

OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO: REDUÇÃO DAS PARADAS PARA MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO PROGRAMADA EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

OPTIMIZATION OF MAINTENANCE MANAGEMENT: REDUCTION OF DOWNTIME FOR UNSCHEDULED CORRECTIVE MAINTENANCE IN A FOOD INDUSTRY

Heviny de Oliveira Lemos¹

Flávio Lúcio Santos de Carvalho²

RESUMO: O presente estudo aborda a otimização da gestão de manutenção, com foco na redução de paradas para manutenção corretiva não programada. As falhas nas atividades produtivas comprometem a disponibilidade dos ativos e afetam a competitividade. O trabalho, fundamentado na metodologia do PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), descreve passo a passo a aplicação dessa técnica e de ferramentas de qualidade no gerenciamento de processos industriais. Ferramentas como o Diagrama de Pareto, o Diagrama de Causa e Efeito, o *Brainstorming* e o FMEA (Análise de Falhas e Modo de Falha e Efeitos) são utilizadas no auxílio da implementação do ciclo PDCA. Os resultados após a implantação demonstram uma melhora considerável no índice de paradas dos equipamentos, contribuindo significativamente para o aumento da disponibilidade operacional na indústria. Este trabalho destaca a eficácia da metodologia PDCA na redução de paradas não programadas, ressaltando a importância de uma gestão de manutenção eficiente para otimizar a operação industrial.

Palavras-chave: Ciclo PDCA, Ferramentas da Qualidade, Manutenção.

ABSTRACT: *The present study addresses the optimization of maintenance management, focusing on reducing unplanned corrective maintenance downtime. Failures in productive activities compromise asset availability and impact competitiveness. The work, based on the PDCA (Plan, Do, Check, Act) methodology, describes step by step the application of this technique and quality tools in the management of industrial processes. Tools such as the Pareto Diagram, Cause and Effect Diagram, Brainstorming, and FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) are used to assist in the implementation of the PDCA cycle. The results after implementation demonstrate a considerable improvement in equipment downtime, contributing significantly to the increase in operational availability in the industry. This work highlights the effectiveness of the PDCA methodology in reducing unplanned downtime, emphasizing the importance of efficient maintenance management to optimize industrial operation.*

Keywords: *PDCA Cycle, Quality Tools, Maintenance.*

1. INTRODUÇÃO

A crescente onda da globalização tem transformado o cenário empresarial, impondo às organizações a necessidade constante de inovação e aprimoramento para manterem sua competitividade. Nesse contexto, as empresas estão cada vez mais desafiadas a buscar novas abordagens que otimizem suas operações e maximizem a produtividade.

¹ Graduanda do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Salesiano – UniSales (heviny.lemos@souunisales.com.br)

² Prof. MSc Engenharia Metal e Materiais do Centro Universitário Salesiano – UniSales (fcarvalho@salesiano.br)

Nas operações industriais, a eficiência e a produtividade são fatores essenciais para o sucesso e estão ligadas diretamente à qualidade do seu processo produtivo. No entanto, mesmo as operações mais bem planejadas estão sujeitas a enfrentar desafios inesperados que podem prejudicar sua eficiência e sucesso no mercado.

Dentre esses desafios, as falhas nos processos produtivos surgem como uma grande preocupação. A ocorrência de defeitos, baixa qualidade do produto, paradas de produção e a subsequente diminuição do ritmo operacional podem prejudicar seriamente a competitividade e o cumprimento dos prazos de entrega do produto (KARDEC; NASCIF, 2001).

Além desses impactos diretos, é importante considerar os custos operacionais associados a paradas de produção. Reparos emergenciais e substituições de equipamentos podem gerar despesas consideráveis, impactando a rentabilidade das empresas (KARDEC; NASCIF, 2012).

Nesse contexto, é de suma importância que as organizações possuam um plano de manutenção estruturado para mitigar essas falhas e reduzir as paradas de produção. A manutenção desempenha um papel crucial na garantia da continuidade das operações, assegurando o adequado funcionamento das máquinas e equipamentos empregados na produção através de um processo de melhoria contínua, evitando paradas indesejadas que podem prejudicar a produtividade da empresa. (PINTO; XAVIER, 2005).

Para lidar com esse desafio, a análise das causas subjacentes das paradas de máquinas surge como uma ferramenta essencial na gestão de manutenção. Ao identificar as raízes dos problemas, as empresas podem implementar ações preventivas, melhorar seus sistemas de manutenção e minimizar interrupções não planejadas (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

O objetivo geral deste trabalho é conduzir um estudo de caso abrangente que se concentra na análise das interrupções na produção em um contexto real, visando a redução dessas paradas não programadas. Isso envolverá a aplicação da metodologia ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), combinada com ferramentas de qualidade aplicadas em cada fase a fim de aprofundar a compreensão dos desafios relacionados à produção.

Os objetivos específicos deste estudo incluem identificar as máquinas mais suscetíveis a falhas e seus padrões de recorrência e determinar as causas fundamentais por trás dessas interrupções na produção. Para atingir esses objetivos, a metodologia envolverá a coleta detalhada de dados relacionados às interrupções na produção, seguida de análises exploratórias destinadas a identificar padrões recorrentes e fatores contribuintes.

Uma hipótese subjacente a este trabalho é que a implementação das estratégias de melhoria propostas, integrando abordagens quantitativas e qualitativas, levará a uma redução significativa das interrupções indesejadas na produção por manutenção corretivas não programadas, melhorando a eficiência operacional e a gestão da manutenção. Partindo do pressuposto de que uma análise aprofundada e a reestruturação do plano de manutenção atual resultarão em maior eficiência produtiva.

A justificativa para este estudo reside na importância crítica de minimizar as interrupções na produção em ambientes industriais. Tais interrupções podem levar a perdas substanciais em termos de tempo, recursos e lucratividade. Além disso, a abordagem metodológica proposta oferece a promessa de insights valiosos para aprimorar a eficiência operacional e otimizar a gestão da manutenção. Portanto, este estudo visa contribuir significativamente para o avanço

da gestão de produção e manutenção em cenários industriais, proporcionando benefícios tanto para as empresas quanto para o setor como um todo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. MANUTENÇÃO

A palavra manutenção é derivada do latim *manus tenere*, possui o significado de "manter o que se tem". (ALMEIDA, 2018).

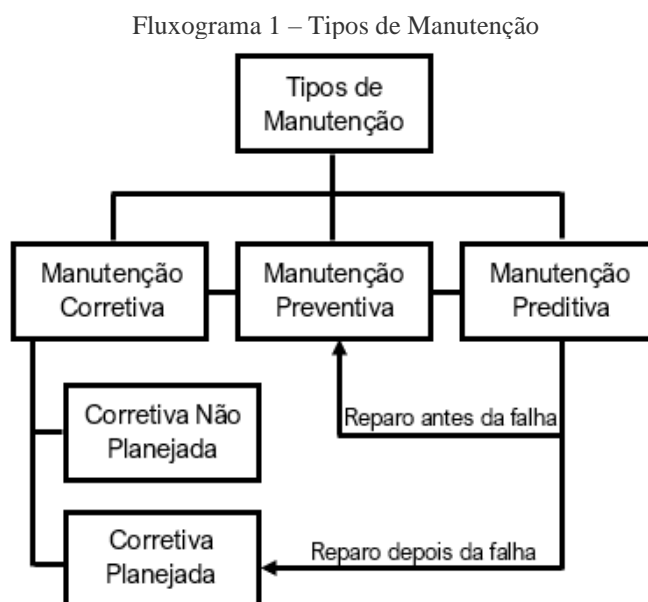
De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994), a manutenção pode ser definida como: “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Todas as ações essenciais para preservar ou restaurar um equipamento, de modo a permitir que ele mantenha uma condição específica, estão abrangidas pelo termo "manutenção" (XENOS, 1998).

Existem várias políticas de manutenção que são empregadas em diversas situações, onde a definição da abordagem mais adequada depende de múltiplos fatores, tais como objetivos, disponibilidade de recursos e características do equipamento e sistema em questão. Em síntese, a escolha da política de manutenção é uma decisão complexa que deve levar em consideração uma série de fatores inter-relacionados para garantir a operação eficaz, segura e econômica dos equipamentos e sistemas.

