo globalizado as pautas que tratam da busca por ações sustentáveis e benéficas ao meio ambiente entraram em foco e são consideradas prioridade para as organizações de diversos setores da indústria. Dentre todos os meios possíveis para atingirem esses interesses, um é comum a todos, a certificação em ISO 50001:2018, uma norma internacional ao qual o papel é implementar um Sistema de Gestão de Energia (SGE) e orientar as organizações na busca pela excelência energética e na redução do impacto ambiental associado às suas operações (FROZZA, 2012).

A norma deve conduzir a reduções nos custos, nas emissões de gases do efeito estufa e outros impactos ambientais por meio da gestão sistemática da energia. (PADRO, 2016).

Também estabelece uma estrutura abrangente para a gestão eficaz de energia, fornecendo diretrizes claras para o desenvolvimento, implementação, manutenção e melhoria contínua de um SGE. Ao adotar os princípios desta norma, as organizações têm a oportunidade não apenas de otimizar o consumo de energia, mas também de promover uma cultura de conscientização e responsabilidade ambiental em todos os níveis da empresa (CASTRO, 2014).

No entanto, é uma norma que ainda passa por um baixo número de empresas egressas no Brasil. Isto se deve ao fato da falta de divulgação em canais públicos e privados, aos custos de certificação e a imagem que transmite de ser necessária apenas em grandes organizações. Este último tema é o principal abordado neste trabalho, visto que pequenas e médias empresas também apresentam gastos e perdas significativas em quesitos energéticos. Através do uso de ferramentas de gestão da qualidade, a efetividade e praticidade da aplicação da norma resulta em um processo coeso, ágil e efetivo (GÓMEZ, 2019)

1.1 JUSTIFICATIVA

Como evidenciado acima, a norma está em defasagem a mais de 5 anos, levando em conta que o cenário energético constitui um dos ramos da sociedade em maior avanço e desenvolvimento, fica clara a necessidade de atualizações periódicas mais aprimoradas. Visando o desenvolvimento conjunto entre norma e tecnologia. Por fim, a base da norma constitui no Plan, Do, Check e Act (PDCA), um dos pontos cruciais é que essa ferramenta da qualidade não é totalmente focada para as questões que a ISO 50001:2018 abrange, o uso de ferramentas da qualidade focadas em encontrar e solucionar gargalos energéticos em conjunto ao já utilizado PDCA ou outra metodologia de melhoria contínua poderia vir a gerar um impacto positivo mais rápido e prático.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho buscou propor o uso de ferramentas da gestão da qualidade anexas a norma ABNT NBR 50001:2018 para tratar de perdas e eficiência energética de forma prática e rápida. E tornou assim a aplicação de uma norma considerada robusta e de árdua compreensão, em uma normativa acessível as pequenas e médias empresas, as quais representam grande parte da indústria brasileira.

1.2.1 Objetivo geral

Propor a união de ferramentas da qualidade focadas em coletar dados, analisar a causa raiz e em solucionar gargalos energéticos na organização.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar uma comparação entre ferramentas da qualidade, pontuando suas forças e fraquezas.
- Realizar uma análise entre PDCA e possíveis outras metodologias de melhoria contínua.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ISO (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO)

Fundada em meados de 1947 com sede na cidade de Genebra, Suíça, a International Organization for Standardization - ISO abrange mais de 160 países. É uma organização independente e não-governamental. A instituição ISO já publicou mais de 20.000 normas internacionais, todas podendo ser aplicadas no Brasil de acordo com o escopo e atuação que a organização necessita, cobrindo quase todos os setores. (ISO, 2018).

A presença e o papel desempenhado pela ISO são fundamentais por uma série de razões. O principal entre elas, conforme mencionado anteriormente, é o seguinte: em um contexto globalizado crescente, a adoção de padrões internacionais simplifica a colaboração entre empresas em projetos globais, assegura a qualidade de produtos tanto exportados quanto importados, e viabiliza que empresas multinacionais mantenham um padrão consistente de excelência em todas as suas operações pelo mundo, mediante a certificação das suas unidades de negócio em normas como a ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001, entre outras (BERTOLINO, 2018).

2.2 ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS)

Fundada em 1940, no Brasil, a ABNT consiste em uma entidade privada, sem fins lucrativos, de utilidade pública, sendo o único “Fórum Nacional de Normalização”. Membro fundador da ISO, COPANT (Comissão Pan-americana de Normas Técnicas) e AMN (Associação de Normalização do MERCOSUL) e da IEC (Comissão Internacional de Eletrotécnica - do inglês International Electrotechnical Commission) desde o ano de sua fundação, a organização atua no controle, gestão e divulgação das normativas no Brasil. O desenvolvimento das normas nacionais acontece em reuniões periódicas dentro das Comissões de Estudo (CE). De acordo com Choudhury (2013), a redação da norma foi feita pelo Comitê de Projeto ISO/PC-242 (Project Committee) sendo composto de 35 países (ROSA, 2006).

2.3 A NORMA ABNT NBR ISO 50001:2018

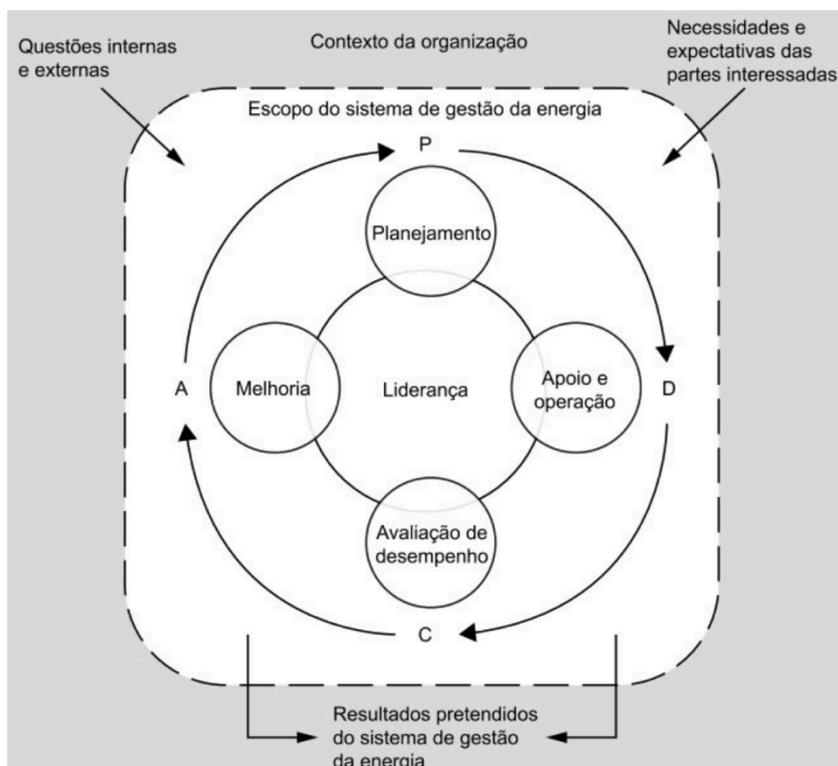
A normativa que trata dos sistemas de Gestão de Energia (SGE) chamada de ABNT NBR ISO 50001, foi publicada inicialmente em meados de 2011. Sendo atualizada posteriormente em 2018, e controlada pela Agência Brasileira de Normas Técnicas. Sua busca principal consiste em auxiliar as organizações a adquirirem em sua sistemática procedimentos que visem aprimorar o desempenho junto ao uso consciente da matriz elétrica ou energética ao qual se demanda, independentemente do tipo empregado, o que inclui eficácia, eficiência, consumo e aplicação adequados (ABNT, 2018).

Com base nas propostas que o Sistema da Gestão Energética, torna-se possível desacelerar os crescentes custos com energia, emissões de gases relacionados ao efeito estufa e devido a isso reduzir os impactos ambientais gerados pela operação da organização caso o seu nicho seja industrial ou agrícola por exemplo. Entretanto, os resultados positivos propostos só ocorrem caso ocorra comprometimento dos responsáveis que desejam tal avanço (ABNT, 2018).

A normativa caracteriza as diretrizes necessárias a serem implantadas ou revisadas em várias categorias, tem-se os objetivos, a política energética, planos de ação. Isso ocorre através de uma ferramenta da qualidade estruturada e já implementada em outras normas, como por exemplo a ISO 9001:2015, trata-se do PDCA (Plan, Do, Check e Act), que significa: Planejar, Fazer, Checar e Agir. Esses quatro pilares constituem a melhoria contínua nas organizações. (ABNT, 2018).

A ferramenta PDCA consiste em um controle de informações obtidas ao decorrer do processo, como mencionado tal processo apresenta quatro etapas. Ao final um novo ciclo PDCA é iniciado, mas agora iniciando com base nas informações obtidas no ciclo anterior, logo gerando um sistema de melhoria contínua e constante.

Figura 1: Ciclo PDCA para implementação de um SGE



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 50001:2018

É necessário levar em conta que cada organização tende a possuir um processo único de análise, visto que diferentes formas de energia são aplicadas a diferentes escopos das empresas. Ao qual é responsabilidade dos mediadores dessa transição implementar gradualmente e de forma correta as medidas necessárias. A busca nesta norma é desenvolver eficiência, mas sem alterar a metodologia e a cultura da empresa (ABNT, 2018).

Com base na Figura 1, disponibilizada pela normativa, há diversos requisitos que tocam o SGE integrado ao PDCA. Tem-se que o planejamento do processo depende de harmonia tanto da gestão energética quanto do PDCA.

2.4 POLÍTICA ENERGÉTICA

De acordo com (JANNUZZI, 1999) a norma ISO 50001, a Política Energética representa a posição oficial da empresa quanto às suas metas, orientações e compromissos globais relativos ao seu desempenho energético. É incumbência da Alta Direção tanto a elaboração quanto a execução dessa política. Além disso, a

norma estabelece que a Alta Direção deve garantir a implementação da Política Energética, abordando os seguintes pontos-chave (JANNUZZI, 1999):

1. Deve ser adequada aos objetivos da organização;
2. Deve estabelecer uma estrutura para definir e revisar criticamente os objetivos e metas energéticas;
3. Deve garantir a disponibilidade de informações e recursos necessários para alcançar os objetivos e metas energéticas;
4. Deve garantir a conformidade com requisitos legais aplicáveis e outros relacionados à eficiência energética, uso e consumo de energia;
5. Deve se comprometer com a melhoria contínua do desempenho energético e do Sistema de Gestão de Energia (SGE);
6. Deve favorecer a aquisição de produtos e serviços energeticamente eficientes que afetam o desempenho energético;
7. Deve apoiar projetos que visem melhorar o desempenho energético.

De acordo com (JANNUZZI, 1999), considerando o impacto dual da energia na economia e no meio ambiente, qualquer política energética destinada a atender à crescente demanda por serviços deve considerar as seguintes abordagens:

1. Estimular a substituição de recursos energéticos;
2. Reduzir a intensidade energética através da reestruturação dos sistemas urbanos, de transporte, industriais e comerciais;
3. Aumentar a eficiência energética e eliminar desperdícios.

Enquanto (SILVA, 2015) enfatiza que a política energética é fundamental para o compromisso da organização em melhorar seu desempenho energético, sendo o principal motor do SGE. Deve estar alinhada com o uso e consumo de energia da instituição, incluir o compromisso de melhoria contínua do desempenho energético de acordo com requisitos legais, estabelecer metas e objetivos e promover a aquisição de produtos e serviços energeticamente eficientes. Deve ser documentada e atualizada regularmente.

Assim, fica evidente a importância da política energética para organizações que buscam eficiência energética, pois estabelece critérios essenciais, como o compromisso da alta direção com o SGE e diretrizes para análise crítica de objetivos e metas energéticas, entre outros.

