



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MATHEUS MOREIRA BENTO

PRINCIPAIS MANUTENÇÕES INDUSTRIAIS E SEUS ASPECTOS

UBÁ
2022

MATHEUS MOREIRA BENTO

PRINCIPAIS MANUTENÇÕES INDUSTRIAIS E SEUS ASPECTOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Fundação Presidente
Antônio Carlos de Ubá, como requisito
parcial para obtenção do título de
Engenheiro de Produção.

Orientador: Israel Iasbik

PRINCIPAIS MANUTENÇÕES INDUSTRIAIS E SEUS ASPECTOS

RESUMO

Com o avanço da industrialização, os maquinários passaram a ser os principais meios utilizados nos processos produtivos, e o tipo de manutenção adequada desses equipamentos possibilita diversas melhorias na produção das empresas, proporcionando uma maior produtividade, melhor qualidade, segurança e redução de gastos. O presente trabalho, por meio de obras literárias de pesquisadores e especialistas, artigos científicos e normas técnicas tem como objetivo apresentar os diferentes tipos de manutenções e ferramentas, indicando seus aspectos, para que se torne possível a escolha do tipo de reparo ideal para aplicação em uma empresa. Fica evidenciada a necessidade de se conservar os equipamentos com funcionamento adequado, de modo a evitar possíveis imprevistos e/ou falhas. Observa-se que, independente do tipo de manutenção e ferramentas escolhidas, deve-se destinar um setor na empresa à manutenção, a fim de se analisar, planejar e escolher o processo mais conveniente na produção, buscando alcançar maiores benefícios, corrigindo possíveis falhas.

Palavras-chave: Falhas. Ferramentas. Produtividade. Qualidade. Reparo.

MAIN INDUSTRIAL MAINTENANCE AND THEIR ASPECTS

ABSTRACT

With the advance of industrialization, machinery became the main means used in production processes, and the type of proper maintenance of this equipment enables several improvements in the production of companies, providing greater productivity, better quality, safety and cost reduction. The present work, through literary works by researchers and specialists, scientific articles and technical standards, aims to present the different types of maintenance and tools, indicating their aspects, so that it becomes possible to choose the ideal type of repair for application in a company. The need to keep the equipment working properly is evidenced, in order to avoid possible unforeseen events and/or failures. Note that, regardless of the type of maintenance and tools chosen, a sector of the company must be dedicated to maintenance, in order to analyze, plan and choose the most convenient process in production, seeking to achieve greater benefits, correcting possible failures.

Keywords: Failures. Tools. Productivity. Quality. Repair.

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da competitividade no mercado, surge uma enorme necessidade de planos de manutenções com profissionais qualificados, a fim de elevar-se o nível de eficiência, atingindo o rendimento máximo de produção em uma empresa. A manutenção consiste no ato de reparar e/ou preservar o funcionamento correto de determinado equipamento ou máquina industrial, e vem sendo considerada, cada vez mais, fator extremamente importante para a produtividade. Devido a falta de um plano de manutenção ou a adoção de um tipo inadequado, pode-se sofrer problemas nos processos produtivos, como: atrasos na produção, desperdícios de matérias, redução da qualidade dos produtos, entre outros.

É possível apresentar a manutenção em duas divisões diferentes: planejada e não planejada. A planejada é formada pela manutenção preditiva, embasada pelos conceitos específicos de cada equipamento; a manutenção preventiva, composta por processos que evitam possíveis problemas futuros; a manutenção produtiva total (TPM), baseada no conceito de ter seu operador como principal responsável, levando em consideração os demais departamentos. A não planejada engloba a manutenção corretiva realizada no reparo, após a apresentação de falhas.

Visando suprir a necessidade de produzir em grande escala, evitando pausas no processo de produção, torna-se indispensável um plano de manutenção dos equipamentos da empresa. Além disso, com os equipamentos em funcionamento perfeito, é possível alcançar uma qualidade incrivelmente elevada nos produtos.

O objetivo do presente trabalho é apresentar os diferentes tipos de manutenções e ferramentas, indicando seus aspectos, para que se torne possível a escolha do tipo de reparo ideal para aplicação em uma empresa.

Por meio desta revisão baseada em obras literárias de pesquisadores e especialistas, artigos científicos e normas técnicas é possível perceber que após realizar a escolha do ideal plano de manutenção, pode-se suprir as necessidades da empresa, diminuindo os obstáculos para o alcance de metas e objetivos traçados para o futuro da indústria. Logo, é possível atingir um melhor nível de produtividade, aprimorar a qualidade e o acabamento dos produtos, reduzir o custo com manutenções emergenciais não previstas e diminuir também o tempo gasto para o produzir.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Histórico

Com a chegada da Primeira Revolução Industrial no final do século XVIII (momento histórico da Globalização marcado pelo surgimento de máquinas à vapor na indústria têxtil) houve um elevado aumento de escala na produção e utilização de equipamentos e máquinas. Logo, com esse crescimento, também se tornou evidente o número de falhas e defeitos apresentados frequentemente pelos mesmos (DOHI, *et al.*, 2001). Dando origem então à chamada Manutenção Corretiva que se trata do processo de corrigir algum tipo de irregularidade recorrente nos equipamentos. Nesse período ainda não havia muita necessidade de maquinários, então não se preocupavam muito na manutenção da atividade dos maquinários. Logo, não havia nenhum tipo de aprendizagem ou conhecimento profissional de como poderia ser realizado a manutenção e havia grande dificuldade para identificar a causa de determinada paralisação do equipamento (MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009).

Segundo Moubray (2000), nessa primeira fase da história da manutenção os maquinários eram robustos, de grande escala e simples com objetivo de evitar possíveis defeitos/falhas e descomplicar no momento de conserto. Desse modo, os equipamentos poderiam ser utilizados com determinada facilidade para qualquer operário novato, e com a pouca modernização essas máquinas não tinham diversas funções, assim não se tornava tão complexa a realização de reparo como nos equipamentos dos dias atuais onde é necessária determinada especialização. Portanto, a manutenção nesse período era realizada somente após avaria no maquinário.

Para Nogueira *et al.* (2012), com a chegada da Segunda Guerra Mundial (1939 - 1945), houve um elevado crescimento no número de falhas em equipamentos e máquinas, já que com o cenário foi necessário aumentar a produção em alguns setores e desse modo consequentemente também foi aumentada a carga horária de funcionamento de maquinários. Por meio dessa elevação, alguns profissionais aos poucos foram se especializando no estudo da mecânica para que os reparos fossem realizados mais rapidamente e possivelmente evitar futuras falhas.