De acordo com Viana (2002), os tipos de manutenção correspondem às abordagens usadas para realizar intervenções nos equipamentos de produção, ou seja, nos componentes que fazem parte de uma determinada instalação industrial.

Segundo Viana (2002), os principais tipos de manutenção são: a manutenção corretiva, preventiva e preditiva. Segue esquematizado no Fluxograma 1.



2.1.1. Manutenção Corretiva

Segundo a NBR 5462 (1994), manutenção corretiva é a “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Kardec e Nascif (2012) definem a atuação para a correção da falha ou do desempenho exercido pelo equipamento ou sistema, menor do que o esperado, como manutenção corretiva.

A manutenção corretiva pode ser classificada em duas vertentes principais: manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada. Essas categorias descrevem a natureza das intervenções de manutenção realizadas em resposta a falhas ou problemas em um sistema ou equipamento.

Manutenção Corretiva Não-Planejada: Essa forma de manutenção ocorre subsequentemente à falha ou à diminuição do desempenho de um equipamento, sem permitir a antecipação dos serviços necessários. Trata-se de uma intervenção imediata e urgente em reação a falhas imprevistas, com o propósito de prevenir danos significativos e minimizar a duração da inatividade. Segundo Pinto e Xavier (1999), a manutenção corretiva não planejada se destaca pela intervenção da manutenção após a ocorrência de um evento, podendo ser uma falha ou um desempenho abaixo do esperado.

Manutenção Corretiva Planejada: É uma intervenção agendada para corrigir problemas identificados, mas que não requerem ação imediata. Isso permite o planejamento prévio de recursos e reduz o impacto nas operações. Envolve a correção de problemas decorrentes de falhas ou desempenho aquém do esperado, mas essa abordagem se fundamenta na alteração dos indicadores de condição previamente identificados por meio da manutenção preditiva (KARDEC e NASCIF, 2012).

2.1.2. Manutenção Preventiva

Esse tipo de manutenção baseia-se em um conjunto de ações e procedimentos realizados nos equipamentos com o objetivo de prevenir falhas e garantir o funcionamento contínuo e eficiente ao longo do tempo. É uma abordagem proativa que visa evitar problemas futuros, otimizando o desempenho e a confiabilidade de máquinas e sistemas.

Segundo Almeida (2018), a manutenção preventiva consiste na programação e realização controlada de intervenções em datas pré-estabelecidas para manter máquinas e equipamentos operando adequadamente, evitando paradas inesperadas por meio da conservação adequada.

Conforme Rodrigues (2012), a manutenção preventiva apresenta vantagens como a capacidade da produção em seguir o planejado com facilidade, garantindo a operação contínua das máquinas, prolongando sua vida útil, minimizando intervenções corretivas e reduzindo os custos associados a essas correções.

2.1.3. Manutenção Preditiva

Conforme a NBR 5462 (1994), a manutenção preditiva tem como base a busca pela previsão do estado futuro de um equipamento ou sistema, onde essa previsão é obtida ao analisar as tendências das variáveis do equipamento, utilizando os dados coletados ao longo do tempo por meio de uma instrumentação específica.

É um tipo de manutenção que permite monitorar o equipamento usando medições enquanto ele está operando, aumentando assim a disponibilidade, já que a intervenção ocorre somente quando o equipamento está se aproximando de um limite previamente definido pela equipe de manutenção. A manutenção preditiva, em essência, antecipa as falhas do equipamento e determina o momento apropriado para realizar o reparo, o que equivale a uma forma planejada de manutenção corretiva.

Na visão de Xenos (2004), as abordagens de manutenção preditiva são caracterizadas por tecnologia significativamente avançada e se distinguem dos demais métodos de manutenção.

2.2. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM)

Souza (2008), define o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) como um conjunto estratégico de procedimentos que abrange a preparação, programação, controle e avaliação dos resultados das atividades de manutenção, visando adotar medidas corretivas necessárias para assegurar o cumprimento das metas e a realização dos objetivos estabelecidos para a manutenção. Segundo Viana (2006), enquanto a manutenção se ocupa das questões que impedem o bom funcionamento de uma organização, o PCM a estrutura e aprimora.

Segundo Pereira (2009), o PCM desempenha diversas funções, incluindo a gestão das Ordens de Serviço (OS), o planejamento preventivo, a elaboração de relatórios gerenciais e o controle dos indicadores.

2.2.1. Codificação de Equipamentos

A codificação de equipamentos assume um papel vital na gestão organizacional, assegurando um controle eficaz das atividades de manutenção. Isso envolve a atribuição de códigos ou identificadores de modo a tornar o equipamento único no contexto da manutenção, simplificando o rastreamento de sua vida útil, registro de intervenções, custos e outras informações relevantes para o setor de manutenção. (VIANA, 2006).

Essa identificação individual de cada ativo, conforme salientado por Oliveira (2010), traz benefícios não apenas para as operações de manutenção, mas também para o registro de produção e a abertura de solicitações ordens de serviço em caso de detecção de falhas.

A identificação, codificação e manutenção de informações técnicas atualizadas são essenciais para garantir que os registros contenham todos os dados técnicos potencialmente necessários para a gestão adequada dos ativos.

De acordo com Branco Filho (2008), é possível codificar de três maneiras: com números, com letras ou com a combinação de ambos.

2.2.2. Ordem de Manutenção

A busca pela eficiência na área de manutenção requer que toda organização disponha de informações precisas para uma gestão eficaz. Para garantir essa precisão e uniformidade das informações, é comum que as empresas adotem a utilização de ordens de serviço ou ordens de manutenção, frequentemente referidas como OM (Ordem de Manutenção) ou OS (Ordem de Serviço).

Nader (2020), enfatiza que a Ordem de Manutenção (OM) desempenha um papel fundamental nesse contexto, atuando como o ponto de partida para a organização do trabalho e exercendo uma importância essencial na comunicação e no planejamento das tarefas de manutenção que precisam ser executadas.

Conforme ressaltado por Teles (2018), as ordens de manutenção incluem informações críticas, como o número da ordem de serviço, a data da solicitação, o nome do cliente ou da parte que solicita a manutenção, o equipamento afetado e o local de instalação desse equipamento. Esses detalhes fornecem a base necessária para uma gestão eficaz da manutenção, permitindo que a organização atenda às demandas de maneira precisa e eficiente.

Segundo Viana (2006), existem quatro cenários que podem resultar na emissão de Ordens de Manutenção, conforme indicado no Quadro 1.

Quadro 1 – Cenários que podem gerar uma Ordem de Manutenção (OM)

Solicitação de serviços	Surge quando uma falha evidente é identificada por meio de uma inspeção visual ou observação simples.
OM originadas a partir dos planos de manutenção	A Ordem de Manutenção que é gerada automaticamente de acordo com os intervalos predefinidos nos planos.
OM iniciada pelo responsável pela execução	Originada por uma situação de manutenção de emergência que não pode aguardar o planejamento convencional.
OM via Inspeção de Campo	Surge durante as inspeções periódicas.

Fonte: Adaptado de Viana (2006)

2.2.3. Plano de Manutenção Preventiva

Segundo Branco Filho (2008), no processo de desenvolvimento de um Plano de Manutenção Preventiva, é necessário analisar as tarefas de manutenção que possuem maior relevância e determinar a frequência adequada para sua execução. Para identificar esses itens, a abordagem mais eficaz é consultar o manual do fabricante. Com base nessa consulta, é possível elaborar o Plano de Manutenção Preventiva da empresa e, caso seja necessário, realizar ajustes para alinhá-lo com a realidade operacional.

2.2.4. Folha de Verificação

A folha de verificação desempenha um papel fundamental em várias etapas do processo. De acordo com Carpinetti (2012), ela tem sua aplicação tanto no planejamento quanto na coleta de dados. Essa técnica é empregada para coletar informações cruciais sobre a recorrência de um evento ou problema.

