



**Universidade Federal do Paraná**  
**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu**  
**Engenharia Industrial 4.0**



ALEXANDRE ROSADO FERREIRA  
FABIO SANTAROSA  
JOSMAR PIOVESAN  
VICTOR SCHIAVETO

**TPM 4.0 - O MELHOR GERENCIAMENTO DE SEUS MATERIAIS E  
RECURSOS.**

**CURITIBA  
2022**

ALEXANDRE ROSADO FERREIRA  
FABIO SANTAROSA  
JOSMAR PIOVESAN  
VICTOR SCHIAVETO

**TPM 4.0 - O MELHOR GERENCIAMENTO DE SEUS MATERIAIS E  
RECURSOS.**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

**CURITIBA  
2022**

## RESUMO

Para atender às necessidades de demandas de um mercado cada vez mais utilizado, no que tange o gerenciamento de toda sua linha produtiva e tempos de paradas. Algumas empresas procuram adotar estratégias que resultem em aumento de produtividade, melhoria da qualidade e redução de custos. Para atingir estes objetivos grande parte das empresas usam o sistema de produção enxuta que possui um modelo de gestão de manutenção conhecida pela sigla TPM (Total Productive Maintenance), Manutenção Produtiva Total. Este projeto se limita em apenas quatro de oito pilares da TPM, manutenção planejada, manutenção autônoma, melhorias de processo, treinamento e educação. Utilizando ferramentas da indústria 4.0, conseguimos melhorar e dar mais autonomia para a ponta da linha na fábrica, informação que as vezes ficam em setores que não fazem parte propriamente dita do chão de fábrica. Nesse trabalho, iremos utilizar algumas tecnologias de rastreabilidade como QR-CODE, data analytics para fazer o tratamento de dados e geração de um banco de dados, conexão IoT para a comunicação de nosso banco de dados, e armazenamento em nuvem para que a informação seja descentralizada. Ainda a opções para englobar treinamentos através de R.A (Realidade Aumentada) e R.V ou V.R (Realidade Virtual), além de robôs e macros para uma I.A (inteligência artificial) para apontamento de paradas programadas pontuais, preventivas, preditivas e gerenciamento de prioridade.

Palavras-chave: Planejamento. Manutenção. Eficiência. TPM. Industrial 4.0.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. TIPOS DE MANUTENÇÃO .....	10
FIGURA 2. 8 PILARES TPM.....	15
FIGURA 3. AS TECNOLOGIAS DA INDUSTRIA 4.0 .....	16
FIGURA 4. CANVAS .....	20
FIGURA 5. INTERFACE DO APLICATIVO.....	22
FIGURA 6. INTERFACE DO DISPOSITIVO DE LEITURA .....	23
FIGURA 7. QR-CODE .....	23
FIGURA 8. MENU VISTA EXPLODIDA MECÂNICA.....	24
FIGURA 9. MENU CORRETIVA/ PREVENTIVA HISTÓRICO .....	24
FIGURA 10. ESQUEMA DE REDE.....	25

# CONTEÚDO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	5
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	6
1.3. JUSTIFICATIVA.....	6
1.4. HIPÓTESE.....	7
1.5. OBJETIVO GERAL .....	7
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>8</b>
2.1. DEFINIÇÕES – MANUTENÇÃO.....	8
2.1.1. Histórico Da Manutenção .....	8
2.2. TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	9
2.2.1. Manutenção Corretiva .....	10
2.2.2. Manutenção Preventiva .....	11
2.2.3. Manutenção Preditiva .....	12
2.2.4. Manutenção Detectiva .....	13
2.3. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL .....	13
2.3.1. História da TPM.....	14
2.3.2. Evolução da TPM .....	14
2.4. INDÚSTRIA 4.0.....	16
2.5. MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0.....	17
2.5.1. Análise de falhas: realidade aumentada na indústria 4.0.....	17
<b>3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>20</b>
3.1. PROJETO PRELIMINAR .....	20
3.1.1. Requisitos de projeto .....	20
3.2. PROJETO INTERMEDIÁRIO.....	21
3.2.1. Aplicativo TPM 4.0.....	21
3.3. PROJETO DE DETALHAMENTO.....	22
3.3.1. Desenho e modelamento.....	22
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>27</b>
5.1. Sugestões de trabalhos futuros.....	28
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Visando descentralizar a informação em ambientes produtivos e melhorar a autogestão do mantenedor e operador de produção, será utilizado o método de Manutenção Produtiva Total (TPM – Total Productive Maintenance). Hoje o processo de manutenção, acaba passando por várias falhas de planejamento, mesmo quando executamos um plano de manutenção seguindo as regras da TPM, isso ocorre, pois a informação fica por vezes perdida em planilhas, folhas de papel, sem uma tratativa adequada, acaba faltando componentes para efetuar uma intervenção na máquina e mão de obra qualificada. Com a evolução natural hoje está difícil encontrar especialistas em determinados assuntos que além de fazer saibam passar esse conhecimento a frente.

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Sabe-se que a manutenção tem como objetivo garantir a disponibilidade e qualidade de equipamentos como é dito por Takahashi e Osada, (2010): “...os rádios contêm  $10^2$  peças, os televisores  $10^3$ , os automóveis, 104, um avião a jato, 105, e uma espaçonave Apollo, 106. Em um total de 500 peças, se cada uma tem um percentual de confiabilidade de 99,99% por unidade de tempo, a confiabilidade das 500 peças combinada fica reduzida a apenas 96,24%. Portanto, é imprescindível garantir que as peças sejam projetadas para serem confiáveis e que os métodos de manutenção adequados sejam acionados.” (TAKAHASHI & OSADA, 2010, P. 2).

A manutenção precisa ser executada com a importância que merece, caso contrário o percentual de confiabilidade das peças é reduzido, fazendo com que as possibilidades de falhas aumentem. E acarrete danos a área produtiva. Quando temos um processo produtivo a TPM é uma gestão que envolve toda a organização nas atividades de manutenção, incluindo, principalmente, os operadores das máquinas, passando pelos setores de apoio, até a direção. Não é apenas a gestão de manutenção que é responsável pelos cuidados que a linha precisa, os operadores contribuem com sua análise constante e conhecimento, os gestores cooperam planejando as atividades e a alocando recursos.