Conforme Moubray (1997) e Siqueira (2009), após o fim da Segunda Guerra Mundial já havia um melhor entendimento de como poderia ser apresentado um serviço de manutenção mais qualificado dos equipamentos e também se inicia o surgimento de profissionais interessados em se especializar nessa área de prestação de serviço. Sendo assim, se inicia a segunda fase histórica da manutenção que dá origem a conhecida Manutenção Preventiva, onde se exigiu um grande investimento para que houvesse maior qualificação dos profissionais destinados ao cargo de manutenção e também para a aquisição de equipamentos, ferramentas e itens básicos para a realização da prevenção.

Siqueira (2009) observa que com o passar dos anos, cada vez mais foram evoluindo os planos de manutenções e a especialização dos profissionais da área também receberam aprimoramentos tanto no conhecimento da manutenção em si quanto nas ferramentas e peças para a realização da assistência. Porém, durante esse período ocorrido os maquinários receberam novas adaptações e com isso passaram a apresentar novas tecnologias jamais vistas antes, com novos acessórios, novas funções e além de tudo com uma proteção melhorada visando respeitar cada vez mais a NR-12 (Norma Regulamentadora número 12 com foco nos métodos de proteção para preservar a saúde do operador/colaborador).

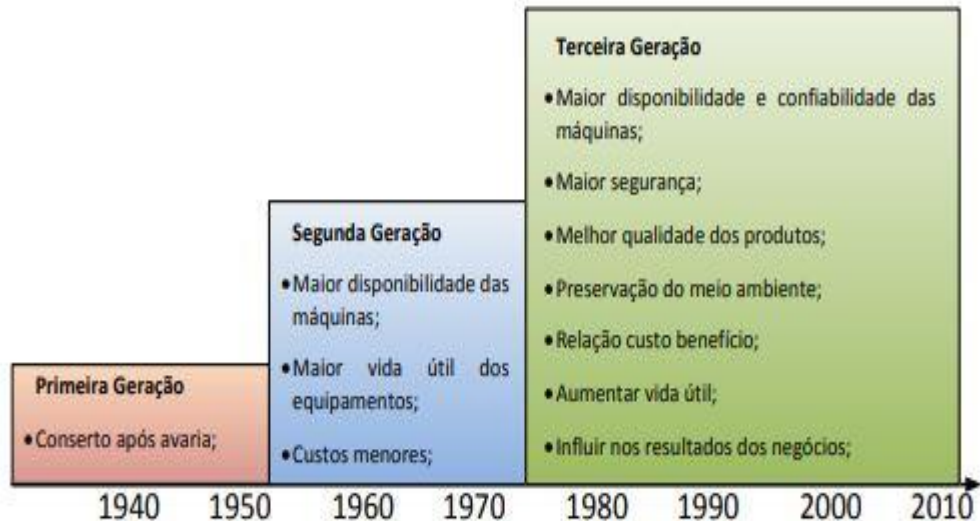
Logo, foi de fácil percepção que somente os dois planos de manutenções (corretiva e preventiva) já não eram mais suficientes para suprir a demanda de necessidade de assistências técnicas, tendo em vista o rápido crescimento da industrialização e o surgimento de novos equipamentos e maquinários mais compactos e complexos (SIQUEIRA, 2009; SHENOY e BHADURY, 2005).

Desse modo, com a chegada do século XXI até os dias atuais vêm aumentando cada vez mais os diferentes segmentos de máquinas, criando também mais dois novos planos de manutenções que tendem a evoluir com os próximos anos com o intuito de acompanhar lado a lado as novas tecnologias (GUTIÉRREZ, 2005). Esses dois novos planos que surgiram após o ano 2000 são denominados como: Manutenção Preditiva e Manutenção Produtiva Total (TPM ou MPT). Inicia-se então a terceira fase histórica da manutenção que procede até os dias atuais (sem previsão para o término).

Segundo Moubray (1997) e Siqueira (2009), o desenvolvimento histórico da manutenção também pode ser dividido com base na evolução tecnológica de

produção. Observe a seguir, na Figura 1, como essa nova divisão possibilita novos conceitos:

Figura 1: Evolução Temporal Da Manutenção



Fonte: MOUBRAY, John (1997, pg. 7).

2.2 Tipos de Manutenções

Segundo o dicionário online brasileiro Dicio, temos a definição da palavra manutenção como: "Reunião daquilo que se utiliza para manter e/ou conservar alguma coisa, garantindo, assim, seu bom funcionamento: manutenção de máquinas; manutenção de ferramentas". Essa palavra tem uma etimologia derivada do latim *Manus Tenere* que significa "ter em mãos", ou seja, conservar o que se tem em mãos, dessa maneira esse termo representa formas e meios necessários para preservar o perfeito funcionamento pretendido de algum item, preservando também todas as suas utilidades (FERREIRA, 1997).

Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas também conhecida simplesmente por sua sigla ABNT tem sua própria definição sobre o que se trata a manutenção e pode ser realizada a visualização da mesma através da norma NBR 5462-1994 em que há a seguinte designação: "a 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".

Na atualidade se encontra no mercado de trabalho da área de reparo quatro principais tipos de planos de manutenção, sendo eles: a Manutenção Corretiva, a Manutenção Preventiva, a Manutenção Preditiva e a Manutenção Produtiva Total conhecida também por sua tradução em inglês *Total Productive Maintenance* (TPM). Posteriormente, haverá a definição detalhada, explicações e demonstrações de aspectos à respeito de cada tipo analisado.

2.2.1 Manutenção Corretiva

A Manutenção Corretiva conforme citado previamente, foi o primeiro plano de manutenção mecânica que surgiu na história e que temos conhecimento de ser o pioneiro na área de reparos de equipamentos e maquinários de diversos tipos e portes diferentes. Esse plano de manutenção teve seu surgimento antes mesmo da Segunda Guerra Mundial, em um período onde o uso de maquinários e equipamentos mecânicos em indústrias não era tão comum (DOHI, *et al.*, 2001).

Segundo Bloom (2006), por conta da idealização da mão de obra barata dos trabalhadores naquele período, não se via tanta necessidade de investimentos em máquinas, pois era algo em que ainda não havia total confiança dos donos de fábricas. Considera-se que esses equipamentos eram novos no mercado e trouxeram a mecanização de processos antes realizados por trabalhadores, porém se tratava de um investimento muito alto para uma tecnologia em que não havia operadores especializados para utilizar adequadamente os maquinários de modo que prolongasse o tempo de vida desses equipamentos e também as fábricas não se encontravam preparadas para alterar totalmente os seus arranjos físicos e métodos de produção visando a adaptação desses novos recursos.