Além disso, esses dados podem servir como base para a criação de diversas outras ferramentas, como o diagrama de Pareto, conforme mencionado por Gozzi (2015). Portanto, a folha de verificação se revela uma ferramenta versátil e valiosa no contexto do gerenciamento da qualidade. Sua relevância consiste na obtenção das informações essenciais para embasar decisões críticas. (RODRIGUES, 2010).

2.3. FALHAS NO PROCESSO PRODUTIVO

A NBR 5462 (1994) define a falha como a incapacidade de um item em desempenhar uma função requerida. É crucial classificar essas falhas para priorizar ações de manutenção, como destacado por Oliveira (2010), uma vez que nem todas têm o mesmo grau de criticidade, podendo resultar em prejuízos variados.

Diversas causas contribuem para o surgimento de falhas, incluindo a ausência de resistência, o uso inadequado e a manutenção deficiente. (XENOS, 2014). A ausência de resistência frequentemente relaciona-se a problemas de projeto, especificações inadequadas e falhas na fabricação e montagem, tornando-se uma preocupação central. Como ressalta Siqueira (2005), a manutenção desempenha um papel fundamental na prevenção e correção de falhas, demandando conhecimento profundo sobre o funcionamento dos equipamentos e seus modos de falha.

Além disso, o uso inadequado dos equipamentos, excedendo sua capacidade ou aplicando-os de maneira incorreta, também pode resultar em falhas. Pereira (2009), enfatiza que a idade dos equipamentos pode torná-los mais suscetíveis a problemas decorrentes do desgaste natural, mesmo quando as especificações de uso são estritamente seguidas. Falhas também podem ser atribuídas a quebras de componentes ou a erros humanos, sendo estes muitas vezes causados pela falta de capacitação e treinamento dos operadores e técnicos de manutenção. (PEREIRA, 2009).

Xenos (1998), destaca a importância de sistemas de tratamento de falhas como uma estrutura formal para gerenciar informações sobre falhas e as ações subsequentes, e nesse contexto, as ferramentas da qualidade desempenham um papel fundamental na classificação, gerenciamento e tratamento das falhas.

2.4. FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Conforme afirmado por Gozzi (2015), as ferramentas da qualidade têm a finalidade de estabelecer, calcular, examinar e apresentar não apenas soluções, mas também aprimoramentos para os processos dentro das organizações que evidenciam desafios. Nesse contexto, seu objetivo primordial é facilitar a melhor compreensão de processos e a tomada de decisão com base em fatos e dados. (MAICZUK *et al.*, 2013).

2.4.1. Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma ferramenta que visa identificar e priorizar problemas ou causas mais significativas e críticas. Como evidenciado em estudos conduzidos e analisados por Pareto, essa ferramenta é eficaz para identificar os 20% dos erros que contribuem para 80% dos problemas (GOZZI, 2015). Essa ferramenta evoluiu para se tornar uma das principais ferramentas na busca pela Melhoria Contínua, permitindo a identificação de pontos críticos (TANG, 2021). Dessa forma, esse método viabiliza a identificação e classificação dos problemas de maior relevância, os quais devem ser tratados com prioridade (SELEME; STADLES, 2010).

Segundo Carpinetti (2012), o Princípio de Pareto é ilustrado por meio de um gráfico de barras verticais, conhecido como Gráfico de Pareto, que apresenta informações de maneira visual e clara, revelando a ordem de importância de problemas, causas e tópicos em geral.

2.4.2. Diagrama de Ishikawa

O diagrama de causa e efeito foi desenvolvido para representar as relações existentes entre um problema ou o efeito indesejável do resultado de um processo e todas as possíveis causas desse problema, atuando como um guia para a identificação da causa fundamental deste problema e para a determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas. (CARPINETTI, 2012).

Além disso, acordo com Gozzi (2015), essa ferramenta é empregada para representar a conexão entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que têm potencial para influenciar esse resultado. Seu propósito é identificar, explorar e destacar todas as causas potenciais de um problema ou de uma condição específica.

A elaboração dos diagramas de causa e efeito começa com a identificação do problema e, em seguida, são adicionadas ramificações que apontam para as áreas gerais onde podem estar localizadas as causas fundamentais desse problema. Na indústria são utilizados os seis Ms: máquina; material; mão de obra; método; medida e meio ambiente.

2.4.3. Análise de Falhas e Modo de Falha e Efeitos (FMEA)

Segundo Helman e Andery (1995), a FMEA (Análise de Falhas e Modo de Falha e Efeitos) pode ser conceituada como um método de análise aplicado a produtos ou processos, cujo propósito é identificar todos os potenciais modos de falha possíveis e avaliar o impacto de cada um deles no desempenho do sistema, por meio de um raciocínio essencialmente dedutivo.

Puente et al. (2002), enfatiza que o FMEA basicamente consiste em dois estágios. Durante o primeiro estágio, possíveis modos de falhas de um produto ou processo e seus efeitos prejudiciais são identificados. Durante o segundo estágio, é determinado o nível crítico (pontuação de risco) destas falhas e são colocadas em ordem. A falha considerada mais crítica será tratada como a principal prioridade para a implementação de ações de melhoria.

Conforme destacado por Smith e Keith (2008), a priorização das falhas identificadas por meio da técnica FMEA se baseia na avaliação da criticidade das causas, utilizando o índice RPN (Grau de Prioridade de Risco). Esse índice é calculado como o produto de três indicadores essenciais: severidade (que reflete a gravidade do modo de falha, obtida por meio da média aritmética dos impactos nas áreas de segurança, meio ambiente, produção e custo), ocorrência (indicando a frequência de ocorrência do modo de falha) e detecção (representando o grau de facilidade para identificar a falha).

Para avaliar a gravidade da falha, sua frequência e o grau de detecção, utiliza-se uma escala que varia de 1 a 10, onde o valor 10 representa a situação de máxima intensidade.

2.4.4. Brainstorming

Conforme destacado por Behr, Moro e Estabel (2008), a técnica em questão, criada por Alex Osborn, visa ressaltar problemas e pode ser aplicada em qualquer situação, tendo como propósito o compartilhamento de ideias e a evidenciação de questões. Esta abordagem, conhecida em nosso idioma como "tempestade de ideias", foi concebida com a intenção de

criar um ambiente propício à proliferação de pensamentos inovadores, onde ideias fluiriam abundantemente.

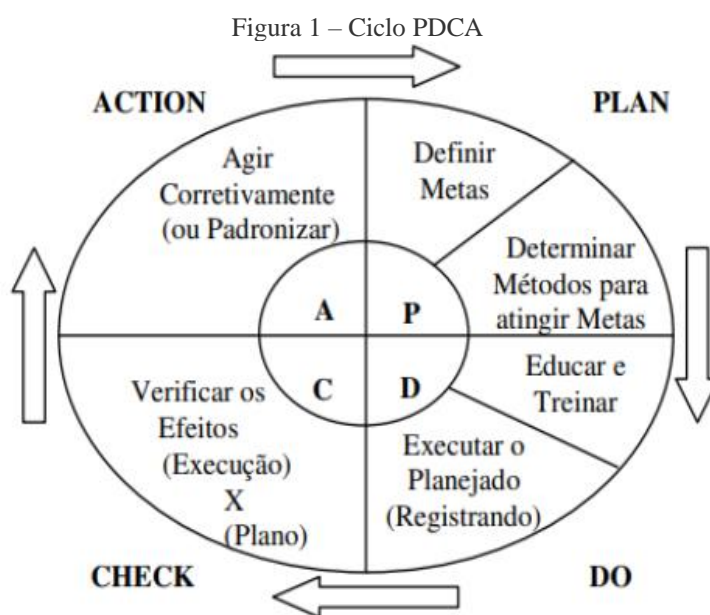
2.4.5. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) é um método de gerenciamento que se concentra na manutenção e melhoria contínua dos processos. A aplicação deste ciclo envolve o uso de diversas ferramentas da qualidade em cada uma de suas etapas. (JUNIOR *et al.*, 2008). Sua aplicação na área de manutenção, conforme preconizado pela NBR ISO 9001-2015, tem como objetivo principal a redução máxima de falhas, defeitos e perdas, bem como a otimização da disponibilidade de equipamentos e a confiabilidade dos processos, tudo isso sem desperdício de tempo.

