

CAPÍTULO 1

MANUTENÇÃO AUTÔNOMA COMO ESTRATÉGIA DE EFICIÊNCIA: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Lucas Vinícius Feitel de Farias

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Engenharia de Produção
lucasfeitelfarias@gmail.com

Marlon de Sousa Sampaio da Silva

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Engenharia de Produção
marlonsampaio@souunisuam.com.br

Higor Alves dos Santos

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Engenharia de Produção
higorlves@souunisuam.com.br

George Gilberto Gomes Junior

Professor Mestre em Engenharia de Materiais
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), unidade Bonsucesso
george.junior@souunisuam.com.br

Leonardo Lopes de Campos

Mestre em Desenvolvimento Local com ênfase em Cadeias Produtivas Sustentáveis
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM),
leonardolopes@souunisuam.com.br

Everton Rangel Bispo

Professor Doutor em Engenharia de Materiais e Processos Metalúrgicos
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), unidade Bonsucesso
evertonbispo@souunisuam.edu.br

RESUMO

Nos últimos anos, a competitividade industrial elevou a manutenção de um custo operacional para um pilar estratégico, essencial para garantir a confiabilidade e a eficiência produtiva, especialmente em setores de alta demanda como o alimentício. Nesse contexto, o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e a Manutenção Autônoma (MA) emergem como ferramentas cruciais para a gestão proativa de ativos. O presente trabalho se configura como um Estudo de Caso, voltado a propor um plano de ação integrado entre o PCM e a MA para otimizar o desempenho de um equipamento na linha de produção. A metodologia adotada incluiu um diagnóstico das causas de falha, complementado por uma revisão das atividades para embasar a proposta de intervenção. A devida aplicação dessas práticas visa transformar a cultura operacional, transferindo aos

operadores a responsabilidade pela conservação primária, e estruturar o planejamento de manutenção. Como resultado, o modelo proposto de PCM e MA tem como foco elevar a confiabilidade e a disponibilidade do maquinário, maximizando a Eficiência Global do Equipamento (OEE). A aplicação coordenada dessas metodologias é imperativa para garantir a redução de falhas não programadas, o controle de custos e o cumprimento sustentável das metas de produção e manutenção.

Palavras-chave: Planejamento e controle da Manutenção; Manutenção Autônoma; Confiabilidade; OEE.

INTRODUÇÃO

No ambiente industrial, a gestão da manutenção é fundamental para melhorar processos, aumentar a produtividade, garantir o funcionamento contínuo dos equipamentos e controlar os custos operacionais e de manutenção. Conforme Pinto e Xavier (2001), a manutenção deve garantir o pleno funcionamento dos equipamentos e das instalações, alinhando-se aos processos produtivos, ao mesmo tempo que garanta a segurança, a confiabilidade, a preservação do meio ambiente e a adequação dos custos. Desta forma, a manutenção deve ser integrada a todos os setores da organização, pois impacta diretamente na produtividade, na qualidade dos produtos e nos resultados financeiros.

O uso de indicadores de desempenho e ferramentas de gestão possibilita decisões mais acertadas, facilitando a identificação rápida de falhas e a proposição de soluções eficientes. Entretanto, o desafio principal é equilibrar a redução de custos com a maximização da confiabilidade e da disponibilidade operacional. Por isso, o trabalho estratégico de ferramentas gerenciais é essencial para atingir esses objetivos.

Este trabalho tem como foco analisar a gestão da manutenção em uma empresa, avaliando seu desempenho, impactos operacionais e soluções definidas para problemas recorrentes. Além disso, busca dados coletados que permitem identificar falhas e proporcionar melhorias que contribuem para o aprimoramento dos processos de manutenção. Entre os objetivos específicos estão: a utilização de sistemas para armazenamento e análise de dados de manutenção e custos; o monitoramento de máquinas e operadores para subsidiar estudos futuros; a revelação de dados atuais com registros existentes para aumentar a confiabilidade das análises; e a identificação de falhas para sugerir melhorias na gestão da manutenção.

Assim, o planejamento adequado da manutenção se apresenta não apenas como um suporte operacional, mas como uma estratégia chave para aumentar a confiabilidade, melhorar a eficiência produtiva, reduzir custos, preservar a qualidade e garantir a sustentabilidade dos equipamentos

OBJETIVO GERAL

Analisar e propor melhorias na gestão da manutenção industrial por meio da aplicação integrada de práticas de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e Manutenção Autônoma (MA), visa aumentar a confiabilidade e a disponibilidade operacional dos equipamentos, assim como a eficiência produtiva, buscando simultaneamente a redução dos custos e a sustentabilidade dos processos produtivos.

Objetivos específicos

- Utilização de sistemas informatizados para o armazenamento e análise de dados relacionados à manutenção e seus custos, aprimorando a gestão da informação.
- Monitorar o desempenho operacional de máquinas e operadores, garantindo o suporte necessário para diagnósticos e melhorias contínuas.
- Correlacionar os dados atuais com registros históricos da empresa, aumentando a confiabilidade e a precisão das análises gerenciais.
- identificar falhas recorrentes e estabelecer processos de melhoria contínua para melhorar a eficiência da manutenção.
- Avaliar o impacto da gestão de manutenção na produtividade, qualidade dos produtos e sustentabilidade do processo produtivo.