Para Dhillon (2006), com o passar dos tempos esses equipamentos mecânicos foram ganhando espaço no mercado e as indústrias começaram a adotar meios de acrescentar essa nova mecanização em suas fábricas. Visto que as primeiras empresas que aderiram estes métodos conseguiram aumentar sua produtividade em uma grande escala rapidamente, as demais concorrentes no mercado também começaram a se adaptarem à mecanização visando também o crescimento de produtividade e a economia com mão de obra de trabalhadores de cargos que acabaram se tornando dispensáveis graças aos novos maquinários recém chegados nas indústrias.

Nesse momento, a maioria das indústrias já haviam sido mecanizadas recebendo determinado investimento na aquisição da tecnologia de novos maquinários. Porém, como todas essas empresas eram concorrentes em alguma área em comum, iniciou-se uma certa competição para aumentar a produtividade da fábrica. Com foco nesse objetivo de crescimento, os proprietários de indústrias que adotaram essa nova adaptação de trabalho resolveram aumentar a carga horária de funcionamento dos equipamentos mecânicos e maquinários que exigiram investimentos, visando um crescimento cada vez maior da produtividade e conseguindo se tornar superior aos seus concorrentes no mercado na mesma área com produtividade inferior (MOUBRAY, 1997).

Conforme analisado por Moubray (1997), era praticamente impossível realizar o uso dessas máquinas em um período contínuo de carga horária pesada e não acarretarem nenhum tipo de problema mecânico. Sendo assim, se tornava necessário a realização de uma manutenção corretiva para corrigir um defeito mecânico que ocasionou a parada do equipamento da empresa e a interrupção na produção.

Segundo Slack *et al.* (2002), a manutenção corretiva se trata de um plano de reparo em que visa o conserto de panes, falhas e quebras nas quais impossibilita o funcionamento devido do maquinário, desse modo, não desempenhando corretamente a função designada para o mesmo. Esse plano de reparo tem como característica a imprevisão de defeitos que afetam diretamente a ferramenta defeituosa e sua linha de produção, em alguns casos chegando até ocasionando a parada total da produtividade da empresa.

Filho (2008), observa que essa manutenção trata-se na maioria dos casos ocorridos em necessária substituição de peças e componentes desgastados ou quebrados existentes no maquinário que atinge o desempenho de função do mesmo. Além disso, a manutenção corretiva pode ser classificada em dois tipos diferentes: não planejada ou planejada.

A manutenção corretiva não planejada é definida através das características de quando não há nenhuma preparação para a situação de um reparo imprevisível, ou seja, falta de estoque de peças/componentes, ausência de profissional especializado no momento da falha e pouco tempo para a preparação do reparo. Nesse tipo de manutenção pode-se até considerar o custo inferior do que o plano no

qual exige a prevenção de defeitos. Mas, pode ocasionar uma grande perda financeira por conta do tempo de pausa na produção (OTANI e MACHADO, 2008).

Já a manutenção corretiva planejada é caracterizada pelo presente preparativo e planejamento caso ocorra a necessidade de realizar um reparo não previsto. Consiste em manter um estoque alinhado com peças e componentes necessários em momento de reparo, ter sempre no ambiente um profissional adequado para a realização do mesmo e existir determinada preparação para esse instante de anormalidade. A escolha por esse tipo de reparo pode ser caracterizada por diversos fatores diferentes, como: maquinário fora de linha, respeitar o plano de parada produtivo negociado internamente na empresa, necessidade da prestação de serviços terceirizados ou até mesmo características relacionadas à segurança (OTANI e MACHADO, 2008).

Segundo Teles (2017), a manutenção corretiva em si independente de qual tipo, exige um baixo investimento da empresa para preparação ou planejamento, porém esse tipo de reparo normalmente tem um custo muito elevado por conta de aguardar a apresentação de falhas e pela perda na produtividade, além do tempo de pausa que ocorre por conta desses defeitos. Sendo assim, a manutenção corretiva pode ser representada pelos seguintes indicadores da figura 2.

Figura 2: Manutenção Corretiva - Custo x Tempo x Investimento



Fonte: TELES, Jhonata (2017, engeteles.com.br).

2.2.2 Manutenção Preventiva

O plano de reparo abordado a seguir é denominado como Manutenção Preventiva que visa abranger métodos de mediação em maquinários com os objetivos de manter os mesmos em condições de funcionamento ideal e evitar ou reduzir possíveis futuras degradações em componentes dos equipamentos de modo

que tenham uma vida útil prolongada e que não haja intervenções inesperadas na produção por conta de defeitos, falhas e panes nos maquinários que poderiam ser evitados caso houvesse um plano de prevenção adequado na empresa (MOBLEY, 2008).

Segundo o artigo 2.8.7. da norma NBR 5462, pode-se ter a definição de Manutenção Preventiva como: "Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item". Ou seja, são atividades tomadas com conhecimento prévio obedecendo critérios específicos estabelecidos pelo fabricante do maquinário ou prazos previamente planejados pelo setor de profissionais mecânicos especializados, com a finalidade de identificar antecipadamente potenciais defeitos e panes que possam ocorrer futuramente no sistema. Desse modo, é possível evitar imprevistos e reparar essas falhas antes mesmo de ocorrer ou interceptar o agravamento do problema que pode afetar diretamente a produtividade (XENOS, 1998; SMITH e MOBLEY, 2007).

Para Filho (2008) há a definição de que todas e quaisquer ações adotadas de manutenção e reparo de equipamentos realizados enquanto os mesmos apresentam condições operacionais, ainda que com defeitos devem ser consideradas como uma manutenção preventiva. O que significa que atividades como, por exemplo, ajustes, testes, reapertos, limpezas, lubrificações, inspeções, calibrações, alinhamentos, verificações de condições e troca/conserto de componentes desgastados são ações determinadas por um plano preventivo.

Conforme Xenos (2004) e Dhillon (2006), a manutenção preventiva abrange um leque imenso de objetivos à serem atingidos por empresas que adotam este plano, dentre eles pode-se citar como principais a necessidade de alcançar altos índices de confiabilidade/segurança em relação do funcionamento operacional adequado dos maquinários, assegurar a disponibilidade dos mesmos, alcançar altos níveis da vida produtiva dos equipamentos, amenizar a taxa de falhas potenciais, diminuir possíveis prejuízos na produtividade por conta de falhas em máquinas, promover um bom gerenciamento de reparos e garantir a saúde dos colaboradores.

A seguir na figura 3, analisa-se uma representação estrutural de algumas possíveis ações sistêmicas relacionadas a manutenção preventiva citadas anteriormente neste tópico.

Figura 3: Ações da Manutenção Preventiva



Fonte: PINHEIRO, André (2017, researchgate.net).