Conforme explicado por Campos (1992), para compreender melhor o ciclo PDCA, é importante notar que ele está dividido em quatro fases claramente definidas:

- Plan (planejar): determinar as metas e elaborar o plano para alcançar o objetivo;
- Do (fazer): executar de fato as ações planejadas;
- Check (checar): acompanhar e efetuar medições dos processos, produtos e serviços, bem como analisar os resultados;
- Action (agir): realizar ações de melhoria no desempenho do processo com base nas conclusões da fase de verificação;

Essas fases do ciclo PDCA oferecem uma estrutura sistemática que capacita as organizações a buscarem a melhoria constante de seus processos. Ao seguir esse ciclo, as empresas conseguem detectar deficiências, implementar ações corretivas, avaliar os resultados e efetuar intervenções que promovam aprimoramentos contínuos em sua administração e eficiência operacional. O ciclo PCDA segue representado na Figura 1.



Fonte: Campos (1992)

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, será apresentada a metodologia empregada na condução de um estudo de caso abrangente que se concentra na análise das interrupções na produção em um contexto real. A metodologia adotada para este estudo foi adaptada de forma a se ajustar às características específicas da empresa, garantindo assim que não houvesse impacto negativo na disponibilidade da produção. Em essência, o método utilizado neste trabalho envolveu um estudo de caso que incorporou a aplicação do ciclo PDCA, combinado com ferramentas de qualidade em cada fase, com o objetivo de aprofundar a compreensão dos desafios relacionados à produção.

3.1. ESTUDO DE CASO/DESENVOLVIMENTO

A empresa estudada é do setor alimentício, especializada na produção de vinagres há mais de 60 anos no mercado. A indústria estudada, trata-se de uma filial localizada no município de Viana, no Espírito Santo.

A estrutura da indústria compreende diversos setores, incluindo a produção de vinagre, a fabricação de garrafas PET e o processo de envase do vinagre. Neste contexto, este estudo concentra-se especificamente no setor de envase de vinagre. Este setor é subdividido em duas linhas de produção distintas:

- Linha 01: Responsável pelo envase de vinagre em embalagens de 250 mL e 5 litros;
- Linha 02: Responsável pelo envase de vinagre em embalagens de 750 mL.

Dado que a Linha 02 representa o gargalo do processo de produção e apresenta desafios específicos, o estudo de caso se concentra nessa área.

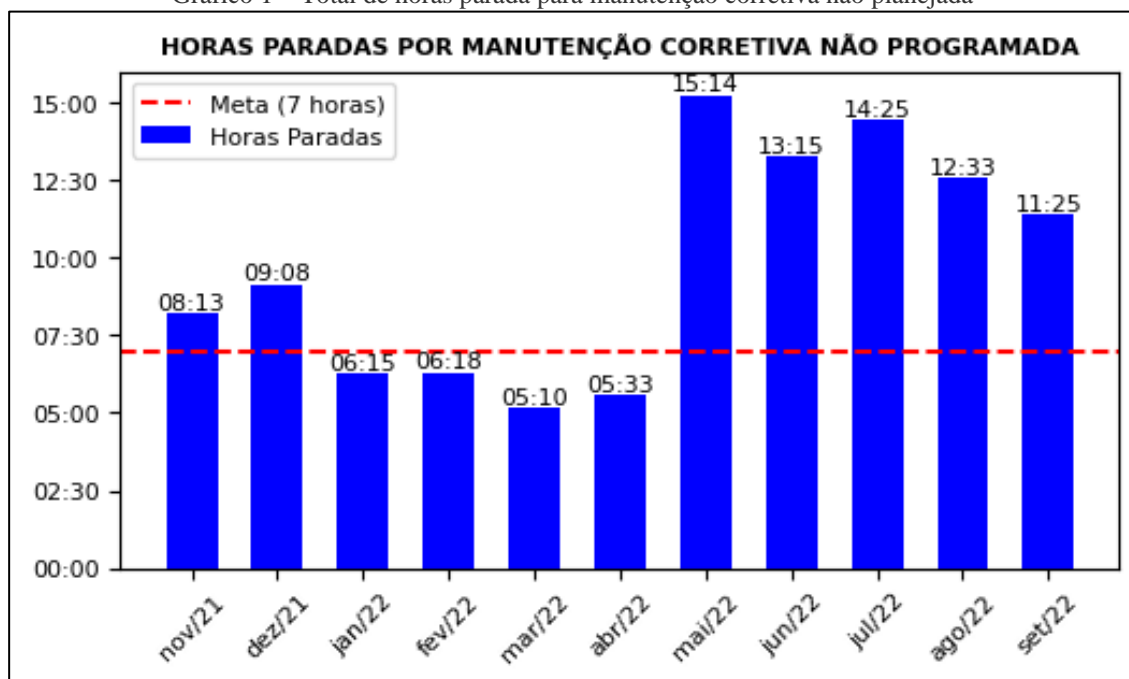
3.1.1. Fase PLAN (P)

Nessa etapa, o PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) é iniciado, fornecendo dados e informações para todas as fases subsequentes. Em seguida, as fases são executadas.

3.1.1.1 Identificação do problema

O aumento significativo no índice de paradas não planejadas devido a manutenção corretiva a partir do mês de maio de 2022 teve um impacto severo na produção. Como resultado, foi estabelecida pela gestão uma meta para diminuir essas interrupções na linha de produção, conforme indicado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Total de horas parada para manutenção corretiva não planejada



Fonte: Autor (2023)

3.1.1.2 A definição da meta

A meta foi estabelecida com base nos dados históricos das ordens de manutenção sobre as paradas de manutenção corretiva não programada. Foi considerado reduzir o tempo médio de 09h46min (média de novembro de 2021 a setembro de 2022) para 7h00min até fevereiro de 2023.

3.1.1.3 A codificação dos equipamentos

Com o objetivo de aprofundar a compreensão acerca das causas das paradas de produção, foi desenvolvida uma codificação específica para os equipamentos. No âmbito do setor de envase de vinagre, cada máquina recebeu uma identificação única, proporcionando uma rápida e precisa coleta de dados, bem como uma análise eficaz. A implementação da codificação dos equipamentos seguiu uma estrutura meticulosa: cada máquina foi designada por um código composto por duas partes distintas. A primeira parte do código reflete o nome da máquina, enquanto a segunda parte representa a linha de produção, sendo atribuído o valor "001" para a linha 01 e "002" para a linha 02.

A estrutura de codificação delineada apresenta-se no Quadro 2, detalhando as identificações das máquinas pertencentes à linha 02.

Quadro 2 – Codificação dos Equipamentos da linha 02

Código	Descrição do Equipamento
SOP-002	Sopradora

LAV-002	Lavadora de Garrafas
ENV-002	Envasadora
TAM-002	Tampadora
ROT-002	Rotuladora
COD-002	Codificadora
FOR-002	Formadora de Caixas
ENC-002	Encaixotadora
SEL-002	Seladora de Caixas