## **1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

Com o aumento de produtividade em todos os setores industrial, um dos pilares que mais sofre com a falta de centralização de dados é a manutenção. Geralmente existem vários dados de maquinas, relatos de falhas, históricos, falta de estoque e treinamentos, entre outras dificuldades que enfrentam gestores e operários nessa função.

Por vezes uma tomada de decisão acaba se tornando tardia, e não alinhada com as prioridades do setor produtivo. O planejamento da manutenção também sofre em propor paradas programadas que não são aceitas pelo setor produtivo pela necessidade de produzir. Em alguns casos, quando é aceito a parada de uma máquina, se deparamos com a falta de material para efetuar o concerto, o TMEF acaba se tornando muito alto, puxados pelo MTTR causado pela falta de um componente e assim os processos acabam ficando engessados e de difícil gestão. E como podemos mudar essa necessidade de melhorar o Tpm na indústria?

## **1.3. JUSTIFICATIVA**

Criação de um aplicativo personalizado para cada empresa, contendo um sistema de banco de dados, com indicadores de processo produtivo e manutenção que conversam entre si, presando pela interoperabilidade de sistemas, e ao mesmo tempo de fácil acesso, para uma tomada de decisão em campo pelo próprio mantenedor, além de um sistema de consulta com todos os esquemas de automação, diagramas elétricos, hidráulicos, pneumáticos e mecânico do equipamento. Nesse mesmo aplicativo ainda teremos treinamentos de maquinas e desenvolvimento especifico, aumentando o range de produtividade e conhecimento dos mantenedores. Isso facilita a gestão de toda a manutenção, auxiliando o planejamento com um sistema que indica a compra de componentes, e faz o gerenciamento de todo estoque de manutenção, além de programar paradas de manutenção conforme histórico de falhas e analisando a melhor maneira de manter a produção seguir mesmo com a parada de manutenção.

#### **1.4. HIPÓTESE**

O TPM está descentralizado, a equipe de manutenção não tem acesso a informações básicas como: Documentação, manuais de operação, peças de reposição, formações, falta de históricos, acesso aos estoques, produtividade e segurança. Desta forma visualizamos dificuldade na tomada de decisões, solução rápida dos problemas e dificuldade no planejamento de ações preventivas, essas são as hipóteses que norteiam esse projeto.

#### **1.5. OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desse estudo é apresentar a teoria e os conceitos envolvidos pela Manutenção Produtiva Total. Visando melhorar o sistema com ações mais rápidas, e como forma de consulta também “um livro de cabeceira para os operadores e mantenedores”. Trazendo para um mundo mais dinâmico esse conceito, sabemos que hoje tudo ocorre com um tempo de reação cada vez menor, então devemos antecipar muito desses riscos e minimizar os impactos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. DEFINIÇÕES – MANUTENÇÃO

Cita MONCHY (1987, p. 3), que “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação”. KARDEC & NASCIF (2009, p. 23) defende que “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”.

Existem diversas definições para a manutenção, a maioria com foco nos aspectos preventivos e corretivos. Hoje a manutenção está incluindo outras responsabilidades como segurança e ergonomia para operação, confiabilidade do produto, redução de custos e tempo de disponibilidade de uma máquina.

#### 2.1.1. Histórico Da Manutenção

Os estudos e as formas de aplicação da manutenção vêm mudando ao longo da história. Embora despercebida, mesmo em épocas mais remotas, a manutenção sempre existiu. MORAES, (2004) divide a evolução da manutenção em quatro gerações:

A primeira geração é anterior a Segunda Guerra Mundial, onde a indústria era pouco mecanizada, com equipamentos simples e superdimensionados. Nessa época predominava a manutenção corretiva, pois não se fazia necessária uma manutenção sistematizada, apenas serviços de limpeza, lubrificação, reparo.

A segunda geração abrange a Segunda Guerra Mundial até os anos de 1960. Devido à grande guerra, para atender a grande demanda por todo o tipo de produto, a disponibilidade dos equipamentos deveria ser aumentada, o que exigia a manutenção preventiva, que consistia em interrupções com intervalos fixos. Houve um aumento do custo de manutenção com relação aos custos operacionais e, com isso nasceu também os chamados Sistemas de Planejamento e Controle de Manutenção.

A terceira geração é pós anos 1970 devido à utilização do conceito de produção just-in-time, onde devido aos estoques reduzidos, pequenas paradas na produção poderiam significar grandes perdas. A confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos tornaram-se mais importantes e para que isso fosse alcançado iniciou-se o processo de manutenção preditiva. O início da informática permitiu a utilização de computadores no desenvolvimento de software para planejamento e controle e acompanhamento dos serviços de manutenção. O conceito de confiabilidade começa a ser cada vez mais aplicado pela Engenharia e na Manutenção.

A quarta geração inicia-se nos 90 com disponibilidade e a confiabilidade adquirindo mais importância na manutenção. Com o objeto de intervir cada vez menos na planta, as práticas de manutenção preditiva e monitoramento de condições de equipamentos e do processo passaram a ser cada vez mais utilizadas, reduzindo dessa maneira a aplicação da manutenção preventiva e tendo a manutenção corretiva não planejada como um indicador de ineficiência. A engenharia da Manutenção consolidava suas atividades, tendo como pilares a disponibilidade, a confiabilidade e a manutenibilidade.

Segundo Kardec e Nascif (2012), a quinta geração mantém as boas práticas da quarta geração, mas focado ainda mais nos resultados empresariais e uma grande melhoria na relação entre os departamentos para garantir a gestão dos ativos. Nessa fase surge o conceito de gestão dos ativos, no qual os ativos devem produzir na sua capacidade máxima para obter o melhor retorno sobre os ativos ou retorno sobre o investimento. A manutenção preditiva ganha um foco maior nessa geração, com um monitoramento de condições on-line e off-line. A manutenção começa cada vez mais a participar nas decisões do projeto, aquisição, instalação, comissionamento e operação dos ativos. A gestão está focada na constante implementação de melhorias para redução das falhas, focando diretamente na performance dos ativos, na excelência da engenharia da manutenção, contratação de serviços de terceiros por resultados e uma consolidação da boa prática gerencial.