2.5 GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

No âmbito empresarial e industrial brasileiro, um acoplamento de sistemáticas energéticas contra perdas e controle de consumo dos insumos de produção resultam em um consumo consciente de matriz elétrica e energética, entretanto, a aplicabilidade dessas estratégias sem coesão resulta num impacto significativo na cadeia de custos, logo, o alto custo na produção resulta no bolso do consumidor em muitos casos. É neste cenário que a Gestão Energética (GE) auxilia no controle de custos e na eficiência nos processos utilizados no ramo produtivo, através de melhorias pautadas e aplicadas utilizando dados e fundamentos como engenharia, economia e administração aos sistemas energéticos (CORSINA *et al* 2015).

No Brasil, a busca pela gestão e eficiência é pauta de alguns programas governamentais, aos quais foram criados buscando impulsionar e incentivar o uso eficiente da energia, os mais reconhecidos são: Programa de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), implementado em 1985 pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET), criado em 1991 e executado pela Petrobras. Por fim, o programa denominado PROCEL, Menkes (2004) relata que até o final do ano de 2002, foram economizados cerca de US\$4 bilhões. A meta estipulada para o ano de 2015, segundo o Plano de Longo Prazo 2015, era de cerca de US\$ 11 bilhões ao qual também foi cumprida, impactando na redução de consumo de 130 bilhões de kWh. De acordo com Menkes (2004), os países desenvolvidos buscam atuar em harmonia a demanda/uso de energia com o meio, já no Brasil, os dois meios não interagem de forma tão saudável quanto poderia ser, isso prova a falta de um procedimento preciso de interação.

Segundo Corsinia *et al* (2015), o uso da frase "eficiência energética" consiste na programação, o planejamento e a aplicação de ferramentas e estratégias que resultem em conjunto na redução da demanda energética realizando os mesmos serviços.

Em 2019, a ISO divulgou um estudo relatando o desenvolvimento da recém lançada ISO 50001, quando comparada a outras 11 normas internacionais, conforme ilustrado na Tabela 1. Nesse sentido, a ISO 50001 já foi considerada parte integrante de um sistema global de gestão, visto que levando em conta o seu ano de

lançamento em proporção foi uma das normas que mais se destaca no cenário internacional (ISO, 2020).

TABELA 1: Comparação de certificados ISO emitidos

Norma de Sistema de Gestão	Tema	Ano de criação	Número de certificados válidos em 2019	Número total de sites certificados em 2019
ISO 9001	Qualidade - geral	1987	883.521	1.217.972
ISO 14001	Meio ambiente	1996	312.580	487.950
ISO IEC 27001	Segurança da informação	2005	36.362	68.765
ISO 22000	Qualidade - alimentos	2005	33.502	39.651
ISO 45001	Saúde Ocupacional e Segurança	2018	38.654	62.889
ISO 13485	Qualidade - dispositivos médicos	2003	23.045	31.508
ISO 50001	Energia	2011	18.227	42.215
ISO IEC 20000-1	Tecnologia da informação - serviços	2011	6.047	7.778
ISO 22301	Continuidade dos negócios	2012	1.693	6.231
ISO 28000	Segurança na cadeia logística	2007	1.874	2.403
ISO 39001	Segurança rodoviária	2012	864	1.852
ISO 37001	Antissuborno	2016	872	4.096
TOTAL	-	-	1.357.241	1.973.310

Fonte: ISO (2020)

2.6 SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA

Um Sistema de Gestão de Energia torna claro os critérios necessários para a organização obter sucesso ao estabelecer uma política energética, traçar objetivos, indicadores satisfatórios e a melhoria contínua dos processos. Logo, o SGE é um dos principais responsáveis a fornecer conformidade aos requisitos obrigatórios na norma ISO 50001. Sem o SGE, não há comprometimento palpável da organização, não há padronização de sistemáticas, tão pouco uma política energética satisfatória ao qual inclui também em suas atividades o grau de documentação e recursos necessários (ABNT, 2018).

No Brasil, as normas são vistas como ferramentas importantes para apoiar a legislação e essa percepção envolve setores públicos e privados. Geralmente, essas normas regulamentadoras são integradas a medidas existentes e às políticas governamentais ganhando um status de lei, mas carecendo de amparo de outras políticas públicas para se consolidar. Quando se discute sobre o Sistema de Gestão de Energia (SGE), uma aproximação possível tratar-se de Gestão do Desempenho Energético (DE), apesar de não terem conceitos sinônimos são implicitamente alvo de junção. Na verdade, desde 2001, quando houve um desequilíbrio entre a oferta e a demanda de energia elétrica, popularmente denominada de “apagão”, o setor mais prejudicado foi o industrial, que por sua vez, obteve taxa de crescimento negativo no ano do apagão (GOMES, 2007). Portanto, a segurança do fornecimento e o uso do recurso energético são temas associados diretamente ao SGE. Vale ressaltar que a ISO 50001 não traz orientações para planos de segurança ou energias alternativas, mas traz consigo o suporte necessário para melhorar a gestão do recurso.

Klocke, Döbbeler e Lunga (2015) destacam que, quando aplicadas tecnologias focadas em eficiência energética, ocorre também um respaldo ambiental satisfatório, apesar dos custos e demandas adicionais devido à nova implementação. A modernização e atualização de maquinário e tecnologia nas organizações é um processo cauteloso, a norma trata como necessário o estudo e viabilidade de modernização, junto a exemplificação de custos, energia economizada, gases evitados, etc.

Segundo Pinto (2014), para coesão da gestão da energia se faz necessário compreender o que a compõe como gestão, sendo assim, alguns critérios devem ser implementados e/ou revisados. A Figura 2 especifica os setores que compõem a gestão energética e quais os procedimentos necessários para tais fatores serem considerados conformes.

Figura 2: Fatores que constituem a gestão de energia

Segurança	Uma nota diz que no planejamento de situações de contingência ou potenciais desastres, incluindo a aquisição de equipamentos, a organização pode decidir incluir desempenho energético na determinação de como reagirá a tais situações.
Tecnologia	A alta direção da empresa deve demonstrar o seu comprometimento em apoiar o SGE e melhorar sua efetividade através de, entre outros, o fornecimento de recursos necessários para o SGE. Dentre estes recursos está a tecnologia. Ainda, quando do estabelecimento e revisão de objetivos e metas, a organização deve considerar dentre outras, suas opções tecnológicas.
Qualidade	A Norma não trata da qualidade de energia. Porém, é razoável, entender que na busca da melhoria da eficiência energética, parâmetros de qualidade, para qualquer tipo de energia devem ser medidos e monitorados para que trabalhem dentro dos limites estabelecidos.
Desempenho	O propósito da Norma é habilitar organizações a estabelecerem sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético. O desempenho inclui a eficiência energética, uso e consumo de energia.
Legislação	A organização deve assegurar-se que os requisitos legais aos quais subscreve são considerados no estabelecimento, implementação e manutenção do SGE. Exemplos de requisitos legais podem incluir uma lei ou regulamentação nacional de conservação de energia
Aquisição	A organização deve estabelecer critérios para avaliação de uso e consumo de energia e eficiência energética durante o tempo de vida útil planejado ou esperado na aquisição de produtos, equipamentos e serviços dos quais se espera impacto significativo no seu desempenho energético. Também estabelece que na aquisição de serviços de energia, produtos, equipamentos e energia, a organização deve informar aos fornecedores que a aquisição é em parte avaliada com base no desempenho energético.
Fontes Alternativas	Ao estabelecer a revisão energética, a organização deve identificar, priorizar e registrar oportunidades de melhoria de desempenho energético. Estas oportunidades podem ser relacionadas a potenciais fontes de energia, uso de energia renovável ou outras alternativas de energia, tais como resíduos energéticos.

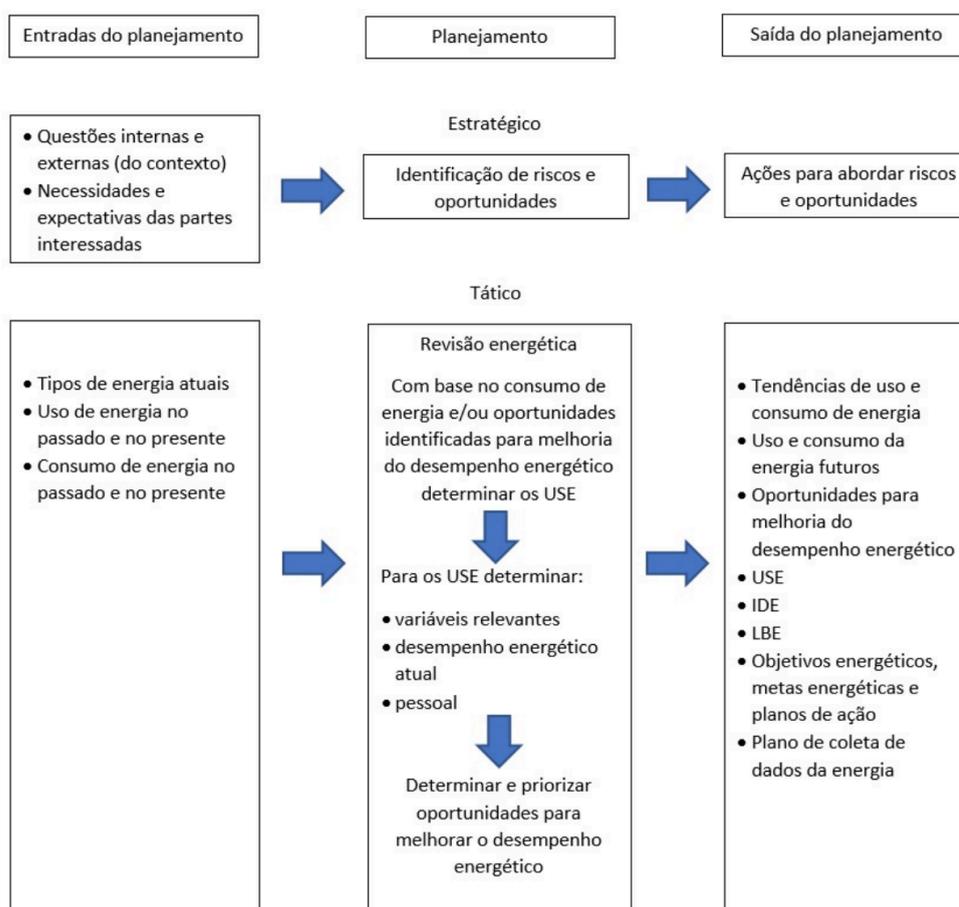
Fonte: Pinto (2014)

2.7 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Neste momento ocorre o mapeamento dos riscos e oportunidades no planejamento do SGE. Ocorre também a liberdade de criar possíveis cenários futuros e suas consequências estipulando ações necessárias, assim, a organização estará preparada com um plano de ação definido caso seja necessário implantá-lo. A ISO 50001 apresenta um diagrama conceitual de um planejamento energético a

fim de melhorar o entendimento, conforme é apresentado na Figura 3 (PINTO, 2014).

Figura 3: Planejamento Estratégico



Fonte: Pinto (2014)

Os fatores que devem ser apresentados num planejamento estratégico são:

1. Ações visando abordar riscos e oportunidades;
2. Metas energéticas e planejamento para cumpri-las;
3. Revisão energética - define-se como a análise da eficiência energética, uso e consumo da energia através de resultados obtidos previamente e outros indicadores, resultando no chamado Uso Significativo de Energia (USE), sendo a porcentagem na organização onde a energia é mais e menos demandada, e a oportunidades de melhoria do desempenho energético;

4. Indicadores de desempenho energético (IDE) - O IDE consiste como a relação medida entre o desempenho que a organização apresenta principalmente no setor produção/operação junto ao seu desempenho energético;

5. Linha de base energética (LBE) - A ISO 50006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016) determina que a LBE possibilita a análise energética perante duas seções de tempo. De acordo com (LEITE, 2010) a aplicação correta do LBE possibilita a determinação correta do impacto gerado devido as implementações energéticas. Um dos métodos mais comuns é a utilização da data inicial das sistemáticas como ponto referência, Entretanto, segundo (LEI; HU, 2009) tem-se como estratégia para a LBE a utilização da regressão estatística ou simulações;

6. Planejamento para coleta de dados energéticos (GOV, 2021).

2.8 POSSÍVEIS PONTOS DE PERDAS ENERGÉTICAS

As fontes de energia são o mecanismo principal de mover as atividades econômicas em qualquer setor na sociedade moderna. Entretanto, um dos riscos que acompanham esse modelo aplicado atualmente são as perdas acopladas a esse mecanismo energético, essas perdas afetam principalmente na eficiência em realizar determinada ação destinada. A energia perdida pode ser classificada como fonte de desperdício, principalmente quando se tem sistemas de baixo rendimento, ou seja, sistemas ou equipamentos que aproveitam mal a energia empregada para seu funcionamento normal (PÉRES, 2009)

A eficiência na produção está interligada ao uso consciente energético, em contrapartida, em grande maioria dos casos a ineficácia na produção está conectada a perdas energéticas ao longo do processo produtivo. Por outro lado, ganhos energéticos significam ganhos na produção. Essa informação é variável ao escopo de uso energético para cada organização. (GELLER,2003).