Seguindo a estrutura de atividades que podem serem tomadas como um plano preventivo de reparo, deve saber o momento ideal para a realização destas ações. Para Xenos (1998), essas práticas necessitam de seguir as recomendações específicas indicadas pelo fabricante, tornando-se indispensável um plano de cronograma para obter uma programação preventiva adequada, visando manter o bom operacional dos equipamentos e evitar desgastes desnecessários. Esses reparos preventivos, podem ser acompanhados através das recomendações de frequências determinadas previamente pelo fabricante. Essas indicações de períodos variam de equipamento para equipamento, podendo ser: relacionada à tempo de uso, produtividade, quilometragem, entre outros.

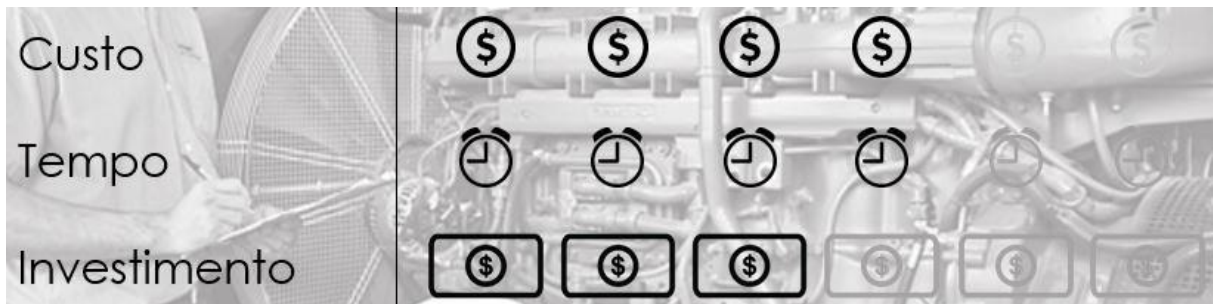
Na frequência relacionada ao tempo de uso, o maquinário passa pelo reparo preventivo somente no momento em que atingir determinado tempo indicado pelo fabricante. Já quando se relaciona à produtividade, a manutenção preventiva ocorre somente após o momento em que se atinge uma meta de produção estabelecida previamente, desconsiderando o tempo de uso. Porém, no caso de frequência atrelada por quilometragem, ocorre o ajuste no período em que o maquinário ou algum item presente no mesmo atinge uma quilometragem determinada precocemente pela fábrica (XENOS, 1998).

Esse plano de manutenção pode ser colocado em ação com mais praticidade realizando o uso de dados estatísticos e históricos especiais para cada maquinário, visando a facilidade para a identificação do período mais adequado do reparo. Desse modo, é possível obter uma estimativa de quando pode vir a ocorrer algum defeito e evita o risco de falhas durante o tempo de funcionamento, além de

disponibilizar uma melhor programação predeterminada de reparo preventivo e aprimorar o gerenciamento dos períodos de paralisação na produtividade para que possa ser realizados os ajustes necessários sem interferir totalmente no planejamento de produção da empresa (KARDEC e NASFIC, 2009; XENOS, 1998).

Para Kardec e Nasfic (2009), apesar de evitar longas pausas/interrupções na produção e ter um custo de manutenção mais baixo comparado ao plano corretivo, a manutenção preventiva ainda se mantém como um plano intermediário e que deve ser analisado de diferentes pontos pelas empresas. Para adotar esse plano, é recomendado que haja uma maior equipe de funcionários capacitados e de especialização elevada, requer um estoque com peças e componentes necessários para realização de reparos e que também tenha investimento na contabilização de horas ociosas na produção devido à execução de reparos. Observe essa representação a seguir na figura 4.

Figura 4: Manutenção Preventiva - Custo x Tempo x Investimento



Fonte: TELES, Jhonata (2017, engeteles.com.br).

2.2.3 Manutenção Preditiva

Filho (2008) e Marçal (2000) observam que a Manutenção Preditiva trata-se de um plano de reparo onde existe o objetivo de tentar definir as condições futuras de um equipamento através de avaliações e análises estatísticas de dados reunidos durante determinado período específico de um maquinário em especial. Também conhecida por manutenção sob condição ou manutenção por base no estado do equipamento, este método visa a realização do reparo antes mesmo de que as falhas sejam apresentada quando ainda não causam nenhum tipo de prejuízo ao maquinário ou atinja de forma direta os processos de produção, com a finalidade de

minimizar a necessidade de utilizar de um dos outros dois planos mencionados nos tópicos anteriores.

A NBR 5462 no item 2.8.9. define esse plano de reparo como: "Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir o mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva".

Raposo (2004) tem esse plano de manutenção com duas perspectivas diferentes. Uma delas pode ser relacionada com o plano preventivo, caracterizada pelas supervisões frequentes das variáveis do equipamento, essa modalidade pode ser considerada como uma preventiva de acompanhamento. Já na outra perspectiva, tem-se a manutenção preditiva com uma forma aprimorada do plano preventivo, classificando assim como um diferente programa de manutenção.

O principal ponto em que difere os planos preditivos e preventivos é que no método preventivo existe uma predeterminação de um período em que irá ser executada a manutenção. Porém, no plano preditivo o reparo é realizado somente se necessário e logo após a realização de análises e avaliações sobre as circunstâncias de funcionamento do maquinário (BLOCH e GEITNER, 2005).

Xenos (1998) define que o plano de manutenção sob condição é um método no qual o reparo ocorre unicamente quando indicado pelo resultado das análises realizadas com base nos dados específicos coletados do maquinário como: medições de temperatura, termografia, ultrassom, avaliações fisioquímicas dos óleos e vibrações anormais do equipamento. Desse modo, é possível definir o estado futuro da máquina e executar a manutenção no momento adequado antes da apresentação de falhas visando assim aproveitar o máximo a vida útil de funcionamento das peças, reduzir as intervenções na produção e minimizar as manutenções emergenciais.

A seguir na figura 5, pode-se observar um exemplo de técnica preditiva conhecida como Inspeção Termográfica Industrial, que tem como principal objetivo detectar anomalias térmicas no equipamento.

Figura 5: Aplicação Termográfica Na Indústria



Fonte: SALES, Raquel (2020, blog.acoplastbrasil.com.br).

A manutenção por base no estado do equipamento exige uma equipe de profissionais qualificada para a realização dos acompanhamentos necessários de cada maquinário, além de exigir também a aquisição de novos equipamentos requisitados para a realização de medições e coletas de dados (TOAZZA e SELLITO, 2015). O que determina que este plano de reparo pode exigir um alto investimento para que se torne possível a aplicação do mesmo dentro da empresa.

Segundo Reis *et al.* (2010), com a previsibilidade de falhas não há a necessidade de ter um estoque de peças tão extenso, pois a obtenção dos componentes pode ocorrer próximo ao evento do reparo. Além disso, torna-se possível o agendamento dos reparos evitando intervenções inesperadas. Desse modo, pode-se representar essa relação de custo x tempo x investimento da seguinte maneira (figura 6):

Figura 6: Manutenção Preditiva - Custo x Tempo x Investimento



Fonte: TELES, Jhonata (2017, engeteles.com.br).

