



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE ARAXÁ
ENGENHARIA DE MINAS

FÁBIO DA ROZA ALMEIDA

**AUMENTO DE CAPACIDADE PRODUTIVA INDUSTRIAL POR MEIO
DE USO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARTINDO DO PDCA:
UM ESTUDO DE CASO**

ARAXÁ-MG
2025

FÁBIO DA ROZA ALMEIDA

**AUMENTO DE CAPACIDADE PRODUTIVA INDUSTRIAL POR MEIO
DE USO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARTINDO DO PDCA:
UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais
- Unidade Araxá, como requisito parcial
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Ms. Álvaro Francisco
de Britto Júnior

Coorientador: Engenheiro Elétrico
Lourenço de Moura

ARAXÁ-MG

2025

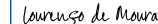
FÁBIO DA ROZA ALMEIDA

**AUMENTO DE CAPACIDADE PRODUTIVA INDUSTRIAL POR MEIO DE USO DE
FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARTINDO DO PDCA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais -
Unidade Araxá, como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Minas.

Data de Defesa: Araxá, 14 de Fevereiro de 2025.

Presidente e Orientador: Prof. Ms. Álvaro Francisco de Britto Júnior
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Unidade Araxá

DocuSigned by:

0FBA1EBCA28E4F1...

Coorientador: Engenheiro Elétrico Lourenço de Moura
CBMM – Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração

Membro Titular: Prof. Dr. Natal Junior Pires
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Unidade Araxá

Membro Titular: Prof. Dr. Leandro Henrique Santos
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Unidade Araxá



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS
SISTEMA INTEGRADO DE PATRIMÔNIO,
ADMINISTRAÇÃO E CONTRATOS

FOLHA DE ASSINATURAS

CÓPIA DE FOLHA DE ASSINATURAS Nº 1/2025 - DFGAX (11.57.03)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 21/02/2025 18:34)

ALVARO FRANCISCO DE BRITTO JUNIOR

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DFGAX (11.57.03)

Matrícula: ###310#6

(Assinado digitalmente em 21/02/2025 18:48)

LEANDRO HENRIQUE SANTOS

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DMCAX (11.57.04)

Matrícula: ###560#3

(Assinado digitalmente em 21/02/2025 19:47)

NATAL JUNIO PIRES

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DFGAX (11.57.03)

Matrícula: ###455#9

(Assinado digitalmente em 24/02/2025 15:34)

FABIO DA ROZA ALMEIDA

DISCENTE

Matrícula: 2018#####9

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/documentos/> informando seu número: **1**, ano: **2025**, tipo:
CÓPIA DE FOLHA DE ASSINATURAS, data de emissão: **21/02/2025** e o código de verificação: **efedc38855**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

Com muita emoção, aos meus pais, Fabiano de Almeida e Andreia Corrêa da Roza. Obrigado por todo o apoio e cuidado para que eu tivesse condições de realizar esse sonho.

Aos meus irmãos Davi da Roza Almeida e Rafi da Roza Almeida.

Obrigado por me ensinarem e contribuírem para a minha constante evolução.

A pessoa com quem quero envelhecer, Giovana Dutra.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em profunda devoção a Deus, por ter me sustentado ao longo da minha vida, fornecendo-me suprimento e condições necessárias para alcançar esta etapa da minha jornada. Sua graça é o alicerce de minha existência. Minha vida acadêmica e profissional é pautada pelo Senhor "Pois Dele, por Ele, e para Ele são todas as coisas. A Ele seja a glória para sempre. Amém." Romanos 11:36

Estendo meus agradecimentos aos meus pais, Fabiano de Almeida e Andréia da Roza, por todo suporte e amor incondicional durante minha trajetória acadêmica. Vocês são mais que pais; são meus melhores amigos e pilares de minha vida. Sou privilegiado por ter pais como vocês. Hoje estou prestes a me tornar um iluminado engenheiro, porque comecei a ser formando ainda no ventre de minha mãe quando ela me abençoava e planejavam o meu futuro.

Aos meus irmãos, que também são meus melhores amigos, agradeço por compartilharem comigo todos os momentos desta caminhada, sempre me apoiando e torcendo por meu sucesso.

Agradeço com carinho à minha futura noiva, Giovana, pelo apoio constante, carinho e por estar ao meu lado em cada decisão. A sua família também tem sido parte essencial de meus dias, por isso, minha gratidão a todos vocês.

Agradeço a toda minha família, incluindo avós, tios, tias, primos e primas, pelos momentos de sabedoria compartilhados e pelo apoio constante.

Um especial agradecimento ao meu orientador, Professor Álvaro Britto, por tornar possível este trabalho e por toda dedicação e ensinamentos proporcionados em sala de aula.

Ao meu coorientador, Lourenço de Moura, expresso minha gratidão por seu apoio e orientação profissional ao longo dos últimos três anos, sendo um exemplo de integridade e liderança.

Aos meus professores que compõem a Banca, Natal e Leandro, por aceitarem participar dessa última e mais importante avaliação. Vocês são um exemplo para mim de profissionalismo e excelência.

Aos professores e funcionários do CEFET-MG, minha gratidão por contribuírem decisivamente para minha formação acadêmica. Obrigado por cada momento de aprendizado e por sua dedicação.

Agradeço à Nação Brasileira por sustentar as instituições federais de ensino, em especial o CEFET-MG, permitindo a realização deste curso.

*“Porque o Senhor é o que dá a sabedoria;
da sua boca é que sai o conhecimento e o entendimento.”*

PROVÉRBIOS 2.6

RESUMO

Através de uma aplicação meticulosa do ciclo PDCA, este trabalho buscou abordar desafios significativos na otimização da produção em uma planta de briquetagem de uma mineradora em Araxá-MG. Com esta intervenção e com a saída de três operadores no processo, espera-se alcançar um aumento significativo da produção diária em um período de três meses. O projeto, fundamentado na sinergia entre as práticas de gestão da qualidade e a metodologia ágil *Scrum*, proporcionou uma estrutura robusta para o planejamento e execução de melhorias contínuas, destacando-se pelo seu caráter pragmático e resultados expressivos. Inicialmente, a fase de Planejamento foi essencial para estabelecer objetivos claros e processos necessários para atender às expectativas de qualidade e eficiência. As Análises de Fenômenos e Causas, apoiadas por ferramentas como Eficácia Global do Equipamento (OEE) e Diagramas de Pareto, permitiram identificar e entender profundamente as barreiras que afetavam a produtividade. Subsequentemente, a fase de Execução, caracterizada pela implementação de *Sprints* diárias e semanais, não apenas facilitou a aplicação das ações planejadas, mas também promoveu um engajamento ativo da equipe, essencial para a adaptação ágil às variáveis do processo e para o alcance dos objetivos estipulados. Em seguida, a Verificação dos Resultados, etapa crucial do ciclo PDCA, confirmou a eficácia das estratégias implementadas, com a produção atingindo as metas estabelecidas e evidenciando uma melhoria significativa na eficiência operacional. Por fim, a fase de Ação consolidou as práticas bem-sucedidas, promovendo a padronização e a sustentabilidade das melhorias, garantindo que os avanços obtidos fossem permanentes e replicáveis. Este estudo não apenas respondeu às demandas gerenciais de forma eficaz, mas também demonstrou que a combinação de métodos de qualidade e gestão ágil pode resolver desafios complexos em ambientes

industriais, contribuindo significativamente para o desenvolvimento sustentável da produção.

Palavras-chave: Ciclo PDCA, Otimização de Produção e Gestão da Qualidade

ABSTRACT

Through a meticulous application of the PDCA cycle, this work sought to address significant challenges in optimizing production in a briquetting plant at a mining company in Araxá MG. With this intervention and the departure of three operators in the process, a significant increase in daily production is expected over a period of three months. The project, grounded in the synergy between quality management practices and the agile Scrum methodology, provided a robust framework for the planning and execution of continuous improvements, standing out for its pragmatic nature and expressive results. Initially, the Planning phase was essential to establish clear objectives and processes necessary to meet quality and efficiency expectations. Phenomena and Causes Analyses, supported by tools such as Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Pareto Diagrams, allowed for the identification and deep understanding of the barriers affecting productivity. Subsequently, the Execution phase, characterized by the implementation of daily and weekly Sprints, not only facilitated the application of planned actions but also promoted active team engagement, essential for agile adaptation to process variables and the achievement of stipulated objectives. Next, the Verification of Results, a crucial step in the PDCA cycle, confirmed the effectiveness of the implemented strategies, with production reaching established goals and showing a significant improvement in operational efficiency. Finally, the Action phase consolidated the successful practices, promoting the standardization and sustainability of the improvements, ensuring that the advances obtained were permanent and replicable. This study not only responded effectively to management demands but also demonstrated that the combination of quality methods and agile management can solve complex challenges in industrial environments, significantly contributing to the sustainable development of production.

Keywords: PDCA Cycle, Production Optimization, Quality Management

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

5W2H	What, Why, Where, When, Who, How, How Much
CNI	Confederação Nacional da Indústria
GUT	Gravidade, Urgência e Tendência
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
NBR	Norma Brasileira
PDCA	Plan, Do, Check, Act (Planejar, Fazer, Verificar, Agir)
Sprints	Ciclos de trabalho curtos e iterativos usados em metodologias ágeis
SDCA	Standardize-Do-Check-Act (Padronizar-Fazer-Verificar-Agir)
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Eficácia Global do Equipamento)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS.....	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	Ciclo PDCA.....	20
3.1.1	<i>Plan - Planejamento</i>	<i>21</i>
3.1.1.1	Identificação do problema	22
3.1.1.2	Análise de fenômeno.....	22
3.1.1.3	Análise processo	24
3.1.1.4	Plano de Ação	25
3.1.2	<i>Do – Executar.....</i>	<i>26</i>
3.1.3	<i>Check – Verificar</i>	<i>27</i>
3.1.4	<i>ACT – Agir.....</i>	<i>28</i>
3.2	FERRAMENTAS DA QUALIDADE EMPREGADAS NO ESTUDO DE CASO	29
3.2.1	<i>A Eficiência Global DO Equipamento</i>	<i>29</i>
3.2.2	<i>Diagrama de Pareto</i>	<i>31</i>
3.2.3	<i>Árvore de Causas.....</i>	<i>34</i>
3.2.4	<i>Brainstorming</i>	<i>36</i>
3.2.5	<i>- 5W2H</i>	<i>37</i>
3.2.6	<i>Scrum – Sprints.....</i>	<i>39</i>
3.3	BRIQUETAGEM	40
4	METODOLOGIA	44
5	ESTUDO DE CASO	46
5.1	PLAN - PLANEJAMENTO.....	46
5.1.1	Identificação do problema	46
5.1.2	Análise de Fenômeno.....	48
5.1.3	Análise de processo	50
5.1.3.1	Análise de processo manutenção corretiva.....	51

5.1.3.1.1	Análise de falha do HM01.....	59
5.1.3.1.2	Análise de Falha da BQ01.....	60
5.1.3.1.3	Análise de falha do TC03	63
5.1.3.2	Análise de processo das paradas por <i>Set up</i>	64
5.1.4	<i>Plano de Ação</i>	69
5.2	<i>Do - EXECUTAR</i>	72
5.3	<i>CHECK – VERIFICAR</i>	73
5.4	<i>ACT - AGIR</i>	77
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

Qualidade é um termo comum ao nosso cotidiano para designar coisas dentro de um parâmetro desejável. Logo, a preocupação com a qualidade de bens e serviços não é recente, pois é da natureza humana consumir produtos devidamente inspecionados nas relações de troca, colheita e outras atividades fundamentais à subsistência humana. Porém, essa prática por si só não assegura qualidade, apenas identifica produtos defeituosos em quantidade proporcional à intensidade da inspeção. (LONGO, 1996).

Todavia, o avanço tecnológico e a crescente complexibilidade das relações comerciais ao longo da história, impuseram sobre os produtos a necessidade de avanços no modo de gerir a qualidade.

Após décadas de uma abordagem mais técnica da qualidade, Samson (1999), define o termo “gestão da qualidade” como várias medidas e planos de gestão implementados para melhorar o nível de qualidade, mitigar custos e promover a produtividade, melhorando a partir desses fundamentos o desempenho corporativo e competitividade.

A aplicação da sistemática da qualidade como ferramenta não só para controle, como também aperfeiçoamento de produção, surgiu em conjunto com o controle estatístico da fabricação em massa. Tal desenvolvimento foi pensado, esquematizado, melhorado e implantado desde 1930 nos Estados Unidos e 1940 no Japão espalhando-se pelo mundo a partir de então. Na década de cinquenta, surgiu a preocupação com a gestão da qualidade trazendo nova filosofia gerencial baseada no desenvolvimento e na aplicação dos conceitos, métodos e técnicas adequados à nova realidade das instituições (LONGO, 1996).

A partir de então, torna-se imprescindível que as organizações encontrem e apliquem metodologias ligadas à gestão da qualidade para assegurar sua continuidade no mercado. Nesse cenário, apresenta-se, como uma das metodologias mais utilizadas pela indústria, o ciclo PDCA.

Silva (2022) destaca que o P (do inglês – *plan* – planejamento) D (do inglês – *Do* – Execução) C (do inglês – *check* - Verificar) A (do inglês – *Act* – Agir) é pragmático e proporciona resultados assertivos para a gestão dos processos de produção. Foi inicialmente idealizado por Walter Andrew Shewhart na década de vinte com as ferramentas de gestão da qualidade que o compõem.

O ciclo PDCA, teve avanços com Deming e, por isso ficou conhecido como ciclo de Deming. É uma ferramenta de gestão essencial para o controle e melhoria contínua de processos e produtos. Esse método é dividido em quatro etapas: *Plan*, *Do*, *Check* e *Act*. Na fase de Planejamento, são definidos os objetivos e os processos necessários para entregar os resultados em conformidade com os requisitos do cliente e a política da empresa. A etapa de Execução envolve a implementação do plano e a execução do processo. Na fase de Checagem, monitora-se e avalia o processo e os resultados obtidos em relação aos objetivos planejados. Por fim, na etapa de Ação, implementamos as ações necessárias para alcançar a melhoria contínua dos processos. Este ciclo é um método sonoro que promove uma melhoria contínua e sistêmica, sendo amplamente utilizado nas indústrias e serviços para aprimorar a qualidade e a eficiência (Deming, 1986).

Sua versatilidade a torna popular ao passo que, a metodologia é uma das mais utilizadas na indústria no mundo.

O potencial deste método é grande, pois é capaz de estruturar um plano de ação baseado em dados sólidos para atingir um objetivo. O estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) revela que 34% das empresas brasileiras utilizam metodologias *Lean Manufacturing*¹, como o ciclo

¹ **Lean Manufacturing:** Uma filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios (superprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos). Originado no Sistema Toyota de Produção, o Lean busca maximizar a eficiência e a qualidade, melhorando continuamente processos e eliminando

PDCA. Portanto, aos poucos, o ciclo PDCA transforma a indústria, isso é muito importante para o desenvolvimento do país, por certo que o segmento industrial é um dos principais pilares da economia.

Pontua-se que, ao longo dos anos a indústria brasileira sofreu muito com a falta de competência e padronização de seus processos. Perdas, tarefas desorganizadas, falta de informação, todos esses problemas eram comuns na realidade deste segmento.

Porém, com a popularização da melhoria contínua e seus métodos, a realidade vem mudando gradativamente para a indústria nacional e o ciclo PDCA se configura como uma das principais metodologias utilizadas (Campos, 2013).

Nesse contexto, está no escopo de atuação do profissional da Engenharia, dentre eles o do Engenheiro de Minas, a otimização de processos industriais visando aumento de capacidade de produção e redução de custos por meio da melhoria contínua, uma vez que essa atividade é indispensável para a perenidade das indústrias mineiras.

Portanto, o presente trabalho visa trazer um estudo de caso de uma análise de produtividade e otimização de processo em uma planta de briquetagem de uma mineradora na região de Araxá MG apresentando a importância e aplicação das metodologias e ferramentas da qualidade partindo do ciclo PDCA e demonstrando a obtenção dos principais resultados apurados.