As principais áreas alvo onde o SGE age sobre novas sistemáticas e procedimentos visando evitar perdas são: Gestão energética, sistemas de iluminação, sistemas motrizes, sistemas de aquecimento, sistemas de ar

comprimido, sistemas de refrigeração. Entende-se como causador de perdas as formas de energia elétrica (via rede ou gerador) e energética (química, térmica, etc.)

2.9 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Segundo Mariani (2005), é necessário trabalhar com base em fatos e dados para orientar o processo e tomar decisões precisas. Para isso, existem ferramentas de qualidade que permitem recolher, processar e organizar de forma clara as informações geradas no processo.

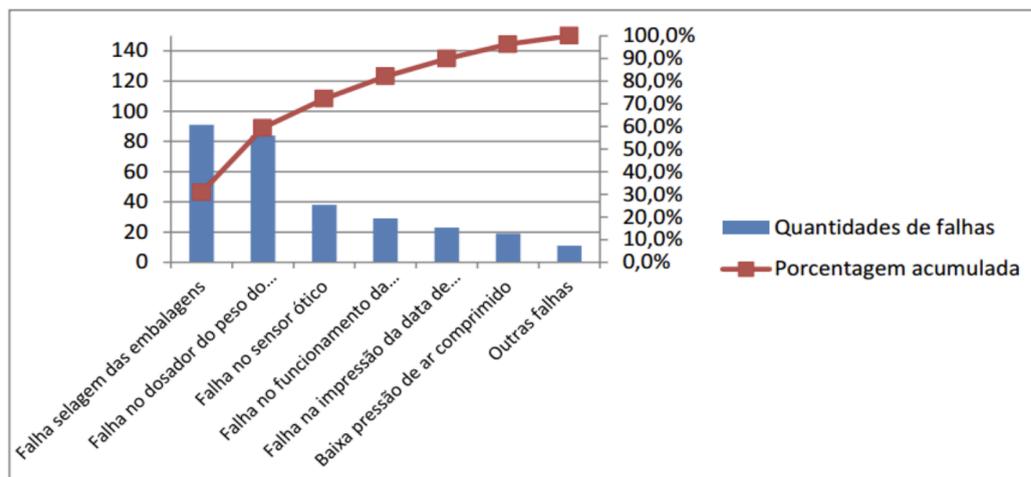
Há uma grande variedade de ferramentas disponíveis para ajudar a identificar e compreender problemas de qualidade. Alguns autores tendem a diferenciá-las como estratégicas e estatísticas. Sendo assim, as estratégicas são ferramentas usadas para geração de ideias, priorização e pesquisa de causa raiz. O segundo grupo, as estatísticas, busca destacar informações básicas para a tomada de decisões de melhoria por meio de ferramentas que medem o desempenho (VERGUEIRO, 2002).

As ferramentas básicas da qualidade são: Diagrama de Pareto, Histograma, Diagrama de Causa e Efeito, Folha de Verificação, Gráficos de Controle, Diagrama de Dispersão, Fluxograma.

2.9.1 Diagrama de Pareto

Consiste em um gráfico de barras que resume as diversas causas ou características de defeitos, reclamações, falhas e outros problemas. É uma ferramenta eficaz para identificar problemas, melhorar a visualização, verificar resultados, comparar antes e depois dos problemas, identificar itens contribuintes e eliminar causas (OLIVEIRA, 2020). Conforme exemplo demonstrado na Figura 3:

Figura 3: Gráfico de Pareto das Paradas



Fonte: Matias (2014)

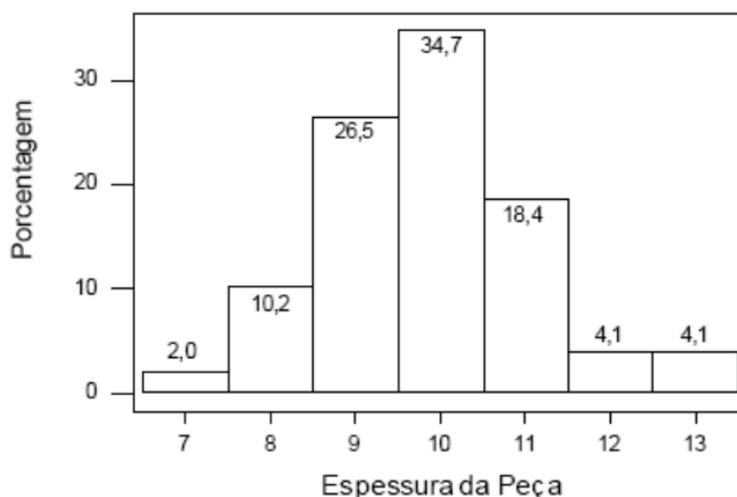
Neste exemplo (Figura 3), tem-se o gráfico do Diagrama de Pareto mostrando a quantidade de falhas e a porcentagem acumulada dessas falhas, ficando fácil de observar com mais representatividade. Sendo assim, essas falhas devem ser analisadas e corrigidas para que ocorra um processo de melhoria de resultados.

2.9.2 Histograma

O histograma é uma das técnicas estatísticas mais utilizadas para analisar a qualidade de dados. Sua finalidade é representar visualmente informações numéricas em grande quantidade. Com a interpretação do histograma, é mais fácil compreender os dados de maneira simplificada, ao invés de utilizar uma extensa tabela ou relatório repleto apenas de números e valores.

De acordo com Magar e Shinde (2014), os histogramas são ferramentas úteis para analisar os padrões de distribuição de um processo. Dessa forma, também é possível detectar se o processo está ou não centralizado no valor nominal. Um exemplo de gráfico histograma é apresentado na Figura 4.

Figura 4: Histograma

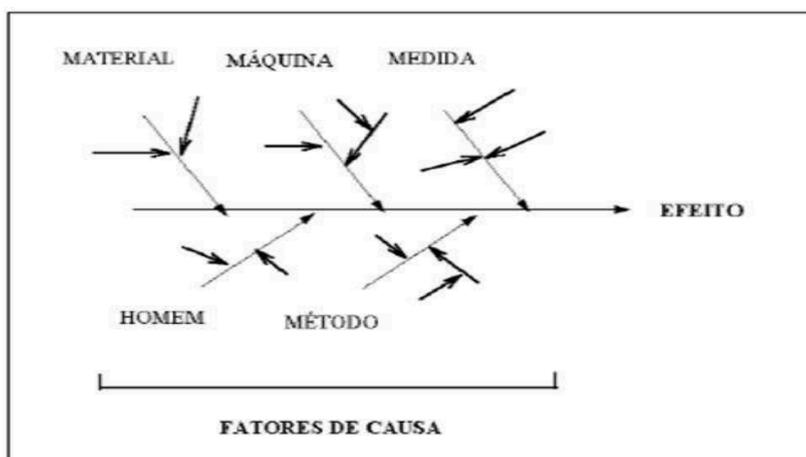


Fonte: UNICAMP (S.D p. 35)

2.9.3 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)

O Diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta utilizada para investigar os fatores que estão impactando ou sendo responsáveis por um determinado evento dentro das operações de uma empresa, seja na produção ou em outra área. A estrutura dessa ferramenta é comparada à forma de uma espinha de peixe, em que a linha central representa o evento em questão, enquanto as ramificações diagonais representam os fatores que o influenciam, ou seja, a causa e o efeito (DA SILVA, 2017).

Figura 5: Modelo de Diagrama de Ishikawa para Problemas de Natureza Industrial: 6 M's.



Fonte: Meireles (2001, p.55).

Dentro de cada efeito, há uma quantidade infinita de causas entre as categorias conhecidas como os Seis M's: método, mão de obra, matéria-prima, máquinas, mensuração e meio ambiente. Dentro dessas categorias, as causas mais prováveis são identificadas e selecionadas para uma análise mais aprofundada, com o objetivo de detectar e resolver as falhas (DA SILVA, 2017).

2.9.4 Folha de Verificação

Segundo Meireles (2001, p.45), uma Folha de Verificação (Figura 6) é uma ferramenta simples, com o propósito de apresentar ao leitor a frequência com que ocorrem eventos. Os eventos devem ser adequadamente incluídos na Folha de Verificação, de forma a permitir uma coleta de informações simples e eficaz (LÉLIS, 2018).

Figura 6: Folha de Verificação

Folha de Verificação para Classificação de Produtos Defeituosos			
Produto:		Total Inspeccionado:	
Estágio de Fabricação:		Fornecedor:	
Operador:	Forma:	Data:	Turno:
Tipo de Defeito	Contagem	Subtotal	
Áspero			
Quebrado			
Rachado			
Risco			
Empenado			
Rebarba			
Total			
Total Rejeitado			

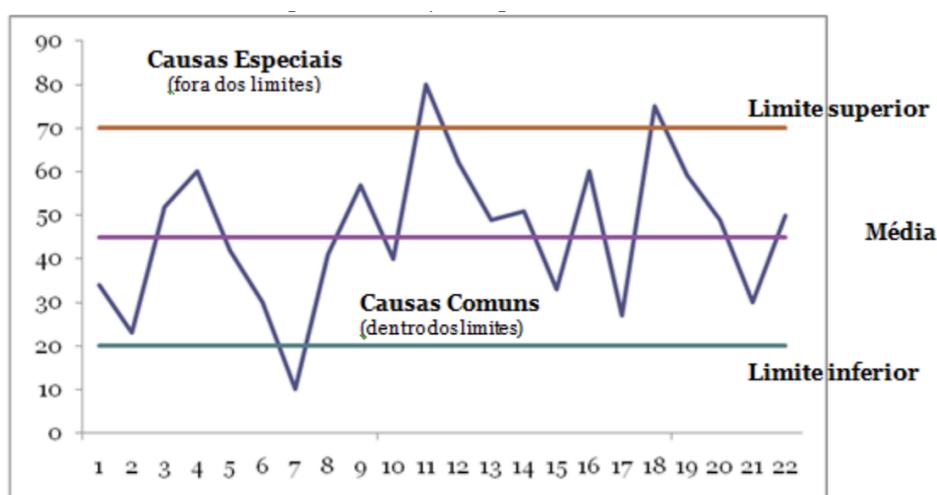
Fonte: Neto et al. (2017)

São empregadas para registrar informações, consistindo de um formulário de papel pré-impreso com os itens a serem checados, o que facilita e torna a execução precisa. Seu propósito é fornecer os dados de forma organizada, possibilitando a precisão das informações e uma rápida compreensão do contexto, contribuindo para reduzir os erros.

2.9.5 Gráficos de Controle

Um gráfico de controle é uma ferramenta usada para determinar se um processo de produção está dentro dos parâmetros definidos. Serve para monitorar e controlar desvios ou identificar diferenças em um processo. O controle de processo (controle de produção) é uma prática realizada durante o processo com amostras colhidas em horários acordados. A análise precisa da amostra mostra se o processo está operando de acordo com as especificações. (MOREIRA, 2015).