## **2.2. TIPOS DE MANUTENÇÃO**

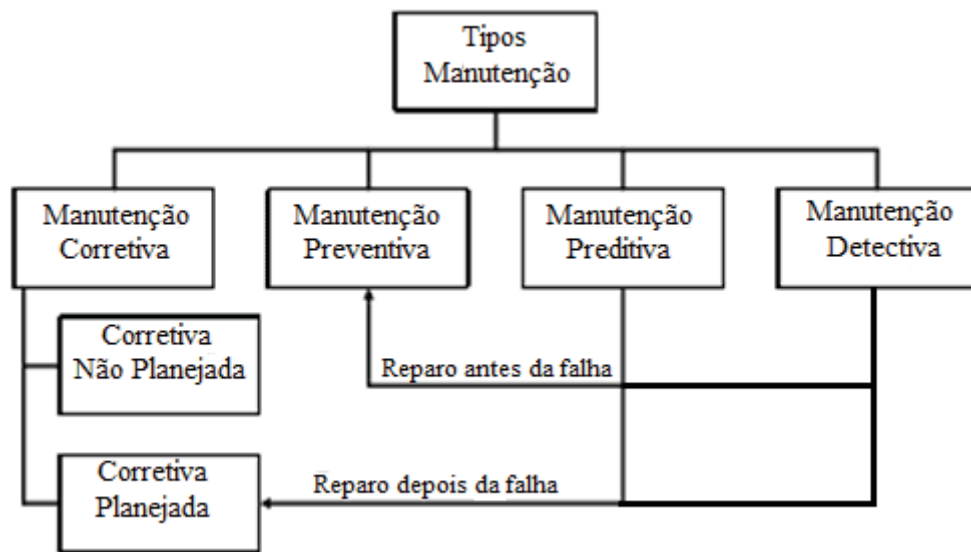
Tipos de manutenção são maneiras de direcionar as intervenções nos equipamentos de produção, ou seja, nas máquinas que fazem a composição de uma

determinada planta. Neste sentido, no critério considerado como modos de intervir nos instrumentos, deixa em evidencia a existência de um consenso, salvo algumas variações irrelevantes de acordo com os tipos de manutenção VIANA, (2002).

Existe vários tipos de manutenção, que se baseiam de acordo com as intervenções feitas nos equipamentos de produção. Decorrente da forma em que a manutenção é executada, pode ser classificada como: corretiva (não planejada ou planejada), preventiva, preditiva e detectiva. Elas visam conservar, adequar, restaurar, substituir e prevenir os equipamentos de forma que venham alcançar os objetivos da função VIANA, (2002).

Kardec e Nascif (2001) citam a Engenharia de Manutenção como um tipo de manutenção. Os tipos de manutenção são caracterizados pela maneira como é feita a intervenção no sistema conforme a figura 1.

FIGURA 1. TIPOS DE MANUTENÇÃO



FONTE: Núcleo do conhecimento.com.br (2019)

### 2.2.1. Manutenção Corretiva

É a forma mais simples e mais primitiva de manutenção. De acordo com SLACK et al. (2002, p. 625) “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. A manutenção será realizada somente após a quebra do equipamento [...]”. Que ainda se subdivide em duas categorias: planejada e não-planejada.

- Manutenção corretiva não-planejada: a correção da falha ou do desempenho abaixo do esperado é realizada sempre após a ocorrência do fato, sem acompanhamento ou planejamento anterior. Implica em elevados custos e baixa confiabilidade de produção, gerando ociosidade e danos maiores aos equipamentos, muitas vezes irreversíveis. OTANI & MACHADO, (2008).

- Manutenção corretiva planejada: quando a manutenção está preparada para quebra. Ocorre, por exemplo, pela decisão gerencial de operar até a falha ou em função de um acompanhamento preditivo. OTANI & MACHADO (2008, p. 4) apontam que “pelo seu próprio nome planejado, indica que tudo o que é planejado, tende a ficar mais barato, mais seguro e mais rápido”.

### 2.2.2. Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva, tem a missão de fazer com que a falha no equipamento não ocorra. Ela é realizada nos equipamentos em boas condições, isto é, nos que ainda não aconteceu a falha. Nesse modo, pode ocorrer duas situações diferentes, sendo a primeira ao desativar o equipamento antes do tempo necessário para fazer a manutenção e a segunda situação seria a falha do equipamento, por um cálculo do período do tempo de reparo de forma errada TROJAN, (2013).

É a manutenção voltada para evitar que a falha ocorra, através de manutenções em intervalos de tempo pré-definidos. Segundo SLACK et al. (2002, p. 645), “visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) dos elementos em intervalos de tempo pré-planejados”.

De acordo com ALMEIDA (2000, p.3) “todos os programas de gerência de manutenção preventiva assumem que as máquinas degradarão com um quadro típico de sua classificação em particular”. Ou seja, os reparos e recondiçnamentos de máquinas, na maioria das empresas, são planejados a partir de estatísticas, sendo a mais largamente usada a curva do tempo médio para falha – CTMF ALMEIDA, (2000).

O grande problema deste tipo de abordagem, no entanto, é basear-se em estatísticas para programação de paradas sem, no entanto, avaliar as variáveis específicas da planta que afetam diretamente a vida operacional normal do equipamento.

ALMEIDA (2000, p.3) cita que “o tempo médio entre as falhas (TMEF) não será o mesmo para uma bomba que esteja trabalhando com água e bombeando polpas abrasivas de minério”. Tais generalizações são as principais responsáveis pelos dois problemas mais comuns ao se adotar a manutenção preventiva: reparos desnecessários ou bastante antecipados e falhas inesperadas (ALMEIDA, 2000).

No primeiro caso, sendo realizado o reparo muito antes do necessário, desperdiçando recursos. Já no segundo caso, o mais crítico, apesar dos esforços para prevenir a falha, esta acabou acontecendo, associando gastos preventivos aos corretivos que, conforme mostrado anteriormente, são bem maiores.

### 2.2.3. Manutenção Preditiva

Na manutenção preditiva o campo de atuação tem uma grande ampliação, sendo que em determinado equipamento ou instalação é possível anexar pelo menos um conceito de aplicação, as mais usuais e conhecidas são a análise de vibração, ferrografia, termografia, ultrassom e análise de pressões (LIMA; ARANTES,2008). É a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, visando definir o instante correto da intervenção, com o máximo de aproveitamento do ativo (OTANI & MACHADO, 2008).