Segundo Carvalho *et al.* (2018), a briquetagem é um dos processos de aglomeração utilizados pela indústria mineral. Ou seja, consiste no processo de passar material menor que 3 mm entre dois rolos que giram em sentidos opostos fornecendo pressão. Esse mecanismo proporciona a aglomeração das partículas, que é o termo geral utilizado para definir as operações aplicadas a materiais de granulação fina. Desta forma, objetiva-se transformar

atividades que não agregam valor ao cliente. (Womack, James P., Jones, Daniel T., e Roos, Daniel, 1990)

o material fino em corpos coesivos, por meio de ligação rígida e consolidação entre as suas partículas, por mecanismos físicos e/ou químicos, concedendo tamanho e forma adequado ao uso siderúrgico.

Os Briquetes em questão nesse trabalho são constituídos por agregados de partículas finas de nióbio provenientes de meio de pressão, com a ajuda de ligante, que permite obter um produto não apenas comprimido, mas com forma, tamanho e parâmetros mecânicos adequados.

Por conseguinte, o processo de briquetagem do estudo de caso, passou por um projeto usando o ciclo o PDCA e algumas de suas ferramentas em função de haver ocorrido redução de *headcount* (do inglês: contagem de cabeças – número de funcionários). Assim, o desafio é realizar a mudança da operação de 4 turnos para 3 turnos, de oito horas trabalhadas, com aumento de capacidade produtiva, passando a entrega de 67 toneladas dia para 90 toneladas dia.

Dessa forma, para alcançar os resultados supracitados, foram adotadas as ferramentas - Diagramas de Pareto, *Brainstorming*, Árvore de Causas e o Plano Ação 5W2H - também será adotado como ferramenta métodos apresentados por Sutherland (2014) em seu livro “*Scrum*” que estão relacionados com uma das metodologias ágeis utilizadas rotineiramente pela indústria. Pois, o ciclo PDCA é sugerido por Campos (2013) que seja aplicado em 6 meses ou mais, todavia o autor do presente trabalho enxergou como oportuno a implementação de *sprints* (do inglês: tiro/disparo), essa analogia refere-se a ciclos curtos de trabalho diários acompanhadas por reuniões sistemáticas e rápidas para acompanhamento do desenvolvimento do projeto a fim de otimizar o tempo de aplicação da metodologia ciclo PDCA.

Vale ressaltar que as *Sprints* são baseadas na metodologia *Scrum*, portanto, não fazem parte do ciclo PDCA, mas, é coerente a aplicabilidade dessa ferramenta a outras metodologias da qualidade, denominadas como

Lean, SDCA², *Kaizen*³ etc. Tal hipótese buscou ser demonstrada no presente trabalho.

² **SDCA**: Sigla para Standardize-Do-Check-Act, uma metodologia focada na padronização e na melhoria contínua de processos existentes. Enquanto o PDCA é utilizado para novos processos ou aqueles que precisam de reformulação, o SDCA é aplicado para garantir que os processos padrão sejam planejados e gradualmente aprimorados² (Imai, Masaaki, 1986).

³ **Kaizen**: Termo japonês que significa “melhoria contínua”. No contexto empresarial, refere-se à filosofia ou práticas que focam em melhorias incrementais constantes nos processos de negócios e na qualidade, envolvendo todos os funcionários da organização. É um componente central das estratégias de gestão de qualidade em muitas indústrias japonesas e tem sido adotado globalmente³ (Imai, Masaaki, 1986).

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho visa aplicar o CICLO PDCA a um estudo de caso buscando o aumento da capacidade industrial para atingir a produção diária de 90 toneladas por dia com nove *headcounts* ⁴ em três meses.

Como objetivos específicos procurou-se atender a demanda gerencial de produção pautada pela mentalidade *Scrum*, com *Sprints* diárias e semanais para acompanhar cada etapa do ciclo PDCA.

Conduzir a Identificação do Problema por meio da demanda gerencial.

Análise de Fenômeno com base em análise de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), estatística e Diagrama de Pareto evidenciando os principais problemas que impactam a unidade de Briquetagem. Fazer a Análise de Causa em busca das causas fundamentais dos problemas para propor um Plano de Ação direcionado a bloquear os problemas que impedem a produção requerida.

Executar as tarefas elencadas no plano de ação com base em um acompanhamento de *Sprints*. Treinar a equipe de acordo com as alterações indicadas no plano de ação.

Verificar a produção diária de briquetes para validar as ações implementadas. Por fim, procedimentar e treinar a equipe nas novas instruções de trabalho.

⁴ **Headcount:** Termo usado para descrever o número total de funcionários ou colaboradores contados individualmente em uma organização. É frequentemente utilizado para planejamento de recursos humanos, análises de custo de trabalho e gestão de força de trabalho (Doe, John, 2020).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o embasamento teórico a respeito da metodologia de gerenciamento com base no PDCA e das ferramentas de melhoria contínua que os compõem. Vale evidenciar que existe uma vasta gama de ferramentas vinculadas ao PDCA que não serão apresentadas, pois estão evidenciadas no trabalho apenas as utilizadas neste estudo de caso.

Também será explorado o conceito de Briquetagem, uma vez que esse é o processo industrial em que foi elaborado o estudo de caso.

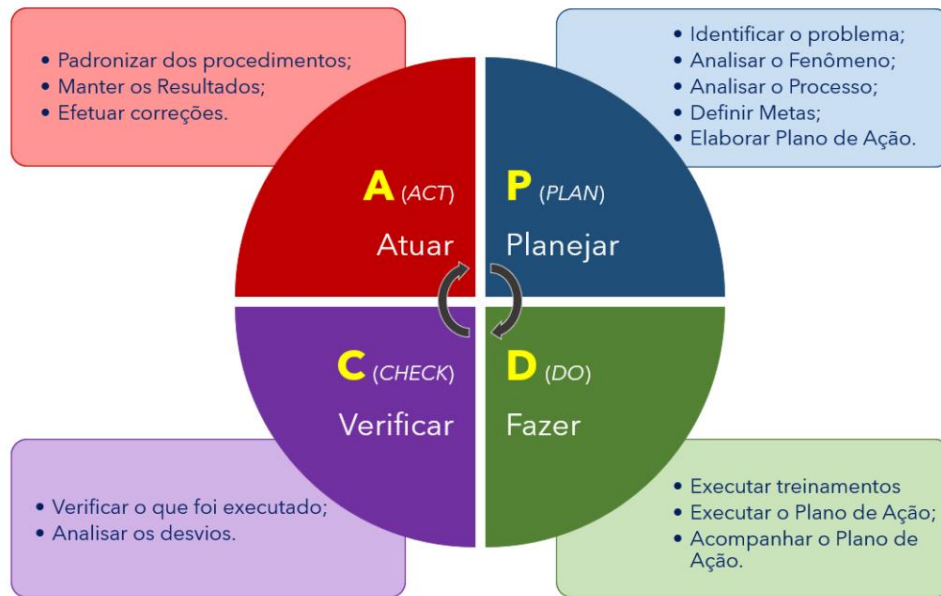
3.1 Ciclo PDCA

Segundo Falconi (2013) as pessoas trabalham nas empresas em funções de operação, supervisão, gerenciamento e direção, mas essas funções são classificadas em duas categorias: funções operacionais e gerenciais. Ao passo que as funções gerenciais são conduzidas por meio do PDCA.

Essa metodologia surgiu nos Estados Unidos em meados de 1920 com Walter Andrew Shewhart. Mas, em sua gênese, era conhecida como ciclo de Shewhart, e consistia nos passos cíclicos de especificação, produção e inspeção. Então, William Edware Deming inseriu-se ao ciclo de Shewhart após a etapa de produção das etapas “colocar no mercado” e “reprojetar”. Assim, após anos de aplicação e evolução da ferramenta o PDCA tornou-se mundialmente reconhecido como uma ferramenta composta pelas etapas (*PLAN–DO–CHECK–ACT*) (NAPOLEÃO, 2018).

O ciclo PDCA é comumente representado, conforme a Figura 1, em etapas cíclicas conectadas umas as outras. Assim, o fato de a última etapa conectar-se com a primeira sugere a continuidade de aplicação da ferramenta até que os resultados desejados sejam atingidos.

Figura 1 – Ciclo PDCA



Fonte: Silva (2021)

A seguir será apresentada detalhadamente a função de cada etapa da metodologia. Salienta-se que é na exploração e aplicação dessas fases que as ferramentas da qualidade são empregadas.

3.1.1 *Plan* - Planejamento

Planejamento é a etapa de análise do processo buscando identificar o problema, analisá-lo e elaborar o plano de ações. Enquanto, emprega-se ferramentas, como gráficos de Pareto, *brainstorming*, árvores de Causas e o 5W2H (LAURINTINO, 2019).

Segundo Campos (2013), essa etapa é a mais importante do ciclo, uma vez que todas as ações serão elaboradas com base nos problemas apontados nas etapas de identificação do problema, análise de processos e análise de fenômenos. Assim, dos seis meses sugeridos para o desenvolvimento de um projeto PDCA, aproximadamente três meses é destinado para o desenvolvimento da etapa “P”. Pois, ao identificar causas fundamentais/causa

raiz, que consiste no real problema do processo, erradas compromete-se o sucesso do trabalho, obrigando, portanto, uma nova análise completa do *Plan*. Campos (2013) ainda confirma que o planejamento é subdividido em quatro etapas, apresentadas na sequência.

3.1.1.1 Identificação do problema

O problema é o resultado inesperado de um processo. Por isso, é necessário a certeza de que o problema escolhido é o mais importante baseado em fatos e dados. Por exemplo, perda de produção por parada de equipamentos, pagamento em atraso, percentagem de peças defeituosas e outros (Campos, 2013).

Conforme Campos (2013), em seu livro *Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia*, é sugerido que, como parte da metodologia, sejam realizados questionamentos essenciais para uma análise efetiva do problema. Entre esses questionamentos estão: qual a frequência do problema, como ele ocorre e quais são as perdas atuais e os ganhos viáveis associados à situação. Esses questionamentos são fundamentais para uma compreensão detalhada do cenário desenvolvido e para a formulação de estratégias estratégicas de solução.

Outra forma de identificar o problema é no estabelecimento de metas (metas de melhoria) provenientes da direção ou gerência da empresa. Ou seja, por razões estratégicas a empresa almejar obter um melhoramento em determinado(s) processo(s) (Andrade *et al.*, 2003).

3.1.1.2 Análise de fenômeno

A análise detalhada do problema identificado será o único assunto tratado nesta seção da etapa P (Planejar). Portanto, ele coletará dados relevantes para identificar todas as características do problema em questão.

Assim, deve-se levantar o histórico de ocorrências do problema, examinando relatos anteriores, sejam formalizados ou não. (Andrade *et al.*, 2003). Além disso, deve-se utilizar ferramentas da qualidade específicas, como gráfico de Pareto, árvore de causas e *brainstorming*, buscando as falhas do processo, para estratificá-lo e facilitar a atuação sobre o problema. Mas, de acordo com cada situação, essas ferramentas podem diferir. (Andrade *et al.*, 2003)

No presente trabalho, será demonstrada a utilização dessas ferramentas da qualidade, bem como utilizá-las.

A exploração e estratificação do problema sob vários pontos de vista ocorrem concomitante à descoberta de suas características por meio da coleta de dados. Estas perspectivas podem ser exploradas ao comparar os resultados do processo por turma, turno, tempo, tipo de produto, marcas de insumos e outras variáveis que são intrínsecas ao processo. (Andrade *et al.*, 2003). Por conseguinte, durante essa etapa é fundamental a execução do Gemba, que consiste em ir ao local onde as atividades de fato ocorrem. Assim, o Gemba incentiva gestores e engenheiros visitarem o chão-de-fábrica para observar, entender e analisar as operações com o objetivo de identificar oportunidade no processo produtivo (Mariano, 2024).

Após a realização de um estudo prévio do problema, torna-se necessária a prática Gemba para coletar informações adicionais que não podem ser obtidas em forma de dados numéricos. Ao realizar essa análise no local da ocorrência, as características apresentadas para o problema podem ser confirmadas ou modificadas de acordo com o que realmente foi verificado no local da ocorrência. Para tornar o relatório de análise do problema *in loco* o mais claro possível, esta fase requer registros fotográficos e/ou filmagens (Andrade *et al.*, 2003).

3.1.1.3 Análise processo

Seguindo o ciclo do PDCA, após encontrar as causas fundamentais provenientes da análise de fenômeno via análise gráfica de Pareto (apresentado no item 3.2.2), inicia-se a análise de processo. Essa etapa, consiste em identificar e priorizar as causas evidenciadas na análise de fenômeno atreladas ao problema estudado. (Andrade *et al.*, 2003).

O processo de identificação das causas deve ser conduzido de forma mais participativa e democrática possível para que esse passo tenha êxito. As pessoas que trabalham na empresa e que estão envolvidas com o problema identificado, independentemente do cargo que ocupam, devem discutir por meio de uma reunião de análise das causas sobre as causas mais prováveis responsáveis pelo problema. (Campos, 2013). Por conseguinte, Andrade *et al.* (2003) sugere como sistemática para as reuniões de análise de causa o *Brainstorming* (apresentado no item 3.2.4).

Após reunir todas as causas apresentadas pelos participantes e colocá-las para apreciação da equipe, o coordenador solicita aos participantes que reflitam sobre essas causas para decidir quais são as que mais contribuem para o problema. Para esta etapa, podem ser usadas ferramentas de priorização das causas, permitindo que aquelas com maior destaque sejam priorizadas e hierarquizadas para a próxima etapa. (Andrade *et al.*, 2003).

De modo geral, são ferramentas da qualidade que podem ser utilizadas para priorização das causas: Gráfico de Pareto, matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), tabela 1,3,5 ou até mesmo diretriz gerencial. Andrade *et al.* (2003) destaca a importância em realizar uma análise de consistência das causas priorizadas. O objetivo é determinar se há evidências técnicas para que a causa raiz possa ser bloqueada. Campos (2013) sugere que o Gemba, supracitado na análise de fenômeno, seja praticado também na análise de processo. Porém, o objetivo nessa etapa é a visita *in loco*, buscando evidências e soluções da causa raiz, para a análise de consistência.

Ou seja, se a causa possuir evidências ela se torna consistente e propõe-se ações que sanarão a causa fundamental. Logo, essas ações irão compor o plano de ação.

3.1.1.4 Plano de Ação

O plano de ação é o resultado de todas as etapas da fase PLAN no ciclo PDCA. Ele descreve em detalhes todas as atividades que devem ser realizadas para atingir a meta inicialmente proposta. Segundo Andrade *et al.* (2003), o objetivo do plano de ação é tornar operacional a execução de metas no processo de produção para aumentar a probabilidade de sucesso. O plano de ação é o meio pelo qual as empresas constroem suas estratégias. Isso significa que elas devem definir os métodos que podem usar para implementar as ações, levando em consideração os recursos disponíveis e as características organizacionais.

Campos (1996) diz que “os planos de ação colocam o gerenciamento em movimento”, viabilizando por meio da ferramenta a ação concreta, à medida em que são delegadas responsabilidades para todos os envolvidos no plano.

Salienta-se que, as ações devem ser tomadas sobre as causas fundamentais, deve-se certificar-se de possíveis efeitos colaterais advindos das ações a serem implementadas, como também propor diferentes soluções com base na análise de eficácia e custo de cada uma delas (Campos, 2013).

Vale destacar que, para cada causa raiz haverá ao menos uma ação para eliminar o problema. Ao passo que, as ações irão compor o quadro 5W2H exemplificado no item 3.2.5.

3.1.2 Do – Executar

A etapa "Do" do ciclo PDCA, enfocada na execução, é crucial para o sucesso de qualquer iniciativa de melhoria contínua. Como destacado por Falconi (2013), é fundamental que o plano de ação elaborado seja comunicado de maneira eficaz a todos os envolvidos no projeto. A divulgação abrangente e a compreensão do plano são essenciais para garantir o alinhamento e o comprometimento de toda a equipe. Durante esta fase, é recomendado conduzir reuniões participativas e organizar sessões de treinamento, assegurando que cada membro da equipe entenda seu papel e as expectativas relacionadas às suas tarefas. A interação contínua e a resolução proativa de dúvidas promovem um ambiente colaborativo, essencial para a execução efetiva do plano.