Figura 7: Exemplo de gráfico de controle



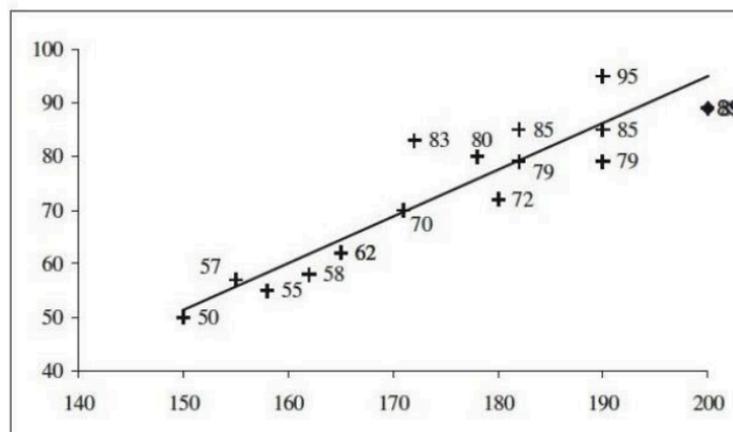
Fonte: Nogueira (2009).

Um gráfico de controle consiste em três linhas paralelas, cada uma representando um limite de controle. A linha superior representa o limite máximo de controle/processo, a linha inferior representa o limite mínimo de controle/processo, a linha do meio representa o valor médio de qualidade.

2.8.6 Diagrama de Dispersão

O Diagrama de Dispersão é usado para determinar e identificar a correlação entre dois fatores ou parâmetros. Segundo Cooper e Schindler (2003), esses gráficos são necessários para entender se existe relação entre as variáveis, pois apresentam informações de forma simples e visual, o que não ficaria tão claro em uma tabela de valores.

Figura 8: Exemplo de Gráfico de Dispersão



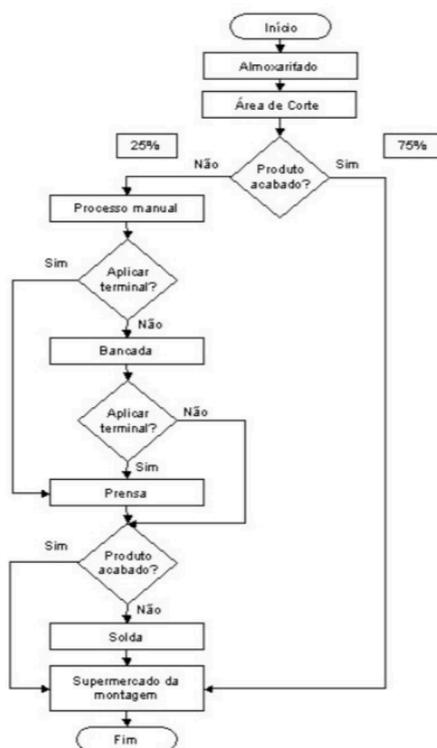
Fonte: Martins (2013).

Esta fusão de dados é o resultado da combinação de diferentes medições de uma causa específica (pressão, altura, etc.) com a medição correspondente de um indicador de qualidade (espessura, brilho, etc.). Ao compreender a correspondência dos fatores e como um pode influenciar o outro, é possível determinar o seu melhor aproveitamento (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

2.9.7 Fluxograma

Um fluxograma apresenta-se como uma ferramenta que visa facilitar a execução de ações procedimentais a partir de tais descrições de tarefas seguindo a ordem de como e qual ação deve ser executada primeiro, para que circule por todas as etapas executadas nas tarefas durante o processo de início ao fim, orientando assim aqueles que realizam tais operações ao longo das linhas de abastecimento para completar operações e saídas.

Figura 9: Fluxograma da área de “lead prep”



Fonte: PINHO et al. (2007, p.6)

Slack (2006, p. 466) menciona que um fluxograma possui um fluxo fixo de informações, produtos e funcionários e tem como objetivo garantir que todos os membros conheçam os passos a serem seguidos e visualizem as possíveis partes do processo.

2.10 METODOLOGIA 8D

A 8D ou oito disciplinas correspondem a uma metodologia sólida que visa a melhoria contínua e a resolução de problemas. Foi desenvolvido pela Ford na década de 1980 e visa o trabalho em equipe onde as pessoas estão envolvidas. Tem sido amplamente utilizado devido à sua simplicidade e eficiência (GONZÁLES e MIGUEL, 1998). Segundo Kepner e Tregoe (2001), as principais tarefas das oito disciplinas são resolver problemas, controlar seus efeitos e encontrar fatos, localizar o modo de falha e descobrir medidas preventivas.

Como o nome sugere, a metodologia baseia-se em oito departamentos, que segundo Gonzáles e Miguel (1998) podem ser considerados como oito etapas para

resolução de problemas. As etapas da metodologia 8D podem ser apresentadas conforme mostrado na Figura 10.

Figura 10: Ferramenta 8D



Fonte: PEREZ, 2016

2.10.1 Disciplina 1: Definição de equipe

Consiste em estabelecer um pequeno grupo de pessoas com conhecimento, tempo, poder e capacidades. Esse grupo exige profissionais qualificados de diversas disciplinas que compartilhem uma visão diversificada e estejam dispostos a integrar suas habilidades para resolver problemas existentes. A equipe deve ter um líder que lidere e direcione o grupo de trabalho e deve utilizar corretamente as ferramentas da qualidade (PEREZ, 2016).

2.10.2 Disciplina 2: Descrição do problema

Nesta etapa, deve-se apresentar o problema de forma mensurável, identificar a causa do problema, descrevê-lo em termos concretos e tornar visíveis seus objetivos para que possa usar as ferramentas certas (PEREZ, 2016).

2.10.3 Disciplina 3: Ações corretivas imediatas

É crucial implementar e verificar as ações corretivas a curto prazo para evitar que um problema se expanda e potencialmente cause consequências mais graves. É imperativo garantir que as medidas corretivas sejam eficazmente implementadas para proteger o cliente de quaisquer dificuldades (PEREZ, 2016).

2.10.4 Disciplina 4: Análise da causa raiz (modo de falha)

Essa disciplina envolve identificar as falhas potenciais que explicam a ocorrência do problema, conhecida como modo de falha. É uma etapa abrangente que demanda mais tempo no cronograma, pois orienta as próximas atividades. Cada possível causa é testada em relação à descrição do problema e aos dados, para então identificar ações corretivas capazes de eliminar a causa raiz (PEREZ, 2016).

2.10.5 Disciplina 5: Ações corretivas

Nesta fase, todas as ações corretivas identificadas na etapa anterior serão executadas, com o objetivo de erradicar as causas raiz e mitigar quaisquer efeitos indesejáveis para os clientes. Além disso, serão estabelecidas outras medidas, se necessário, com base na gravidade potencial do problema (PEREZ, 2016).

2.10.6 Disciplina 6: Comprovação da eficácia das ações

Após a execução das ações corretivas, esta etapa concentra-se em verificar sua eficácia por meio de acompanhamento e do uso de ferramentas qualitativas, assegurando a eliminação da causa subjacente. Também são realizadas comparações entre os dados obtidos após a implementação das ações corretivas e o estado inicial observado (PEREZ, 2016)..

2.10.7 Disciplina 7: Ações preventivas

Nesta etapa são implementadas ações preventivas para evitar a recorrência de problemas futuros. Após a análise e comprovação da eficácia das ações corretivas, se os resultados forem positivos, revisa-se o histórico de produção para

garantir a consistência dos processos de acordo com a nova metodologia. Isso visa evitar a repetição das causas dos problemas. Além disso, são identificadas boas práticas e procedimentos, e os treinamentos são atualizados conforme necessário (PEREZ, 2016).

2.10.8 Disciplina 8: Análise de encerramento

Na etapa final, são expressos os agradecimentos e reconhecimentos pelos esforços coletivos da equipe para alcançar os objetivos e resultados estabelecidos (PEREZ, 2016).

3. MASP

O Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) é uma abordagem estruturada que se baseia na aplicação do ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), conforme descrito por Tzaskos e Gallardo (2016). Este ciclo, essencial tanto para melhorias quanto para a resolução de problemas, torna-se fundamental quando se trata de qualidade total, e todos os membros da empresa devem dominar sua aplicação. O MASP é especialmente projetado para promover a melhoria contínua, visando eliminar a repetição de falhas e aumentar a qualidade nos processos produtivos.

Este método auxilia gestores e profissionais de processos e qualidade a tomar decisões embasadas em dados que identificam a causa raiz de diversos problemas. Com uma base científica sólida, foi desenvolvido para abordar falhas ou melhorar situações indesejadas em processos específicos que afetam uma ou mais áreas da empresa.

O MASP visa resolver, de maneira estruturada, problemas complexos dentro das instituições, sejam eles relacionados a serviços ou processos. Seu principal objetivo é solucionar problemas de forma rápida e eficiente, por meio da aplicação de ações corretivas e preventivas de forma organizada, com base em dados coletados na observação do problema a ser resolvido. Este processo faz uso das ferramentas da qualidade (SILVA, 2014).

4. 5W2H

Esta ferramenta é utilizada para organizar informações em um plano de ação, planejamento ou na apresentação de resultados. Ela abrange todas as tarefas a serem executadas ou selecionadas com cuidado e objetividade, garantindo, conforme observado por Reyes (2000), sua implementação de maneira organizada. Deve-se responder às seguintes perguntas:

5W

- What (o quê)? – O que será feito? (etapas, atividades, projetos)
- Who (quem)? – Quem fará? (responsáveis, áreas)
- When(quando)? – Quando será feito? (datas, tempos e prazos)
- Where(onde)? – Onde será feito? (área, processo, setor)
- Why (por quê)?- Por que será feito? (justificativas ou necessidades)

2H

- How (como)? – Como será feito? (técnicas, instruções, procedimentos)
- How much (quanto custa)? – Quanto custará? (investimento, despesas, custos) (LISBÔA, 2012).

5. PDCA

De acordo com Campos (1991) citado por Fornari Junior (2010), o PDCA é um método de gerenciamento de projetos aplicado a processos ou sistemas, sendo o meio pelo qual metas estabelecidas são alcançadas.

Segundo Andrade (2003) citado por Fornari Junior (2010), este ciclo foi concebido como uma ferramenta para melhoria dinâmica e contínua, onde o término de um ciclo em um projeto marca o início do próximo, como ilustrado na figura 9.

Conforme Seleme e Stadler (2013), o PDCA como método de melhoria contínua não se limita a uma única aplicação no processo, pois promove uma cultura de melhoria que pode permear todos os processos.

O ciclo PDCA deve ser abordado por um método específico que aborde a causa raiz do problema, e não por uma abordagem que o gestor já conheça ou tenha utilizado anteriormente. Se após a análise for constatado que o problema não pode ser resolvido de uma única maneira, todas as alternativas devem ser

consideradas e discutidas, sendo selecionada apenas uma delas como a melhor opção (PALADY, 2002).

O método consiste em um ciclo dividido em quatro partes, conforme definido por Seleme e Stadler (2013):

- P (Plan – Planejar): Nesta fase, os objetivos do projeto são definidos e os métodos para alcançar esses objetivos são estabelecidos.
- D (Do – Fazer, Executar): Aqui, os novos métodos são implementados através de treinamentos, colocados em prática e dados são coletados, incluindo medições de qualidade.
- C (Check – Verificar): Esta fase envolve a avaliação dos resultados das atividades executadas, comparando as medições realizadas com os objetivos estabelecidos.
- A (Act – Agir): Com base na análise feita na fase anterior, esta etapa compreende a realização de correções para os desvios em relação aos objetivos. De acordo com Andrade (2003) citado por Fornari Junior (2010), aqui o projeto também é concluído, com a padronização dos novos métodos e a definição de novas metas para um novo ciclo, incentivando a melhoria contínua.

Figura 11: Ciclo PDCA



Fonte: Retirado de (MELO,2001).

6. KAIZEN

Com o objetivo de se destacar em um mercado concorrido, as organizações têm utilizado estratégias de aprimoramento contínuo, visando diminuir despesas, ajustar e aperfeiçoar operações e mercadorias que estejam alinhadas com as demandas e expectativas dos clientes.