Segundo ALMEIDA (2000, p. 4): “(...) trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global de nossas plantas industriais de manufatura e de produção”. Isso porque tal abordagem se utiliza de ferramentas mais efetivas para obter a condição operativa real dos sistemas produtivos, ou seja, consegue fornecer dados sobre a condição mecânica de cada máquina, determinando o tempo médio real para falha. Portanto, todas as atividades de manutenção são programadas em uma base “conforme necessário”.

ALMEIDA (2000, p. 4) ainda destaca a diferença mais substancial entre a manutenção corretiva e a preditiva:

“(...) Talvez a diferença mais importante entre manutenção corretiva e preditiva seja a capacidade de se programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre a produção. O tempo de produção perdido como resultado de manutenção corretiva é substancial e raramente pode ser recuperado. A maioria das plantas industriais,

durante períodos de produção de pico, operam 24 horas por dia. Portanto, o tempo perdido de produção não pode ser recuperado.”

#### 2.2.4. Manutenção Detectiva

O termo manutenção detectiva vem da palavra “detectar” e iniciou-se a análise a partir dos anos 90. O objetivo da prática desta política é aumentar a confiabilidade dos equipamentos, haja vista, é caracterizada pela intervenção em sistemas de proteção para detectar falhas ocultas e não perceptíveis ao pessoal da operação (SOUZA, 2008).

Portanto, a manutenção detectiva é especialmente importante quando o nível de automação dentro das indústrias aumenta ou o processo é crítico e não suporta falhas. Na manutenção detectiva alguns equipamentos quando entram em funcionamento fazem uma auto verificação (self-test) e apontam se existe alguma anormalidade, isto também pode ocorrer durante o período de operação ou parada. A manutenção detectiva também pode ser definida como o modo de atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (PASCHOAL, 2009).

Manutenção detectiva caracteriza-se pela a atuação efetuada em sistemas de proteção ou comando, afim de fazer a detecção de falhas invisíveis ou não perceptíveis aos sentidos do pessoal da operação e manutenção. (CHIOCHETTA et al., 2004).

### 2.3. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Esta gestão visa melhorar desempenho e a produtividade dos equipamentos de uma fábrica. Todos os funcionários na fábrica, em qualquer nível, devem se envolver na cultura e nas atividades; por isso da palavra Total em seu nome.

É um método de gestão de manutenção proposto por Seiichi Nakajima, que tem sido implementado de um modo crescente desde o ano de 1971.

### 2.3.1. História da TPM

A história da TPM está relacionada diretamente à situação de recuperação econômica do Japão do pós-guerra e sua cultura de prosperidade.

Este fato é melhor explicado por Kardec e Nascif (2009) no trecho a seguir:

“Com o final da Segunda Guerra mundial, as empresas japonesas obrigadas pela necessidade urgente e por metas governamentais agressivas de reconstrução do país, tornaram-se fiéis seguidoras das técnicas americanas de gestão e de produção. A partir de 1950 deixaram de utilizar somente a política de Manutenção Corretiva de Emergência e deram início a implementação dos conceitos de Manutenção Preventiva baseada no tempo, aos quais se agregaram posteriormente os conceitos de Manutenção do Sistema de Produção, de Manutenção Corretiva de Melhorias, de Prevenção da Manutenção e de Manutenção Produtiva que buscavam a maximização da capacidade produtiva dos equipamentos

Segundo Kardec e Nascif (2009), a TPM nasceu na Nippon Denso KK, uma das empresas do grupo Toyota, e, em 1971, recebeu o prêmio TPM, destinado a empresas que se destacaram na condução desse programa. A TPM pode ser considerada como uma evolução da manutenção preventiva.

### 2.3.2. Evolução da TPM

De acordo com Moraes (2004), quando este sistema surgiu seu foco era maximizar sua eficácia dos equipamentos da indústria, evitando perdas por falhas. O responsável era o setor que a máquina estava vinculada. Assim descreve-se a primeira geração da TPM.

A autor também relata que, a segunda geração deu-se na década de 80 e, ao invés de apenas buscar a eliminação das perdas por falhas, visava às seis perdas nos equipamentos; perda por quebra ou falha, perda por defeitos no processo e perda no início da produção, perda por operação em vazio e pequenas paradas, perda por velocidade reduzida, perda por preparação e ajuste.

Além de que na terceira geração que se iniciou na década de 90 sendo mais abrangente que as duas anteriores. Além de perseguir a eficiência do maquinário, podendo englobar mais tipos de perdas de acordo com Moraes (2004):

- As oito perdas ligadas aos equipamentos, que podem ser por problemas de instalação e configuração, por mudanças de elementos mecânicos, tempo de start up para produção, quebra ou falha, por pequenas paradas, por velocidade inferior da nominal, por defeitos e retrabalhos e até perda por tempo ocioso.
- As cinco perdas ligadas às pessoas, que são perdas por mobilidade operacional, perda por logística, perdas por desorganização da linha, perda por falta calibração dos equipamentos e falhas de gestão dos recursos.
- As três perdas ligadas aos recursos físicos de produção, que podem ser perdas por falha de energia, perdas troca de matrizes, ferramentas e perda de tecnologia.

De acordo com Moraes (2004), a quarta geração da TPM é percebida nos anos 2000 e prega que toda a organização deve se comprometer com as atividades de manutenção e eliminação de perdas. Isto inclui setores antes não citados, como o comercial, de pesquisa e desenvolvimento. E, a eliminação das grandes perdas entre processos, inventários, distribuição e compras.

O programa da TPM possui oito pilares de sustentação conforme Figura 2:

FIGURA 2. 8 PILARES TPM



FONTE: (Blog Engeteles.) 2018

São princípios que quando adequadamente seguidos geram, os resultados que as empresas necessitam: qualidade, competitividade, segurança e eficiência.

## 2.4. INDÚSTRIA 4.0

A quarta revolução industrial, também conhecida como indústria 4.0, nasceu a partir de uma estratégia do governo alemão, apresentada em 2011, para o desenvolvimento de alta tecnologia para o setor produtivo no país, e ainda se tornar um fornecedor de soluções de ciência e tecnologia para diversas áreas, isto para alavancar a sua economia depois da perda de mercado nos últimos quarenta anos quanto ao valor agregado de sua base na indústria global (FIRJAN,2016).