Além disso, a monitorização ativa durante a execução das tarefas é uma prática recomendada para capturar *insights* operacionais valiosos. Segundo Deming (1986), o acompanhamento *in loco* permite aos gestores observarem as operações e obter *feedback* imediato sobre a aplicação das ações planejadas. Esta prática pode revelar sucessos e desafios não antecipados, proporcionando oportunidades de aprendizado e ajuste imediatos. A observação direta das atividades também facilita a identificação de possíveis desvios que podem comprometer a qualidade do resultado, permitindo intervenções tempestivas que minimizem impactos negativos.

Finalmente, a implementação prática das ações dentro da etapa "Do" exige uma revisão contínua e ajustes conforme necessário. Falconi (2013), em sua obra sobre a aplicação de métodos de controle de qualidade em ambientes corporativos, salienta a importância de adaptações ágeis durante a fase de execução, onde dados coletados devem ser usados para refinar processos em tempo real. Esta abordagem dinâmica é essencial para o aprimoramento contínuo e ajuda a garantir que as metas de melhoria sejam alcançadas de forma eficiente. A capacidade de responder rapidamente às

mudanças e aos desafios durante a execução não só melhora a eficácia das ações implementadas, mas também sustenta a moral da equipe e fortalece a cultura de melhoria contínua dentro da organização.

Durante a etapa "Do" do ciclo PDCA, os treinamentos são fundamentais na implementação das ações planejadas. De acordo com Falconi (2013), a capacitação adequada da equipe não apenas facilita a compreensão e execução correta dos processos, mas também eleva a eficiência operacional e o engajamento dos colaboradores.

3.1.3 Check – Verificar

A etapa "Check" do ciclo PDCA é fundamental para garantir que as ações renovadas produzam os efeitos desejados e que os processos sejam alinhados com os objetivos planejados inicialmente. Conforme descrito por Campos (2013), o uso de ferramentas como gráficos de Pareto, cartas de controle e histogramas é crucial nesta fase. Essas ferramentas permitem uma análise visual e quantitativa dos resultados pré e pós-implementação, facilitando a identificação de qualquer desvio em relação ao planejado. Ao analisar esses gráficos, os líderes podem observar claramente as tendências e variações no processo, permitindo uma avaliação objetiva da eficácia das ações tomadas.

Além disso, a etapa "Check" serve como um momento reflexivo que permite às organizações medirem o impacto das mudanças em relação aos *benchmarks* (ponto de referência) de desempenho estabelecidos. Esta análise ajuda a determinar se as soluções inovadoras estão funcionando como esperado ou se as configurações são necessárias. A avaliação contínua dos resultados é essencial, conforme aponta Deming (1986), para promover uma cultura de melhoria contínua e garantir que os processos permaneçam dinâmicos e adaptáveis às condições em mudança. Esta fase do ciclo PDCA

não apenas valida o sucesso das ações, mas também identifica novas oportunidades de melhoria.

Portanto, se os resultados analisados durante a etapa "*Check*" indicarem ineficiências ou falhas nas soluções propostas, torna-se necessário um retorno à fase de análise na etapa *Plan* para uma investigação mais aprofundada. Essa abordagem cíclica, destacada por Campos (2013), garante que as verdadeiras causas fundamentais dos problemas sejam identificadas e corrigidas. A repetição das etapas do ciclo PDCA, com um foco persistente na análise e ajuste, fortalece os processos organizacionais e conduz à excelência operacional contínua.

3.1.4 ACT – Agir

O "*Act*" do ciclo PDCA é crucial para institucionalizar as melhorias verificadas na fase "*Check*" e garantir sua sustentabilidade ao longo do tempo. Após verificar se as ações adotadas são eficazes e resultados positivos, é essencial padronizar essas novas práticas e atualizar os documentos e procedimentos operacionais. Campos (2013) enfatiza a importância de consolidar as mudanças empreendidas para garantir que não sejam perdidas ou diluídas ao longo do tempo. Esta etapa envolve a formalização das alterações nos processos, garantindo que todos os documentos reflitam como novas práticas. Tal padronização não apenas fortalece o sistema de gestão da qualidade, mas também facilita a orientação e o treinamento de novos funcionários, garantindo a continuidade operacional e a conformidade.

Além da atualização de documentos, a etapa "*Act*" exige uma comunicação eficaz e contínua entre todas as camadas organizacionais. A integração das melhorias nas rotinas diárias da empresa deve ser feita com o apoio à gestão e a cooperação das equipes de supervisão e operação. Como Campos (2013) destaca, o envolvimento de todas as áreas impactadas é crucial para o sucesso da implementação das mudanças. Reuniões regulares

e *feedback* contínuo entre os diferentes setores ajudam a identificar qualquer resistência ou dificuldade prática, permitindo ajustes rápidos e garantindo que as melhorias sejam efetivamente assimiladas e equipadas por toda a organização.

Por fim, o ciclo PDCA não termina com a fase “*Act*”, mas se reinicia para promover uma melhoria contínua. Uma vez que as mudanças são padronizadas e os processos atualizados, é importante voltar à etapa “*Plan*” para identificar novas áreas de melhoria. Esta abordagem cíclica é o que permite às organizações evoluírem e se adaptar às novas demandas e desafios do mercado.

Segundo Deming (1986), a melhoria contínua é fundamental para a competitividade e a longevidade de qualquer organização. Portanto, a fase “*Act*” é tanto um ponto de chegada, onde as melhorias são consolidadas, quanto um ponto de partida para novos ciclos de melhorias, garantindo que a empresa continue a progredir e se adapte de forma eficiente.

3.2 Ferramentas da qualidade empregadas no estudo de caso

Essa etapa visa demonstrar as ferramentas da qualidade utilizadas no estudo de caso. Essas ferramentas foram supracitadas nas etapas do ciclo PDCA e serão abordadas nos próximos tópicos. Elas são peças fundamentais e indispensáveis para a sistemática da melhoria contínua.

3.2.1 A Eficiência Global DO Equipamento

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*, do inglês: Eficiência Global do Equipamento) é uma métrica composta que reflete a eficácia de um equipamento ou linha de produção em um ambiente industrial. Essa métrica é fundamental para identificar oportunidades de melhoria nos processos de

produção, sendo amplamente utilizada no âmbito da gestão da qualidade e da produção (Nakajima, 1988).

O cálculo do OEE envolve uma análise da Disponibilidade que foca no tempo efetivo em que o equipamento está disponível para produção, comparando-o ao tempo planejado de operação. Interrupções imprevistas, como falhas ou manutenções não programadas, são cruciais para entender a disponibilidade real do equipamento. Em seguida, o Desempenho é avaliado pela capacidade do equipamento operar na velocidade (ritmo) máxima especificada, sendo diretamente impactado por qualquer elemento que diminua a capacidade operacional, como pequenas paradas ou reduções de ritmo. Por último, a Qualidade é medida pela proporção de produtos que atendem aos padrões de qualidade em relação ao total produzido, onde defeitos e necessidade de retrabalho evidenciam problemas nesse indicador. Esses elementos são fundamentais para a estratégia de melhoria contínua e otimização da eficiência na produção (Ljungberg, 1998; Smith e Hawkins, 2004).

A equação (1) apresenta que OEE é composto pelo produto da porcentagem de ritmo executada durante a produção, qualidade e disponibilidade, ou seja:

$$OEE = Ritmo * Qualidade * Disponibilidade \quad (1)$$

Onde;

$$Ritmo = \left(\frac{Ritmo\ Executado}{Ritmo\ Padrão} \right) \quad (2)$$

$$Qualidade = \left(\frac{Massa\ Produzida\ Aprovada}{Massa\ Produzida} \right) \quad (3)$$

$$Disponibilidade = \left(\frac{Horas\ Real\ de\ Produção}{Horas\ Total\ Disponível\ para\ a\ Produção} \right) \quad (4)$$

Para Shingo (1989) a aplicação dessa métrica permite evidenciar possíveis perdas em processos de produção, focando em paradas, ritmo (velocidade) e qualidade. Isso facilita a identificação de qual das métricas que compõem o OEE apresenta maior déficit, é possível direcionar tomadas de decisões para melhorias de maneira mais eficiente e assertiva.

A Implementação do OEE em contextos industriais implica em riqueza de dados precisos e em tempo real sobre o funcionamento dos equipamentos. Esses dados são utilizados para calcular o OEE e visualizar o desempenho operacional, facilitando a tomada de decisão e a implementação de ações corretivas e preventivas (Muchiri e Pintelon, 2008).

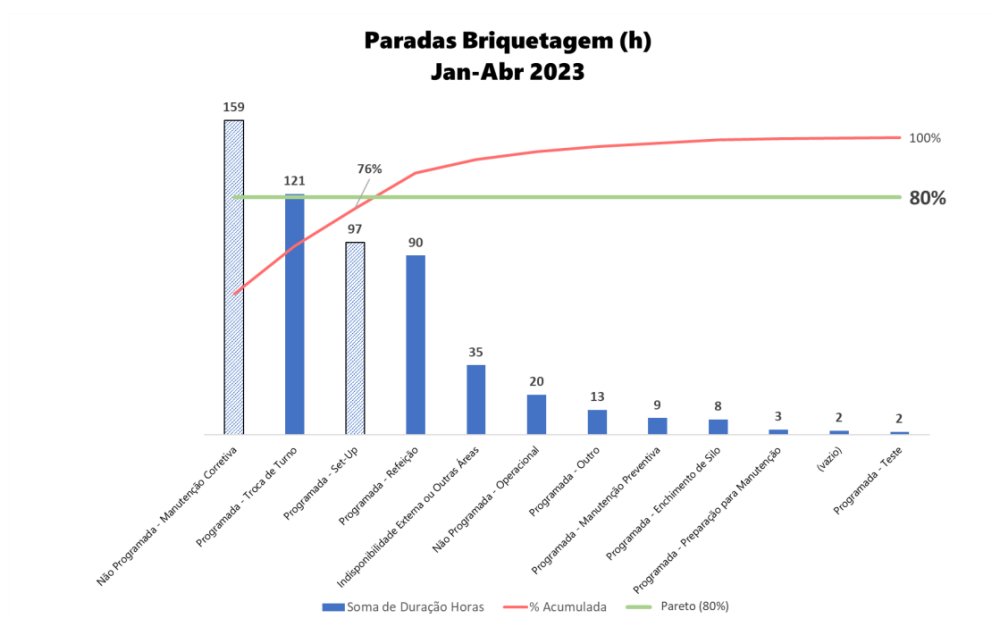
O monitoramento e a análise da Eficácia Global dos Equipamentos (OEE) trazem uma série de benefícios para as empresas, entre os quais se destacam a melhoria da produtividade, a redução de custos e o suporte à tomada de decisões. Ao identificar e minimizar as três grandes perdas, as empresas aprimoram significativamente sua eficiência operacional, além de taxas menores de defeitos e redução das paradas de máquinas afetadas para a redução dos custos operacionais. O OEE também fornece insights detalhados sobre o desempenho da produção, o que auxilia a gestão a tomar decisões bem-informadas sobre manutenções, atualizações de equipamentos ou modificações nos processos produtivos, fundamentando estratégias mais assertivas e eficazes (Suzuki, 1994).

3.2.2 Diagrama de Pareto

Diagrama de Pareto sequencial é um gráfico de barras que resume um conjunto de dados que podem estar relacionados a tempo de paradas, defeitos, custos, entre outros. Assim, as barras do gráfico representam valores em ordem decrescente, ou seja, a barra mais longa à esquerda e a barra mais curta à direita e o total é exibido por linhas (Paladini, 2010). O eixo vertical à esquerda representa a frequência absoluta de

eventos e o eixo vertical direito representa a frequência cumulativa do total de eventos (Bloggpn, 2011). O Pareto está fundamentado na "regra 80:20", ou seja, 80% dos defeitos são causados por apenas 20% das causas (Bans, 2017). Conforme a Figura 2, é possível verificar como ocorre a priorização por meio do Pareto.

Figura 2 – Exemplo de Gráfico de Pareto

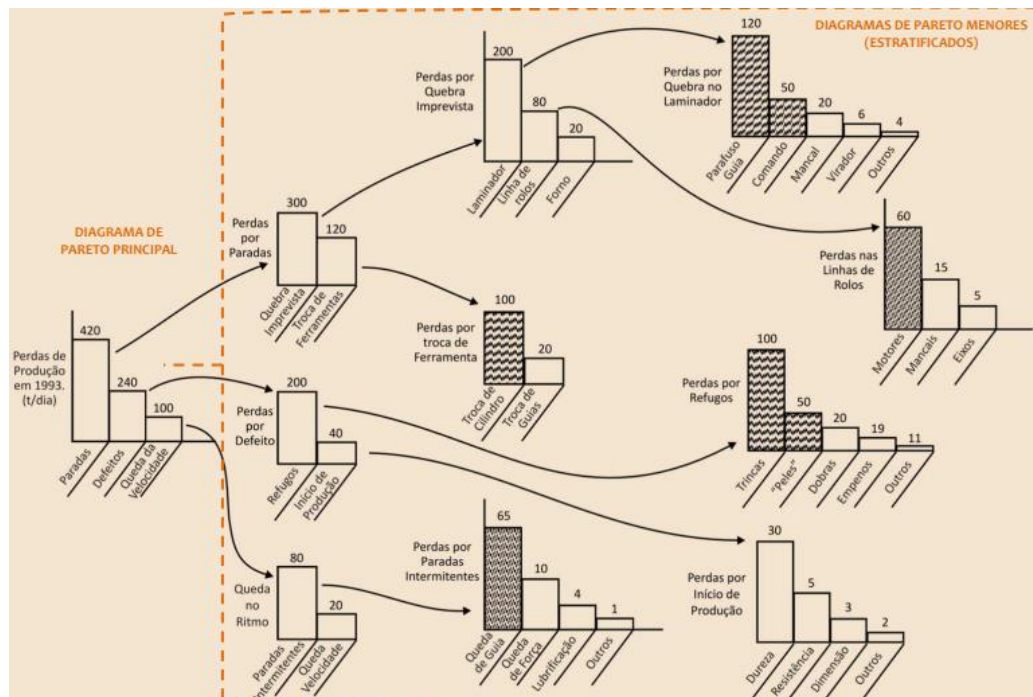


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os Eventos Priorizados serão aqueles que estão a frente donde a meta (linha verde) e o acumulado de paradas em porcentagem (linha vermelha) se encontram. A partir dessa ferramenta é possível não só hierarquizar, como também estratificar as ocorrências buscando a priorização do evento, como por exemplo paradas, que mais impacta no problema (Andrade *et al.*, 2003).

Conforme a apresentado na Figura 3, a partir da priorização do evento é possível prosseguir com novos gráficos de Pareto que buscam priorizar os principais eventos e/ou equipamentos que causam interrupções do processo.

Figura 3 - Sequência de Gráficos de Pareto para Encontrar a Causa Raiz



Fonte: Gráfico de Pareto (DE OLIVEIRA, n.d.) adaptado de (Campos, 2013)

Ou seja, a sequência de hierarquização dos eventos a partir do gráfico de Pareto evidência as possíveis causas fundamentais, representadas na Figura 3 pelos gráficos hachurados.

3.2.3 Árvore de Causas

O foco principal das árvores de falhas é a análise de falhas em sistemas complexos, especialmente quando há a possibilidade de que várias causas potenciais interajam. Assim, é uma ferramenta útil para localizar e compreender as interações complexas que contribuem para a falha (Silva, 2022). Ademais, é utilizada a análise de falhas para correção. Por esse motivo, é mais valioso para análises de pós-produção e problemas de campo, como também para verificação de design e validação de processos em fases de desenvolvimento (Silva, 2022).