O Kaizen é uma das muitas ferramentas de melhoria contínua que as empresas usam para competir no mercado. Imai (1990) afirma que o conceito fundamental do Kaizen é o seguinte: "Kaizen significa melhoramento". O Kaizen tem origem japonesa, onde Kai significa mudança e Zen significa para melhor, ou seja, mudar para melhor. Também significa melhoria contínua para todos, incluindo gerentes e funcionários. A filosofia do Kaizen diz que nossas vidas devem ser constantemente melhoradas, seja no trabalho, na sociedade ou em casa.

A ferramenta Kaizen pode ser considerada um processo simples porque pode atuar em todas as áreas de uma empresa, incluindo conceitos básicos de organização e disciplina. Ela funciona com equipamentos já existentes na empresa para melhorar seus resultados, o que significa que não precisa gastar muito dinheiro.

Os dez mandamentos do kaizen são:

1. O desperdício é o adversário número um. É necessário sujar as mãos para removê-lo;
2. O progresso não é esporádico; melhorias são feitas gradualmente.
3. Todos na empresa, incluindo os gestores do topo e intermediários e até mesmo os funcionários mais básicos; a metodologia não é elitista;
4. A abordagem deve ser econômica. Sem investimentos substanciais, o aumento da produtividade não pode ser alcançado. Em consultorias e tecnologia, somas astronômicas não devem ser usadas;
5. Aplicar em qualquer lugar; não é exclusivo dos japoneses;
6. Apoia a gestão visual e a transparência total dos procedimentos, processos e valores; expor problemas e desperdícios ao público;
7. Focaliza no local onde o valor realmente é criado ("gemba", em japonês);
8. Orienta-se para os processos;
9. Acredita que as pessoas e os humanos devem ser priorizados; acredita que a melhoria deve começar com uma nova mentalidade e estilo de trabalho das pessoas (orientação pessoal para a qualidade, trabalho em equipe, cultivo de

sabedoria, elevação da moral, autodisciplina, círculos de qualidade e prática de sugestões individuais ou de grupo);

10. O princípio fundamental da aprendizagem organizacional é aprender fazendo.

O Kaizen (Figura 12) é diferente dos outros métodos de melhoria contínua mencionados anteriormente porque é baseado em ações, permitindo que as equipes criem e implementem soluções e alterem processos que já existem na empresa. Por causa disso, não requer grandes investimentos.

Figura 12: Ciclo Kaizen



Fonte: Iranicé Silva, 2018

Trata-se de entender o problema, planejar o que deve ser feito, incentivar a análise da causa, decidir se usar contramedidas temporárias ou permanentes, verificar os resultados com o Kaizen e, por fim, padronizar e estabelecer controles para o processo. Tudo isso está ilustrado na Figura 12.

Conforme mencionado anteriormente, várias ferramentas de melhoria contínua podem ajudar as empresas a implementar o Kaizen. Vários estudos de caso sobre o uso dessas ferramentas como Kaizen e os benefícios e resultados alcançados. Neste sentido, verificou-se que não existe um padrão ou protocolo que seja adequado para todas as organizações. A análise de viabilidade e aplicabilidade é necessária de acordo com as necessidades e características de cada (OLIANI et al. 2016).

7. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada foi o método qualitativo de análise das ferramentas da qualidade, que na visão do autor foi a mais adequada aos fatos estudados dentro dos estudos de caso que serviram como pilares para a elaboração deste trabalho. Vale ressaltar, que este mecanismo de análise ocorre quando é necessária uma visão mais abrangente e detalhista dos fatos abordados (CRESWELL, 2014).

A base deste trabalho foi a norma ABNT NBR ISO 50001: Sistemas de gestão de energia. Embora as discussões sobre energia remontem a tempos antigos, as crises energéticas, variações nos preços dos combustíveis fósseis e os avanços em novas tecnologias de geração e captação de energia são questões mais recentes.

Para buscar sanar as percas energéticas e melhorar a eficiência energética da organização, foi estruturada uma sistemática de análise e comparação entre as ferramentas da qualidade que possuem maior aplicabilidade nos pontos energéticos. Afim de determinar se há ferramentas que melhor se comportam e fornecem resultados mais expressivos quando o assunto é facilidade de uso, aplicabilidade e eficiência em pequenas e médias organizações.

Também foi realizado um estudo comparativo sobre as metodologias de melhoria contínua PDCA e KAIZEN. Pontuando prós e contras e efetividade no Sistema de Gestão de Energia.

8. RESULTADOS

Ao identificar as principais fontes de desperdício energético, as organizações podem priorizar intervenções que resultem em maior impacto, alinhando-se ao princípio de melhoria contínua da ISO 50001. A focalização dos recursos nas áreas de maior impacto economiza tempo e dinheiro, otimizando a eficiência operacional (Moura et al., 2019).

A implementação eficaz da ISO 50001 requer uma abordagem estruturada e sistemática para a gestão de energia, destacando a importância da identificação e eliminação de gargalos e perdas energéticas. Ferramentas da qualidade oferecem métodos comprovados para atingir esses objetivos. Esta seção detalha a aplicação prática de diversas ferramentas da qualidade na identificação de gargalos e perdas energéticas, além de sua contribuição para a implementação e manutenção da ISO 50001.

A Identificação de Causas Raízes permite a identificação detalhada das causas dos problemas, facilitando a implementação de soluções sustentáveis e de longo prazo (Rodriguez & Ramirez, 2021). A ISO 50001 requer uma análise detalhada das causas de ineficiências energéticas, algo que o Diagrama de Causa e Efeito facilita através de sua abordagem estruturada.

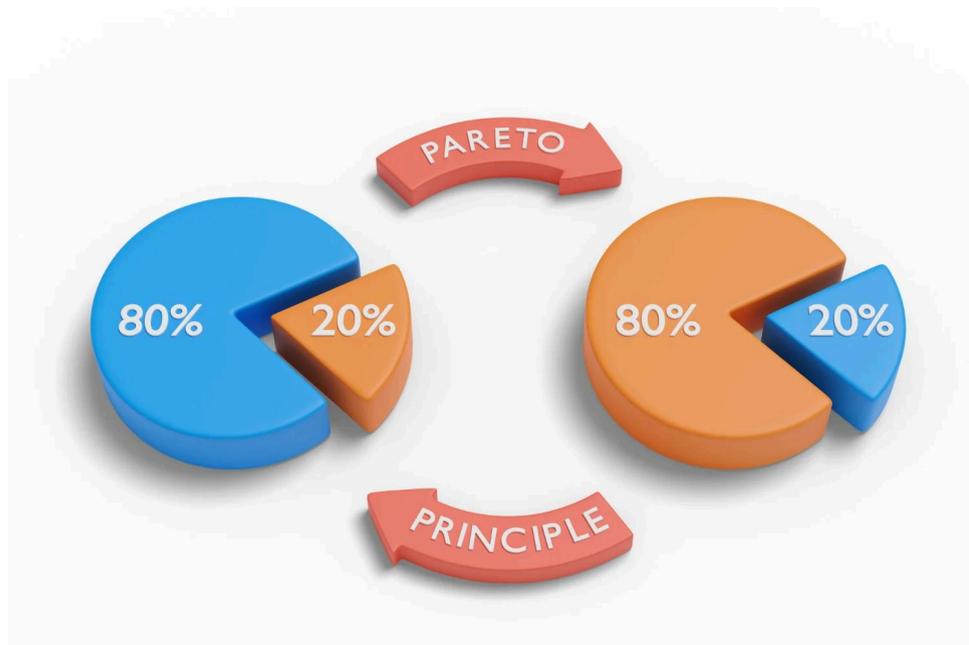
Para compreender melhor a eficácia de cada ferramenta da qualidade na implementação da ISO 50001, foi feito um comparativo detalhado baseado na revisão de literatura. Analisado os principais benefícios, limitações e a produtividade de cada ferramenta, correlacionando seus impactos na gestão de energia conforme os princípios da ISO 50001.

8.1 DIAGRAMA DE PARETO: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

O Diagrama de Pareto ou como é conhecido, princípio 80 e 20 (Figura 13), possui aplicabilidade na identificação de fontes de perdas energéticas, auxiliando as empresas a determinar e focar esforços nos setores mais carentes e defasados. De acordo com Moura et al. (2019), a utilização desta ferramenta em uma fábrica de manufatura mostrou que 20% dos equipamentos eram responsáveis por 80% do consumo energético em excesso. Com isso, foi possível determinar as ações necessárias sobre a questão problema, as máquinas que apresentavam baixa

eficiência, neste caso duas medidas foram tomadas: manutenção e troca de certas máquinas.

Figura 13: Diagrama de Pareto



Fonte: Otto Morales (2022)

Para compreender como funciona o princípio 80 e 20 sobre eficiência e perdas energéticas, é necessário primeiro considerar a quem se destina, neste caso a empresas que buscam eliminar suas perdas energéticas. Os resultados aplicáveis junto ao Diagrama de Pareto partem de uma coleta de dados focada nos tipos e características dessas perdas energéticas que ocorrem na cadeia de produção principalmente, como por exemplo o consumo excessivo de máquinas, aquecimento ou resfriamento inadequado e desperdício de energia durante os períodos em que máquinas e equipamentos estão inativos

Feito isso, ocorre uma caracterização e quantificação de tais perdas, classificando quais fatores favoreceram para que determinado desperdício tenha ocorrido, partindo das menores para as maiores perdas. Isso possibilita a organização a determinar de forma ágil quais fatores foram cruciais para o problema.

Por exemplo, se o Diagrama de Pareto indicar que setenta por cento das perdas energéticas são causadas equipamentos e maquinário defasados, vinte por cento ocorrem pela iluminação má dimensionada e dez por cento derivam por

favores de menor impacto no dia a dia, a empresa pode focar suas ações na otimização do maquinário visando melhorar a eficiência das mesmas.

8.2 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO (ISHIKAWA): APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

O Diagrama de Espinha de Peixe, ou como também é conhecido Diagrama de Ishikawa (Figura 14), busca localizar a causa raiz de problemas mais complexos. Vale mencionar que como o tema é eficiência e eliminação de gargalos energéticos, na maioria dos casos a tendência é de complexidade. Estudos, como o de Rodriguez e Ramirez (2021), esboçam que ao aplicar o Diagrama de Ishikawa em uma organização do ramo alimentício ao qual apresentava perdas energéticas, mostrou-se que o motivo era a falta de capacitação dos colaboradores responsáveis pela manutenção dos equipamentos. Problema esse, sanado após treinamento dos responsáveis sobre o tema.

Figura 14: Diagrama de Ishikawa



Fonte: Vitor Soares (2022)

Para demonstrar a aplicação dessa ferramenta tem-se como exemplo uma organização que apresenta um custo elevado de energia elétrica. O primeiro passo é determinar uma equipe de responsáveis qualificados de diferentes áreas da

empresa com o intuito de elucidar todas as possíveis causas deste problema. Essas causas podem ser dissolvidas por categorias principais de consumo, neste exemplo foram usadas: medição, meio ambiente, máquinas, métodos, mão de obra e materiais. Como é um exemplo de exemplificação, não será em todo tipo de empresa que as mesmas categorias acima serão implementadas.

Como o diagrama se assemelha a uma espinha de peixe, na "cabeça" é onde se anexa o problema principal a ser sanado, e por sua vez, as categorias determinadas previamente são os "ossos". Em seguida o grupo formado elenca as possíveis razões que afetam cada categoria. Como exemplo:

- **Máquinas:** Máquinas antigas, manutenção inadequada, funcionamento em horários de baixa demanda.
- **Métodos:** Processos ineficientes, falta de procedimentos de desligamento, uso inadequado de equipamentos.
- **Mão de obra:** Falta de treinamento, práticas ineficazes de economia de energia, desmotivação dos funcionários.
- **Materiais:** Uso de materiais ineficientes energeticamente, desperdício de materiais.
- **Meio ambiente:** Iluminação ineficiente, ventilação inadequada, isolamento térmico insuficiente.
- **Medição:** Medidores de energia imprecisos, falta de monitoramento contínuo.

Feito essa etapa, o grupo possui autonomia para atuar e elaborar planos de ação mais pertinentes a fim de eliminar o problema raiz.