REFERÊNCIA TEÓRICO

Tipos de Manutenções e sua evolução Histórica

A manutenção industrial passou por várias transformações ao longo do tempo, refletindo avanços tecnológicos e a necessidade de atender às demandas crescentes das linhas produtivas. Inicialmente, durante os primórdios da industrialização, predominava o modelo de manutenção corretiva não planejado, caracterizado por atuar de forma reativa: as intervenções eram realizadas somente após a ocorrência de falhas nos equipamentos, o que resultava em altos custos operacionais, baixa disponibilidade dos ativos e impactos negativos na produtividade (Silva, 2023; Costa, 2024).

Com o desenvolvimento industrial, a década de 1950 marcou a introdução da manutenção preventiva, que se caracteriza por inspeções periódicas e substituições programadas de componentes. Essa abordagem trouxe maior controle sobre os equipamentos, interrupções inesperadas e promoveu mais previsibilidade ao processo produtivo, o que resultou em maior eficiência operacional (Silva, 2023).

Posteriormente, nas décadas de 1970 e 1980, a manutenção preditiva emergente, influenciada pelo avanço da automação e da instrumentação industrial. Essa modalidade utiliza o monitoramento contínuo de variações como vibração, temperatura e desgaste para identificar sinais precoces de falhas iminentes, possibilitando intervenções pontuais que otimizem recursos e minimizem custos (Silva, 2023; Costa, 2024).

Paralelamente, desenvolveu-se a filosofia da Manutenção Produtiva Total (TPM), originada no Japão, que propõe uma abordagem colaborativa e integrada entre operadores, engenheiros e gestores para aumentar a confiabilidade dos equipamentos e eliminações. A TPM promove a participação ativa dos funcionários na manutenção autônoma, que compreende atividades básicas de inspeção, limpeza e lubrificação, incentivando a melhoria contínua e a eficiência global dos equipamentos (Nakajima, 1989; Silva, 2023).

Com o advento da Indústria 4.0, a manutenção industrial entrou em uma nova fase, incorporando tecnologias digitais como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial, análise de big data e sistemas ciberfísicos. Essa revolução possibilita a implementação da manutenção preditiva avançada e da manutenção prescritiva, que não apenas antecipam falhas com elevada precisão, mas também recomendam ou executam ações corretivas automatizadas, elevando o nível de eficiência e sustentabilidade dos processos produtivos (Costa, 2024; Schwab, 2016).

Além disso, o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) passou a ser um componente essencial da gestão industrial moderna, estruturando e organizando as atividades de manutenção com foco em indicadores como MTTR (Tempo Médio de Reparo) e MTBF (Tempo Médio Entre Falhas). O PCM permite decisões baseadas em dados, promovendo a disponibilidade e confiabilidade dos ativos, ao mesmo tempo em que otimiza custos operacionais (Silva, 2023).

Desta forma, o estudo da evolução dos modelos e práticas de manutenção é fundamental para compreender o cenário atual da gestão da manutenção industrial. A integração progressiva das abordagens tradicionais com as inovações tecnológicas representa um caminho para maximizar a eficiência produtiva, reduzir custos e garantir a sustentabilidade dos processos industriais (Costa, 2024; Silva, 2023).

I) Tipos de Manutenção com suas características e aplicações:

- a. Manutenção Corretiva: intervenção após falha, normalmente não planejada, gerando custos elevados e indisponibilidade;
- b. Manutenção Preventiva: inspeções e trocas programadas em intervalos definidos, reduz falhas inesperadas, mas pode causar trocas desnecessárias;
- c. Manutenção Detectiva: identificação de falhas ocultas.
- d. Manutenção Preditiva: utiliza monitoramento de vibração, termografia, análise de óleo e outros recursos para prever falhas

- antes de ocorrerem, otimizando custos;
- e. Manutenção Autônoma: parte integrante da TPM, com atividades básicas de limpeza, inspeção e lubrificação feitas pelos operadores, promovendo maior engajamento;
 - f. TPM (Total Productive Maintenance): filosofia japonesa de participação de todos na manutenção, com foco em confiabilidade, qualidade e eliminação de perdas. Maximização da eficiência com participação dos operadores.
 - g. Industria 4.0: Ela utiliza tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), big data, automação e robótica para otimizar a produção

PCM

O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é um dos pilares da gestão industrial moderna, sendo responsável por estruturar, organizar e otimizar as atividades de manutenção em uma empresa. A função principal do PCM é garantir que os equipamentos estejam disponíveis e operando com eficiência, de forma segura e com o menor custo possível. Para isso, o PCM atua desde a programação das ordens de serviço até o acompanhamento de indicadores de desempenho, permitindo que as decisões sejam tomadas de forma estratégica e baseadas em dados.