Consoante a Silva (2022), a análise da árvore de causas é utilizada para avaliar os fatores que provocaram o problema (efeito). Isso é, um modelo gráfico que mostra as combinações de falhas paralelas e sequenciais que podem levar ao efeito (cabeça da árvore). O problema pode ser um evento relacionado a falha de componentes, erro humano, falhas no sistema, falhas nos requisitos, erros de design e erros nos programas.

Subsequente, para representar a árvore de causa usa-se lógica booleana, ou lógicas “E e OU”, enquanto as combinações de erros individuais podem resultar no efeito. Salienta-se que, a análise da árvore de causa é uma estratégia de apreciação qualitativa, no entanto, se as probabilidades individuais forem conhecidas para todos os eventos fundamentais, há probabilidade de que um caminho fundamental pode ser quantificado (Silva, 2022). Cada nó intermediário compõe o meio da árvore, assumindo a função de causa e efeito. O nó inicial da árvore possui uma identidade distinta, de efeito. Os pés das árvores, ou nós finais, também possuem uma identidade distinta de causa fundamental.

A ideia de mapeamento por árvores de falhas envolve o uso do diagrama de causa e efeito verticalmente organizados. Portanto, o efeito seria encontrado no topo da árvore e os seis M's principais método (mão de obra, máquina, meio ambiente, medição e matéria-prima) do diagrama seriam as

causas gerais no primeiro nível da árvore. Enquanto, no segundo nível apresenta-se cada causa das causas gerais.

Figura 4 - Árvore de Causas



Fonte: Yamane, AK, & Souza, LGM de. (2007)

Vale destacar que os seis M's são uma sugestão comum às falhas de processo. Assim, para um dado problema, pode haver ou não causas atreladas aos M's.

3.2.4 Brainstorming

Além das sete ferramentas da qualidade, o Brainstorming pode ser implementado para auxiliar na melhoria dos processos. Para Buchele (2017) o Brainstorming busca, através de conceitos e ideias, desenvolver problemas e propor soluções. Pois, baseia-se no estímulo à atividade criativa, em que os participantes da discussão são convidados a exprimir o maior número de soluções possível, incluindo as menos prováveis.

Buchele (2017) revela que as melhores ideias podem ser utilizadas para soluções práticas.

Contudo, o sucesso da técnica depende da liderança por ser um fator importante, uma vez que o coordenador do projeto modera o processo incentivando a participação de toda a equipe (Wheshsler, 2002).

O coordenador deve cumprir o papel de Facilitador e zelar pelo fiel cumprimento do roteiro e pela liberdade de plena participação e expressão dos integrantes do grupo, de forma ordenada (Godoy, 2001, p.10)

Buchele (2017) define alguns requisitos para uma sessão de brainstorming, como, esclarecer as regras, estimular a geração de ideias e a criatividade da equipe e abster-se de críticas.

Godoy (2001), sugere manter o termo *Brainstorming* no idioma de origem,

...pois sua tradução para o português não fornece uma ideia precisa da ação que o termo sugere. Frequentemente, encontra-se a tradução 'tempestade de ideias' para esta técnica que, na verdade, é realizada com grande esforço mental, de forma cooperativa, para atacar um problema. Não se trata de um 'bate papo' em que as ideias 'caem' do céu, sem muita reflexão. É uma técnica altamente construtivista, pois cria um ambiente propício para as contribuições e descobertas pessoais (Godoy, 2001, p.9).

3.2.5 - 5W2H

Segundo Campos (2013), o quadro 5W2H é recomendado como uma ferramenta para gerenciar o desenvolvimento de planos de ação, permitindo o estabelecimento de clareza de papéis e responsabilidades. Essa abordagem baseia-se em perguntas específicas que norteiam o planejamento e a execução das tarefas. As perguntas incluem: *What* (O quê?), que define qual tarefa será realizada; *Por que* (Por quê?), que identifica a razão para a realização da tarefa; *Where* (Onde?), que especifica o local de execução; *Quando* (Quando?), que determina o cronograma para a realização; *Quem* (Quem?), que aponta os responsáveis pela tarefa; *How* (Como?), que descreve a forma de execução; e *How much* (Quanto?), que estabelece o custo adicional à implementação da ação. Esses elementos fornecem uma estrutura organizada e eficiente para a gestão de projetos e tarefas.

O plano de ação 5W2H é uma ferramenta para simplificar o planejamento de atividades (Silva *et al.* 2013). Além disso, proporciona mais objetividade para a execução de uma ação, conforme exemplificado na Tabela 1 (ARAÚJO, 2017).

Tabela 1 – Atividades realizadas de acordo com a metodologia 5W2H.

What? (O que?)	Why? (Por quê?)	Where (Onde?)	When (Quando?)	Who (Quem?)	How? (Como?)	How Much? (Quanto?)
Alinhar com o PCP a mudança dos lotes internos de 22,5 toneladas para 90 toneladas	aumentar a capacidade produtiva	PCP	10/05/2023	João	Realizar reunião com a equipe do PCP para definir as mudanças possíveis	Não informado
Buscar treinamento para capacitar colaboradores em acesso a espaço confinado (HM01 Briquetagem)	Garantir a segurança dos colaboradores	HM01 Briquetagem	03/07/2023 a 07/07/2023	André	Organizar treinamento com especialistas em segurança para espaços confinados	Não informado
Avaliar se o HM01 realmente precisa ser classificado como espaço confinado	Reduzir custos e melhorar a classificação	HM01 Briquetagem	03/07/2023 a 07/07/2023	André	Inspeccionar o local e verificar os critérios técnicos para classificação	Não informado

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.2.6 *Scrum – Sprints*

Scrum é uma metodologia desenvolvida para redução de tempo na aplicação de projetos. Essa metodologia desenvolve-se a partir de equipes de trabalho que criam softwares, todavia Sutherland (2014) deixa claro que a estrutura e ferramentas apresentados no livro “*Scrum, a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo*” foram adaptadas para diferentes realidades e obtiveram sucesso. Nesse contexto, apresenta-se as *Sprints* (do inglês: corrida), essas são reuniões regulares e rápidas. Estruturam-se em *Sprints* diárias e *Sprints* semanais, objetivando verificar junto a equipe não só o que pode ser feito para andamento das atividades, como também o que se realizou, ao passo que os encontros semanais também funcionam como uma retrospectiva do que foi concretizado e pode ser melhorado.

Durante as reuniões diárias, a equipe deve responder a três perguntas. A primeira pergunta é sobre o que cada membro fez no dia anterior para ajudar a equipe a concluir o Sprint. A segunda pergunta envolve as ações que serão realizadas no dia atual para contribuir para a conclusão do Sprint. Por fim, a terceira pergunta busca identificar se há algum obstáculo que esteja impedindo o progresso da equipe ou a consecução das metas do *Sprint*. Sutherland (2014) ainda alerta que a *sprint* resumem-se a responder essas perguntas e caso ultrapassem quinze minutos a condução da reunião está equivocada. Porém, para as reuniões semanais é coerente o investimento de maior tempo para a retrospectiva do *Sprint*, essas reuniões recebem o nome de *Sprint's* semanais.

3.3 Briquetagem

Conforme destacado na introdução, o processo de briquetagem consiste no reaproveitamento de material fino podendo haver a etapa de mistura, visando a devida interação das partículas com os aglutinantes, seguida de compactação mecânica. Portanto, apresenta-se como um processo físico e/ou químico.

As aplicações mais frequentes dos processos de aglomeração são destinadas ao aproveitamento de minérios ou concentrados de granulação fina, resíduos ou subprodutos finos de outros processos mineiros e metalúrgicos, como cobre, ferro, titânio e outros. Portanto, o objetivo da briquetagem é reutilizar subprodutos inerentes a processos fabris, de forma adequada, interna e/ou externamente. (Carvalho *et al.*, 2018)

Figura 5 - Briquete de Liga Metálica



Fonte: **Aglomeração – Briquetagem** (Carvalho *et al.*, 2018)

No processo de aglomeração de partículas finas em prensas, as forças de atração molecular de Van der Waals apresentam forte influência na união das partículas. Entretanto, somente tornam-se efetivas quando a distância entre as partículas é reduzida pela ação de uma força externa elevada. Os parâmetros mais importantes para a confecção de briquetes são a umidade da mistura e a escolha do ligante. A adição de água só não é realizada quando a substância aglomerante (o ligante) se apresenta na forma de solução aquosa ou como um fluído (Carvalho et al., 2018).

Portanto, ao aplicar pressão externa no material que deve ser briquetado, observa-se na Figura 6 as fases de briquetagem em prensas de rolos, onde o material flui ao mesmo tempo entre dois rolos paralelos que possuem cavidades ou moldes de tamanho e forma apropriados ligados entre si, girando ao mesmo tempo, mas em sentidos opostos (Carvalho et al., 2018).

Figura 6 - Sistema de Briquetagem



Fonte: **Aglomeração – Briquetagem** (Carvalho *et al.*, 2018)

Quando as superfícies dos rolos dispõem não só cavidades, como também dimensões iguais, conforme a Figura 6, a rotação dos rolos posiciona essas cavidades simetricamente entre si. Sendo assim, o briquete é o material aglomerado possuindo forma e tamanho dos moldes. A Figura 7 apresenta rolos semelhantes aos utilizados no estudo de caso.

Figura 7 – Rolos de Briquetagem



Fonte: **Aglomeração – Briquetagem** (Carvalho *et al.*, 2018)

4 METODOLOGIA

A metodologia usada para o desenvolvimento desse trabalho foi o estudo de caso com base no ciclo PDCA e as ferramentas que o compõem. Segundo Martins (2002), estudo de caso é um tipo de pesquisa em que aprofunda as análises de um tema. O objetivo é entender todo o contexto que interfere diretamente no seu meio.

A escolha do estudo de caso como metodologia é especificamente adequada para investigar a implementação do ciclo PDCA em contextos de produção industrial.

Esta abordagem permite uma exploração detalhada e contextualizada dos processos e resultados, facilitando uma compreensão aprofundada dos desafios e especificações. Yin (2009) enfatiza que os estudos de caso são eficazes para responder perguntas que lidam com o "como" e o "porquê" de eventos contemporâneos, especialmente quando os fenômenos são complexos para serem desmembrados por meio de métodos experimentais ou quando há uma necessidade de observação profunda em ambientes naturais.

Estudos de caso também são valorizados por sua capacidade de resultados extrapolarem para situações semelhantes ou adaptá-los para diferentes contextos, algo essencial em disciplinas aplicadas como a Engenharia de Produção. De acordo com Baxter e Jack (2008), eles permitem uma análise rigorosa e documentada, que pode revelar *insights* detalhados sobre dinâmicas e desafios específicos de processos de melhoria contínua e gestão da qualidade. Esta metodologia não apenas detalha a aplicação de teorias e ferramentas de gestão, mas também analisa como essas intervenções impactam a produtividade e a eficiência operacional, fornecendo dados detalhados para práticas futuras.

Por fim, ao se concentrar em um único caso, é possível investigar profundamente as interações entre variáveis complexas, como as técnicas de

gestão da qualidade, as respostas dos envolvidos e as mudanças nos indicadores de produção. Stake (1995) argumenta que os estudos de caso podem revelar nuances e complexidades que estudos mais amplos podem não captar. Este nível de detalhe é crucial para entender cada etapa do processo e sua influência nos resultados, tornando o estudo de caso uma ferramenta poderosa para explorar as complexidades das melhorias operacionais em ambientes industriais.

Para apresentação dos resultados foi utilizado um fator multiplicativo para ficar de acordo com a política interna da empresa em estudo. Salienta-se que, fator multiplicativo consiste em multiplicar os resultados e dados trabalhados e/ou encontrados por um valor qualquer.

5 ESTUDO DE CASO

A unidade de Briquetagem abordada neste estudo de caso produz um dos materiais estratégicos da empresa. Esse produto é relativamente novo no portfólio da empresa estudada e foi desenvolvido internamente pelos profissionais que nela atuam. Por conseguinte, otimização de processos contribuem para menores custos operacionais e valorização do empreendimento frente aos acionistas, sendo fundamental para garantir o sucesso do produto frente aos clientes. Portanto, conforme supracitado no referencial teórico, uma das maneiras de se identificar o problema é por demanda de aumento de produção, isto é, capacidade, em função de uma diretriz gerencial. Nesse cenário, foi solicitado que a operação passasse de uma entrega diária, em média, 67 toneladas por dia (t/dia) para 90 toneladas por dia (t/dia).

5.1 Plan - planejamento

O projeto teve início em abril de 2023 com o prazo de finalização para julho de 2024.

5.1.1 Identificação do problema

A Figura 8 apresenta o fluxograma da origem da meta, ou seja, a companhia havia objetivos atrelados a redução de custo ou aumento de OEE para os complexos de produção de ferro nióbio. Nesse cenário, evidenciou-se como meta de produção 90 ton/dia na planta de briquetagem em função do OEE.

A Figura 8 apresenta a estrutura de gerenciamento e objetivos para 2023 na área de britagem e embalagem, incluindo as diretrizes da alta direção (GPD) por meio da eficiência global do equipamento (OEE) associado a GEBE

(Gerência de Britagem Embalagem e Expedições), que foca na otimização da briquetagem do produto B88 com o desafio de aumentar a produtividade de B88 para 90 toneladas/dia.

Figura 8 - Origem da Meta



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Além da maior demanda de produção, a planta produtiva em questão passou por redução de *headcount* (quantidade de mão de obra disponível para a operação). Pois, em 2022 ela operava sete dias por semana em quatro turmas com três funcionários cada, ao passo que em 2023 a unidade precisou operar cinco dias por semana em três turmas com três funcionários cada, conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparativo de Operação entre 2022 e 2023

Ano	Modelo de Operação	Dias na Semana	Número de Turnos	Número de Operadores
2022	Operação em 24 x 7	7 dias	4 Turmas	12
2023	Operação em 24 x 5	5 dias	3 Turmas	9

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Sendo assim, o projeto precisa entregar um aumento de produção de 4,42 ton/dia/headcount. Visto que:

Em 2022:

$$\text{Produção atual (headcount)} = 67 \text{ ton/dia/12 headcounte} \quad (5)$$

$$\text{Produção atual (headcount)} = 5,58 \text{ ton/dia/headcount} \quad (6)$$

Meta para 2023:

$$\text{Produção meta (headcount)} = 90 \text{ ton/dia/9 headcounte} \quad (7)$$

$$\text{Produção meta (headcount)} = 10 \text{ ton/dia/headcount} \quad (8)$$

Logo,

$$\text{Aumento Produção} = \text{Produção meta (headcount)} - \text{Produção atual (headcount)} \quad (9)$$

$$\text{Aumento Produção (headcount)} = 4,42 \text{ ton/dia/headcount} \quad (10)$$

Portanto, o desafio abrange maximizar resultados a partir da limitação de recursos.

5.1.2 Análise de Fenômeno

Como o projeto está atrelado a OEE, foram analisados os parâmetros de qualidade, ritmo e disponibilidade realizados em 2022 para identificar qual era o pilar que apresentava maiores oportunidades. Assim, verificou-se que a qualidade e o ritmo apontavam entrega média de mais de 90% (calculados via fórmula apresentada no item 3.2.1 equação 2 e 3) em 2022. Por outro lado, o calculado, via item 3.2.1 equação 4, para disponibilidade apresentou um resultado médio de 47% no mesmo ano. Sendo assim, os próximos passos

da etapa *Plan* do PDCA buscaram a entender quais eram os fenômenos que diminuem a disponibilidade da planta de briquetagem.