2.2.4 Manutenção Produtiva Total (MPT ou TPM)

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a manutenção preventiva originou-se através das empresas automobilísticas nos Estados Unidos e foi aplicada em outras empresas automotivas do Japão, até então no país oriental fazia o uso apenas do conceito de manutenção corretiva. Porém, mesmo com esses dois planos de reparos presentes nas indústrias japonesas ainda havia o crescimento da automação industrial e conseqüentemente o aumento de manutenções corretivas, o que causava um efeito negativo financeiramente. Desse modo, as empresas automobilísticas japonesas analisaram a necessidade de desenvolver um novo método de reparo, surgindo assim a Manutenção Produtiva Total (TPM ou MPT).

A Manutenção Produtiva Total ou Total Productive Maintenance (em inglês) conhecida pelas respectivas siglas MPT e TPM baseia-se em um plano de reparo no qual basicamente há junção da manutenção preventiva à manutenção autônoma, buscando alcançar metas como o crescimento da produtividade e prolongamento do ciclo de vida útil dos maquinários. A TPM é uma ferramenta de reparo adotada por diversas empresas atualmente na qual todos os membros da equipe se dedicam em colaborar com a máxima eficiência na produção, dessa maneira, a equipe especializada destinada à essa posição de manutenção não será somente a única responsabilizada pelos cuidados e prevenções necessárias de cada equipamento. “Fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, em um nível de desempenho exigido” (XENOS, 1998).

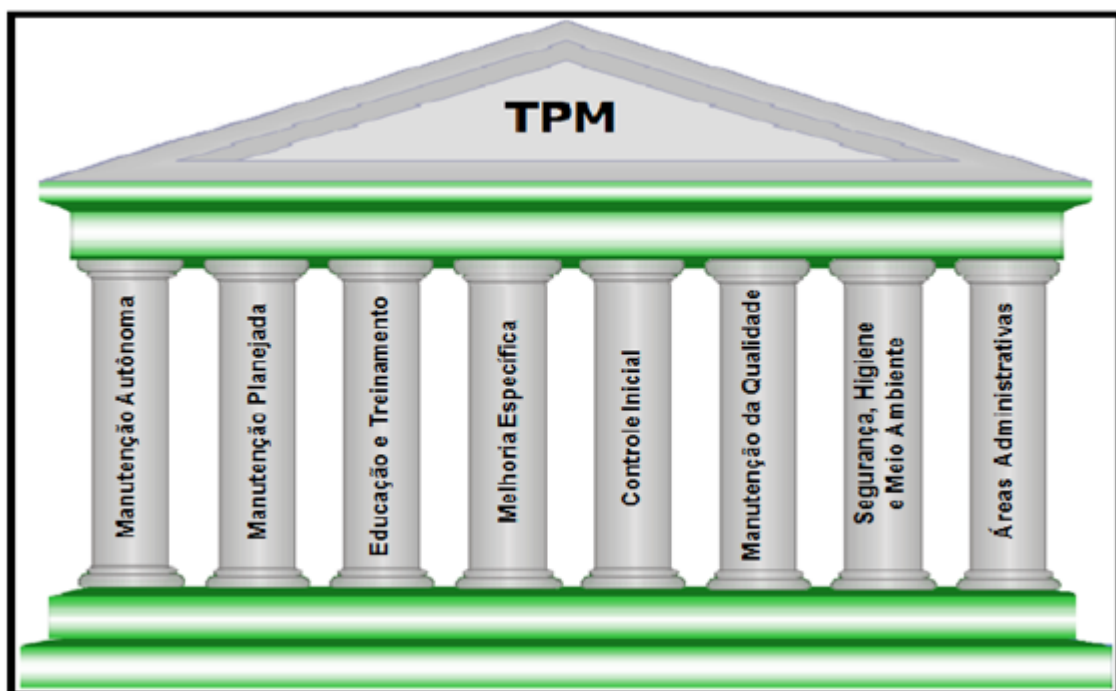
Para Nakajima (1989), a TPM é uma ferramenta que recebe destaque no quesito de gerenciamento de produção, pois tem como meta aprimorar a eficiência e o ciclo de vida dos maquinários. Já para Moraes (2004), esse plano de manutenção surgiu com o foco de evitar e reduzir as perdas de equipamentos por conta de falhas na produção. Seguindo a descrição desses dois autores anteriores, também soma-se Kardec e Nascif (2009) no qual relata a necessidade de alinhar as áreas de manutenção, engenharia e operação para que se torne possível alcançar altos aspectos de confiabilidade, disponibilidade e custo de ciclo de vida da instalação.

Para Moraes (2004), a TPM busca a eliminação total de falhas em maquinários, apresentação de defeitos de qualidade, redução de produtividade e desperdícios. Para atingir determinados objetivos, além de aumentar a eficácia de

produção e simultaneamente promover o crescimento no ciclo de vida útil dos equipamentos, torna-se necessário focar não somente nos maquinários, mas também promover a motivação e treinamento dos funcionários para alcançar um grande crescimento tanto em termos materiais quanto em termos humanos. Desse modo, todos os colaboradores serão engajados para manter uma ótima qualidade privilegiando a produtividade e garantir a disposição dos equipamentos no estado ideal para o cumprimento de suas funções.

Nakajima (1989), relata que esse plano de manutenção é composto por 8 pilares (figura 7) que são interligados e de extrema importância para que a Manutenção Produtiva Total seja implantada com sucesso e possa alcançar o aperfeiçoamento do gerenciamento de reparos. Esses pilares são:

Figura 7: Pilares da TPM



Fonte: IM&C Internacional (2006).

- Manutenção Autônoma: Consiste na divisão de deveres das tarefas básicas de reparo a operadores, determinando que atividades mais simples como lubrificação e limpeza possam ser realizadas pelos próprios operadores (SALTORATO e CINTRA, 1999).
- Manutenção Planejada: De acordo com Suzuki (1994), o plano abordado pode ser representado por três tipos diferentes de reparos: pós-quebra, preventiva e preditiva.

Esse pilar baseia-se no objetivo de evitar atrasos na produtividade devido paradas de longos períodos por conta de imprevistos.