Nesse contexto, os indicadores de manutenção se tornam ferramentas indispensáveis. Eles permitem mensurar a performance dos ativos e do próprio processo de manutenção, auxiliando na identificação de falhas, gargalos e oportunidades de melhoria. Entre os mais relevantes destacam-se o MTTR e o MTBF.

Indicadores da Manutenção (MTTR, MTBF, DISP e OEE)

O **MTTR** mede o tempo médio de reparo de um equipamento, ou seja, o período necessário para corrigir uma falha e restabelecer o funcionamento normal. Esse indicador é fundamental para avaliar a eficiência da equipe de manutenção e a eficácia dos processos de intervenção. Quanto menor o MTTR, mais ágil é a manutenção, contribuindo para a redução das paradas e o aumento da disponibilidade operacional.

Forma de calcular: $MTTR = \text{Tempo total gasto de Reparo} / \text{Número de Reparos}$.

Já o MTBF corresponde ao tempo médio entre falhas, representando a confiabilidade do equipamento. Um MTBF elevado indica que a máquina opera por longos períodos sem interrupções, o que reflete maior qualidade, robustez e eficácia das ações preventivas e preditivas aplicadas. Portanto, o MTBF está diretamente ligado à confiabilidade do processo produtivo.

Forma de calcular: $MTBF = \text{Tempo total de bom funcionamento} / \text{Número de falhas}$

A análise conjunta do MTTR e do MTBF fornece uma visão abrangente da manutenção: enquanto o primeiro está associado à manutenibilidade, o segundo se relaciona à confiabilidade dos ativos. Dessa forma, quando integrados ao PCM, esses indicadores permitem que a empresa atue de forma proativa, equilibrando custos, disponibilidade e produtividade.

Assim, a utilização do PCM aliado ao acompanhamento de indicadores como MTTR e MTBF fortalece a gestão da manutenção, promove maior competitividade e assegura que os objetivos estratégicos da organização sejam alcançados de maneira sustentável trazendo um aumento no OEE e Disponibilidade da máquina.

Disponibilidade mede o percentual de tempo em que um equipamento está operacional e disponível para uso, excluindo paradas não planejadas (como falhas) e, às vezes, as planejadas.

Forma de calcular: **$\text{Disponibilidade} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \times 100\%$**

OEE – (Overall Equipment Effectiveness) é um indicador de performance que mede a eficiência de máquinas e processos de fabricação.

Forma de calcular: **$\text{OEE} = \% \text{Disp} \times \% \text{Performance} \times \% \text{Qualidade do produto}$**

Total Productive Maintenance - TPM

A Manutenção Produtiva Total (TPM), foi originada no Japão na indústria Nippondenso, organização responsável por fornecer as peças eletrônicas para a Toyota no começo dos anos 60 no século XX. Nesse período a TPM teve como finalidade proporcionar a metodologia *Just in Time*, por meio da melhoria e credibilidade dos equipamentos (JIPM, 2008). O objetivo desse tipo de manutenção dos equipamentos é eliminar as perdas. No TPM é necessário que tenha investimento na instrução e no conhecimento dos colaboradores, demandando na adesão de algumas ferramentas, tais como conferências, compartilhar os aprendizados e práticas, quadro de tarefas. Segundo Nakajima (1989) a melhor prevenção contra falhas deve partir do operador. É possível observar que são procedimentos de baixos custos e uma respectiva aptidão dos funcionários.

A inserção dessa metodologia auxilia na redução das despesas e no desenvolvimento dos procedimentos, avaliando, supervisionando e extinguindo gradualmente os defeitos identificados no sistema de produção (FERNANDES, 2005). Takahashi et al. (1993) destaca que na aplicação deste método é recomendado que seja de maneira perspicaz, de acordo com as particularidades das organizações.

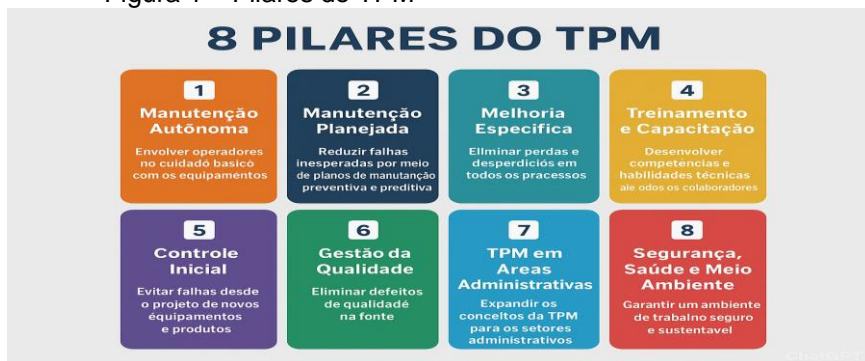
O TPM é estabelecido em oito pilares, e assim em cada ícone é necessário uma equipe e um líder, obedecendo a hierarquia da indústria, sendo eles:

- manutenção planejada;
- manutenção autônoma;
- manutenção da qualidade;

- melhorias específicas;
- controle inicial;
- treinamento e educação;
- segurança, higiene e meio ambiente;
- áreas administrativas.