É sabido que, para uma operação sem interrupções o resultado da disponibilidade seria de 100%. Mas, esse é um resultado utópico, visto que é intrínseco a unidades produtivas e seus equipamentos paradas de produção por diferentes motivos, como manutenções, horário de refeição, troca de turnos programadas e outras. Mas, uma das maneiras de aumentar a utilização é identificar e mitigar horas de parada a partir de melhorias nas equipes, gestão e/ou equipamentos, uma vez que:

Onde;

$$Disponibilidade = \left(\frac{Horas Real de Produção}{Horas Total Disponível para a Produção} \right) \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{Horas real de Produção} = & \quad (12) \\ \text{Horas Total Disponível para a Produção} - \text{Horas de Paradas} \end{aligned}$$

Por conseguinte, substituindo 12 em 11, demonstra-se que;

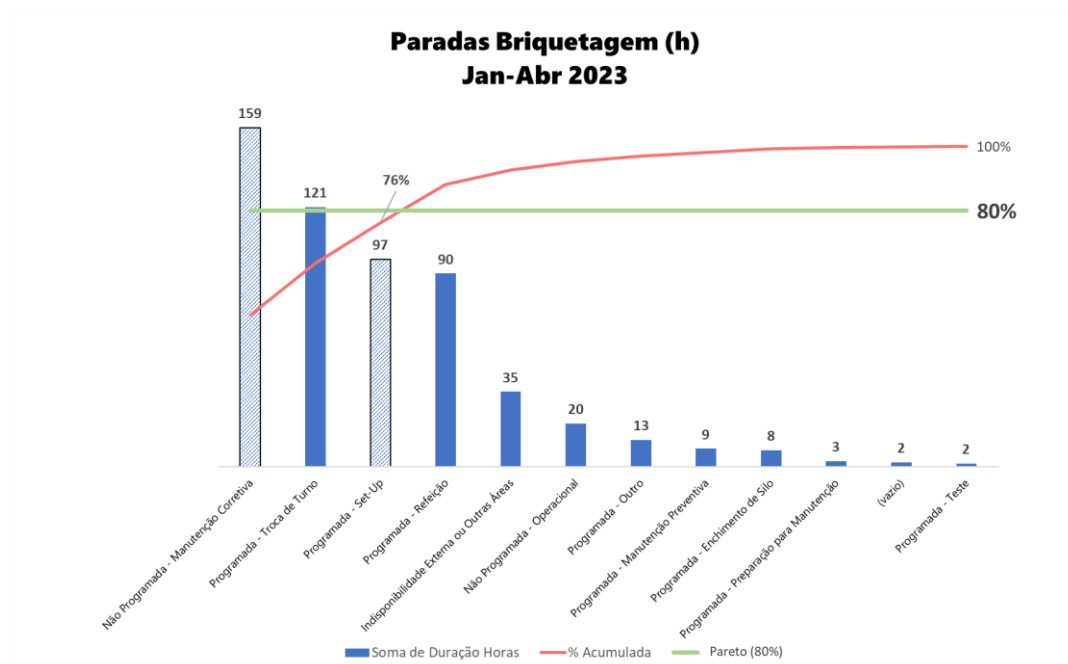
$$Disponibilidade = \left(\frac{\text{Horas Total Disponível para a Produção} - \text{Horas de Paradas}}{\text{Horas Total Disponível para a Produção}} \right) \quad (13)$$

Assim, conclui-se que quanto menor as horas de paradas maior será a Disponibilidade. Portanto, buscou-se via análise de Pareto não só identificar as maiores paradas da planta, como também priorizar as que seriam trabalhadas nas próximas etapas.

A

Figura 9 evidencia os eventos de manutenção corretiva, troca de turno e Set up como os responsáveis por 80% do tempo de parada.

Figura 9 - Pareto de Pargas



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

As barras hachuradas são os eventos que seguirão para a análise de fenômeno da etapa P, uma vez que troca de turno é uma parada intrínseca ao processo que não foi encontrado oportunidade para mitigá-la.

5.1.3 Análise de processo

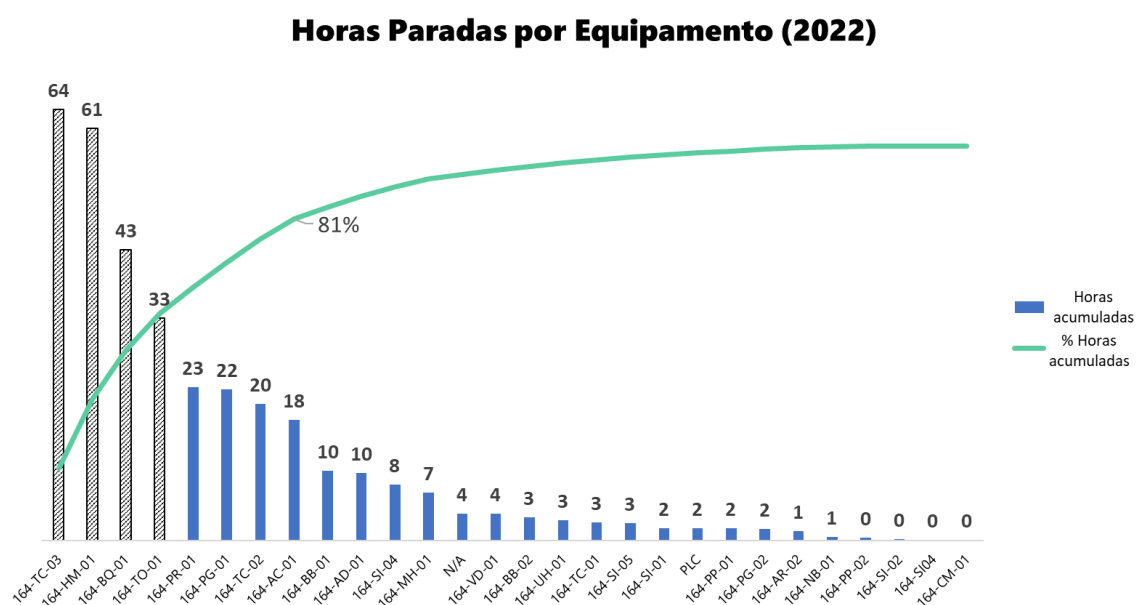
Para a análise de processo seguiu-se com a utilização de gráficos de Pareto a fim de não só identificar como também priorizar as investigações à medida que elas foram avançando. Ademais, nessa etapa foram utilizados o *Brainstorming* e árvore de causas para buscar soluções e as causas raiz da altas horas de paradas demonstradas na etapa de análise de fenômeno.

Vale ressaltar que, a análise de processo foi separada entre manutenção corretiva (item 5.1.3.1) e Set up (item 5.1.3.2). Uma vez que, são eventos distintos, foram necessárias ferramentas de análises distintas.

5.1.3.1 Análise de processo manutenção corretiva

Para essa etapa do projeto foi apresentado o gráfico de Pareto da Figura 10 para fosse realizado o *Brainstorming* com a equipe de manutenção. A intenção ao apresentar o gráfico é direcionar o foco da ideação para eventos mais assertivos e priorizado.

Figura 10 – Equipamentos com Maior Horas de manutenção corretiva



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Os quadros a seguir são post it gerados pelo aplicativo de gestão da companhia. Ou seja, cada quadro representa uma ideia individual para cada equipamento, apresentados por algumas das barras hachuradas da Figura 10, do que deveria ser tratado para garantir a entrega de 90 ton/dia de produção.

Ao todo participaram do Brainstorming 15 colaboradores da manutenção e operação.

Figura 11 - Brainstorming da Produção.

- PRODUÇÃO - Fatores que impactam negativamente a produção				
Não Haver Check Lits de Turno na Planta	Falta Comunicação entre a equipe	Dificuldade na alimentação de FeNb	Transporte de Lote Interno Para Galpões alocados a grandes distâncias da Briquetagem	Não Realizar a solicitação de Insumos
Logística da Britagem	Tempo de Subida da Ponte Rolante	Material agarrando no S-05 e calhas	Tamanho inadequado da mesa de impacto do AC-01 abaixo do SL-05	Ausência de Raspado na TC-02 na Queda da Briquetadeira

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Figura 12 - Defeitos que Levam a Parada do HM01.

Manutenção - HM01				
Falha no sistema de lubrificação	Válvula de descarga	Capacidade do HM inferior ao que é alimentado	Defeito nas chapas de desgaste	Falta de inspeção da manutenção
Falha de ajuste no raspador	Material agrega nos revestimentos internos - faca do agitador	Falta de verificação nos outros HMs da planta	Falhas na roda de atrito	Defeitos no rolamento da cuba
Perda de tempo por espera para liberação do espaço confinado/pessoas capacitadas para espaço confinado				

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Figura 13 - Defeitos que Levam a Parada da BQ01.

- Manutenção - BQ 1				
Falta de Inspeção dos periféricos	Falta de padrão para execução da troca de rolos	Desalinhamento dos rolos	Falta de plano de inspeção dos rolos	Sistema de pressurização manual ineficiente
Quebra dos rolos (eixo)				

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Figura 14 - Defeitos que Levam a Parada do TO01.

- Manutenção - TO 01			
Lógica de operação automática	Falta de plano preventivo e inspeção periódica	Falta de limpeza	

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Figura 15 - Outras Oportunidades Citadas pela Equipe.

- Manutenção - Outras oportunidades				
Estrutura de atuação da equipe de manutenção em paradas não programadas não atendem a meta de tempo/dificuldade de rápida atuação	Falta de inspeção diária para identificar riscos	Falta de manutenção autônoma	Falta de inspeção da tela da PG02	Dificuldade em retirar a tela da PG01 e PG02
Falta de plano de inspeção de abertura e desgaste do MH01	Não utilização da estrutura de atuação para as paradas programadas (Ex: monta andaime, prepara a planta e a manutenção não acontece devido a outras prioridades)	Desgaste na tela da PG01	Falta de padrão de contrapesos na PG01	

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Por consequência à numerosa quantidade de hipóteses levantadas pela equipe, foi criado um plano de ação para comprovar cada uma das ideias. Assim, nenhuma delas seriam descartadas de imediato e receberiam a oportunidade de seguirem sob a análise do projeto. Essa etapa está atrelada a análise de consistência, portanto, os colaboradores deveriam provar as hipóteses por meio de registros fotográficos, histórico de ordens de manutenção, histórico de funcionabilidade no banco de dados ou qualquer outra maneira que comprovasse o problema apresentado no *Brainstorming*.

As ações foram registradas no aplicativo de gestão da companhia conforme a a Tabela 3.

Tabela 3 - Plano para Comprovação das Causas.

AÇÃO	RESPONSÁVEL	PRAZO	STATUS
Comprovar Falha no sistema de lubrificação do HM-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 23 de maio	100%
Comprovar falha na válvula de descarga do HM-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio de 23 a 19 de junho	100%
Comprovar Falha de ajuste no raspador do HM-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 19 de junho	100%
Comprovar Falha no Desalinhamento dos rolos da BO-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 22 de maio	100%
Comprovar falta de tempo por espera para liberação do espaço conferido/possível capacidade para espaço conferido para manutenção do HM-01 (Briquetagem)	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio de 23 a 23 de maio	100%
Comprovar Defeito nas extremidades do HM-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 23 de maio	100%
Comprovar Dificuldade em retirar a tela do PG01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 22 de maio	100%
Comprovar Defeito no rolamento do motor redutor da entrada de gás do HM-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 22 de maio	100%

Comprovar mau alinhamento da esteira de entrada para as paradas programadas	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 23 de maio	100%
Comprovar não efetuar ajuste da altura do perfurador na entrada do gás	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 22 de maio	100%
Comprovar falha de potência de especificações no PG01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 22 de maio	100%
Comprovar que a estrutura atual da equipe para manutenção em paradas não programadas não atende a meta de tempo/facilidade de rápida atuação	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	3 de maio a 26 de junho	100%
Comprovar que a capacidade do HM é inferior ao que é alimentado	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	9 de maio a 9 de maio de 23	100%
Comprovar defeito nos rolamentos da cuba no HM-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 18 de maio	100%
Comprovar que o sistema de amortecimento dos rolos no BO-01 é ineficiente	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 22 de maio	100%
Comprovar quebra dos rolos (eixo) da BO-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 19 de maio	100%
Comprovar falta de Limpeza no TO-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 12 de junho	100%
Comprovar Desgaste na Tela da PG01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 10	100%

Comprovar que a falta de manutenção autônoma é um desperdício de esperança na Briquetagem	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 22 de maio	100%
Comprovar falta de verificação nos outros HM da planta	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 15 de maio	100%
Comprovar falha na rola do artifo	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 23 de maio	100%
Verifique se o sistema de pressurização manual está ineficiente	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 9 de maio	100%
Comprovar que o material agarrou nos revestimentos internos-faca do agitador do HM-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 10 de maio	100%
Comprovar que a causa da perda de tempo em função da baixa velocidade da ponte rolante (briquetagem)	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 16 de junho	100%
Comprovar falta de inspeção dos rolos BO-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 19 de maio	100%
Definir quais são os periféricos da Briquetagem	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	6 de junho a 12 de junho	100%
Comprovar falha no projeto dos periféricos Briquetagem	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	6 de junho a 12 de junho	100%
Comprovar falha no travamento dos rolos na BO-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 22 de maio	100%

Comprovar defeito na lógica de operação automática do TO-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 9 de maio	100%
Comprovar falha na instalação da plataforma de apoio no TO-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 19 de maio	100%
Comprovar falta de plano de inspeção no TC-03	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 16 de junho	100%
Comprovar falha na inspeção da tela do PG-02	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 9 de maio	100%
Comprovar defeito no rolamento da cuba no HM-01	Não apresentado para preservar a identidade dos colaboradores	4 de maio a 19 de junho	100%

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Os responsáveis deviam encerrar o registro da ação com alguma evidência que comprovasse a hipótese (problema) apontado no *Brainstorming*. Assim, foram comprovadas menos de 50% das causas idealizadas durante o *Brainstorming*.

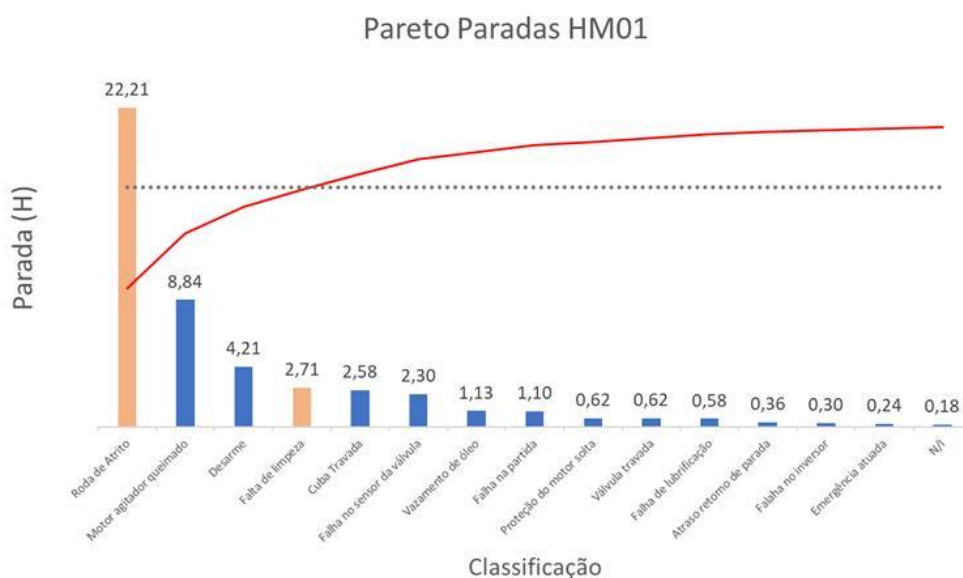
Por outro lado, dentre as causas comprovadas estão os equipamentos HM01 e BQ01. Pois, esses equipamentos contribuíram para muitas horas de parada no ano de 2022, ademais durante a execução do projeto eles também estavam causando paradas de produção. Por isso, eles receberam priorização e foram encaminhados a análises de falhas para garantir a entrega da meta (90 ton/dia).

Os nomes dos equipamentos estão representados por suas abreviaturas a fim de assegurar informações de engenharia da empresa do presente estudo de caso.

5.1.3.1.1 Análise de falha do HM01

A parti do Pareto apresentado na Figura 16 destacou os componentes do equipamento HM01 que estavam causando maior horas de parada ainda no início de 2023.