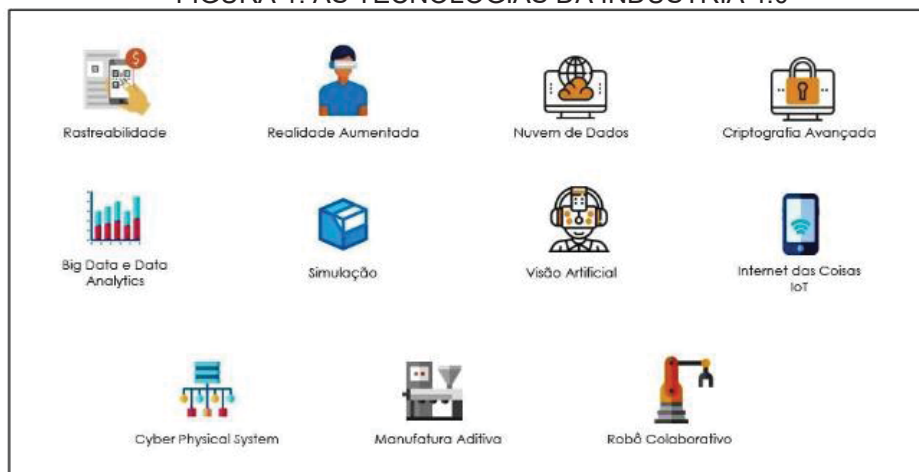
A indústria 4.0 traz como marca o conjunto de mudanças nos processos de produção, suas operações e nos seus sistemas, através de uma conexão digital integrada, sendo também classificada de fábrica inteligente, onde monitoram os processos físicos e os recriam em um ambiente virtual para tomada de decisões (TELES, 2018).

Almeida e Fabro (2019), explicam que com os equipamentos inteligentes as tomadas de decisões ficam mais práticas, já que tem uma alta capacidade na base de dados coletados, analisados, cruzados e armazenados, podendo ter formas infinitas de combinações.

Uma fábrica inteligente é uma fábrica que trabalha na máxima eficiência enquanto as máquinas inteligentes interligadas entre si, colaboram entre elas, com os trabalhadores, com os fornecedores e clientes e com a cadeia analítica e dinâmica criada para se autocontrolar. (BORLIDO, p. 40, 2017).

Essa conexão digital integrada é vista na aplicação de onze tecnologias interligadas, demonstradas na Figura 3.

FIGURA 1. AS TECNOLOGIAS DA INDUSTRIA 4.0



FONTE: Blog Engeteles. 2018

Venturelli (2014) afirma que com esta nova realidade proposta pela indústria 4.0 as tomadas de decisão serão cada vez melhores, uma vez que tudo estará conectado e as informações estarão disponíveis em tempo real. Criando, portanto, um ambiente com muitos benefícios, como:

- Redução de custos;
- Economia de energia;
- Aumento da segurança;
- Conservação ambiental;
- Redução de erros;
- Fim do desperdício;
- Transparência nos negócios;
- Aumento da qualidade de vida,
- Personalização
- Escala sem precedentes.

## **2.5. MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0**

### **2.5.1. Análise de falhas: realidade aumentada na indústria 4.0**

As principais tecnologias utilizadas, das onze apresentadas, pela manutenção serão três: Internet das coisas (IoT – Internet of Things), nuvem de dados e Big Data Analytics.

Suas funções são explicadas por Borlido (2017) como:

– Internet das Coisas: permite a coleta e troca de informações entre as máquinas, através de dispositivos e sensores eletrônicos instalados e conectados entre si à internet, podendo ser acessado remotamente. Trazendo aumento da eficiência operacional, da segurança industrial, diminuindo custos e tempos.

– Nuvem de dados: proporciona capacidade de armazenamento e cálculo de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da internet, as informações ficam armazenadas numa nuvem-compartilhada, que podem ser

acessadas por computador ou smartphone, além da sincronização automática de dados.

– Big Data Analytics: traz o controle de gerenciamento operacional, onde é feito a coleta de grandes volumes de informação gerados, são organizadas e podem ser analisadas em tempo real.

Contribuindo para prever tendências e tomadas de decisões melhores. Os impactos da indústria 4.0 na manutenção conforme as definições acima apresentadas, principalmente na manutenção preditiva, contribuem para que haja uma periodicidade maior entre as paradas de manutenção, já que a qualidade e confiabilidade dos dados fornecidos contribuem para o aumento de disponibilidade dos equipamentos, podendo aumentar o prazo das paradas de manutenção preventiva e a vida útil do ativo. (ALMEIDA E FABRO, 2019).

Almeida e Fabro (2019) mostram, inclusive, que as informações de falhas podem ser estratificadas, sendo elas:

- Tempo médio entre falhas (MTBF – Mean Time Between Failures);
- Tempo médio para reparo (MTTR – Mean Time to Repair);
- Disponibilidade;
- Eficiência global do equipamento (OEE - Overall Equipment Effectiveness);
- Tipo de falha;
- Detalhes da falha.

Estas, por meio da tecnologia IoT, podem ser apresentadas por meio de gráficos e indicadores para análise de eficiência e falhas, numa leitura em tempo real, contribuindo na identificação da causa raiz da falha, possíveis revisões dos planos de manutenção e/ou alteração da periodicidade de manutenção preditiva, caso seja necessário; aumentando eficiência operacional e disponibilidade do equipamento. (ALMEIDA E FABRO, 2019).

Com isto, Silva et al (2017) e Teles (2018) dissertam que o PCM terá novas atribuições de atuação e controle, e outras deixarão de existir por se tornarem obsoletas nesse novo formato, como exemplo as tarefas administrativas e burocráticas, já que haverá uma compilação de dados em formatos objetivos e claros que indicarão

as melhores opções em tempo real para tomada de decisão, dando, assim, foco ao caráter técnico.