A Figura 1 expõe os pilares que amparam a filosofia do TPM.

Figura 1 – Pilares do TPM



2.4.1 – Manutenção Autônoma

Em um ambiente produtivo busca-se melhorar a eficiência dos processos com redução de custos e desperdícios. Uma das metodologias responsáveis por auxiliar as organizações a

alcançar seus resultados em suas linhas de produção é a manutenção autônoma, essa metodologia que envolve a todos os funcionários na melhoria da eficiência dos equipamentos (AHUJA; KUMAR, 2009).

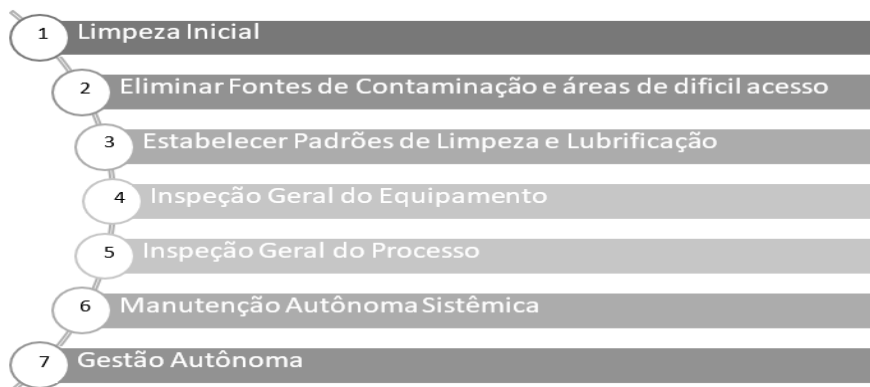
Segundo Suzuki (1993), a manutenção autônoma tem como principais objetivos evitar a deterioração do equipamento por meio de uma operação correta e inspeções periódicas garantindo o equipamento em seu estado ideal e em sua condição padrão com uma gestão adequada para estabelecer condições básicas necessárias de manutenção. Por meio dessa metodologia o funcionário aplica sua força de trabalho para preservar os equipamentos. Dessa forma é possível aumentar a vida útil e eficiência do equipamento.

A manutenção autônoma possui 7 passos para que se alcance o estado ideal de eficiência do equipamento. Os 3 primeiros passos buscam garantir a limpeza, condição básica e lubrificação do equipamento. Esses passos também são voltados para eliminar fontes de contaminação e áreas de difíceis acesso. Nos passos 4 e 5 busca-se inspecionar os pontos trabalhados nos passos anteriores através da inspeção a nível de

componentes. Através do passo 6 integra-se as áreas de trabalho inteiras e os processos de produção, ordenando e organizando materiais e ferramentas, padronizando e gerenciando visualmente todas as atividades (SHIROSE et al., 1999). No último passo encontra-se o controle autônomo da manutenção.

Na Figura 2 tem-se uma representação resumida dos passos de implementação da manutenção autônoma:

Figura 2 – Passos da implementação da manutenção Autônoma



Limpeza inicial do equipamento – Envolve uma limpeza profunda, onde os operadores identificam fontes de sujeira, vazamentos, ruídos e falhas. O objetivo é restaurar o estado básico do equipamento e estimular o cuidado com o ambiente de trabalho.

i. Eliminação das fontes de sujeira e zonas de difícil acesso – Após a limpeza inicial, busca-se eliminar as causas de sujeira e melhorar o acesso a pontos críticos, facilitando inspeções futuras.

ii. Padronização da limpeza, inspeção e lubrificação – São criados checklists padronizados e rotinas diárias que garantem a execução contínua das tarefas básicas de manutenção.

iii. Inspeção geral do equipamento – Os operadores recebem treinamento técnico para identificar anomalias simples, desgastes, folgas e vibrações, antecipando possíveis falhas.

iv. Autonomia nas inspeções – O operador passa a ter domínio total das atividades de inspeção e pequenos ajustes, reduzindo a necessidade de intervenção externa.

v. Organização e controle visual – Utiliza-se a gestão visual (etiquetas, cores, painéis e indicadores) para facilitar o acompanhamento do estado dos equipamentos e das atividades realizadas.

vi. Consolidação e melhoria contínua – Por fim, os operadores tornam-se capazes de propor melhorias contínuas no processo, contribuindo para a eliminação das perdas e falhas recorrentes.

Escopo da Linha de Produção, equipamentos contemplados:

A linha de envase analisada neste estudo é composta por um conjunto de equipamentos interligados e automatizados, projetados para garantir eficiência operacional, qualidade do produto final e segurança durante o processo produtivo. O escopo contempla os seguintes equipamentos principais: Despaletizadora, Enchedora/Recravadora, Pasteurizador, Empacotadora e Paletizadora/Envolvedora.

A operação inicia-se na Despaletizadora, responsável por remover automaticamente as embalagens vazias dos paletes e posicioná-las nas esteiras transportadoras. Essa etapa é essencial para garantir o fluxo contínuo de garrafas, frascos ou latas, reduzindo o manuseio manual e o risco de danos às embalagens.