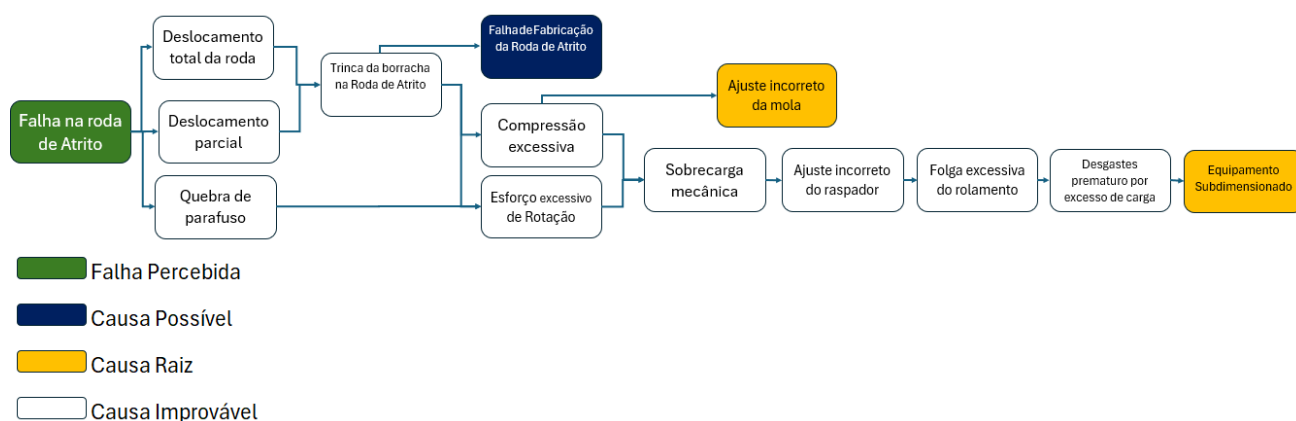
Figura 16 - Pareto de Horas paradas x causa no HM01



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Assim, como citado no *Brainstorm*, o principal problema atrelado ao equipamento é a roda atrito, portanto, foi elaborado uma árvore de causas, apresentada na Figura 17, em conjunto com a equipe de manutenção para explorar a(s) causa(s) raiz do problema.

Figura 17 - Árvore de Causas para o HM01



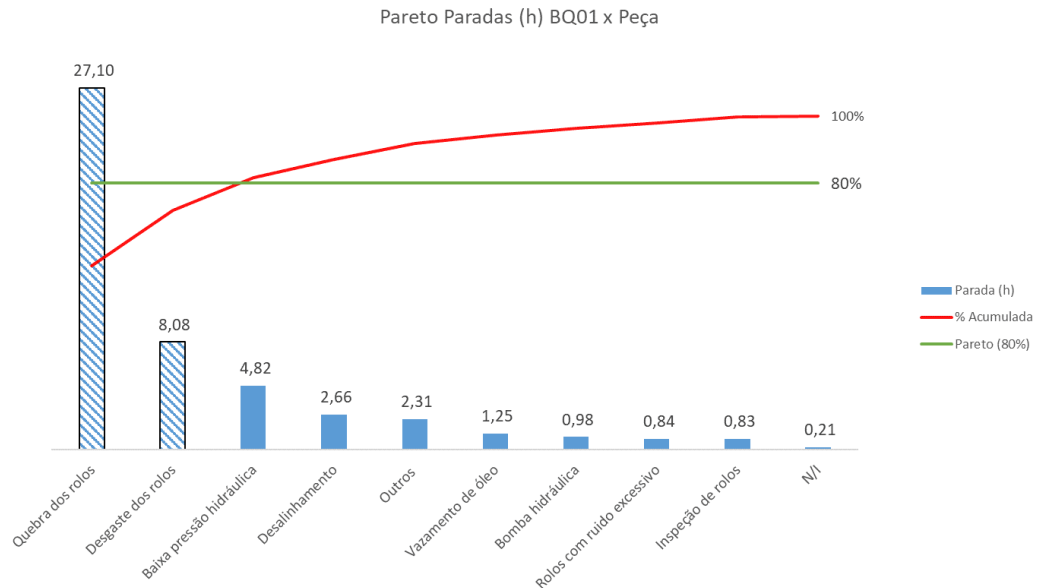
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

As causas raiz encontradas para os eventos de falhas ocorridos durante o andamento do projeto foram a falha de fabricação, ajuste incorreto da mola que posiciona o componente e o fato de o HM01 operar acima da capacidade nominal de massa. Essas causas fundamentais foram trabalhadas no plano de ação.

5.1.3.1.2 Análise de Falha da BQ01

Assim como o HM01, as paradas na BQ01 foram apontadas no *Brainstorming* como oportunidade de melhoria. Além disso, o equipamento apresentou falhas durante a execução do projeto. Portanto, foi elaborado o gráfico de Pareto da Figura 18 para entender quais componentes do equipamento representam maior impacto das paradas.

Figura 18 - Pareto de Paradas na BQ01

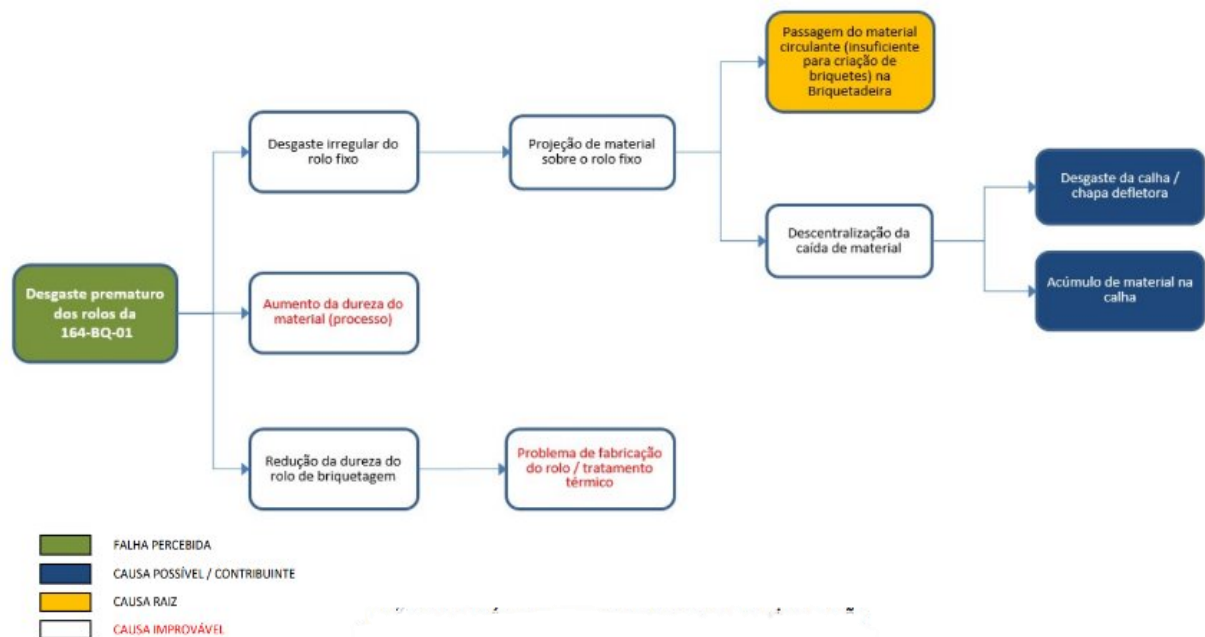


Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Sendo assim, foi evidenciado que a quebra dos rolos foi o principal motivo de falha no equipamento causando paradas. Aliado a isso, as paradas por desgaste dos rolos também impactaram a disponibilidade da unidade produtiva em 2022. Mas, o desgaste é intrínseco ao processo, portanto, foi estudada maneiras em maximizar a vida útil dos rolos. Por conseguinte, a quebra do rolo foi um evento incomum em 2022 e por isso a análise de falha via árvore de causas, apresentada pela

Figura 19 seguiu apenas para perseguir a causa raiz do desgaste dos rolos.

Figura 19 - Árvore de Causa para Desgaste do Rolo



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

O sistema de briquetagem ocorre em conjunto com uma etapa de peneiramento. Diante disso, os briquetes formados por meio da prensa briquetadeira são retidos na peneira e seguem para o envase, ao passo que o material homogeneizado que passa pela briquetadeira, mas não aglomera por meio da pressão se mantendo fina segue para o *undersize* da peneira e é retornado à briquetadeira através da correia denominada TC03. Esse

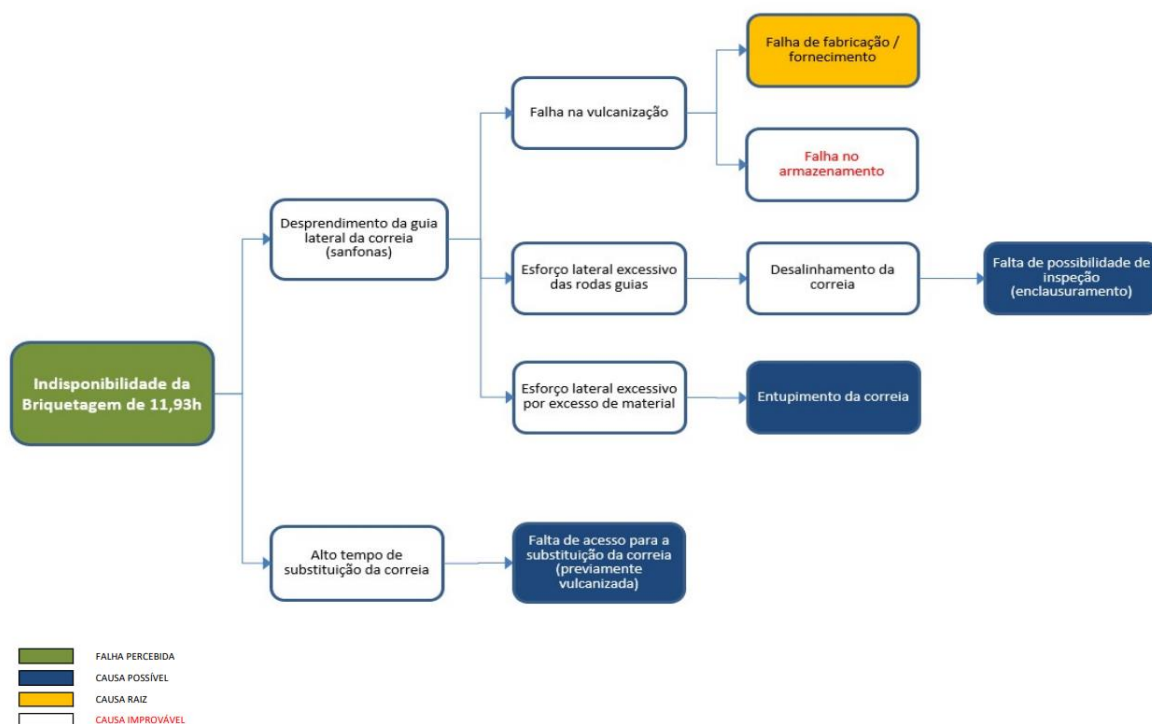
processo, em que os finos passam pela peneira e recebe uma nova oportunidade de ser briquetado é denominado de recirculação.

Isto posto, encontrou-se como causa raiz a recirculação de material no sistema de briquetagem como um catalizador para o desgaste dos rolos. Essa causa raiz foi trabalhada no plano de ação, onde a solução proposta foi que a sequência de briquetagem não fosse acionada quando não houver volume de material o suficiente para formar os briquetes.

5.1.3.1.3 Análise de falha do TC03

Em sequência, apresenta-se a árvore de causa realizado para o equipamento TC03. Salienta-se que esse equipamento não fez parte do *Brainstorming*, pois mesmo sendo o equipamento que causou a maior parada no ano de 2022, a equipe do projeto havia acordado que o evento se deu em uma situação improvável. Todavia, assim como para os equipamentos anteriores, durante a execução do projeto ele apresentou os mesmos problemas do que no ano de 2022. Logo, apresenta-se na Figura 20 árvore de falha.

Figura 20 - Árvore de Falha do TC03



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Assim, foi encontrada como causa raiz para a parada no equipamento uma falha de fabricação da TC03. Além disso, foi muito discutido como causa possível a sobrecarga do TC03 que se apresenta em função do fato de que a BQ01 está desgastada. Esse cenário, reforçou a atenção da equipe de manutenção e operação para as condições dos rolos durante a operação dos meses seguintes.

5.1.3.2 Análise de processo das paradas por Set up

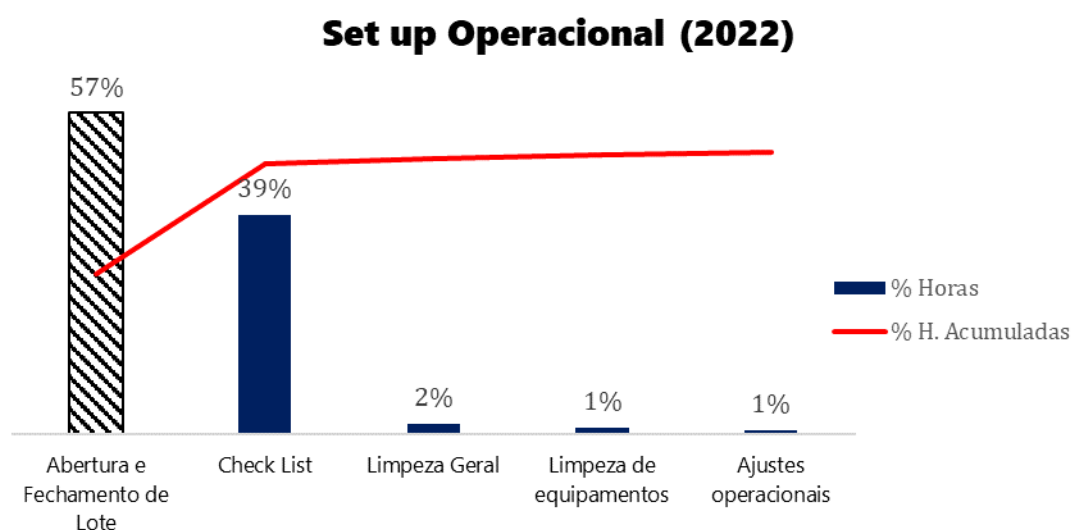
Conforme evidenciado na

Figura 9, as paradas por Set up faz parte de 20% dos eventos que causam 80% das horas de parada. Por isso, foi realizado novamente uma

análise via Pareto, Figura 21 , para identificar qual atividade demanda a maior parte das horas de paradas no *Set up* operacional.

Assim, foi evidenciado que o evento de abertura e fechamento do lote representam 57% das horas de parada para o *set up* operacional.

Figura 21 – Pareto de Set up



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Essa atividade de abertura e fechamento do lote está atrelada a contagem de estoque no início e fim de produção, como também a realização dos apontamentos de produção no banco de dados da empresa. Desse modo, a cada 22 toneladas de material produzido é necessário que haja interrupção da produção para realizar a abertura e fechamento de lote. Para a produção de 22 toneladas são necessários em média quatro horas de operação. Portanto, cada turno precisa parar ao menos uma vez a produção para realizar a atividade de abertura e fechamento de lote. Por conseguinte, esse cenário foi questionado, uma vez que os lotes de 22 toneladas, até então, foram concebidos para um controle de qualidade minucioso. Pois, quando a unidade de produção em pauta foi concebida, definiu-se fechamento de lote a cada 22

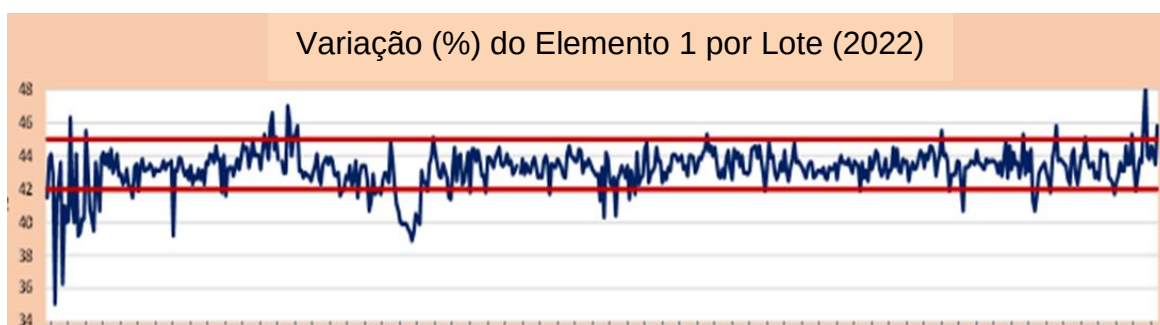
toneladas para que ocorresse o processo de análise química. Assim, caso houvesse desvio de qualidade, tornaria mais rápida a identificação do desvio evitando a produção de altos volumes de briquete não conforme.