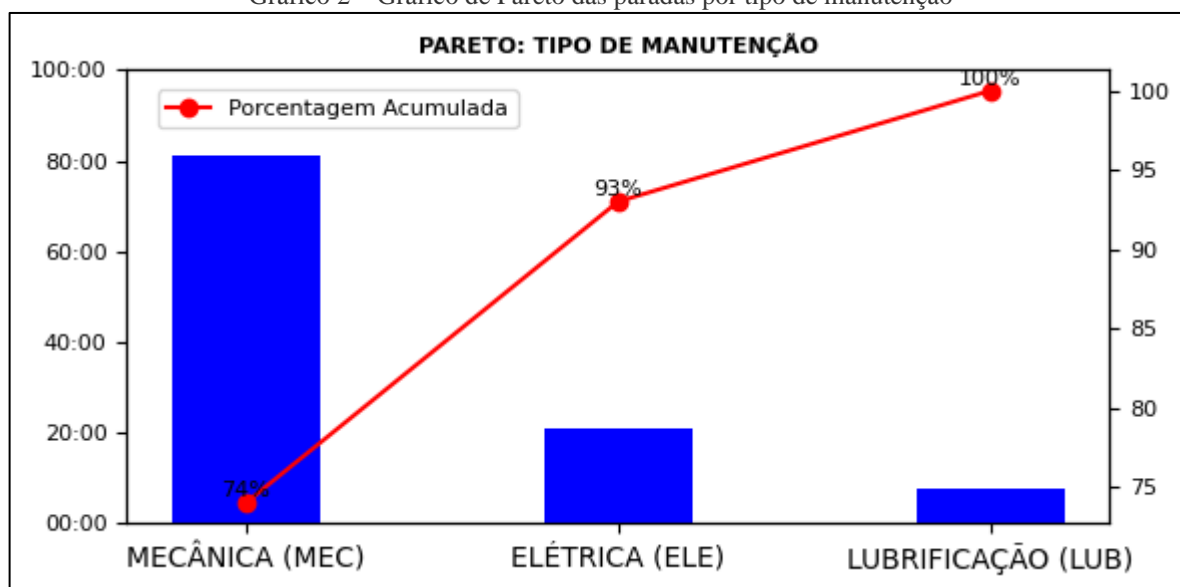
Fonte: Autor (2023)

Essa codificação permite uma análise mais detalhada das paradas de produção, identificando a máquina específica envolvida. Isso possibilita uma abordagem mais precisa na identificação das causas raiz das interrupções, facilitando a implementação de ações corretivas e preventivas.

3.1.1.4 A análise do fenômeno

Com o objetivo de realizar uma análise mais abrangente em relação às interrupções de produção devido a manutenções corretivas não programadas, foi realizado o desmembramento do índice de paradas com base nos diferentes tipos de manutenção. Foi constatado que a categoria de paradas associada à manutenção MECÂNICA (MEC) representa 74% do total das interrupções. No Gráfico 2 é possível notar no gráfico a representação do peso de cada categoria das paradas.

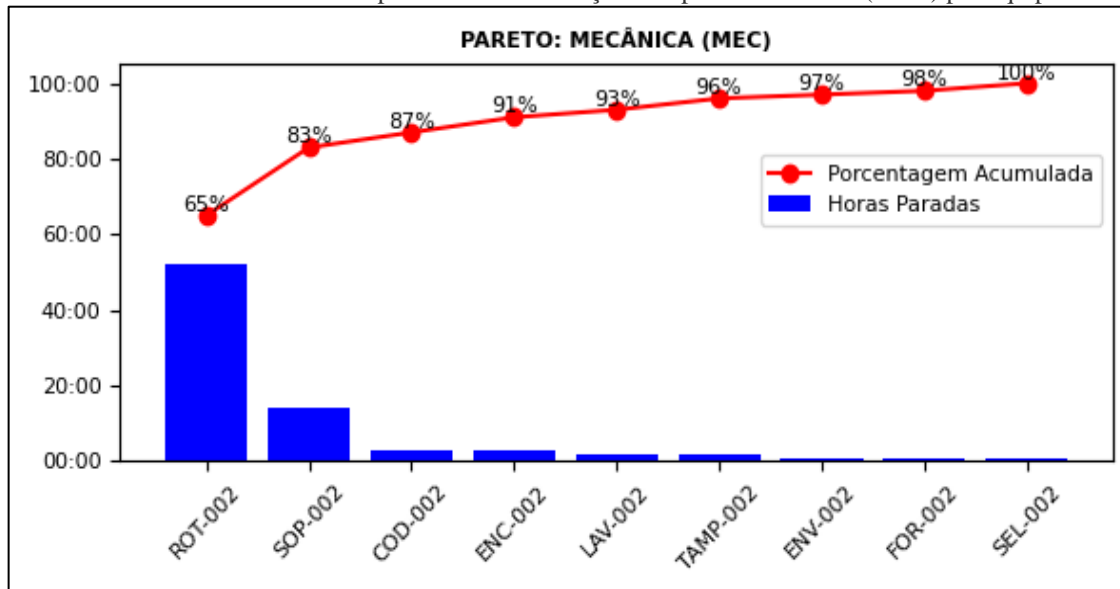
Gráfico 2 – Gráfico de Pareto das paradas por tipo de manutenção



Fonte: Autor (2023)

Diante dessa constatação, surge a necessidade de uma estratificação específica para as paradas do tipo MECÂNICA (MEC), aderindo à premissa do Princípio de Pareto (regra 80/20). Após a estratificação, é possível observar que a máquina ROT-002 representa uma maior indisponibilidade, conforme evidenciado na Gráfico 3.

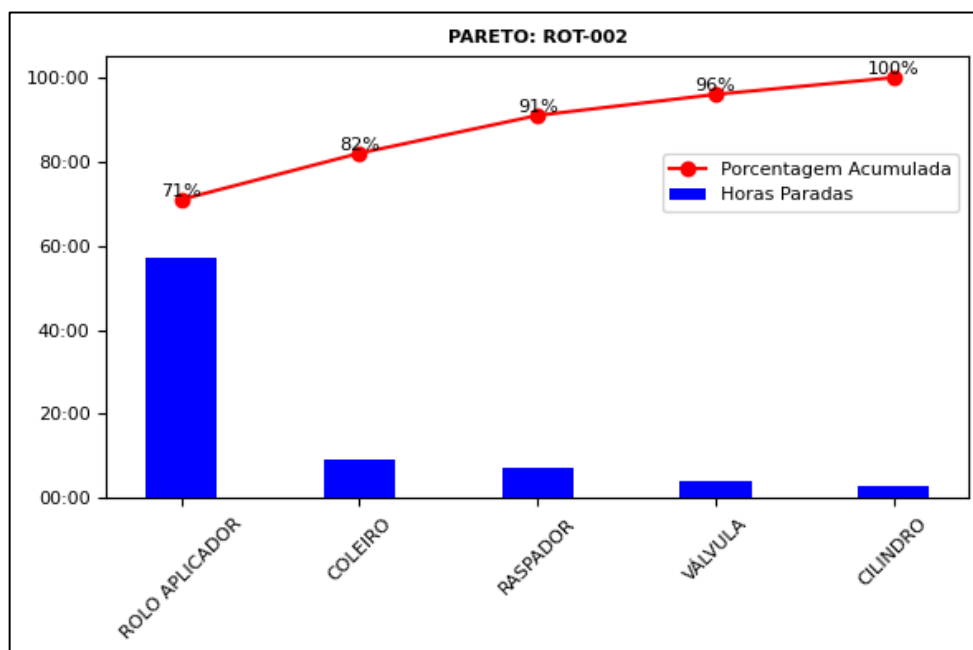
Gráfico 3 – Gráfico de Pareto das paradas de manutenção do tipo MECÂNICA (MEC) por equipamento



Fonte: Autor (2023)

Diante de todos os componentes da máquina ROT-002, podemos concluir que o componente ROLO APLICADOR é o que apresenta maior número de falhas, conforme demonstrado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Gráfico de Pareto para os componentes da máquina ROT-002



Fonte: Autor (2023)