Em seguida, as embalagens são direcionadas à Enchedora/Recravadora, equipamento que realiza o enchimento preciso do produto e o fechamento hermético das tampas. Essa etapa requer controle rigoroso de volume, pressão e temperatura, assegurando que o produto seja envasado dentro dos padrões de qualidade e segurança alimentar estabelecidos.

O Pasteurizador tem a função de garantir a estabilidade microbiológica do produto por meio do tratamento térmico controlado. Esse processo elimina micro-organismos indesejáveis, preservando as características físico-químicas e sensoriais do produto, sendo fundamental para atender às normas de qualidade e conservação. Tem sido o maior impacto da linha de produção devido as suas quebras.

Após o envase, o produto segue para a Empacotadora, que agrupa as unidades individuais em pacotes ou fardos padronizados. Essa etapa visa otimizar o transporte interno, facilitar a armazenagem e aumentar a produtividade da linha.

Por fim, o processo é concluído pela Paletizadora/Envolvedora, responsável por organizar os pacotes em paletes e aplicar o filme stretch, garantindo a estabilidade das cargas durante o transporte e armazenamento. Essa fase final assegura que os produtos cheguem ao destino com integridade e qualidade preservadas.

A integração entre esses equipamentos permite uma operação contínua, automatizada e eficiente. O controle das etapas é realizado por sistemas eletrônicos e sensores que monitoram o desempenho e sincronizam os tempos de operação. A gestão eficiente dessa linha, aliada à aplicação de práticas de manutenção preventiva, preditiva e autônoma, contribui diretamente para o aumento da confiabilidade dos equipamentos, redução de paradas não programadas e melhoria da produtividade global.

Custos da manutenção e impactos na produção

O gerenciamento eficaz dos custos de manutenção é indispensável para promover a eficiência operacional e financeira em linhas de produção do setor alimentício, pois impacta diretamente fatores como confiabilidade e

disponibilidade dos ativos, conforme Xenos (1998). Quando se adota a manutenção autônoma, estratégia onde operadores realizam tarefas básicas de inspeção, limpeza e pequenos reparos, há uma descentralização das rotinas de manutenção e fortalecimento da cultura de cuidado com os equipamentos.

Segundo a classificação de Kardec e Nascif (2013), os custos de manutenção subdividem-se em:

- **Custos Diretos:** referentes a inspeções e trocas de equipamentos

- **Custos Indiretos:** abrange perdas produtivas na linha de produção e custos administrativos

- **Custos das falhas:** esses custos são ligados às falhas inesperada dos equipamentos.

Na indústria alimentícia, qualquer interrupção na linha de produção, compromete toda a cadeia produtiva e pode ser acompanhada por indicadores como o OEE (Overall Equipment Effectiveness), descrito por Nakajima (1988), que monitora a disponibilidade, desempenho e qualidade dos ativos.

A manutenção autônoma, ao envolver os próprios operadores nas tarefas rotineiras, contribui para identificação precoce de falhas e adoção de ações corretivas rápidas, promovendo a melhoria contínua, abordagem incentivada por Slack et al. (2019). Ademais, a integração de práticas preventivas e preditivas, conforme indicado por Suzaki (1993), diminui o risco de paradas emergenciais, prolonga a vida útil dos equipamentos e, especialmente nas indústrias alimentícias, assegura melhores índices de produtividade, segurança e qualidade dos produtos.

Ferramentas da Qualidade aplicadas à Manutenção

A manutenção industrial tem papel estratégico na garantia da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, impactando diretamente a produtividade e os custos operacionais. Para que a gestão da manutenção seja eficaz, torna-se essencial a utilização de ferramentas da qualidade que possibilitem a análise sistemática de falhas, identificação de causas raízes e implementação de soluções estruturadas. Entre as ferramentas mais utilizadas destacam-se o Diagrama de Ishikawa, 5W2H, PDCA, 5 Porquês, MASP, RCM e FMEA, cada uma oferecendo abordagens específicas para prevenção e resolução de problemas.

I) **Diagrama de Ishikawa:** também conhecido como diagrama de causa e efeito, permite a identificação das causas potenciais de falhas, organizando-as em categorias como método, mão de obra, máquina, material, meio ambiente e medição.

II) **5W2H:** ferramenta de gestão que organiza ações a partir das perguntas What (O quê?), Why (Por quê?), Where (Onde?), When (Quando?), Who (Quem?), How (Como?) e How much (Quanto custa?), sendo eficaz no planejamento e controle de atividades de manutenção.

III) **PDCA**: ciclo de melhoria contínua composto pelas etapas Planejar, Executar, Verificar e Agir. No contexto da manutenção, o PDCA possibilita padronizar processos e promover ajustes contínuos que aumentam a confiabilidade dos equipamentos.

IV) **5 Porquês**: técnica de análise de causa raiz que consiste em questionar repetidamente “por quê?” até identificar o problema central.

V) **MASP** (Método de Análise e Solução de Problemas): metodologia estruturada em oito etapas, da identificação do problema à padronização da solução, permitindo análises detalhadas e implementações de melhorias consistentes.