Todavia, por meio das cartas de controle apresentadas na Figura 22, Figura 23 e

O eixo Y representa o Teor (%) do elemento 2, e o eixo X, os lotes produzidos ao longo do ano. A linha azul indica os resultados das análises químicas de cada lote. A linha vermelha representa o limite superior de especificação, mostrando as variações máximas permitidas de teor do elemento 2 nos lotes.

Figura 24 mostra-se que, os teores dos elementos 1, 2 e 3 possuem baixa variação de um lote para o outro, sobretudo, apresentam capacidade para atender os limites superiores e/ou inferiores de especificação.

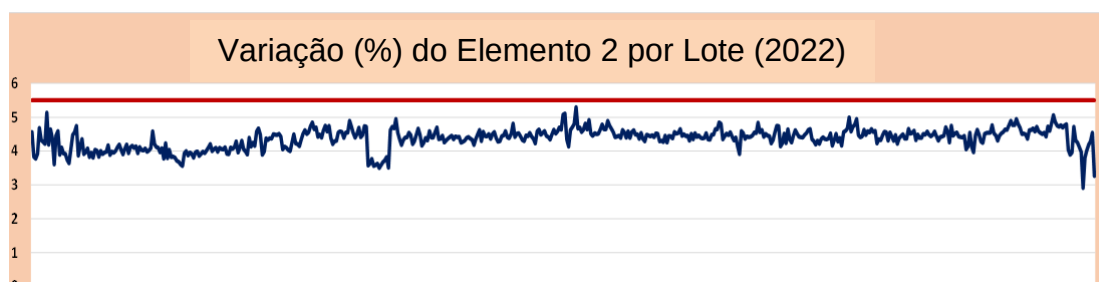
Figura 22 - Variação do Elemento 1 e função dos Lotes Produzidos



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

O eixo Y representa o Teor (%) do elemento 1, e o eixo X, os lotes produzidos ao longo do ano. A linha azul indica os resultados das análises químicas de cada lote. As linhas vermelhas representam os limites superior e inferior de especificação, mostrando as variações permitidas de teor do elemento 1 nos lotes.

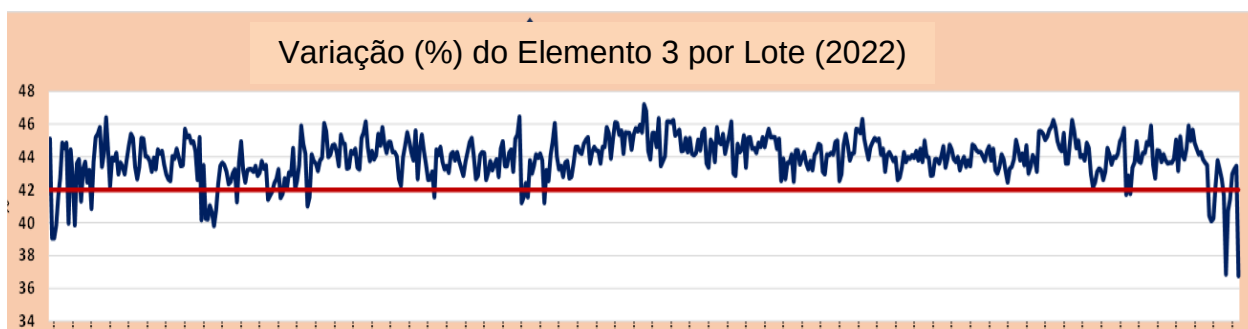
Figura 23 - Variação do Elemento 2 em função dos Lotes Produzidos



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

O eixo Y representa o Teor (%) do elemento 2, e o eixo X, os lotes produzidos ao longo do ano. A linha azul indica os resultados das análises químicas de cada lote. A linha vermelha representa o limite superior de especificação, mostrando as variações máximas permitidas de teor do elemento 2 nos lotes.

Figura 24 - Variação do Elemento 3 e função dos Lotes Produzidos



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

O eixo Y representa o Teor (%) do elemento 3, e o eixo X, os lotes produzidos ao longo do ano. A linha azul indica os resultados das análises químicas de cada lote. A linha vermelha representa o limite inferior de especificação, mostrando a variação mínima permitida de teor do elemento 3 nos lotes.

Portanto, esses resultados foram levados a equipe do laboratório, responsáveis pelo controle de qualidade, para a discutir a necessidade de amostragem a cada 22 toneladas produzidas. Pois, a capacidade do processo, apresentada nas cartas de controle, sugere a oportunidade de que o controle ocorra a partir de lotes maiores. Desse modo, haveria menor frequência de paradas aumentando a utilização da unidade de briquetagem.

A equipe do laboratório aprovou as análises supracitadas, ao passo que foi acordado lotes de 90 toneladas para que fossem realizadas a abertura e fechamento de lotes. A ideia era que as paradas passassem de quatro a cinco vezes por dia para uma vez por dia promovendo um aumento de utilização estimada de 1,5 horas por dia, visto que cada parada para abertura e fechamento de lote demandam em média 30 minutos de parada. Foram geradas ações, apresentadas no item 5.1.4, para implementação da ideia. Salienta-se que, com às 1,5 horas a mais de produção diária alcançadas após a implementação das ações, esperava-se uma entrega diária de aproximadamente 10,2 toneladas. Pois, o ritmo de produção é de 6,8 ton/h.

Logo,

$$\begin{aligned} \text{Ganho de Produção com a redução do tempo de Set Up} & \quad (14) \\ & = 1,5h/dia * 6,8 \text{ ton/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ganho de Produção com a redução do tempo de Set Up} & \quad (15) \\ & = 10,2 \text{ ton/dia} \end{aligned}$$

5.1.4 Plano de Ação

Nesta etapa, estão listadas na Tabela 4 as ações para bloquear as causas raiz, levantadas nas etapas anteriores, responsáveis por impedir a produção diária de 90 toneladas.

Tabela 4 – Plano de Ações - Atividades, Responsáveis, Prazo e Status

Atividade	Responsável	Início	Prazo	Status
Alinhar com o PCP a Mudança dos lotes internos de 22,5 ton para 90 ton	João	10/05/23	10/05/23	100%
Buscar treinamento para capacitar colaboradores em acesso a espaço confinado HM01 Briquetagem	André	03/07/23	07/07/23	100%
Avaliar se o HM01 realmente precisa ser classificado como espaço confinado	André	03/07/23	07/07/23	100%
Verificar o que pode ser melhorado na lógica de operação do TO01	Fábio	18/07/23	21/07/23	100%
Incluir na rota diária a inspeção na planta	Fábio	28/06/23	28/06/23	100%
Realizar treinamento com os mecânicos para que sigam a FIT de troca de rolos da BQ01	Vinícius	08/08/23	16/08/23	100%
Revisar FIT de substituição dos rolos da BQ-01 e solicitar a inclusão no SIG	Vinícius	24/07/23	11/08/23	100%
Realizar treinamento com os colaboradores na FIT	Fábio	31/07/23	04/08/23	100%
Apresentar laudo de qualidade do fabricante para roda de atrito do HM01	Fernando	09/07/23	17/07/23	100%
Rever padrão para ajuste da mola da roda de atrito do HM01	Fábio	31/07/23	04/08/23	100%
Criar padrão para ajuste do raspador do HM01	Fábio	08/07/23	31/07/23	100%
Rever orientação e estratégia de manutenção para o rolamento do HM01	Fernando	25/07/23	03/08/23	100%
Rever parâmetros de operação e ajuste das partes do equipamento	Vinícius	09/07/23	31/07/23	100%
Avaliar adequação da roda de atrito (Quantidade do raio da roda) para o HM01	Vinícius	09/07/23	31/07/23	100%
Marcar reunião com o Laboratório para proposta do tamanho dos lotes da Briquetagem	Fábio	24/04/23	18/07/23	100%
Alinhar com o PCP a mudança dos lotes internos de 22,5 ton para 90 ton	João	10/05/23	10/05/23	100%

Atividade	Responsável	Início	Prazo	Status
Buscar treinamento para capacitar colaboradores em espaço confinado	André	03/07/23	07/07/23	100%
Avaliar se o HM01 realmente precisa ser classificado como espaço confinado	André	03/07/23	07/07/23	100%
Verifique se a lógica de operação do TO01 pode ser melhorada	Fábio	18/07/23	21/07/23	100%
Incluir na rota diária a inspeção mecânica na planta	Fernando	28/06/23	28/06/23	100%
Realizar treinamento com os mecânicos para SIG e FIT	Vinícius	24/07/23	11/08/23	100%
Revisar FIT de substituições de rolos da BQ01	Vinícius	31/07/23	04/08/23	100%
Avaliar adequação do atrito da roda do HM01	Vinícius	24/04/23	18/07/23	100%

Fonte: elaborado pelo autor

Essas ações foram inseridas na matriz 5W2H e posteriormente levadas para o aplicativo de gestão da companhia. Todavia, a matriz não será apresentada no presente trabalho em respeito a política interna da companhia. Mas, destaca-se que cada ação foi discutida, conforme trabalhado no item 3.2.5.

Vale destacar que o plano de ações gerado a partir da análise de falha do TC03 não está apresentado nesse trabalho, dado que foi a equipe de manutenção que conduziu as tratativas das causas fundamentais encontradas via relatório de análise de falha.

5.2 Do - Executar

Essa etapa, conforme supracitado no item 3.1.2 trata-se da execução do plano de ação. Mas, em um projeto formado por uma equipe que tem diversas outras responsabilidades na rotina de trabalho, não raro encontra-se dificuldades para que o plano de ações seja implementado. Por isso, nessa etapa realizou-se *sprints* semanais com a equipe do projeto para acompanhamento da implementação do plano de ação.

Assim, por meio dos encontros semanais buscou-se discutir em equipe as ações concluídas, como também as que estavam pendentes. As dificuldades encontradas eram expostas aos integrantes do projeto para que fossem encontradas maneiras de executar as ações a fim de garantir o cumprimento dos prazos mostrados na Tabela 4. Observa-se que, alguma delas foram encerradas com atraso, esse cenário é absolutamente comum, porém, todo o plano de ação foi implementado.

Durante a fase de execução do projeto, além das *sprints* semanais previamente planejadas, optou-se pela realização de *sprints* diárias em conjunto com a equipe operacional. Essas *sprints* diárias tinham como objetivo principal a identificação e resolução das dificuldades enfrentadas pelos operadores no dia a dia da produção. Neste contexto, foram estabelecidas

três questões chave para orientar as discussões diárias: 1) "O que foi feito ontem que ajudou a avançar nas *sprints*?"; 2) "O que será feito hoje para auxiliar na conclusão das *sprints*?"; e 3) "Quais são os impedimentos para concluir as *sprints*?". Essas perguntas permitiram que os operadores expressassem suas dificuldades de forma clara e objetiva, facilitando a rápida identificação de obstáculos por parte do líder do projeto.

A utilização dessas *sprints* diárias revelou-se uma estratégia eficaz para manter o engajamento da equipe e para o monitoramento contínuo do progresso em relação à meta de produção estabelecida de 90 toneladas por dia. As interações diárias possibilitaram ao líder do projeto detectar e implementar correções de forma ágil, adaptando-se às necessidades operacionais que não estavam inicialmente previstas no plano de ação. Dessa forma, essas *sprints* funcionaram como um mecanismo adicional de suporte ao projeto, contribuindo significativamente para o alinhamento e motivação da equipe.

É importante destacar que as ações e ajustes realizados durante as *sprints* diárias complementaram as estratégias delineadas no plano de ação inicial, introduzindo um elemento de flexibilidade e resposta rápida dentro do processo de execução. Essas atividades emergenciais, embora não estivessem formalmente documentadas no plano de ação, foram essenciais para garantir o cumprimento das metas diárias e para sustentar o envolvimento contínuo de todos os membros da equipe no projeto.

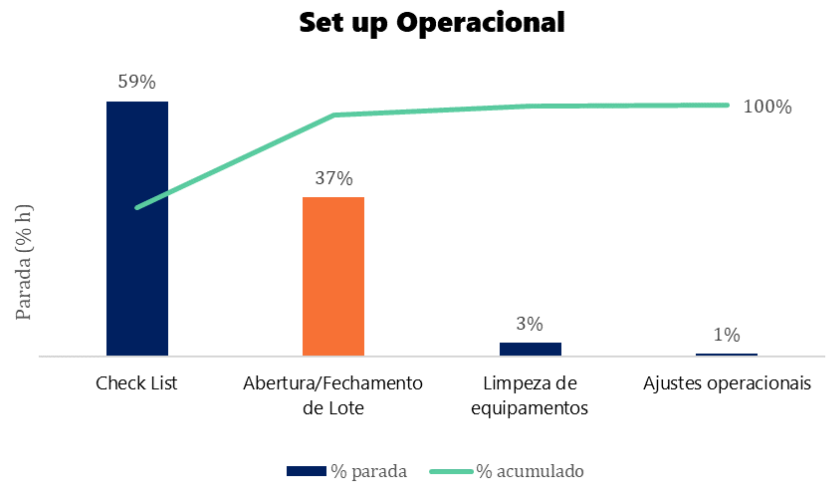
5.3 Check – verificar

Essa etapa do projeto buscou acompanhar por meio de gráficos os indicadores de disponibilidade e produção. Assim, foi possível não só fazer a gestão de eficiência e entrega do projeto, como também enxergar oportunidades de melhoria durante a execução do ciclo PDCA. Pois, durante

a etapa “CHECK”, eventualmente, faz-se necessário a revisão das etapas antecedentes caso as metas não estejam sendo atingidas.

A Figura 21 apresenta o maior efeito de paradas do ano de 2023, em que 57% das horas paradas estavam atreladas ao processo de fechamento e abertura dos lotes. Portanto, a partir da execução do plano de ações buscou-se por meio da Figura 25 mensurar a redução dos impactos na disponibilidade a partir do efeito de abertura e fechamento de lotes.

Figura 25 - Porcentagem de Tempo Parada por Efeito



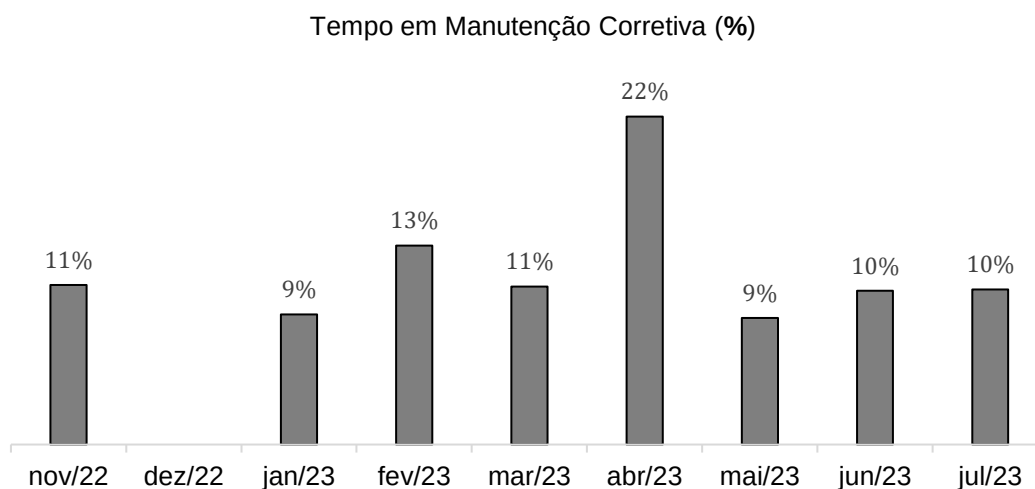
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Verificou-se que ocorreu uma redução de 20% de impacto na disponibilidade da unidade do efeito de fechamento e abertura de lotes. Conforme supracitado, a etapa “check” também objetiva identificar novas oportunidades, portanto, esse novo gráfico Pareto identificou o evento de check list como o maior impacto na disponibilidade. Esse impacto pode ser trabalhado em ações no projeto em andamento ou para projetos futuros. Nesse caso, essa oportunidade foi evidenciada para projetos futuros.