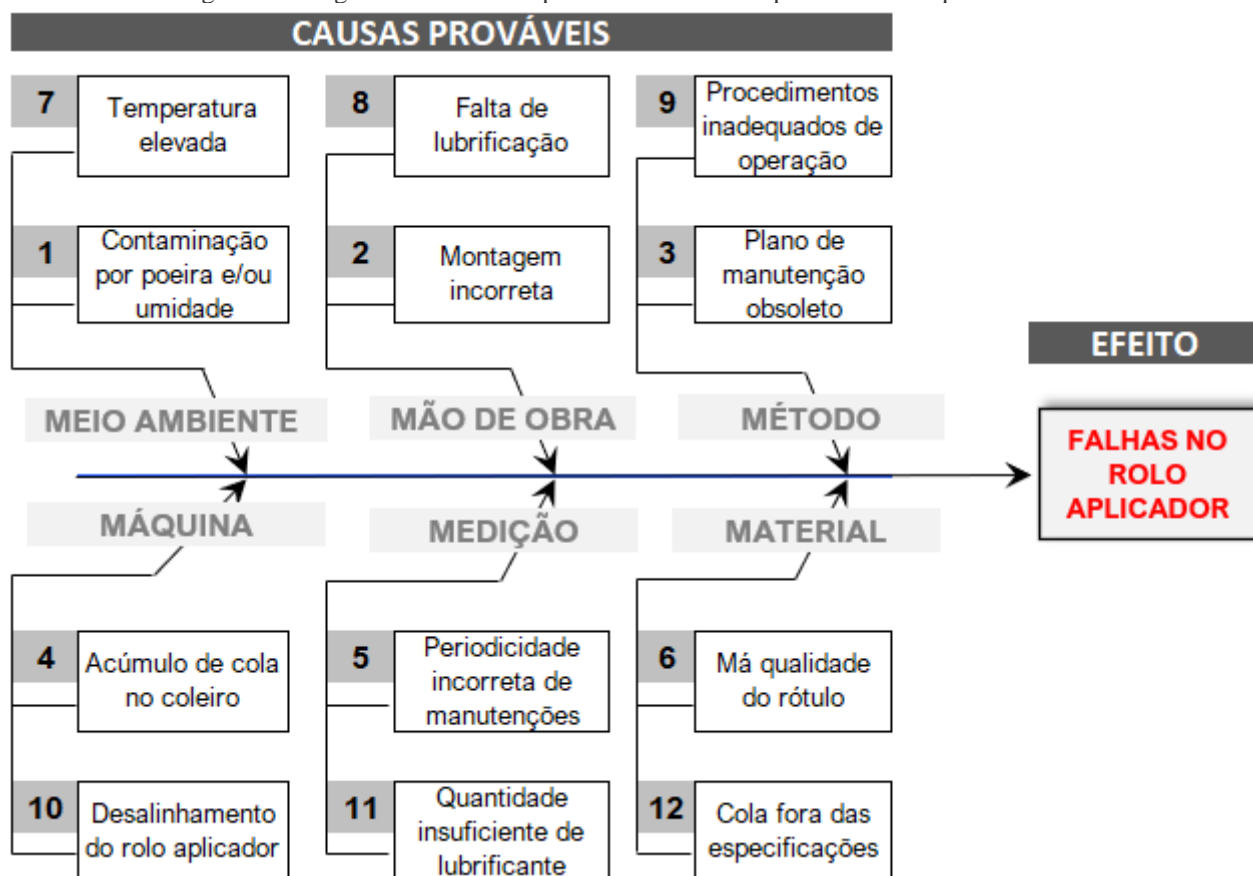
3.1.1.5 A análise do processo

A investigação da causa raiz foi uma fase crucial do estudo, iniciada após a identificação da máquina ROT-002 como a mais propensa a falhas e do componente crítico associado, o Rolo Aplicador. O método adotado para essa análise foi o Diagrama de Ishikawa, que proporcionou uma visão abrangente das possíveis causas do problema.

Nesse contexto, as falhas no componente Rolo Aplicador foram consideradas o "efeito" primário, e as causas potenciais foram identificadas por meio de uma abordagem estruturada. Um processo de brainstorming foi conduzido, envolvendo indivíduos diretamente ligados à área e ao equipamento afetado. Esta análise foi focada especificamente nas falhas relacionadas ao componente em questão, uma vez que a resolução dessas falhas pode abordar 71% dos problemas mecânicos identificados.

Segue abaixo a Figura 2, que ilustra de maneira visual as principais causas identificadas no processo de análise da causa raiz utilizando o Diagrama de Ishikawa.

Figura 2 – Diagrama de Ishikawa para as falhas no componente Rolo Aplicador



Fonte: Autor (2023)

Este método proporcionou uma compreensão mais profunda das origens das falhas no componente Rolo Aplicador da máquina ROT-002. Em seguida, a análise das causas raízes identificadas foi detalhadamente explorada na aplicação da Análise de Modo e Efeito de Falha

(FMEA) para avaliar e priorizar essas causas com base em sua probabilidade de ocorrência (O), severidade (S) e capacidade de detecção (D).

Além disso, durante a aplicação da Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), foi empregado o Número de Prioridade de Risco (RPN) para quantificar e classificar a criticidade das falhas identificadas. Esta abordagem adiciona uma dimensão numérica à avaliação de riscos, permitindo uma priorização mais precisa e direcionada para os processos que demandam atenção imediata. Segue exposto no Quadro 3 a aplicação do FMEA.

Quadro 3 – Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA) para as falhas no componente Rolo Aplicador

FMEA							Ações
FALHAS POSSÍVEIS			Índices				
Modo	Efeito	Causa	S	O	D	RPN	
Desalinhamento do Rolo Aplicador	Rótulos mal posicionados e rejeição do produto	Falta de ajustes regulares	8	5	7	280	Estabelecer cronograma regular de ajustes e manutenção
Montagem Incorreta	Fixação incorreta de rótulos e perda de material	Treinamento insuficiente	7	4	8	224	Implementar programas de treinamento contínuo
Procedimentos Inadequados de Operação	Baixa eficiência e necessidade frequente de manutenção	Falta de treinamento operacional	6	5	7	210	Implementar programas de treinamento contínuo
Falta de Lubrificação	Aumento da fricção e possíveis quebras	Intervalos inadequados de lubrificação	6	5	6	180	Criar cronograma de lubrificação e realizar inspeções regulares.
Quantidade Insuficiente de Lubrificante	Aumento da fricção e possíveis quebras	Má medição ou aplicação de lubrificante	6	3	8	144	Realizar treinamento específico e implementar
Plano de Manutenção Obsoleto	Paradas não programadas e aumento do tempo de inatividade	Falta de atualização do plano de manutenção	8	2	8	128	Revisar e atualizar regularmente o plano de manutenção.
Má Qualidade do Rótulo	Produção com rótulos defeituosos	Fornecimento inadequado de materiais	7	3	6	126	Estabelecer procedimentos de controle de qualidade
Periodicidade Incorreta de Medição	Aumento do risco de falhas inesperadas	Falta de programação adequada de	6	5	4	120	Implementar programa de inspeções regulares com checklists
Contaminação por Poeira e/ou Umidade	Desgaste prematuro e possíveis falhas	Ausência de proteção adequada	6	2	7	84	Implementar medidas de segurança conforme necessário
Acúmulo de Cola no Coleiro	Fixação incorreta de rótulos e perda de material	Ausência de um plano de limpeza	6	2	6	72	Desenvolver e implementar plano de limpeza regular
Temperatura elevada	Redução da eficiência e vida útil do equipamento	Falha nos sistemas de resfriamento	7	2	5	70	Checklists para checagem dos componentes da
Cola Fora das Especificações	Produção com rótulos defeituosos	Fornecimento inadequado de materiais	5	2	5	50	Estabelecer procedimentos de controle de qualidade

Fonte: Autor (2023)

Com base nas pontuações do RPN, é evidente que os três modos de falhas mais críticos são: Desalinhamento do Rolo Aplicador, Montagem Incorreta e Procedimentos Inadequados de Operação. Essas classificações, derivadas do RPN, proporcionam uma base sólida para a priorização de esforços de melhoria, concentrando-se nos aspectos mais impactantes para a eficácia operacional e a redução de riscos.

3.1.2. Fase DO (D)

Após uma análise minuciosa dos modos de falha do equipamento ROT-002, especificamente no componente Rolo Aplicador, torna-se evidente que a eficácia do processo de produção está intimamente ligada à gestão de três modos de falha críticos: Desalinhamento do Rolo Aplicador, Montagem Incorreta e Procedimentos Inadequados de Operação. Ao realizar um *brainstorming* com os envolvidos da área foi possível concluir que muitas dessas falhas estão associadas a um plano de manutenção obsoleto, que, além de não ser seguido pelos responsáveis pela manutenção, demonstra-se antiquado.