Entretanto, esta ferramenta apesar de suas vantagens, também apresenta alguns pontos negativos. Dentre eles, a necessidade de conhecimento e experiência da equipe formada para aplicá-lo, correndo o risco de uma má implementação e tentativa equivocada de causas, gerando desperdício de capital e tempo de trabalho.

Outro ponto negativo é a falta de análise quantitativa sobre o diagrama, visto que é uma ferramenta qualitativa. Como em âmbitos energéticos quantificar é importante, utilizar apenas uma ferramenta que não abrange essa etapa pode se tornar perigoso para as empresas.

8.3 HISTOGRAMA: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

Imagine uma situação de uma organização de produção para compreender de que forma o gráfico de barras pode ser empregado para diminuir o desperdício de energia. Nesse cenário, a empresa acompanha de forma constante a utilização de energia. Os líderes têm a possibilidade de utilizar um gráfico de barras para visualizar a distribuição dos dados de utilização de energia registrados em diferentes períodos de trabalho, dias e meses.

A representação gráfica de frequência, conhecida como histograma, auxilia na identificação de períodos em que o consumo de energia se encontra elevado de forma anormal. Esses picos podem apontar para ineficiências, desperdícios e situações como equipamentos inoperantes, processos que demandam mais energia do que o previsto ou até mesmo falhas na manutenção que resultam em um uso excessivo de energia.

Segundo Montgomery (2013), o histograma é uma ferramenta extremamente eficiente quanto o foco é examinar informações, pois fornece uma visão diversificada dos resultados e setores analisados. Essa praticidade na análise é fundamental para proporcionar a melhor tomada de decisão sobre a questão problema, potencializando a tratativa e fornecendo um resultado final satisfatório.

Uma desvantagem é que o gráfico de barras não revela dados sobre a relação de causa e efeito. Ele apenas indica possíveis áreas problemáticas, sem fornecer uma explicação para o motivo de sua ocorrência. Dessa forma, torna-se fundamental complementar a avaliação com outras técnicas de controle de qualidade e abordagens de pesquisa a fim de obter uma visão abrangente dos elementos que influenciam as perdas de energia.

8.4 FOLHA DE VERIFICAÇÃO: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

A ferramenta Folha de Verificação possui foco em registrar a periodicidade que eventos ocorrem. Seu uso dentro de uma organização ocorre em diversas necessidades, no âmbito energético por exemplo, para controlar a frequência de uso de uma máquina pode ser criada uma ficha de controle visando detalhar os períodos em que este maquinário fica ligado desnecessariamente, outra aplicação por

exemplo é o controle de iluminação ou controle operacional dos sistemas de ventilação. Com esses dados coletados, a organização possui um indicador de problemas energéticos a serem sanados.

A folha de verificação consiste na ferramenta mais eficiente sobre a coleta de dados, fornece uma rápida identificação de causas raízes e conseqüentemente ágil tratativa, observa Montgomery (2013). No setor energético, agilidade e praticidade são fatores muito importantes, impactando numa solução rápida e eliminando os desperdícios e/ou melhorando o processo.

Apesar de ser recomendada em diversos casos, a Folha de Verificação apresenta suas limitações, pois atua de forma eficiente ao localizar a causa raiz, mas não foi elaborada para explicar o problema e muito menos detalhar de forma padronizada a sistemática de tratativa. Logo, seu uso é recomendado com ferramentas que complementam suas necessidades.

Outro ponto para se ter cautela é sobre os dados e a forma que eles são obtidos, de nada adianta uma ferramenta eficiente se as informações obtidas não apresentam coesão e padronização, os resultados a serem obtidos tendem a não condizer com a realidade.

8.5 DIAGRAMA DE DISPERSÃO: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

Buscando elucidar o uso do Diagrama de Dispersão, em uma organização que controla seus gastos energéticos através dos indicadores: temperatura ambiente, carga de produção, período de atividade das máquinas e quantidade de colaboradores em cada turno. Essa ferramenta torna clara a relação entre os indicadores e como isso afeta no custo energético.

A interrelação entre os tópicos acima pode ser elaborada através do diagrama analisando a relação entre consumo de energia do ar condicionado e temperatura ambiente. Onde no eixo X está a temperatura e conseqüentemente no eixo Y está o custo de energia do ar condicionado. Com isso, a tendência é que o gráfico gerado transmita a seu usuário correlações gráficas (indicadores), neste caso, a correlação óbvia seria que ao aumentar a temperatura ambiente automaticamente o custo de energia tenderia a se elevar.

Com a questão problema detalhada, a organização pode investigar e tratar as correlações obtidas. Sendo assim, o Diagrama de Dispersão possibilita localizar causas que fomentem a perda de eficiência e gastos energéticos.

Entretanto, esta ferramenta apresenta um ponto fraco, sendo ele a não determinação da causa real, apenas mostrando a correlação entre no mínimo dois fatores. Sendo necessário então um estudo da parte seguinte sobre cada um dos indicadores, visando determinar qual é o principal responsável.

8.6 GRÁFICOS DE CONTROLE: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS ENERGÉTICAS

Os gráficos e controle podem ser utilizados para fins de tratativa energética. Se destaca devido a informação inserida ser transformada graficamente, tornando mais fácil a compreensão. Sua utilização foca principalmente em mensurar as possíveis mudanças que podem ocorrer dentro de um processo. Vale mencionar que os gráficos precisam apresentar em sua estrutura métricas de controle, ou seja, limites máximos, limites mínimos e linha de padronização de dados.

O seu maior risco é a tendência relatada de gerar alarmes falsos e desencadear uma cadeia equivocada de tratativas. Tais alarmes falsos podem ocorrer devido a resultados isolados fora das metas (UFPB, 2024).

8.7 FLUXOGRAMA: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

Segundo Juran (1999) o fluxograma consiste em uma ferramenta voltada para a análise de processos, proporcionando uma análise macro dos processos, etapas e suas interações. Na gestão de energia, esse detalhamento proporciona facilidade ao identificar de forma prática quais as fontes de perdas ou ineficientes.

Como exemplo prático, sua aplicabilidade em uma organização que busca otimizar seu consumo energético, o fluxograma pode ser aplicado no processo de produção, ao qual inclui toda a cadeia que demanda energia de alguma forma. Como por exemplo em trocas de calor, iluminação e maquinário.

Com esses processos mapeados, a empresa possui a capacidade de localizar o setor ou setores dentro do processo que pecam e são ineficientes e/ou perdem

energia. Alguns exemplos incluem a iluminação utilizada em locais desnecessários por certos períodos, máquinas e equipamentos ligados sem uso, perdas de calor nos processos de vapor. Com essas informações obtidas a empresa pode tomar medidas tratativas a fim de sanar o problema.

No entanto, essa ferramenta possui certos entraves. Principalmente ao tratar de processos enxutos e extensos, dificultando a compreensão da causa raiz e afetando a medida correta de tratativa a ser tomada. Vale mencionar que o fluxograma apenas o período de tempo aplicado, não relata as variações que podem ocorrer dentro do processo por período de tempo. Logo, demanda de atualização frequente dentro da cadeia dos processos.

Por fim, como parte de uma visão quantitativa, ele não mensura os problemas, isso é, não fornece uma compreensão quantitativa dos problemas. E consequentemente também não fornece o macro quantitativo das atividades de correção utilizadas. Devido a isso, seu uso é recomendado com outras ferramentas que comuniquem e complementam suas necessidades (CRUZ, 2017).

8.8 METODOLOGIA 8D: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

Segundo Juran (1999) o sistema afirma 8D propõe uma solução definitiva e sustentável dos problemas. Quando o foco é gestão de energia essa narrativa dialoga perfeitamente com a metodologia 8D, visto que um dos pontos da ISO 50001 é também o controle de emissão de gases do efeito estufa.

Sua aplicabilidade é ampla e atende a diversos setores de uma organização. Contanto que suas etapas sejam aplicadas corretamente. Por exemplo, em uma organização hipotética, o grupo de colaboradores responsável por aplicar a metodologia 8D com foco em gasto de energia excessiva de maquinário, ao chegar na etapa 4D (Análise de Causa Raiz), identifica que o maquinário não estava defasado, porém, necessitava de manutenção corretiva para operar em plena eficiência.

Por outro lado, peca ao ser considerada uma metodologia completa mas considerada burocrática, lenta e custosa. Além de demandar comprometimento e colaboradores qualificados (OLIVEIRA 2021).

8.9 METODOLOGIA MASP: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

A metodologia MASP fornece diversas vantagens sobre o tema energético das empresas. Dentre as principais, uma sistemática coesa para determinar, planejar e sanar problemas que afetam o desempenho energético eficiente das organizações. Outro ponto é o incentivo que essa metodologia traz sobre a voz ativa dos seus participantes nas etapas, tornando o ambiente mais colaborativo ao qual potencializa a eliminação de problemas..

Juran (1999) relata que o MASP é extremamente efetivo pois apresenta uma estrutura padronizada e efetiva visando sanar os problemas elencados.

No entanto, semelhante a metodologia 8D, o MASP apresenta as mesmas questões: burocracia, custos e lentidão.

8.10 5W2H: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

Ao aplicar a ferramenta 5W2H, a organização está fazendo uso de uma ferramenta com baixo grau de complexidade, ou seja, fácil compreensão e estruturação. Resulta em um planejamento coeso e fácil direcionamento das ações necessárias.. Além disso, o 5W2H possui um caráter de integração, os colaboradores ao utilizá-lo tendem a se sentir mais responsáveis na organização, potencializando seu envolvimento com a causa.

A qualidade não é paga, relata Crosby (1984). O método 5W2H transmite e foca na necessidade de um planejamento coeso e esquematizado visando alcançar os objetivos propostos. Essa sistemática se relaciona perfeitamente com o setor energético, visto que para que ocorra sucesso na eficiência e eliminação de gargalos, uma tratativa planejada corretamente é crucial.

Mesmo apresentando facilidade de uso e eficácia nos resultados, a ferramenta 5W2H apresenta certas restrições. Uma delas é que essa sistemática não possui eficácia quando aplicada junto a problemas de alta complexidade.No entanto, possibilita a seu usuário nesses casos uma visão inicial do problema e gerar um ponto de partida mais específico para sanar tais problemas de difícil identificação.

Por fim, o 5W2H não possui uma sistemática estruturada para acompanhamento e análise das ações abordadas. Por mais que foque no planejamento e execução, essa ferramenta peca ao não acompanhar os resultados da forma correta, sendo recomendado o acoplamento de outras sistemáticas que complementam e fazem esse papel.

8.11 PDCA: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

O PDCA fornece diversos benefícios na gestão energética. Com ele é possível obter-se uma abordagem sistemática e interativa visando a melhoria contínua, garantindo assim que as medidas sigam corretamente as etapas de planejamento, execução e verificação de forma bem sucedida. Outro ponto positivo é o incentivo dos colaboradores visando a redução de perdas e otimização de consumo.

"O PDCA é uma ferramenta fundamental para a melhoria contínua, permitindo que as organizações aprendam e se adaptem constantemente às mudanças", afirmou Deming (1986). Quando o tema é gestão energética esse pensamento é crucial, visto que o foco é diminuir gastos e perdas energéticas, consequentemente aumentando a eficiência e prospecção de lucro.

Por outro lado, esta metodologia apresenta certas entraves, mesmo sendo eficaz. Um dos principais é o comprometimento da equipe, ou seja, uma equipa sem foco tende a não apresentar resultados satisfatórios. Resultando também num ciclo repetitivo e inefetivo.

Outro ponto é sua ineficácia quando os problemas apresentam certo nível de complexidade, fornecendo uma projeção de tratativa significativamente simplificada, visto que as causas de perdas energéticas tendem a apresentar complexidade e dificuldade de identificação.

8.12 KAIZEN: APLICAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO E TRATATIVA DE PERDAS ENERGÉTICAS

A utilização do Kaizen na gestão e eficiência energética proporciona diversos benefícios. Promove soluções práticas junto a uma abordagem mais participativa comparado a outras metodologias de melhoria contínua, além de ser considerado

uma metodologia de união, ou seja, promove e incentiva a integração dos colaboradores.