- Melhoria Específica: Também conhecida por melhoria focada, esse pilar é composto por atividades realizadas através de técnicos participantes onde são convocados para analisar o processo e verificar se está havendo progressos e melhorias esperadas (SUZUKI, 1994).
- Controle Inicial: Segundo Tenório e Palmeira (2002), esse pilar tem como meta assegurar um processo eficaz que tenha a disponibilidade de adotar e desenvolver novos equipamentos sem reduzir a qualidade e a produtividade.
- Treinamento: Esse pilar consiste em cumprir a capacitação adequada de seus profissionais para que haja colaboração da equipe no papel da gestão de manutenção (TENÓRIO e PALMEIRA, 2002).
- Gestão Da Qualidade: Para Suzuki (1994), esse pilar tem o objetivo de garantir a qualidade máxima em seus produtos, evitar defeitos e implantar processos de identificação de falhas, visando garantir satisfação total do cliente com um produto de alta de qualidade.
- Segurança, Saúde e Meio Ambiente: Conforme Tenório e Palmeira (2002), este é um pilar essencial para a saúde que consiste na eliminação de riscos de acidentes, assegurar a preservação do meio ambiente e promover segurança. Além disso, busca-se a redução de impactos ambientais.
- Administrativo: De acordo com Suzuki (1994), esse determinado pilar tem como foco a disponibilização de apoio e melhorias nos processos administrativos, como, assistência com a gestão de pedidos ou aquisição de novos maquinários.

Com a implementação correta e adequada da Manutenção Produtiva Total na empresa é possível adquirir resultados perceptíveis e desfrutar de todas as vantagens desse plano, como, redução de riscos de acidentes, crescimento da produtividade, redução na quantidade de paradas não programadas para manutenção, aumento no ciclo de vida útil dos equipamentos e melhoria/garantia de qualidade nos produtos (NAKAJIMA, 1989).

Por outro lado, como desvantagens há: dificuldade de convencer os gestores sobre a necessidade da aplicação de um novo plano de manutenção, divergências para manter uma boa sinergia e comunicação entre a equipe, dificuldade para aceitação de mudanças dos demais colaboradores e complicações em sustentar os processos de cada fase do plano de reparo implantado.

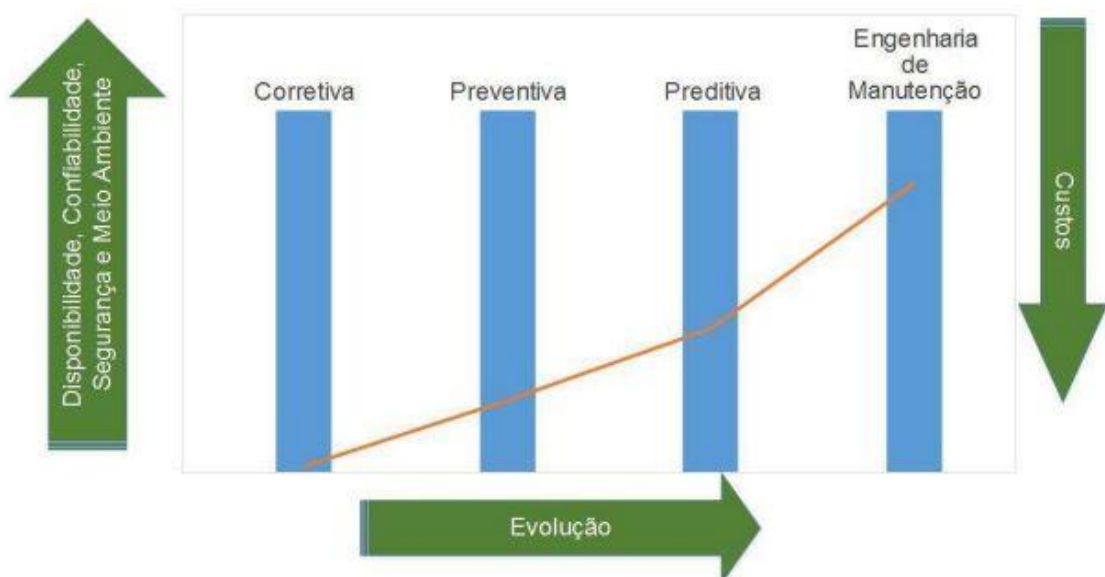
2.3 Engenharia de Manutenção

A engenharia de manutenção está diretamente ligada com as atividades de aprimoramento contínuo e alterações no dia a dia dos processos relacionados com a área de manutenção. Conforme relatado por Kardec e Nascif (2009), a engenharia de manutenção "promove a segunda quebra de paradigma da manutenção, sendo a primeira quebra de paradigma quando a organização realiza a migração a manutenção Preventiva para a Preditiva".

A aplicação deste método permite sua utilização como suporte para o departamento de reparos visando alcançar resoluções para possíveis problemas neste setor. Além disso, esta engenharia inclui o estudo e propõe aprimoramentos através da utilização de informações que foram coletadas e armazenadas pelo método preditivo. Sendo assim, tem-se como objetivos: elevar a confiabilidade, disponibilidade, manutenabilidade e segurança; exclusão de problemas graves e respostas para problemas tecnológicos; aprimorar a qualificação individual e gerenciar materiais; promover apoio à atividade e realizar pesquisas de defeitos; estudar tipos de reparos, analisar indicadores e atentar pela documentação técnica (KARDEC e NASCIF, 2009).

Para os autores mencionados anteriormente neste mesmo tópico, a Figura 8 representa o desenvolvimento da manutenção de acordo com seu método.

Figura 8: Evolução da Manutenção



Fonte: Adaptada de Kardec e Nascif (2009).

2.4 Qualidade da Manutenção

Para Falconi (2014), a qualidade deve ser um processo no qual exige a ação de toda a empresa e não apenas o departamento de manutenções. Alguns problemas como a falta de calibração em instrumentos, a utilização inadequada de sobressalentes, entre outros possíveis descuidados, podem facilmente serem percebidos e notificados se o sistema de qualidade for abrangido de forma geral pela organização, visando a prevenção de possíveis falhas semelhantes à estas. Além disto, com um sistema de qualidade adequado e com seu perfeito funcionamento, seria possível até mesmo o crescimento da produtividade dispensando a necessidade de novos investimentos.

Carstens (2007) observa que as ferramentas da qualidade podem ser elaboradas exclusivamente para cada setor e normalmente são subdivididas na manutenção. Essas ferramentas são implantadas no gerenciamento da manutenção da empresa, possibilitando a análise e detecção de falhas visando adquirir melhorias contínuas. A seguir, seguem resumidas as principais ferramentas de qualidade utilizadas.

2.4.1 Ciclo PDCA

A ferramenta do Ciclo PDCA é formado por diferentes fases e é denominado dessa maneira devido a sigla inglesa de suas quatro etapas, sendo elas: PLAN (planejar), DO (executar), CHECK (verificar) e ACTION (agir). Segundo Ishikawa (1993), esta ferramenta surgiu no século XX, no momento em que o engenheiro mecânico Frederick Taylor pesquisava sobre o método *plan-do-see* (planejar-executar-ver) para a implantação das fases do processo da produção.