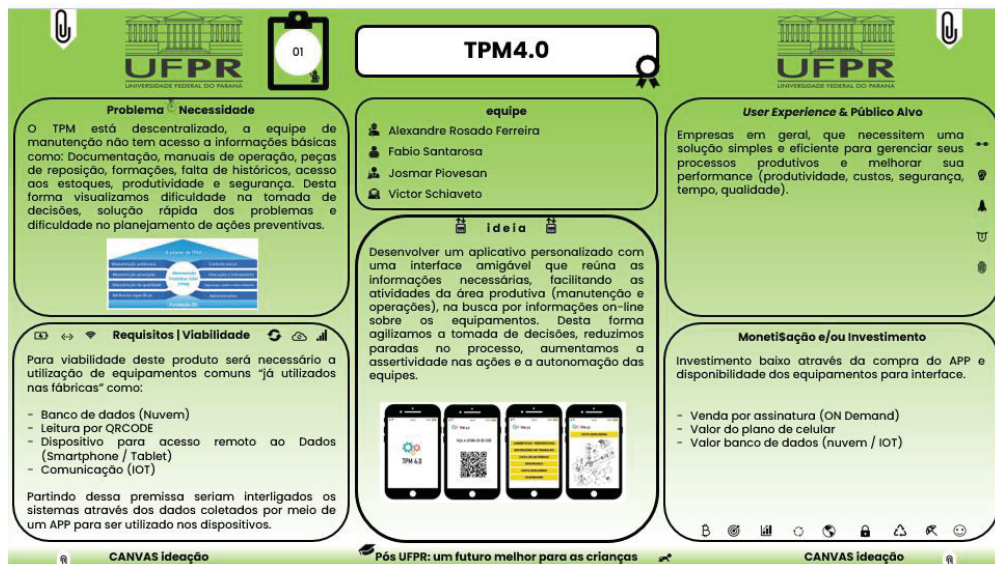
Teles (2018) resume em quatro itens as mudanças que chegarão com a indústria 4.0:

- Total Previsão de Falhas;
- Elevação da Produtividade da Manutenção;
- Redução dos Custos de Manutenção;
- Desenvolvimento Técnico da Equipe

### 3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.

O trabalho partiu de uma necessidade utilizando a metodologia CANVAS, conforme figura 4 abaixo:

FIGURA 4. CANVAS



FONTE: AUTOR (2022)

Foi avaliada a necessidade que as organizações possuem referente a dificuldade de obter informações relacionadas a manutenção. Essa falta de informações leva as organizações a tomar decisões erradas e que influenciam diretamente em seus resultados.

#### 3.1. PROJETO PRELIMINAR

##### 3.1.1. Requisitos de projeto

Para a implantação deste projeto não serão necessários grandes investimentos. Destaca-se a necessidade de utilização de equipamentos comuns "já utilizados nas fábricas" como: Banco de dados (Nuvem), Leitura por QRCODE, Dispositivo para acesso remoto ao Dados (Smartphone / Tablet) e Comunicação (IOT). Partindo dessa premissa seriam interligados os sistemas através dos dados coletados por meio de um APP para ser utilizado nos dispositivos.

Os objetivos deste projeto são:

- a) Criar um aplicativo, com um banco de dados capaz de armazenar informações de estoque de forma dinâmica, demandas de peças, estoque mínimo, últimos pedidos;
- b) Relatório de intervenções feita por máquina x manutentor;
- c) Dashboard para visualização de indicadores como TQM - Total Quality Management (Gestão da Qualidade Total), OEE - Overall Equipment Effectiveness, CTMF - Curva de Tempo Médio para Falha, TMEF - Tempo Médio Entre Falhas, MTBF - Mean Time Between, e MTTR - Mean Time to Repair.
- d) Biblioteca diagramas e arquivos de automação, eletrônicos, pneumáticos, mecânicos e hidráulico do equipamento;
- e) Treinamentos virtuais para execução de determinadas intervenções mais complexas ou de conhecimento não difundido.
- f) Análise de dados comparando histórico de máquinas, tempo médio entre uma parada e outra, gerando uma previsão de falhas de componentes e programando uma parada preventiva programada alinhando com dados de produção e priorizando entrega de produtos de acordo com o estabelecido com a empresa.

## **3.2. PROJETO INTERMEDIÁRIO**

### **3.2.1. Aplicativo TPM 4.0**

Para o início do projeto, primeiro definimos as ações as quais o aplicativo teria que ser submetido, partindo da premissa que hoje, existem vários softwares industriais que fazem um serviço semelhante ao que propomos.

Nossa proposta, se baseia em estudos feitos com pessoas que trabalham na área de manutenção, e sabem onde acaba faltando um pouco de gerenciamento para o processo em si.

### 3.3. PROJETO DE DETALHAMENTO

#### 3.3.1. Desenho e modelamento

Para viabilidade do projeto, criamos uma interface do aplicativo funcional, onde o manutentor ou até mesmo o operador pode ler uma ação de execução de determinado serviço como por exemplo completar óleo, ou trocar filtro. Para isso será necessário um leitor de QR-CODE, podendo ser um SmartPhone, tablet ou outro equipamento com esse suporte e um sistema operacional compatível com o aplicativo. Com a figura 5, podemos observar como funciona a interface do aplicativo.



FONTE: AUTOR (2022)

Para fazer a leitura de uma máquina para dar acesso a esses menus, devemos aproximar a câmera do dispositivo ao QR-CODE. Todas as máquinas/equipamentos estarão com etiquetas coladas com QR-CODE, divididas em sub-conjuntos para que possibilite o acesso as informações do local onde o manutentor buscou a informação, como podemos ver na figura 6.

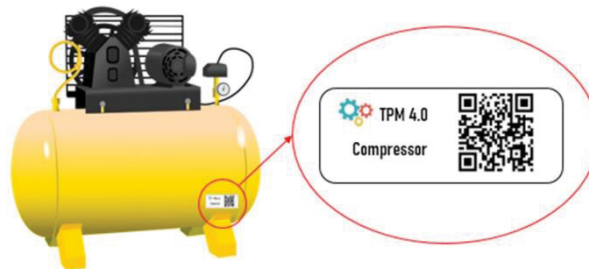
FIGURA 6. INTERFACE DO DISPOSITIVO DE LEITURA



FONTE: AUTOR (2022)

Além de ser dinâmico e prático o aplicativo oferece as abas de cada função sendo que a coleta precisa ser através do QR-CODE, onde as etiquetas estão fixadas em cada equipamento/máquina, podendo ser um sub-conjunto ou máquina completa. A figura 7, mostra um exemplo dessa função com um compressor.