A análise revelou que os responsáveis pela manutenção não estavam aderindo ao atual plano, resultando na quase inexistência de manutenções preventivas. As intervenções corretivas eram conduzidas de maneira inadequada, com a utilização de materiais incorretos. A falta de marcação adequada nos pontos de manutenção mecânica e a ausência de especificações sobre o tipo de graxa levavam à execução inconsistente das atividades, ocorrendo de maneira aleatória e dependente da interpretação do responsável pela manutenção.

Nesse contexto, identificou-se que os operadores não preenchiam corretamente as folhas de verificação, e os mantenedores, por sua vez, preenchiam de forma inadequada as ordens de serviço (OS), contribuindo para a falta de padronização e eficiência no processo.

Diante desse cenário, foi realizado uma reestruturação abrangente do plano de manutenção preventiva. Este foi delineado com frequências semanal, quinzenal, mensal e trimestral, segmentado por máquina. Todas as informações essenciais para a revisão do plano de manutenção foram extraídas do manual de cada máquina, a fim de prevenir possíveis erros. Após a execução da manutenção, o mantenedor é responsável por preencher o formulário da manutenção preventiva. Somente após esse procedimento, o gestor de manutenção arquiva as informações no Microsoft Excel.

Como parte dessa reestruturação foi implementado um programa de treinamento para capacitar os envolvidos nas novas práticas de manutenção, aprimorando seus conhecimentos e assegurando a correta execução das tarefas. Paralelamente, desenvolveu-se uma instrução de trabalho para orientar os operadores das máquinas, oferecendo um guia claro e preciso para a realização das atividades.

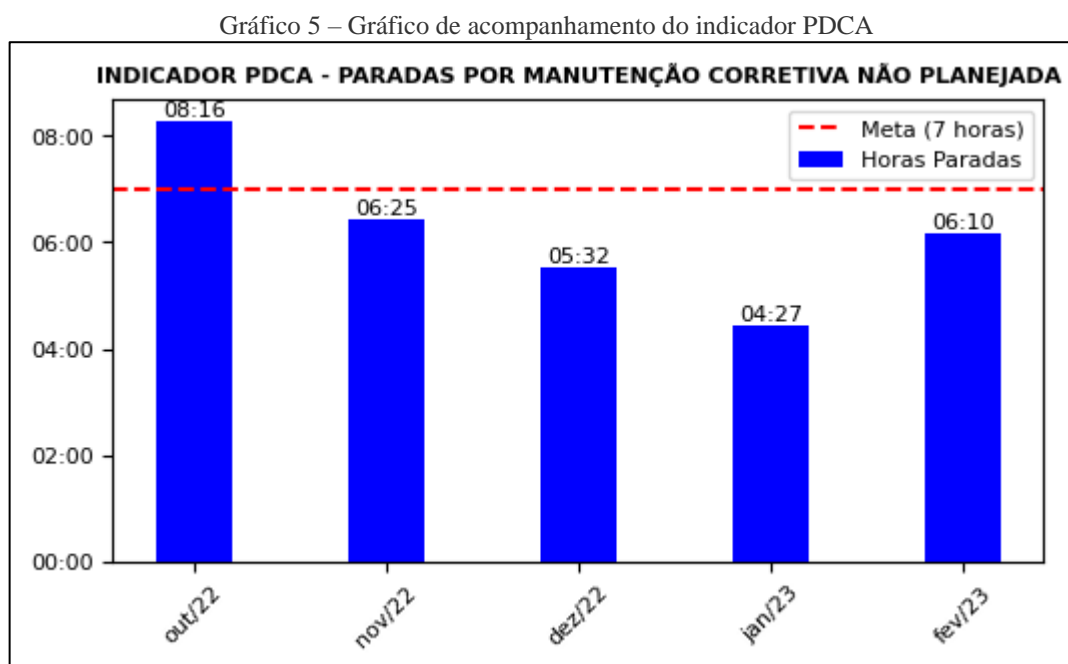
É relevante destacar que essas ações não apenas têm como objetivo reduzir os problemas críticos identificados no ROT-002, mas também foram estendidas para reestruturar o plano de manutenção preventiva de todas as máquinas na indústria. Essa abordagem abrangente não só melhora a confiabilidade operacional do ROT-002, mas também estabelece um padrão geral de manutenção, trazendo benefícios práticos, como a diminuição de custos relacionados a paradas não planejadas e a ampliação da vida útil de todos os ativos da empresa. O programa de treinamento não apenas capacita para o ROT-002, mas também se torna uma vantagem palpável para a gestão eficiente de todos os equipamentos, promovendo uma cultura de excelência operacional e busca constante por melhorias. A introdução de ferramentas como

folhas de verificação e ordens de serviço, agora preenchidas corretamente, fortalece ainda mais o controle e a padronização das atividades, contribuindo para a consolidação dessas melhorias ao longo do tempo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1. Fase CHECK (C)

Após a conclusão abrangente das análises e a subsequente reestruturação do plano de manutenção, no qual diversas ações foram implementadas, é relevante observar que, embora a meta não tenha sido atingida no primeiro mês, resultados significativos foram alcançados nos meses subsequentes. Esta constatação é evidenciada pelo Gráfico 5 que ilustra a evolução do desempenho ao longo desse período.



Fonte: Autor (2023)

No mês inicial pós-implementação, é compreensível que a consolidação das mudanças e a plena adaptação às novas práticas possam demandar algum tempo. No entanto, ao longo dos meses seguintes, observou-se um notável progresso no atingimento da meta estabelecida. Ao examinar o gráfico acima, torna-se evidente a progressão no trabalho. A meta estabelecida para ser atingida até fevereiro de 2023 foi alcançada com sucesso.

4.1.2. Fase ACTION (A)

A implementação do ciclo PDCA, aliada a uma abordagem abrangente de análise e aprimoramento de processos, demonstrou resultados promissores na redução das paradas não

programadas de manutenção na linha de envase de vinagre. Nesta seção é apresentado um resumo das ações realizadas em cada fase do PDCA, os objetivos estabelecidos e os resultados alcançados.

O Quadro 4 a seguir compara as metas estabelecidas com os resultados obtidos, proporcionando uma visão clara do impacto positivo alcançado.