Esta metodologia tem como objetivo alcançar o aprimoramento contínuo, promovendo recomendações através do gerenciamento estratégico da organização. Permitindo o indispensável alinhamento dos colaboradores da empresa com a ferramenta (FALCONI, 2014). Sendo assim, pode-se observar a seguir na Figura 9, como funciona o Ciclo PDCA e como promove a correção de desvios imprevistos.

Figura 9: Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado do Sebrae Nacional (2018).

2.4.2 Análise da Causa Raiz

Este tipo de análise como o próprio nome já define, busca investigar a causa pela qual ocasionou determinada inconformidade. Para esta análise, é necessário realizar a utilização de experiência e/ou conhecimento. Sucessivamente, serão expostas alguns meios utilizados para a assistência desta ferramenta.

a) Brainstorming

Este termo em inglês "*Brainstorming*" significa Tempestade Cerebral, ou conhecida por alguns como Tempestade de Ideias. O método consiste em realizar um agrupamento onde todos os membros tem o direito de expor seu pensamento ou ponto de vista em relação a determinado assunto, dessa maneira, é possível analisar diferentes ideias de melhorias e até mesmo mesclar os pensamentos que possivelmente podem se completarem (MULLEN *et al.*, 1991).

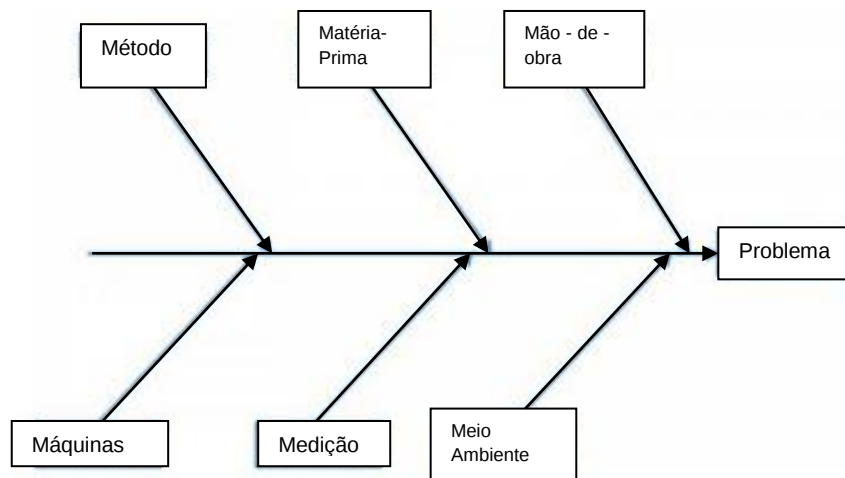
b) Diagrama de Causa e Efeito

O respectivo diagrama também pode ser chamado como Diagrama de Ishikawa, é uma ferramenta focada em gerenciar a racionalidade discutida em relação a algum problema prioritário, em diferentes atividades, especialmente em processos produtivos industriais. Esta metodologia, basicamente motiva as pessoas

à raciocinar os possíveis motivos que ocasionam um específico problema (MIRANDA, 2018).

Conforme Miranda (2018), para encontrar determinado gargalo produtivo, o diagrama disponibiliza seis motivos principais que possivelmente afetaram a atividade produtiva. Sendo eles: Método; Matéria-Prima; Máquina; Medição; Mão de Obra; Meio Ambiente. Observe essa demonstração a seguir na Figura 10:

Figura 10: Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Adaptado de Miranda (2018).

2.5 Relação Entre Manutenção e Produtividade

A eficiência da manutenção está completamente interligada com a produtividade de maneira proporcional. Segundo Slack, Chambers e Johnston (1997), todos os tipos de manutenções utilizados tem como objetivo alcançar baixos custos de maneira que ainda proporcionem qualidade, agilidade, confiabilidade e flexibilidade.

Conforme relatos de Oliveira e Silva (2013), a produtividade está ligada de forma direta com a receita e custos, perante esses dois parâmetros, para atingir uma maior produtividade é de suma importância elevar a receita e amenizar os custos. Para alcançar essas metas é essencial realizar uma ótima manutenção.

Para Barros (2018), a manutenção nas empresas requer uma elevada qualidade em seus processos, pois através de indicadores como: lucratividade, disponibilidade de maquinários e a apresentação de defeitos reduzidos, são capazes

de promover ganhos de clientes e suas fidelidades. Deste modo, são inteiramente parâmetros relacionados com a produtividade da organização.

Para a obtenção de uma manutenção eficiente é necessário obter determinado gerenciamento e planejamento por meio da sistematização de informações que permitem a gestão de uma elevada quantidade de dados de modo que ocorra no menor tempo possível, sendo assim, é possível promover um melhor gerenciamento e um controle de informação eficaz, podendo atingir diretamente a produtividade (KLEIN, 2007).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho tem a relevância em abordar a atuação dos tipos de manutenções na indústria e como podem ser relacionados na produção. Desse modo, ao realizar a utilização de um gerenciamento de manutenção adequado para a empresa, é possível obter melhorias contínuas.

Dito isso, uma empresa que não adote um departamento de manutenção com profissionais especializados para um gerenciamento com equipamentos, terá problemas ao realizar processos de reparo. Neste estudo, foram demonstrados tipos de manutenções e suas ferramentas, buscando apresentar suas características e relatar como podem atingir melhores processos produtivos, a partir do momento em que se adota um planejamento adequado, permitindo a obtenção de benefícios como: aumento na produtividade, redução de períodos ociosos, melhoria contínua em suas atividades produtivas, melhor qualidade, maior satisfação dos clientes e diminuição de desperdícios e custos.

Observa-se que é de suma importância a aplicação de um setor de manutenção na empresa, independente do tipo de manutenção e as ferramentas escolhidas. Fica a critério de cada organização definir qual planejamento será ideal para seus processos produtivos, perante a análise das alternativas de manutenções e ferramentas em relação aos aspectos da empresa. Para algumas indústrias, uma gestão corretiva poderá ser mais vantajosa do que as demais, do mesmo modo em que, para outras empresas, a implantação de um método TPM, ou preventivo, ou até mesmo preditivo, trará melhores resultados. Contudo, independente dos métodos adotados, todos eles têm em comum o objetivo de corrigir e eliminar defeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

ALVES R., André; PONSONI D., Lucas. **Manutenção Produtiva Total (TPM): Considerações Sobre Casos de Sucesso**, 2014. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_tn_sto_195_105_24987.pdf>. Acesso em 09 set. 2022

BARROS, B; FERRAZ, M; REIS, S. **A Importância da Manutenção Industrial Como Ferramenta Estratégica de Competitividade**. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade Redentor, 2018. Disponível em: <http://www.redentor.inf.br:4444/files/brenoalvimbarros-artigo_16092016111003.pdf>. Acesso em 07 nov. 2022.