FIGURA 7. QR-CODE



FONTE: AUTOR (2022)

Ao escanear o QR-CODE, podemos entrar por exemplo na aba vista explodida, nele contém as classificações de itens, como:

- Vista mecânica explodida (conforme figura 8);
- Esquemas Elétricos;
- Esquemas Hidráulicos;
- Esquemas Pneumáticos;
- Arquivos de Automação.

FIGURA 8. MENU VISTA EXPLODIDA MECÂNICA



FONTE: AUTOR (2022)

Além da função de vistas, temos também outras funcionalidades ao escanear o QR-CODE, outro exemplo seria, o histórico de manutenção da máquina, onde mostra, quais foram as últimas intervenções corretivas feitas nas máquinas, dados de paradas, plano preventivo, ações de melhorias, entre outros. A figura 9, mostra como é feito o controle de preventivas.

FIGURA 9. MENU CORRETIVA/ PREVENTIVA HISTÓRICO



FONTE: AUTOR (2022)

No aplicativo, também temos a função de Dashboard, nela, contém chamados em abertos, chamados em execução/tratativa. A função de indicadores por máquina OEE, os resultados da manutenção podendo ser filtrado por CTMF - Curva de Tempo Médio para Falha, TMEF - Tempo Médio Entre Falhas, MTBF - Tempo médio entre falhas e MTTR - Tempo médio para reparo. Esse módulo também faz as análises dos dados, e manda um feedback para o planejador, para que seja feita uma parada em

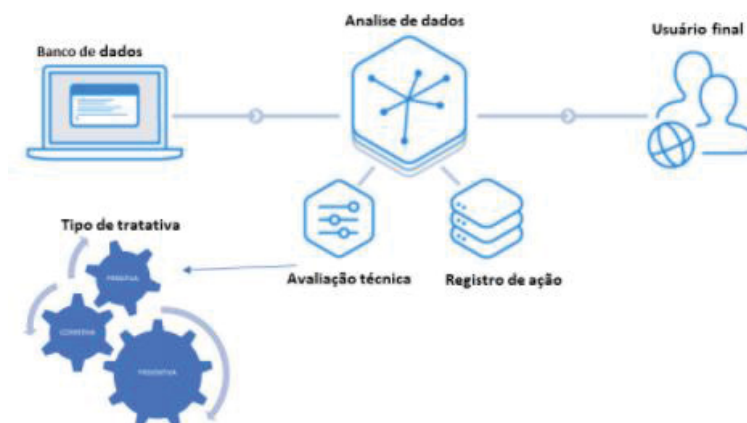
determinada máquina em relação ao histórico da máquina, planos preventivos vencidos, vida útil de componentes, compra de materiais faltando, indicativos de prioridade, entre outros.

Outro módulo do aplicativo mostra as instruções de trabalho, descrevendo metodologia de trabalho, garantindo a segurança, qualidade, confiabilidade e repetibilidade de determinada atividade, por exemplo: “(...)Deslocamento de uma talha, A talha deverá ser retirada por duas pessoas, um dessas pessoas deverá ter o curso de movimentação de cargas dentro da empresa, curso valido e com os exames médicos em dia, a cinta utilizada deverá ser inspecionada e garantir que está dentro das normativas da empresa, a área de movimentação deverá ser sinalizada e fechado o local, (...)”- Autor (2022). No menu segurança, estará descrito quais são os EPIs, EPCs e recursos necessários para execução de uma tarefa, como por exemplo a troca de óleo. “(...) para essa atividade será necessário o uso de luvas com roupa especial para evitar o contato com o óleo, óculos de proteção(...)”- Autor (2022).

O Menu Treinamento, terá treinamentos específicos de maquinários, tecnologia, e ao ser inserido a RV e RA, poderá até ser uma forma de mensurar o conhecimento técnico do setor, e gameficar os treinamentos fazendo uma competição de conhecimento e com isso fazer os mantenedores gostarem de aprender cada vez mais.

Passando da fase de interface, teremos que ter uma estrutura que comporte todas essas funções. Já citamos o uso de um dispositivo para ser o receptor dessas informações. Agora partimos para o que faz com que essa, informação chegue até o usuário. O banco de dados sendo alocado na nuvem, como forma de estar disponível para todos usuários da rede ou conforme orientação da empresa, conforme figura 10.

FIGURA 10. ESQUEMA DE REDE



FONTE: AUTOR (2022)

Para o tratamento desses dados, uma IA, onde faz a análise de dados, e trata a informação que chega, seja ela, de manutentores ou maquinas. Essa analise de dados chegara via dados de internet, e para isso o uso de uma internet industrial é o mais indicado, como o termo IoT está cada vez mais difundindo no chão de fábrica, iremos utilizar essa conexão com as maquinas, para abertura de chamados de manutenção, tempo que a máquina ficou parada, qual era o tipo de manutenção (Corretiva/preventiva/detectiva/preditiva). Após a análise que acontece em tempo real, a informação chega para o planejador de manutenção e aponta ações que deverão ser executadas. Como troca de componentes por vida útil, maquina apresentando a mesma falha diversas vezes sem resolução, antecipando e minimizando o tempo de parada da mesma.

A parte de treinamentos, pode ser feita desde um simples vídeo sem interação com o usuário e mais didáticos, ou um treinamento imersivo, com sistema de visão, realidade aumentada e virtual, para isso cada empresa deverá definir qual o pacote utilizado.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Como resultado, pode-se demonstrar a simulação realizada para a manutenção de um compressor utilizando o aplicativo TPM 4.0:

O usuário realizou o escaneamento da etiqueta aplicada no equipamento e buscou na aba as últimas manutenções (informações sobre todas as atividades já realizadas neste equipamento). Tendo posse das informações do histórico, ele efetuou a troca de um rolamento, que havia sido pedido no atendimento anterior. Neste caso ele ganhou tempo com a tomada de decisão identificada pelo manutentor que havia realizado a última manutenção neste equipamento (informação ficou registrada no histórico da máquina). Em consulta o manutentor verificou que no relatório constava que o item (rolamento) estava começando a apresentar sinais de vida útil. Para realizar a troca desse rolamento ele consultou o arquivo mecânico de desenhos com vista explodida, o que facilitou muito a intervenção. Fez a consulta do MTTR através do dashboard ganhando tempo e melhor gerenciamento de prioridades. O setor de compras recebeu uma nova indicação para a compra desse mesmo rolamento após a finalização da ação.