Quadro 4 – Objetivos propostos e resultados alcançados

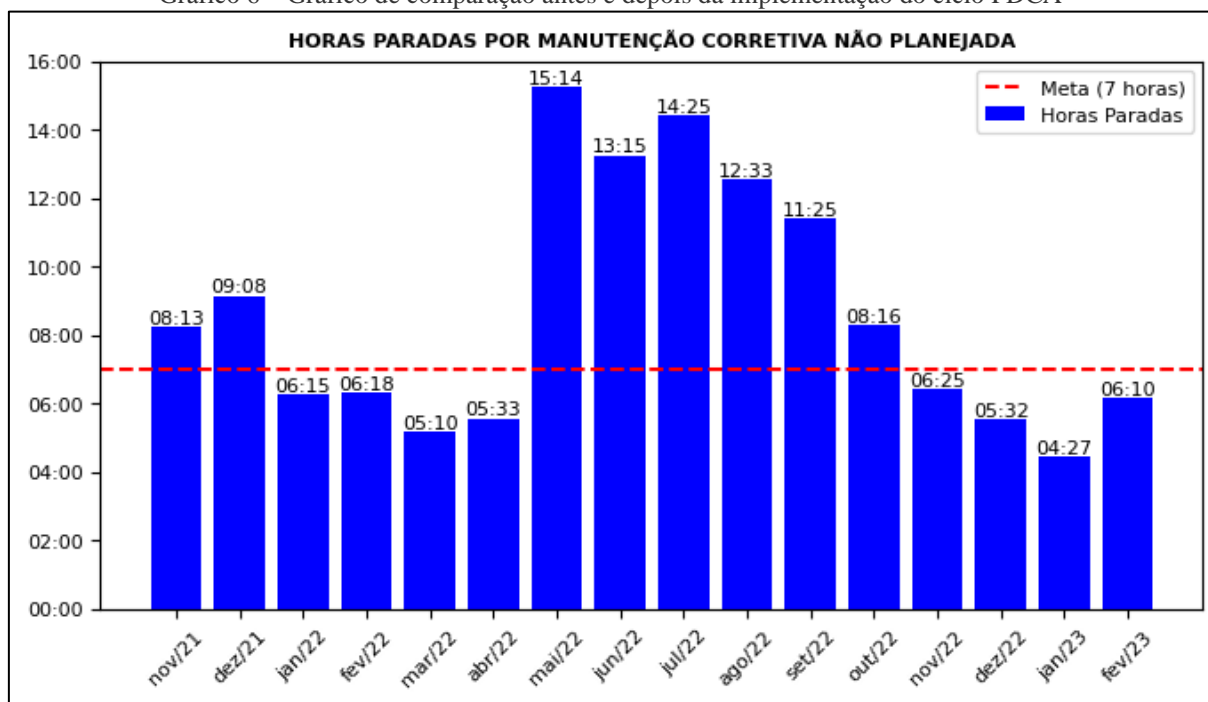
Fase do PDCA	Objetivo Proposto	Ações Realizadas	Resultados Obtidos
PLAN (P)	Identificar e analisar as principais causas das paradas não programadas de manutenção corretiva na Linha 02	Identificação do problema, definição da meta, codificação dos equipamentos, análise do fenômeno e análise da causa raiz.	Estabelecimento da meta de reduzir o tempo médio de 9h46min para 7h00min até fevereiro de 2023. Identificação da máquina ROT-002 como crítica, com foco no componente Rolo Aplicador
DO (D)	Implementar ações corretivas e preventivas para reduzir as paradas não programadas	Reestruturação do plano de manutenção preventiva, programa de treinamento, desenvolvimento de instrução de trabalho, e revisão geral do processo de manutenção.	Redução de 03h36min no índice de paradas devido a manutenção corretiva não planejada, representando uma diminuição de 37%.
CHECK (C)	Avaliar os resultados após a implementação das ações corretivas	Acompanhamento do indicador PDCA ao longo dos meses após a implementação	Notável progresso na redução das paradas não programadas, atingindo a meta estabelecida até fevereiro de 2023
ACTION (A)	Padronizar práticas bem-sucedidas e identificar oportunidades contínuas de melhoria	Análise comparativa antes e depois da implementação do ciclo PDCA	Consolidação dos resultados positivos, padronização das práticas bem-sucedidas, identificação contínua de oportunidades de melhoria

Fonte: Autor (2023)

É relevante destacar a contribuição significativa das ferramentas de qualidade no processo de identificação, priorização, análise de causas e planejamento de ações corretivas. Essas ferramentas desempenham um papel fundamental ao possibilitar análises de forma coesa e sucinta.

Após a conclusão do ciclo PDCA, alcançamos um resultado médio acumulado de 06h10min no período pós-implementação, em comparação com o resultado médio acumulado de 09h46min nos meses de referência (novembro de 2021 a setembro de 2022). Isso representa uma redução de 03h36min no índice de paradas devido a manutenção corretiva não planejada, como indicado no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Gráfico de comparação antes e depois da implementação do ciclo PDCA



Fonte: Autor (2023)

Os resultados alcançados são altamente promissores, evidenciados pela redução de 03h36min, representando uma diminuição 37% no índice de paradas devido a manutenção corretiva não planejada. Diante desses dados, concluímos que a implementação da metodologia PDCA, aliada às demais ferramentas da qualidade, é plenamente viável para o sucesso na redução de paradas não programadas de manutenção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, destacamos a eficácia das ferramentas de qualidade e do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), ressaltando a contribuição fundamental da metodologia na detecção, priorização, análise de causas e planejamento de ações corretivas. Os resultados obtidos não apenas atingiram, mas excederam a meta estabelecida em 11,9%, com uma notável redução de 37% no índice de paradas devido a manutenção corretiva não planejada. Estes resultados promissores validam a consistência das análises realizadas de forma coesa e precisa, respaldadas por planos de ação consistentes.

Além disso, é essencial ressaltar que o propósito central deste trabalho, que consistiu em descrever a aplicação prática da metodologia do PDCA em uma situação real, foi alcançado com sucesso. Essa conquista não apenas valida a eficácia do ciclo PDCA, mas também serve como um indicativo encorajador para sua implementação sistemática em outras corporações ou contextos. O presente estudo não apenas evidencia a eficiência das práticas adotadas, mas também fornece uma base sólida para a replicação bem-sucedida dessas metodologias, contribuindo assim para o aprimoramento contínuo e a excelência operacional em diversas organizações.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462. “**Confiabilidade e manutenibilidade**”, ABNT, Rio de Janeiro, 1994.
- ALMEIDA, P. S. **Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia Aplicada**. São Paulo: Editora Saraiva Educação, 2018.
- BEHR, A.; MORO E. L. S.; ESTABEL, L. B. Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca. **Ciência da Informação**. Brasília, v. 37, n. 2, 2008.
- BRANCO FILHO, G; **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2008.
- CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: Conceitos e Técnicas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo: Campus Elsevier, 2009. 265p.
- GOZZI, M. P.; **Gestão da Qualidade em bens e serviços**. São Paulo: Pearson Education do Brasil. 2015.
- HELMAN, H e ANDERY, P. R. P. “**Análise de Falhas: Aplicação dos Métodos de FMEA e FTA**”, volume 11, 1ª edição, Fundação Christiano Ottoni – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 1995.
- JUNIOR, C.; RETHWISCH, W. D. **Ciência e Engenharia dos Materiais: uma introdução**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 705p.
- KARDEC, A.; NASCIF, J.A. **Manutenção: Função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2001.
- KARDEC, A.; NASCIF, J.A. **Manutenção Função Estratégica**, 4th ed. ed.; Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.
- MAICZUK, J.; JÚNIOR, P. P. Andrade. **Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso**. Qualitas Revista Eletrônica, v. 14, n. 1, 2013.
- NADER DANIELLE. **Ordem de serviço: o que é, para que serve e como emitir?** Contábeis, 2020.
- NBR ISO 9001 – ABNT ISO 9001 (2015). **Sistema de Gestão da Qualidade**. São Paulo: Requisitos.
- OLIVEIRA, F. **Estratégica de manutenção: estrutura, ferramentas, benefícios, custos e melhoria contínua**. 2010.
- PEREIRA, M. **Engenharia de manutenção: teoria e manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.
- PINTO, A. K. e XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica**, Qualitymark, Rio de Janeiro, 1999.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. N; **Manutenção Função Estratégica**. Editora Qualitymark. 1ª Edição. Rio de Janeiro, 2005.
- PUNTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P. & LA FUENTE, D. de. **A decision support system for applying failure mode aneffects analysis**. International Journal of Quality & Reliability Management, n.2, v. 19, 2002.
- RODRIGUES, M. V. **Ações para a Qualidade**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2010.
- RODRIGUES, F. F. N. **Estudo de Caso – Implementação de plano de manutenção preventiva visando a melhoria de desempenho em moldes**. Sorocaba, SP, 2012.
- SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade, as ferramentas essenciais**. Abordagem gerencial. 2 ed. Curitiba: editora IBPEX, 2010.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade - Manual de Implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2005. 374p.

SMITH R.; R. KEITH R. K. - **Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers**. Oxford: Butterworth Heinemann, 2008.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidade e funções do planejamento e controle da produção (PCP): uma abordagem analítica**. 167f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), 2008.

TANG, H. **Quality Planning and Assurance: Principles, Approaches, and Methods for Product and Service Development**. 1 ed. Nova Iorque: Wiley, 2021.

TELES, F. **Ordem de serviço: o que é, como funciona e qual a sua importância**. Desk Manager, 2018.

VIANA, H. R. G. **PCM, Planejamento e controle da manutenção**, Qualitymark. Rio de Janeiro, 2002.

VIANA, H. R. G. **PCM-Planejamento e Controle da Manutenção**. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1ª edição. Rio de Janeiro: INDG, 302 p. 1998.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora Desenvolvimento Gerencial, 2004.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. 2 ed. Nova Lima: Falconi, 405p. 2014.