BLOCH, P.; GEITNER, K. **Machinery Component Maintenance and Repair: practical machinery management for process plants**. 3ª. ed. Burlington: Elsevier Inc., v. 3, 2005.

BLOOM, N. **Reliability Centered Maintenance (RCM): implementation made simple**. 1ª. ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2006.

CARSTENS, Luciano. **O papel da gestão da manutenção na estratégia de operações em serviços de telecomunicações**. Disponível em: <<http://www.produtonica.pucpr.br/sip/conteudo/dissertacoes/pdf/luciano%20Carstens.pdf/>>, 2007. Acesso em 07 set. 2012.

DHILLON, B. S. **Maintainability, maintenance and reliability for Engineers**. 1ª. ed. New York: CRC Press, 2006.

DICIO, **Dicionário Online de Português**. 7graus, São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/manutencao/>>. Acesso em 15 jul. 2022.

DOHI, T. et al. Optimizing the repair-time limit replacement schedule with discounting and imperfect repair. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 7, n. 1, p. 71-84, jan-abr 2001.

FALCONI, V. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda. 256 p, 2014.

FERREIRA, A. B. D. H. **Novo dicionário de língua portuguesa**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

FILHO, G. B. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

GUTIÉRREZ, A. M. **Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios: enfoque sistémico kantiano**. 1ª. ed. Colômbia: AMG, 2005.

ISHIKAWA, K. **Controle da qualidade total: a maneira Japonesa**. Rio de Janeiro: Ed. Campus. 1993.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualimark: Petrobras, 2009. KOBACZY, K. A., & Murthy, D. P. 2008. Complex system maintenance handbook. London: Springer-Verlang.

KLEIN, João J. **Desenvolvimento e implantação de um sistema de planejamento e controle da manutenção informatizado em uma instituição de ensino superior**. 2007. Disponível em: <<http://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10326/000595691.pdf?sequence=1>>. Acesso em 09 nov. 2022.

MARÇAL, Rui F. M. **Um método para detectar falhas incipientes em Máquinas Rotativas baseado em Análise de Vibrações e Lógica Fuzzy**. 2000. 124 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, de Minas e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

MOBLEY, K.; HIGGINS, L. R.; WIKOFF, **Maintenance Engineering Handbook**. 7ª. ed. New York: McGraw-Hill, 2008.

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Sócioprodutivos, Universidade de Taubaté) - Taubaté: UNITAU, 2004. Disponível em: <http://www.ppga.com.br/mestrado/2003/moraes-paulo_henrique_de_almeida.pdf>. Acesso em 15 out. 2022.

MOUBRAY, Jhon. **Reliability-centered maintenance: second edition**. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

MOUBRAY, Jhon. **RCM II - Manutenção Centrada em Confiabilidade** - Edição brasileira, Traduzido por: Kleber Siqueira, Aladon Ltd. Inglaterra, 2000.

MULLEN, B.; JOHNSON, C. & Salas, E. (1991). **Productivity loss in Brainstorming Groups: a meta-analytic integration**. *Basic and Applied Social Psychology*, (pp. 3-23). Vol. 12 (1).

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NOGUEIRA, C. F.; GUIMARÃES, L.G.; SILVA, M. B. da; **Manutenção industrial : implementação da manutenção produtiva total (TPM)**. Belo Horizonte: Ed. UniBH, 2012.

NORMA REGULAMENTADORA No. 12. **NR-12: Segurança No Trabalho Em Máquinas e Equipamentos**. Belo Horizonte, 2019.

OLIVEIRA S, José Carlos; SILVA P, Aluísio. **Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras**. 2013. Disponível em:

<<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1021/501>>. Acesso em 08 nov. 2022.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008.

RAPOSO, José L. O. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada a Sistemas Elétricos: uma proposta para uso de análise de risco no diagrama de decisão**. 2004. 149 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2004.

REIS, Zaida Cristiane dos; DENARDIN, Carina Desconzi; MILAN, Gabriel Sperandio. **A Implantação de um Planejamento e Controle da Manutenção**: Um estudo de caso desenvolvido em uma empresa do ramo alimentício. In: VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2010, Niterói. Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg6/anais/T10_0268_0981.pdf>. Acesso em 27 set. 2022.

SALES, Raquel. **Como a Termografia industrial auxilia na redução de custos na manutenção**. Acoplastbrasil, Contagem - MG, 23 de março de 2021. Disponível em: <blog.acoplastbrasil.com.br/termografia-industrial/>. Acesso em 03 set. 2022.

SALTORATO, P.; CINTRA, C. T. **Implantação de um Programa de Manutenção Produtiva Total em uma Indústria Calçadista em Franca**. ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO (XIX ENEGEP), 56, 1999. Rio de Janeiro, RJ. Anais.1999.

SHAIKOSKI JR, R.; MIRANDA, D. A. **Implementação do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos para Diagnóstico e Melhoria do Desempenho Produtivo: Estudo de Caso**. Ponta Grossa, PR: VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. CONBREPPO, 2018.

SHENOY, D.; BHADURY, B. **Maintenance resources management: adapting MRP**. 1ª. ed. London: Taylor & Francis Ltd, 2005.

SIQUEIRA, Y. P. D. S. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implantação. 1ª (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo 1997.

SLACK, N.; CHAMBLERS, S.; JOHNSTON, R. (2002) - **Administração da produção**. 2ªed. São Paulo: Atlas.

SMITH, R.; MOBLEY, R. K. **Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers**. 1º. ed. Burlington: Butterworth Heinemann, 2007.

SUZUKI, T. **TPM in process industries**. New York: Productivity Press, 1994.

TAVARES, Lourival. **Administração Moderna da Manutenção**. Rio de Janeiro. Novo Pólo Publicações, 1999.

TELES, Jhonata. **Tipos de Manutenção**. Engeteles, Brasília, 02 de janeiro de 2018. Disponível em: <engeteles.com.br/tipos-de-manutencao/>. Acesso em 24 jul. 2022.

TENÓRIO, F. G.; PALMEIRA, J. N.; **Flexibilização Organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2002.

TOAZZA, Guilherme Francez; SELLITO, Miguel Afonso. **Estratégia de Manutenção Preditiva no Departamento Gráfico de uma Empresa do Ramo Fumageiro**.

Revista Produção Online. V.15, n.3, 2015. Disponível em:

<<http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1623/1298>>. Acesso em 15 ago. 2022.

XENOS, Harilaus G. P. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. 1ª. ed. São Paulo: INDG TecS, 2004.