Conclui-se que quanto mais tivermos a utilização do aplicativo, maior será a inserção do banco de dados e ao refinar esses dados, o ganho com a produtividade da equipe e até mesmo com ações de planejamento trará impactos positivos em curto prazo, seja em disponibilidade de insumos para manutenção ou disponibilidade de máquina rodando.

#### **5. CONCLUSÕES**

Pode-se concluir que ao disponibilizar o aplicativo o ganho para a empresa é significativo, pois existe uma melhora nas manutenções, redução de paradas dos equipamentos, informações disponíveis para toda a cadeia e agilidade para tomada de decisões.

Garante-se também otimização das compras, atendendo as necessidades reais da organização e com o histórico integrado das manutenções facilita-se a propagação das informações dos equipamentos.

Conclui-se também que ao disponibilizar o aplicativo para o manutentor, ele terá acesso a todos os manuais dos equipamentos a qualquer momento, facilitando suas atividades, agilizando o processo de atendimento no chão de fábrica.

Com os indicadores presentes no aplicativo, o planejamento se torna mais fácil, a tomada de decisão se torna mais assertiva e a solução dos problemas mais rápida.

### 5.1. Sugestões de trabalhos futuros

Para continuidade desse projeto, deixamos o tema livre para ser estudado e inserido, uma I.A, no que tange produção x parada. Como forma de garantir que uma parada possa trazer menos impactos para os números gerais, da planta. Podemos exemplificar dessa forma:

Eu tenho 3 maquinas, a X,Y,Z todas estão com o plano de preventivo atrasado, fazer uma correlação com dados de produção e verificar qual terá um maior custo de atraso caso venha a parar, ou qual o produto mais lucrativo, ou seja o que a empresa precisa que rode. Analisando os pedidos, e a rentabilidade desse pedido. Que seja capaz de mandar ordem de manutenção sem que seja necessário a presença de um programador de produção.

Outro tema que deixamos aberto para uma continuidade é a áreas de treinamento, principalmente na área de RV, pois é um mercado que está em bastante expansão com essa nova cultura de “meta verso”, podendo até incluir treinamentos de normativas brasileiras, como NR-10, NR-12.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS).** Confiabilidade e manutenibilidade: NBR ISO 5462. Rio de Janeiro, 1994.
- ALMEIDA, Bruno Guerra; FABRO, Elton. **Indústria 4.0 como ferramenta na engenharia de manutenção com base na metodologia TPM.** Revista Scientia Cum Industria, V. 7, N. 2, 2019, p. 23 – 39.
- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade.** 2000. Disponível em: <http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf> . Acesso em 03 fevereiro de 2022.
- BARROS, J. F., & LIMA, G. B. **A influência da gestão da manutenção nos resultados da organização.** V Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro, 2009.
- BORLIDO, David José Araújo. **Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto – Portugal, p. 31-34, 40.
- CHIOCHETTA, João Carlos et al. **Sistema de Gestão da Manutenção para a Pequena e Média Empresa.** Artigo publicado no XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção–ENEGEP, 2004
- FIRJAN. **Panorama da inovação – Indústria 4.0.** Publicações Firjan – Cadernos Senai de inovação. Rio de Janeiro, RJ. 2016, p. 4-6.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção – Função Estratégica.** Segunda edição. Rio de Janeiro: QualityMark, 2001.
- 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.
- MONCHY, François. **A Função Manutenção.** São Paulo: Durban, 1987.
- MORAES, P. H. A: **Manutenção Produtiva Total: Estudo de caso em uma empresa automobilística.** Dissertação (Mestrado). Universidade de Taubaté, São Paulo, 2004.
- TAKAHASHI, Y.; OSADA, T.; **Manutenção Produtiva Total.** São Paulo: Instituto Iman, 2010.
- 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
- PASCHOAL, DÉBORA RODRIGUES DE SOUZA et al. **Disponibilidade e confiabilidade: aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade.** Revista da Engenharia de Instalações no mar da FSMA nº, v. 3, p. 1, 2009.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2002. 703 p.

SILVA, Edson Pereira; SACOMANO, Jose Benedito; CORREIA, Adriano Jose; RIBEIRO, **4.0: Controle Mobile, Considerações sobre esta nova tecnologia**. ENEGEP – XXXVII da Manutenção. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2008, p. 8-9.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como Ferramenta Estratégica**. In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2003, Ouro Preto – MG.

TELES, Jhonata. **Como calcular disponibilidade de equipamentos industriais**. Artigo publicado pela Engeteles, 2018.

TELES, Jhonata. **Manutenção Corretiva: O que é, quando fazer e como fazer**. 2018. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/manutencao-corretiva/>>. Acesso em: 15 de jan. 2022.

TELES, Jhonata. **Manutenção Preditiva: O que é e como ela pode te ajudar**. 2018. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/manutencao-preditiva/>>. Acesso em: 15 de jan. 2022.

TELES, Jhonata. **PCM Descomplicado – Planejamento e Controle de Manutenção**. 2018. Disponível em:<<https://engeteles.com.br/pcm-descomplicado/>>. Acesso em: 15 de jan. 2022.]

TELES, Jhonata. **Indústria 4.0 – Tudo que você precisa saber sobre a Quarta Revolução Industrial**. 2018. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 20 de jan. 2022.

TELES, Jhonata. **O Planejamento e Controle da Manutenção na Indústria 4.0**. 2018. Disponível em:< <https://engeteles.com.br/pcm-na-industria-4-0/>>. Acesso em: 02 de fev. 2022.

TROJAN et al. **Classificação dos tipos de Manutenção pelo Método de Análise Multicritério Electre TRI**. VLX SBPO, p. 343-357, 2013. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2013/pdf/arq0338.pdf>>. Acesso em: 30/01/2022.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM-Planejamento e Controle da manutenção**. Qualitymark Editora Ltda, 2002.