Por mais que o meio energético tende a apresentar soluções e medidas de alto custo e paybacks demorados, a metodologia Kaizen busca soluções práticas e de custo baixo antes do alto investimento.

"O Kaizen não é uma atividade de uma vez só, é um processo contínuo", relata Masaaki Imai, um dos pioneiros do Kaizen. Essa frase torna claro o intuito dessa filosofia, e se aplica de forma clara e perfeita sobre a gestão de energia, ao qual a melhoria contínua possui papel crucial a fim de manter o que está bom e melhorar aquilo que necessita.

8.13 COMPARATIVO DE APLICABILIDADE

A primeira ferramenta abordada, histograma, apresenta usabilidade na área de perdas energéticas. Pois é possível obter através de seu uso uma representação visual do consumo, perdas, ineficiência...Por outro lado, esse resultado apresenta limitações como por exemplo: visão estática dos resultados e a necessidade de dados confiáveis. Logo, recomenda-se o uso de outras ferramentas ou métodos acopladas a sua implantação.

Em seguida, há o diagrama de Ishikawa, ao qual apresenta resultados satisfatórios quando tange a encontrar a causa ou causas raízes contribuintes para a ineficiência e/ou perda de energia na organização, facilitando o início do processo para eliminar determinados problemas. No entanto, não é de caráter quantitativo e possui médio grau de complexidade. Em suma, semelhante ao histograma é recomendado seu uso relacionado a outras ferramentas/metodologias complementares.

Já o diagrama de Pareto é útil ao buscar eliminar as principais fontes de perdas de energia na empresa. Estabelecendo prioridades e concentrando ações nos pontos chave relacionados ao problema, gerando maior impacto no resultado. Entretanto, peca ao considerar a relação entre causa e veracidade de dados. Sua aplicação deve ser combinada com outras ferramentas e técnicas de refino de dados para garantir uma gestão energética eficiente.

A folha de verificação também apresenta utilizada no ramo energético e análise de perdas. Através de uma metodologia de coleta sistemática de dados

relacionados principalmente ao consumo dos meios energéticos da organização, facilitando desvendar os padrões de perdas que podem vir a ocorrer. Semelhante às ferramentas acima, peca na parte de tratativa de dados e apresenta uma análise significativamente superficial.

Por outro lado tem-se os gráficos de controle, nesta ferramenta a tratativa de dados não é o principal fator negativo, visto que apresenta dados com melhor qualidade, a questão problema está na dificuldade de implementá-la visto que há necessidade de pessoal capacitado. Proporciona a aplicação de ações corretivas eficientes, monitoramento contínuo e rápida percepção de problemas.

O diagrama de dispersão permite em âmbitos energéticos a visualização e tratativa das interações entre variáveis, auxiliando a localizar os principais fatores que afetam o consumo energético, isso impacta significativamente na determinação das áreas específicas que demandam de melhoria. Em contrapartida, possui suas deficiências, por exemplo a incapacidade de provar a causa raiz do problema, afetando na tratativa.

Já o fluxograma possibilita a detecção de falhas e o caminho para suas tratativas através da visão ampla dos procedimentos e caminho energético, desde sua chegada a organização e como se comporta e fomenta os setores em que é aplicado. Mas apresenta complicações em sua interpretação junto a um parecer geral do ciclo, dando apenas indícios dos setores a serem tratados.

A Metodologia 8D é utilizada em muitos ramos das empresas, seu papel aqui tange mais na área da gestão da qualidade ao qual tende a ajudar significativamente uma empresa a se tornar mais eficiente e eliminar gargalos energéticos. Seu foco é estruturar e sequenciar as etapas para solucionar problemas Ela oferece uma abordagem estruturada para a resolução de problemas. No entanto, dentre todas as ferramentas e metodologias é uma das que necessita de maiores recursos (capital e humano) .

O MASP é outra ferramenta voltada para a qualidade, no entanto, pode ser muito importante atuando no ramo energético das organizações. Atua principalmente na resolução de problemas, pois foca na identificação da causa raiz e seu devido tratamento. Semelhante ao 8D também demanda de recursos e equipe qualificada, tende a ser utilizado em empresas de grande porte.

O método 5W2H dentre as ferramentas focadas em planejar e executar ações é uma das mais práticas e de fácil uso. Atuando desde a identificação até a

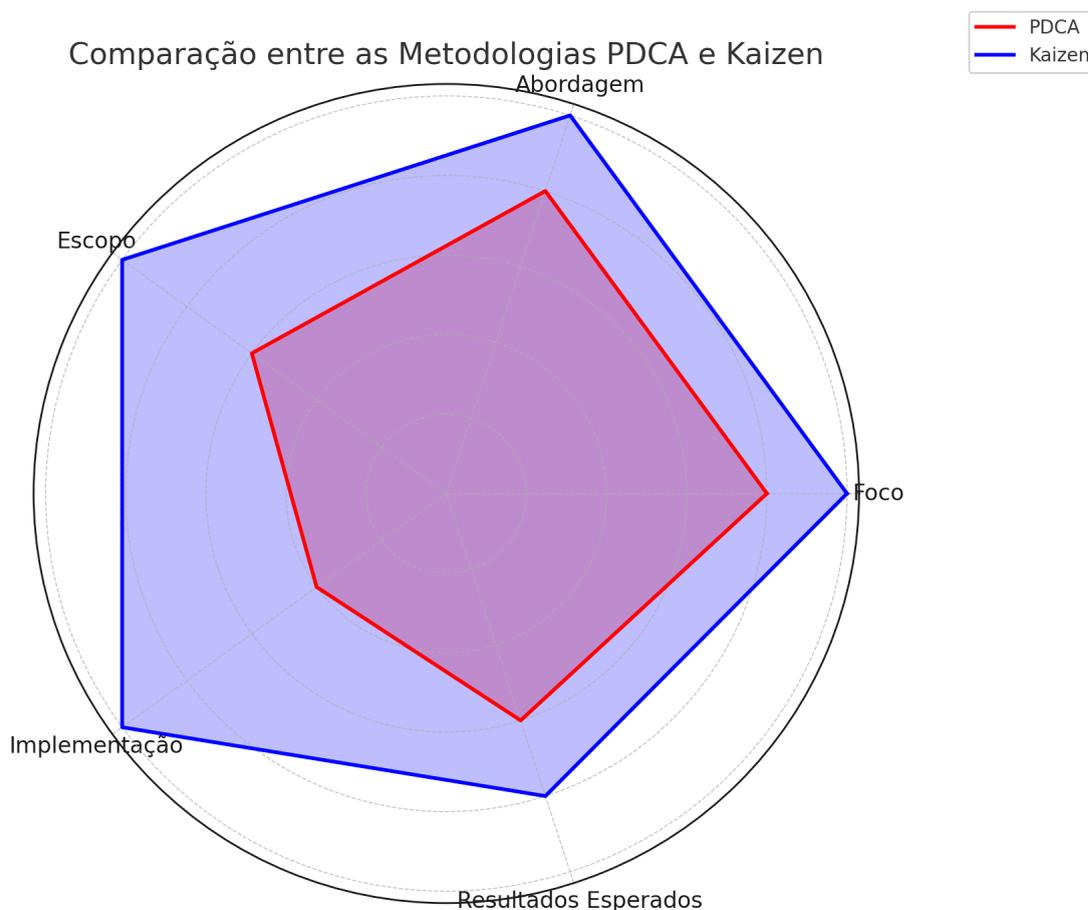
execução de medidas corretivas. Por outro lado, seu uso facilitado também o torna consideravelmente superficial quando comparada a necessidade de apresentar e garantir uma gestão energética eficiente e duradoura.

O ciclo PDCA foca na melhoria contínua e é a base de uso de diversas normas ISO, inclusive a ISO 50001:2018. Atua através de sua estrutura: planejar, implementar, verificar e agir. Essa metodologia demanda comprometimento dos responsáveis, mas não é recomendado para solução de problemas urgentes, visto as etapas do processo.

Por fim, a metodologia kaizen semelhante ao PDCA fornece a quem aplica uma cultura de melhoria contínua diária, muitas vezes mais ágil que o próprio sistema citado no parágrafo anterior. Auxiliar a reduzir perdas, encontrar sistemas ineficientes e potencializar a eficiência energética. É uma metodologia que demanda comprometimento dos colaboradores para alcançar as metas estipuladas.

Comparando as metodologias PDCA e Kaizen que tratam da melhoria contínua, temos:

Figura 15: Comparação entre PDCA e Kaizen



Fonte: autor (2024)

Acima está um gráfico comparativo entre as frentes de atuação das filosofias de melhoria contínua PDCA e Kaizen. Abaixo segue a descrição dos fatores:

- **Foco:** Kaizen possui mais amplitude como filosofia de melhoria contínua.
- **Abordagem:** O PDCA é significativamente mais esquematizado, porém o Kaizen apresenta maior flexibilidade.
- **Escopo:** O PDCA possui aplicabilidade em temas isolados a serem sanados, já o Kaizen aborda todo o ambiente organizacional.
- **Implementação:** Kaizen é uma filosofia de pequenas mudanças diárias, já o PDCA busca melhorias pontuais de média tempo de duração.
- **Resultados Esperados:** Por fim, as duas metodologias apresentam resultados efetivos, sendo o Kaizen possuindo o caráter transformacional.

As metodologias 8D e MASP apresentam resultados animadores e eficazes, entretanto, ambas possuem a mesma questão problema: necessidade de recursos e de pessoas. Visando otimizar a norma de uma forma que todas as organizações

tenham a possibilidade de implementá-la, recomendar o uso de tais métodos exclusivos, resultaria em desinteresse e/ou evasão de organizações que possuem certas limitações.

Já sobre as ferramentas da qualidade tratadas neste projeto, a sua comparação baseou-se nos seguintes temas abaixo:

Tabela 2: Comparativo das ferramentas da qualidade

Ferramenta	Objetivo	Facilidade de Uso	Tipo de Dados	Aplicabilidade	Interpretação
Histograma	Visualizar a distribuição de dados	Alta	Quantitativos	Análise de dados	Fácil
Ishikawa	Identificar causas de problemas	Média	Qualitativos	Resolução de problemas	Média
Folha de Verificação	Coletar dados de forma estruturada	Alta	Qualitativos e quantitativos	Coleta de dados	Fácil
Pareto	Identificar os problemas mais significativos	Alta	Quantitativos	Priorização de problemas	Fácil
Dispersão	Visualizar a relação entre duas variáveis	Alta	Quantitativos	Análise de correlação	Média
Fluxograma	Mapear processos	Média	Qualitativos	Modelagem de processos	Média
Gráfico de Controle	Monitorar variabilidade de processos	Média	Quantitativos	Controle de processos	Difícil
5W2H	Análise de problemas e planejamento de ações	Alta	Qualitativos	Planejamento e análise	Fácil

Fonte: autor (2024)

Conforme a Tabela acima, as ferramentas da qualidade apresentam mais efetividade em determinados segmentos, por exemplo: análise de dados, controle de processos e resolução de problemas. Entretanto, nem todas apresentam resultados fiéis devido à fidelidade de dados. Outro ponto importante de ressaltar é a necessidade dos dados apresentarem características quantitativas em grande maioria das vezes quando o tema se concentra em eficiência e gestão energética. É necessário quantificar indicadores de consumo, de perdas, de gastos...

Uma mescla de qualitativo e quantitativo é bem vinda, apenas coleta e análise de dados qualitativos tendem a dar indício das necessidades. No âmbito energético é necessário mensurar. Já nas tratativas o melhor sistema é qualitativo.