VI) **RCM** (Manutenção Centrada em Confiabilidade): abordagem que visa assegurar que os ativos mantenham suas funções operacionais, priorizando ações de manutenção com base na criticidade de cada equipamento.

VII) **FMEA** (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos): técnica preventiva que avalia potenciais modos de falha, seus efeitos e causas, atribuindo índices de criticidade que orientam ações preventivas.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo fundamenta-se na aplicação integrada de ferramentas e práticas avançadas de gestão da manutenção, com foco na melhoria da confiabilidade operacional de uma linha de produção industrial alimentícia. A abordagem contempla a implementação da Manutenção Autônoma, o uso sistemático do Book CIL, a filosofia da Manutenção Produtiva Total (TPM), os princípios da Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) e a técnica de Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA).

A Manutenção Autônoma, como pilar da TPM, será aplicada por meio da capacitação dos operadores para realizarem atividades básicas de inspeção, limpeza e lubrificação, promovendo o engajamento direto na preservação dos ativos. Essa prática visa reduzir a dependência exclusiva da equipe de manutenção, antecipar falhas e fortalecer a cultura de responsabilidade compartilhada.

O Book CIL, será utilizado como ferramenta de padronização das rotinas de manutenção autônoma, contendo instruções visuais, rotinas operacionais para cada etapa do processo e procedimentos detalhados para cada atividade designada ao funcionário.

A filosofia TPM, será incorporada como estratégia sistêmica, envolvendo todos os setores da organização na busca pela eficiência global dos equipamentos (OEE). A aplicação dos oito pilares do TPM, com destaque para a melhoria específica e o desenvolvimento de habilidades, contribuirá para a eliminação de perdas e o aumento da produtividade.

A metodologia também contempla a aplicação da RCM, com o objetivo de identificar as funções críticas dos maquinários da linha de produção, os

modos de falha mais relevantes e as consequências associadas. A partir dessa análise, serão definidas ações de manutenção mais adequadas, priorizando intervenções que assegurem a confiabilidade dos ativos e a continuidade operacional. Complementarmente, será realizada a FMEA, visando mapear os modos de falha potenciais, suas causas e efeitos, atribuindo índices de severidade, ocorrência e detecção. Essa técnica permitirá a priorização das ações corretivas e preventivas, contribuindo para a redução de riscos e o aumento da segurança operacional. A integração dessas ferramentas será conduzida por meio de um plano estruturado de PCM, com acompanhamento de indicadores como MTBF, MTTR e OEE. A coleta de dados será realizada em campo, com apoio dos operadores e técnicos, permitindo a análise comparativa entre o cenário atual e os resultados obtidos em sua implementação.

Estudos de Caso: Indústria Alimentícia, Implementação da Manutenção Autônoma e PCM

A Indústria Alimentícia de bebidas Alfa é uma empresa de médio porte localizada no sudeste do Brasil, especializada em bebidas não alcoólicas. Em 2023, a companhia enfrentava altos índices de falhas não planejadas em sua linha de envase, principalmente no Pasteurizador resultando em paradas de produção superiores a 40 horas mensais e um OEE médio de 38,91%, abaixo do padrão internacional de excelência (85%). Para mitigar esses impactos, a empresa implementou um programa integrado de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) aliado à Manutenção Autônoma, dois pilares estratégicos do TPM (Total Productive Maintenance). A metodologia aplicada foi estruturada em três etapas principais:

Diagnóstico Inicial:

- Levantamento de dados de MTTR e MTBF dos últimos 3 meses;
- Identificação dos modos de falha mais recorrentes do equipamento que foi cabeça do Pareto – Pasteurizador (Travamento da malha)
- Mapeamento de gargalos operacionais.

Implementação de Práticas de Manutenção Autônoma:

- Treinamento dos operadores para inspeção, limpeza e lubrificação (Book CIL)
- Implantação de checklists padronizados
- Introdução de controles visuais e indicadores na linha de produção.

Monitoramento e Indicadores:

- Acompanhamento de OEE, MTBF e MTTR;
- Aplicação de ferramentas da qualidade (Ishikawa, 5 Porquês e PDCA);
- Reuniões semanais entre operadores e equipe de manutenção.

A imagem 3 a seguir do cenário atual através do sistema LMS da empresa.

Imagem 3 - Estratificação dos indicadores de manutenção



Após 3 meses de implementação, os resultados foram expressivos:

- Redução no tempo de parada não programada;
- Aumento do MTBF em 60%;
- Redução do MTTR em 35%;
- Melhoria da confiabilidade e disponibilidade operacional para 98,86%
- Aumento do OEE para 50,04%.

Esses números aproximam a empresa dos padrões internacionais e demonstram a eficácia da integração entre manutenção autônoma e PCM. A Imagem 4 a seguir da evolução dos indicadores.

Imagem 4 - Estratificação da evolução dos indicadores



Aplicação Prática 5PQS e 6M para a causa raiz da quebra da máquina Pasteurizador da linha de produção.