Vale destacar que a redução em 20% do evento priorizado, representou 1,5 horas diárias a mais de operação citada no item 5.1.3.2 permitindo a captura das 10,2 toneladas a mais de produção.

Salienta-se que, a partir da implementação dessa ação a unidade de Briquetagem passou de uma entrega diária média de 67 toneladas/dia/12 *headcounts* para aproximadamente 77,2 toneladas/dia/9 *headcounts*. Logo, as 13 toneladas pendentes para atingir a meta foram atingidas em parte por uma rotina ágil de acompanhamento da produção por meio das *sprints* que garantiram maior utilização da unidade produtiva, mas também pela melhora da disponibilidade mecânica apresentada na Figura 27. Antes da implementação do plano de ação, em maio, o impacto médio das manutenções corretivas representava 13,2% da indisponibilidade, porém após a execução do plano de ação o impacto passou a ser 9,7%.

Figura 26 - Impacto das paradas de manutenção na disponibilidade

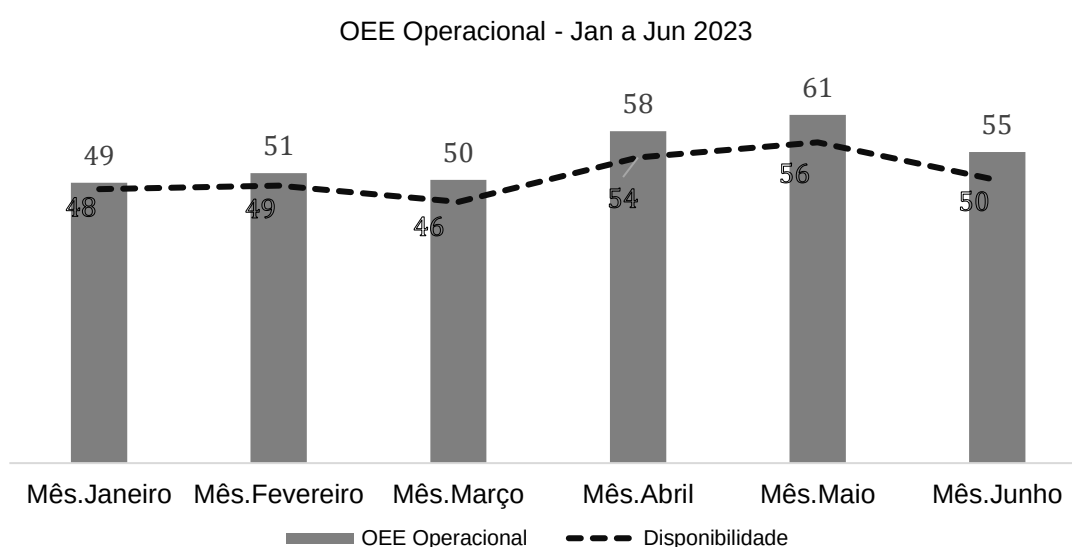


Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Ao analisar a Figura 26 aparentemente não ocorreu expressiva melhoria do impacto da porcentagem de tempo em manutenção corretiva dos equipamentos, todavia, é imprescindível atentar-se ao fato de que o tempo de utilização da planta aumentou significativamente. Ou seja, o impacto da manutenção na disponibilidade teve uma ligeira melhoria, ao passo que ocorreu um expressivo

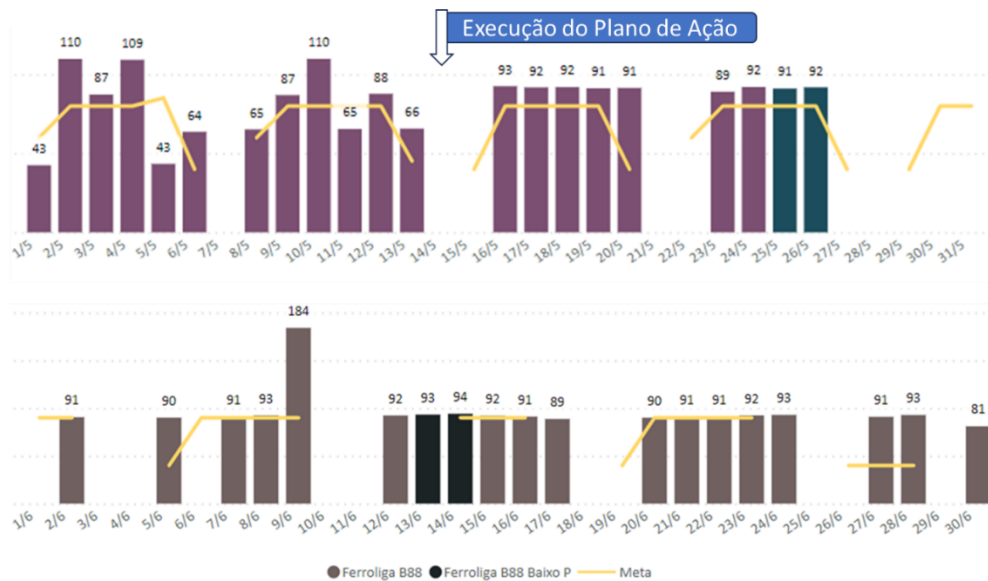
aumento da utilização em função do acompanhamento em *sprints* e, sobretudo, redução do *Set up* referente a abertura e fechamento dos lotes. Isto é, sem ações de melhoria voltadas para a disponibilidade dos equipamentos, era esperado que ocorresse aumento significativo do impacto percentual do tempo em manutenção corretiva, todavia, ocorreu a redução de 3,5%. Assim, com os resultados positivos em disponibilidade, atingiu-se maior OEE operacional, demonstrado na Figura 27.

Figura 27 - Relação entre o OEE operacional e o Aumento da Disponibilidade



Portanto, a melhoria esperada do OEE no início do projeto foi atingida de maneira significativa ao longo de 2023. Sendo assim, a partir da implementação do plano de ação e do acompanhamento diário em formato de Sprints, foi criado um acompanhamento diário de produção para verificar os atingimentos ou não das metas nos meses de maio e junho. Conforme a Figura 28 demonstra, as ações e tomadas de decisões implementadas durante o projeto foram cirúrgicas para o sucesso do projeto. Pois, a meta diária de produção de 90 toneladas reduzindo três *headcountes* foi atingida.

Figura 28 - Produção diária de briquetes



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Vale destacar que antes do dia 14 de maio, em que foi iniciada a execução do plano de ação houve alguns dias que a produção foi muito alta, superando as 90 toneladas de meta. Todavia, isso se deve ao fato de maior utilização da unidade, em que a produção não parou para revezamento de produção e não parou para paradas de refeição, isso é possível por meio de revezamento com outras unidades que estavam menos demandas. Porém, essa oportunidade a longo prazo é insustentável, fazendo-se fundamental a implementação e execução de um bom plano de ação conforme apresentado durante todo o projeto.

5.4 Act - agir

Essa etapa do PDCA foi intrínseca a execução do projeto e os planos de ação. Ou seja, à medida que foram sendo propostas as melhorias objetivou-se formalizá-las e padronizá-las. Isso pode ser observado nas ações descritas na Tabela 4

Vale ressaltar que, a rotina de *sprints* também contribui para alinhamentos e treinamentos *On The Job* imediatos às alterações.

Figura 29 - Exemplo de Treinamento Ministrado

TREINAMENTO ON THE JOB				FORM-ASIG-88 Ver.: 3.0 Página: 1/1
DEPARTAMENTO: GEBE		SEÇÃO: BRIQUETAGEM	RESP.: FÁBIO DA ROZA	
TEMA: PADRONIZAÇÃO DA ROTINA DE INSPEÇÃO E LIMPEZA DO SL05 E AC01.				DATA:
Visando minimizar as paradas para manutenção corretiva nos AC01. Ficou definido por meio da análise de anomalias falhas TAN-2023-164.0001 a seguinte rotina de inspeção e limpeza do SL05 e AC01; Inspeção no AC01: Diária. Assim, caso detectado a necessidade limpeza, seguir os procedimentos necessários. Limpeza do SL05: Semanalmente (aos sábados no fim do turno). Foi levantado como ponto crítico para acúmulo de material a região da válvula de descarga do HM01 para o SL05, uma vez que há tendência de acúmulo de material. Esse acúmulo, gera grandes aglomerados que comprometem o chute do AC01 INFORMAMOS AOS COLABORADORES A PADRONIZAÇÃO DA ROTINA DE INSPEÇÃO E LIMPEZA DO SL05 E AC01.				
PARTICIPANTES				
	NOME	EMPRESA	CHAPA	ASSINATURA
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				

Foram revisadas três folhas de instruções de trabalho referentes aos processos de produção e procedimentos do laboratório atrelados ao fluxo de amostragem de briquetes. Também foi revisto o plano de inspeção pela manutenção da unidade de Briquetagem e criados dois procedimentos de manutenção para os equipamentos HM01 e Briquetadeira. Portanto, de maneira direta foram criados e revisados um total de sete documentos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o presente trabalho, que buscou aplicar os conceitos de gestão da qualidade visando o aumento da capacidade produtiva em uma unidade de Briquetagem, alcançou resultados significativos e positivos. Inicialmente, a utilização de ferramentas de qualidade partindo do ciclo PDCA e a metodologia ágil Scrum permitiram a execução eficaz e monitorada de cada etapa proposta no ciclo PDCA.

A identificação do problema a partir da demanda gerência e a abordagem estratégica na etapa de análise de fenômeno, pautada pela verificação do OEE, estudo estatístico e diagrama de Pareto, permitiu uma compreensão clara das barreiras que impactavam a produção. Este processo foi crucial para o desenvolvimento e direcionamento da equipe para construir a análise de processo, que não só objetivou, como também entregou um plano de ação que abordasse diretamente as causas fundamentais dos problemas identificados.

A execução das ações, conduzida por meio de *sprints* diárias e semanais, não apenas promoveu uma implementação ágil das melhorias, mas também engajou a equipe de maneira contínua e eficiente. As reuniões regulares e o acompanhamento próximo dos progressos e obstáculos garantiram que as intervenções fossem ajustadas em tempo real, otimizando a abordagem e assegurando alinhamento com os objetivos estratégicos.

Este método de trabalho, ancorado na mentalidade Scrum, provou ser uma ferramenta valiosa na gestão e na execução de projetos de melhoria de processos, a fase de verificação e a subsequente padronização das práticas bem-sucedidas solidificaram os avanços conseguidos. A capacidade de alcançar e sustentar uma produção diária de 90 toneladas com nove *headcounts*, como proposto, reflete não apenas o sucesso das ações implementadas, mas também a eficácia do PDCA. Além disso, quando combinado com práticas de gestão ágil foi capaz de reduzir o tempo de

aplicação do ciclo PDCA em três meses. Este estudo não só atendeu às demandas gerenciais, mas também estabeleceu um precedente para futuras iniciativas de melhoria na planta, sugerindo que a aplicação combinada de ferramentas de qualidade e metodologias ágeis pode efetivamente superar desafios significativos em ambientes industriais.

Além disso, este trabalho agrega valor aos conhecimentos teóricos adquiridos em ambiente acadêmico, proporcionando a aplicação prática das ferramentas de qualidade científica. Esse estudo de caso reforçou a importância das metodologias de gestão da qualidade, oferecendo uma visão sobre como elas podem ser aplicadas e conduzidas no dia a dia de trabalho. Assim, a metodologia de Estudo de Caso prepara alunos para a transição da academia para o mercado de trabalho, como também profissionais que estão pesquisando sobre o tema, mostrando como utilizar os ensinamentos de sala de aula de forma prática e eficaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, O.; PDCA, D. M.; PAULO, S. Fábio Felipe de Andrade. 2003.

ARAÚJO, Carlos Alberto. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em Questão*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.

BUCHELE, Gustavo Tomaz; TEZA, Pierry; SOUZA, João Artur de; DANDOLINI, Gertrudes Aparecida. Métodos, técnicas e ferramentas para inovação: O uso do Brainstorming no processo de design contribuindo para a inovação. *Pensamento e Realidade*, v. 32, 2017.

CAMPOS, Vicente Falconi. Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia. [S.l.]: Falconi Editora, 2013.

CARVALHO, E. A. de; BRINCK, V.; CAMPOS, A. R. de. Aglomeração: briquetagem. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018.

DEMING, W. E. Saindo da crise. Massachusetts, 1986.

DE OLIVEIRA, M. S. C. U. R. Gráfico de Pareto (para leigos). [S.l.: s.n.], [n.d.].

^3 Doe, John. Gestão de Recursos Humanos no Século XXI . Nova York: HR Press, 2020, p. 58.

FALCONI, Vicente. O verdadeiro poder. [S.l.]: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2013.

GODOY, M. H. P. C. Brainstorming. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

GONÇALVES, Márcio Barbosa Queiroz. Aplicação das ferramentas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso em uma empresa de bebidas. 2017.

Imai, Masaaki. *Kaizen: A chave para o sucesso competitivo do Japão.* Nova York: McGraw-Hill, 1986.

LJUNGBERG, Ö. Medição da eficácia geral do equipamento como base para atividades de TPM. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 18, n. 5, p. 495-507, 1998.

LONGO, R. M. J. Gestão da qualidade: evolução histórica, conceitos básicos e aplicação na educação. 1996.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. Medição de desempenho usando eficácia geral do equipamento (OEE): Revisão de literatura e discussão de aplicação prática. *International Journal of Production Research*, v. 46, n. 13, p. 3517-3535, 2008.

NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM: manutenção produtiva total. Productivity Press, 1988.

NOMUS. Gemba: o que é e como aplicá-lo na sua empresa. 2023.

SAMSON, D.; TERZIOVSKI, M. The relationship between total quality management practices and operational performance. *Journal of Operations Management*, v. 17, n. 4, p. 393–409, 1999.

SHINGO, S. Um estudo do sistema de produção Toyota de um ponto de vista de engenharia industrial. Productivity Press, 1989.

SILVA, E. G. da. Descubra o que é o ciclo PDCA e como ele funciona. *Gestão com Qualidade*, 11 jun. 2021.

SILVA, E. S. da. Aplicação de ferramentas da qualidade para melhoria de processos: uma revisão sistemática da literatura. 2022.

SMITH, A.; HAWKINS, B. Manutenção Lean: reduza custos, melhore a qualidade e aumente a participação no mercado. Elsevier, 2004.

SUTHERLAND, J. SCRUM: a arte de fazer o dobro de trabalho na metade do tempo. [S.l.]: Leya, 2014.

SUZUKI, T. TPM em indústrias de processo. Productivity Press, 1994.

T. N. S. Laurintino et al. Ferramenta da gestão da qualidade total: estudo de caso em uma indústria de laticínio. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, 2019.

WECHSLER, Solange Múglia. Criatividade: descobrindo e encorajando: contribuições teóricas e práticas para as mais diversas áreas. 1993.

Womack, James P., Jones, Daniel T., e Roos, Daniel. A Máquina que Mudou o Mundo. Nova Iorque: Rawson Associates, 1990.

YAMANE, A. K.; SOUZA, L. G. M. de. Aplicação do mapeamento de árvore de falhas (FTA) para melhoria contínua em uma empresa do setor automobilístico. In: **XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2007, Foz do Iguaçu, PR. Anais [...]. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2007.