8.14 PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO

Através da revisão de literatura, e dos pontos abordados acima. O instrumento Kaizen é a metodologia mais recomendada ao buscar incrementar medidas diárias que atuem na eficiência energética e eliminação de perdas na ISO 50001. Segue abaixo fatores que favorecem essa conclusão:

- A norma possui como instrução principal o uso de uma sistemática de melhoria contínua. No caso o PDCA, entretanto o Kaizen como abordado acima apresenta uma relação mais interessante com temas energéticos.
- Como trata de mudanças diárias, o fator chave para seu bom funcionamento é a participação e interesse dos colaboradores. De acordo com estudos, a participação ativa dos funcionários fomenta um resultado mais satisfatório sobre a ISO 50001. (Martins & Oliveira, 2018).
- Por mais que trate de mudanças diárias, o conjunto de ações resulta em um processo significativamente otimizado em relação a perda e eficiência. A filosofia Kaizen resolve problemas, evita novos problemas, e conseqüentemente impacta na parte energética da organização. (Yamamoto & Inoue, 2022).
- Como possui alta flexibilidade, pode ser aplicado em grandes, médias e pequenas organizações. Um ponto interessante é que atua e é potencializado quando acoplado a ferramentas da qualidade. (Tanaka & Kimura, 2015).

Como dito anteriormente, o kaizen funciona bem com ferramentas de qualidade. No entanto, algumas pessoas não desempenham seu melhor desempenho. A obtenção de dados e seu tratamento são um aspecto importante ao explicar o funcionamento de cada ferramenta. Usar uma ferramenta que fornece resultados superficiais e não muito detalhados terá um impacto significativo no progresso do processo de eficiência e/ou eliminação de gargalos energéticos. Determinar o conjunto de ferramentas mais adequado para coletar, tratar e implementar os dados coletados é o foco desta proposta de otimização.

Para atingir uma tratativa completa, faz-se necessário iniciar uma coleta de dados sistemática. A melhor ferramenta para esta etapa é a folha de verificação. É fácil de usar, concentra-se na coleta de dados e apresenta características qualitativas e quantitativas.

A análise dos resultados após a coleta de dados é essencial para uma abordagem adequada. O histograma e o diagrama de Pareto são dois recursos que podem atender a essa necessidade neste ponto. No método Pareto, as atividades são priorizadas a partir dos dados obtidos, o que o torna altamente eficaz e fácil de usar. No entanto, como mencionado anteriormente, há ocasiões em que o método tende a se concentrar em itens críticos e ignorar questões de menor urgência, o que pode resultar em um método sem 100% de eficiência. Por outro lado, o histograma fornece uma representação visual para aqueles que estão interessados em uma abordagem de análise de dados mais simples, que depende apenas da coleta de informações fundamentais relacionadas às circunstâncias da organização.

Por fim, a tratativa é a terceira e última etapa. Este é o ponto final em que você pode usar algumas ferramentas. A análise Ishikawa deste projeto apresenta a funcionalidade mais adequada para o setor energético. Ao contrário de outras ferramentas para o mesmo propósito, ele apresenta desafios moderados, mas fornece uma compreensão mais profunda das causas do problema. É importante destacar que esta ferramenta funciona melhor quando usada em conjunto com outras ferramentas, o que contribui para o tema da otimização.

9. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível determinar a melhor correlação de ferramentas da qualidade que também atuam sobre temas energéticos se pautou sobre as três principais bases de uma tratativa: coleta de dados, análise de dados, identificação de causa/plano de ação. A sistemática para tratativa com base no uso de ferramentas da qualidade foi elaborada a partir da Folha de Verificação, Histograma e Diagrama de Ishikawa. Partindo inicialmente de um sistema quantitativo para ao final uma metodologia qualitativa para determinar a causa raiz/plano de ação.

Outro ponto abordado é a metodologia de melhoria contínua recomenda na norma, o sistema PDCA, ao qual é extremamente famoso e utilizado. Entretanto, para fins energéticos outras metodologias poderiam ter um impacto mais significativo. Neste caso a filosofia de melhoria contínua Kaizen se apresentou promissora devido a sua aplicação e melhorias diárias e incorporação recomendada junto a ferramentas da qualidade.

Por fim, foi possível gerar rotas de eliminação de perdas fáceis e efetivas, podendo ser aplicadas por pequenas e médias organizações, aos quais tem interesse em seguir os padrões de eficiência de energia mas não avançam pelo tabu instaurado de demanda de capital e pessoal extremamente qualificado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R., et al. (2018). "**Aplicação do Diagrama de Ishikawa na Identificação de Falhas em Sistemas Industriais.**" Revista de Gestão Energética, vol. 15, no. 2, pp. 122-134.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 50001:2011:** Sistemas de gestão da energia – requisitos com orientações para uso, Brasil, 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 50001:2018:** Sistemas de gestão da energia – requisitos com orientações para uso, Brasil, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 50006:** Informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2016.

BERTOLINO, M. T., & Couto, M.. **Sistemas de gestão integrados ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001:** gestão da qualidade, ambiental e da segurança e saúde ocupacional com foco em resultados. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CAMPOS, Gabriela. **Aplicação de ferramentas da qualidade no atendimento de não conformidades em uma empresa de embalagem no estado do Paraná.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CASTRO, Renato Ely. **Plataforma automatizada e normatizada de monitoração, verificação e gestão de índices de energia.** 2014.

CORSINIA, A.; PROPRIS, L.; FEUDO, S.; STEFANATO, M. **Assessment of a diagnostic procedure for the monitoring and control of industrial processes.** 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED ENERGY. Proceedings, v. 75, p. 1772-1778, 2015.

CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens.** 3a ed., Tradução de Sandra Mallmann da Rosa. Porto Alegre: Penso. 2014.

CRUZ, Nathália Ferreira Silva. **DESCRIÇÃO DO USO DO FLUXOGRAMA COMO FERRAMENTA DE ADMINISTRAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO PRÁTICO.** 2017. 6 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Unievangelica –Go, Goiânia, 2017.

DA SILVA, Robson Couto et al. Uso de diagramas de causa e efeito para planejamento da síntese de um pigmento polimérico à base de polianilina. **Hélcio Martins Tristão**, p. 83, 2017.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. São Paulo: Marques Saraiva, 1990.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional: Relatório Síntese**. Rio Janeiro, 2017.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica Interativo**. Ministério de Minas e Energia, Brasil, 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica-interativo>.

FROZZA, J. et al. **Metodologia de implantação de um sistema de gestão de energia utilizando ABNT NBR ISO 50001**. In: VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2012. p. 1-28.

GARCIA, L., & Lopez, J. (2017). "FMEA em Empresas de Manufatura: Análise de Riscos e Redução de Custos Energéticos." *Journal of Industrial Engineering*, vol. 20, no. 1, pp. 45-58.

GOMES, V. J. F. **O meio ambiente e o risco de apagão no Brasil**. II SEMINÁRIO INTERNACIONAL: REESTRUTURAÇÃO E REGULAÇÃO DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA E GÁS NATURAL. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/eventos/seminariointernacional/2007/artigos/pdf/victorjose_omeioambiente.pdf>.

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

JANNUZZI, G. D. M. **A política energética e o meio ambiente: instrumentos de mercado e regulação**. *Economia do meio ambiente*, p. 153, 1999.

KLOCKE, F.; DÖBBELER, B.; LUNGA, D. **Energy saving potentials of high pressure lubricoolant supply**. *Environment*, v. 26, p. 355-360, 2015.

LEI, F.; HU, P. **A baseline model for office building energy consumption in hot summer and cold winter region**. In: IEEE. 2009 International Conference on Management and Service Science. [S.l.], 2009. p. 1–4.

LEITE, F.C. **Modelamento da eficiência energética para o gerenciamento sustentável no setor industrial pela medição e verificação**. 2010.94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

LÉLIS, E. C. (2018). **Gestão da qualidade**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil.

LIMA, Larissa Carvalho de et al. **Aplicação de ferramentas de qualidade para solução de problemas no processo produtivo com ênfase nos princípios da produção enxuta**. 2016.

LISBÔA, Maria da Graça Portela; GODOY, Leoni Pentiado. Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto: a joia. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 4, n. 7, p. 32-47, 2012.

MARTINS, F., & Oliveira, P. (2018). **"Impacto do 5S e Kaizen na Implementação da ISO 50001 no Setor Automotivo."** Revista de Eficiência Energética, vol. 9, no. 3, pp. 223-237.

MENKES, M. **Eficiência Energética, Políticas Públicas e Sustentabilidade**. 2004. 295 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

MOURA, C., et al. (2019). **"Uso do Diagrama de Pareto para Redução de Consumo Energético em Indústrias de Manufatura."** Energy Management Journal, vol. 17, no. 4, pp. 345-359.

NAKAMURA, S., et al. (2016). **"Efeitos do 5S na Eficiência Energética em Fábricas de Eletrônicos."** Journal of Applied Quality Management, vol. 12, no. 3, pp. 97-110.

OLIANI, Luiz; PASCHOALINO, Wlamir José; OLIVEIRA, Wdson. Ferramenta de melhoria contínua Kaizen. **Revista Científica UNAR**, v. 12, n. 1, p. 57-67, 2016.

OLIVEIRA, L., & Santos, M. (2019). **"Implementação do 5S em Empresas Automotivas: Um Estudo de Caso."** Revista Brasileira de Qualidade, vol. 10, no. 2, pp. 201-215.

OLIVEIRA, Fernando de Carvalho. **ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DE "METODOLOGIA 8D" UTILIZADA PARA ANÁLISE DE FALHAS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO**. 2021. 40 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Universitário de Barra Mansa, Barra Mansa, 2021

PAULISTA, Paulo Henrique; ALVES, Rphaelly Antunes. **Ferramentas da qualidade: uma revisão bibliográfica e análise de publicações no ENEGEP**. 2015.

PEREZ, João Paulo Souza. **Proposta para redução do desperdício através do ciclo PDCA e metodologia 8D em uma unidade cervejeira na cidade de Ponta Grossa-PR**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PINTO, A. B. A. **A Gestão da Energia com a Norma ISO 50001**. 2014. 167 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2014

RODRIGUEZ, A., & Ramirez, B. (2021). **"Utilização do Diagrama de Ishikawa para Redução de Perdas Energéticas em Processos de Alimentos."** Food Industry Journal, vol. 11, no. 1, pp. 50-63.

ROSA, Dayse da. **A veracidade da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e a língua portuguesa.** 2006. 54 f. Monografia (Pós-Graduação) – Programa de Pós-Graduação em Língua Portuguesa, Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2006.

SILVA, R. J. G. **A implementação da norma NP EN ISO 50001: 2012 em instituições da administração pública portuguesa: caso de estudo.** Tese (Doutorado), 2015.

SILVA, Isabela Moreira; CASAGRANDE, Diego José. A utilização das ferramentas da qualidade diagrama de Ishikawa e FMEA-análise de modos e efeitos de falhas nas empresas. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 961-973, 2022.

SILVA, Ikerson Adner Vidal da et al. **Um estudo de caso da aplicação das ferramentas da qualidade inseridas no chão de fábrica e os resultados atribuídos aos custos da não qualidade.** 2021.

SILVA, T., & Ferreira, J. (2020). "Análise do Consumo Energético em Fábricas de Papel: Aplicação do Diagrama de Pareto." *Paper Industry Review*, vol. 18, no. 2, pp. 101-115.

SILVA, R., et al. (2020). "Benefícios da Implementação de Ferramentas da Qualidade na Certificação ISO 50001." *Journal of Sustainable Energy Management*, vol. 25, no. 4, pp. 489-502.

STADLER, Leonardo Augusto. **Aplicação da ferramenta 8D no processo de montagem de embalagens automotivas: estudo de caso.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TANAKA, Y., & Kimura, H. (2015). "Implementação do Kaizen e Seus Impactos na Eficiência Energética: Um Estudo em Indústrias Japonesas." *Japanese Industrial Journal*, vol. 22, no. 2, pp. 77-89.

THOMPSON, G., et al. (2020). "Prevenção de Falhas em Sistemas de Refrigeração: Aplicação do FMEA." *Chemical Engineering Journal*, vol. 30, no. 3, pp. 335-348.

UFPB. **Controle Estatístico de Qualidade.** João Pessoa: Ufpb, 2024. Color.

YAMAMOTO, H., & Inoue, M. (2022). "Eventos Kaizen e Otimização Energética em Empresas de Eletrônicos." *Electronics Manufacturing Review*, vol. 16, no. 1, pp. 123-137.