A aplicação das ferramentas 5 Porquês e 6M foi realizada com foco na máquina Pasteurizador, visando identificar as causas principais de falhas operacionais e propor ações corretivas eficazes. Inicialmente, utilizando o método dos 5 Porquês, analisou-se a recorrência de paradas não programadas por travamento da esteira. A investigação revelou que o problema estava relacionado à falha operacional e peça, causada por falta inspeção da malha e falta de peça para reposição. Como ação corretiva, definiu-se a inclusão de inspeções semanais e plano de manutenção preventiva. Em complemento, aplicou-se o Diagrama 6M (Método, Mão de Obra, Máquina, Material, Meio Ambiente e Medição) para avaliar outros fatores que poderiam contribuir para a instabilidade do processo.

Análise do problema

A causa raiz identificada foi a ausência da execução do Padrão operacional, não realizando a manutenção corretamente quando necessário. Como solução, propõe-se a implementação de um treinamento sobre o plano e manutenção autônoma, estruturado com apoio do 5PQS e Diagrama 6M para definição de responsáveis, frequência das atividades e recursos necessários. Essa aplicação evidencia como ferramentas da qualidade auxiliam a transformar dados e problemas observados na manutenção em ações concretas, promovendo maior confiabilidade, disponibilidade operacional e redução de custos. A imagem a seguir de uma análise de 5PQS e 6M.

Imagem 5 – Análise do 5PQS e 6M.

5 Porquês Clareza e propósito da investigação: ★★★★★

Primeiro Porquê
Piso M540 superior esquerdo travou em produção

Segundo Porquê
Malha travada na entrada pasteurizador apresentando anomalia

Terceiro Porquê
Roda retorno da malha gerando sobre carga malha

Quarto Porquê
Ocasionalmente rompimento módulo

Quinto Porquê
Módulo Malha travando na roda retorno

Causa raiz Coerência da causa raiz: ★★★★★

Causa raiz encontrada
Manutenção Corretiva - Priorização
Manutenção Corretiva - Priorização
6M

MÃO DE OBRA MÉTODO

Solução para correção do problema

Após a análise do problema ocorrido no Pasteurizador, identificou-se que a causa principal da falha estava relacionada à quebra da malha durante o processo do equipamento, o que comprometeu o funcionamento do sistema e ocasionou paradas inesperadas na linha de envase. Como solução, foram implementadas ações corretivas e preventivas, incluindo a realização de treinamento específico com a equipe de manutenção e operação, abordando os cuidados necessários no manuseio da malha do equipamento, além da criação de um plano de inspeção semanal para verificação das condições da malha e dos componentes associados. A imagem a seguir da causa raiz e ações preventivas.

Imagem 6 – Ações para causa Raiz do 5PS:

Causa raiz Coerência da causa raiz: ★★★★★

Causa raiz encontrada
Manutenção Corretiva - Priorização
Manutenção Corretiva - Priorização
6M

MÃO DE OBRA MÉTODO

Comentário sobre a causa raiz encontrada
Módulo lateral com anomalia travada na roda retorno

Ações preventivas Relevância das ações propostas: ★★★★★

Ações sugeridas
#5WHY Programa semanal inspeção malhas do pasteurizador em todo PCM e oportunidades com linha parada

Responsável	Data de execução	Reunião	Status da ação
RICARDO MAIA DINIZ	02/04/2025	Segurança/Meio Ambiente OWC	Backlog

Indústria 4.0 e Manutenção Preditiva

A Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0) é definida pela fusão de mundos físico e digital através da integração de sistemas ciberfísicos, viabilizando ambientes de manufatura inteligente e altamente responsivos (SCHWAB, 2016). Essa transformação tem um impacto direto na gestão de ativos, impulsionando a transição de modelos de manutenção reativos para estratégias proativas e preditivas, fundamentadas em dados.

No contexto da linha de produção analisada, onde a eficiência depende da interconexão entre ativos como a Despaletizadora, o Pasteurizador e a Paletizadora, a Manutenção Preditiva emerge como a estratégia ideal para garantir a fluidez do processo. A Paletizadora, sendo a etapa final da linha — responsável por organizar e despachar o produto acabado —, tem seu desempenho diretamente atrelado ao OEE. Sua falha não só interrompe a expedição como também causa o acúmulo de produto nas etapas anteriores, paralisando toda a cadeia a montante.

A manutenção preditiva na era 4.0 utiliza tecnologias como sensores de Internet das Coisas (IoT), Big Data e Inteligência Artificial (IA) (LEE et al., 2014) para monitorar continuamente o estado de componentes críticos da Paletizadora (como braços robóticos ou sistemas de elevação). Essa coleta e análise de dados em tempo real permitem:

Prever o desgaste: Identificando anomalias na vibração ou temperatura antes que causem a parada da máquina.

Otimizar a intervenção: Programando a manutenção no momento ideal, minimizando o tempo de inatividade e evitando o alto custo induzido da paralisação de toda a linha.

Dessa forma, a implementação de práticas de PCM e Manutenção Autônoma no presente estudo de caso representa um passo fundamental na adoção de uma cultura mais próxima dos princípios da Indústria 4.0, ao transferir a inspeção básica para o operador e estruturar o planejamento para futuras intervenções baseadas em dados.

CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo foi descrever um Estudo de Caso focado em otimizar o desempenho de um equipamento na linha de produção, na indústria alimentícia, por meio da integração estratégica do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e da Manutenção Autônoma (MA). A questão de pesquisa foi respondida com a proposta de um plano de ação que transforma a cultura operacional, transferindo aos operadores a responsabilidade pela conservação primária, conforme a filosofia do Total Productive Maintenance (TPM), cuja aplicação é sustentada por autores como Nakajima (1989). Os principais resultados esperados do plano-piloto são o aumento da Confiabilidade e da Disponibilidade do ativo, com reflexos positivos na Eficiência Global do Equipamento (OEE), e a consequente redução de custos de manutenção.

A principal conclusão que se pode extrair do estudo é que a Manutenção Autônoma transcende a esfera técnica de limpeza e inspeção: ela é uma estratégia de gestão humanizada de ativos. Ao inserir o operador como protagonista da conservação e do monitoramento proativo, o TPM e a MA elevam a eficiência da manutenção como fator estratégico e, simultaneamente, promovem o engajamento e a valorização do conhecimento tácito dos colaboradores, aumentando a capacidade de competição da manufatura.

Como continuidade de pesquisa, aponta-se a necessidade de realizar a validação do plano de ação proposto, acompanhando sua implementação para mensurar os impactos reais nos indicadores de desempenho (OEE, MTTR, MTBF) e a evolução do clima organizacional. Outra oportunidade reside em explorar a integração dos princípios da MA com conceitos da Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. Manutenção Função Estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- VIANA, H. R. G. Planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. Manutenção Função Estratégica. 4. ed Rio de Janeiro: Qualitymark, 440 p. 2013
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade – Terminologia. Rio de Janeiro, 1994.
- MARTINS, P. G. Administração da Produção. São Paulo: Saraiva, 2012.
- TAVARES, L. A. Administração moderna de manutenção. Rio de Janeiro: Novo Pólo, 2001.
- DA SILVA NETO, J. C.; GONÇALVES DE LIMA, A. M. Implantação do controle de manutenção. Revista Club de Manutenimento, n. 10, 2002.
- SIQUEIRA, I. P. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.
- BALDISSARELLI, L.; FABRO, E. Manutenção preditiva na Indústria 4.0. Scientia cum Industria, v. 7, n. 2, p. 12-22, 2019.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção – Função Estratégica. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- NAKAJIMA, S. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1989.
- XENOS, H. G. Gerenciando a manutenção produtiva. Rio de Janeiro: INDG, 1998.
- OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 2, p. 1- 16, 2008.
- PEREIRA, M. J. Engenharia de manutenção: teoria e prática. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.

- GUIMARÃES, G. D. G. A importância da utilização de ferramentas de gestão de manutenção para aumentar a disponibilidade e confiabilidade de uma empresa mineradora de Serra do Salitre: um estudo de caso. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Finom de Patos de Minas.
- SILVA, Marlon. Custos da manutenção: implementação e gestão da técnica de manutenção preventiva checklist e seus impactos. [S.l.]: [s.n.], 2023. Trabalho acadêmico.
- GACAPPI, [Autor]. Análise da eficiência operacional com base em indicadores de manutenção. [S.l.]: [s.n.], 2022. Trabalho de Conclusão de Curso.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.
- BÜCHI, G.; CUGUERÓ-ESCOFET, N.; ABREU, A. Digitalization in the manufacturing industry: Challenges and opportunities. *Computers in Industry*, v. 123, p. 103–150, 2020.
- KANG, H. S. et al. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, v. 3, n. 1, p. 111–128, 2016.
- LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, v. 3, p. 18–23, 2014.
- LU, Y. et al. 5G and Industrial IoT: A review of applications, challenges, and future trends. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 16, n. 8, p. 4808–4819, 2020.
- MAYER-SCHÖNBERGER, V.; CUKIER, K. *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
- SCHWAB, K. *A Quarta Revolução Industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.
- TAO, F. et al. Digital twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 61, p. 101837, 2019.
- WAN, J. et al. Industrial IoT with blockchain technology in distributed cloud: A review. *IEEE Access*, v. 4, p. 1101–1111, 2016.
- NAKAJIMA, S. *Introduction to TPM*. Productivity Press, 1989.
- BÜCHI, G.; CUGUERÓ-ESCOFET, N.; ABREU, A. *Digitalization in the manufacturing industry: Challenges and opportunities*. Computers in Industry, 2020.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. *Manutenção: Função Estratégica*. Qualitymark, 2013.
- SCHWAB, K. *A Quarta Revolução Industrial*. Edipro, 2016.
- SILVA, Marlon. Custos de manutenção: melhoria e gestão da técnica de manutenção preventiva checklist e seus impactos. [S.l.]: [s.n.], 2023. Trabalho acadêmico.
- COSTA, HP da. *Manutenção Industrial: inovação e tecnologias*. São Paulo: Editora Técnica, 2024.