



# **Investigação dos principais indicadores de desempenho para avaliar o impacto da manutenção preventiva e preditiva em uma indústria**

**Douglas de Moraes Luciano**

douglas.luciano\_@hotmail.com

**Gabriel de Souza Costa**

gabrielcosta.eng.mec@gmail.com

**Héder Anibal de Freitas Gonçalves**

egoncalves@uniaoquimica.com.br

**Orientador: Prof. Me. Francisco Reginaldo da Rosa**

Coordenação de Curso de Engenharia Mecânica

## **Resumo**

Este trabalho discute a importância da manutenção preventiva e preditiva na indústria, com foco na gestão industrial. O estudo permeia pela identificação de possíveis falhas em equipamentos e maquinários antes que elas ocorram, reduzindo custos e aumentando a confiabilidade dos sistemas. A Indústria 4.0 tem sido essencial para potencializar essas estratégias, já que permite a coleta e análise de grandes volumes de dados em tempo real, por meio do uso de novas tecnologias. Para avaliar o impacto dessas técnicas, é importante utilizar indicadores de desempenho para monitorar o desempenho dos equipamentos, avaliar a eficácia das ações de manutenção e identificar pontos para melhorias. O trabalho propõe uma revisão sistemática da literatura para mapear e analisar os principais indicadores de desempenho empregados em estudos anteriores sobre o tema, bem como avaliar dados históricos para avaliar modelos de previsão de falhas, além de propor utilização de softwares para resolver um dos principais problemas industriais que é a gestão de manutenção.

**Palavras-chave:** Indicadores de desempenho; Gestão industrial; Manutenção preditiva; Manutenção preventiva.

## **1. Introdução**

A manutenção é um setor crucial para assegurar o bom funcionamento dos equipamentos e maquinários em uma indústria. Contudo, as técnicas convencionais de manutenção preventiva e corretiva têm algumas limitações em termos de eficácia e eficiência na detecção e correção de falhas. Para superar esses desafios, a manutenção preditiva tem sido cada vez mais utilizada nas indústrias, permitindo a

identificação de problemas antes que ocorram falhas, reduzindo custos e aumentando a confiabilidade dos equipamentos.

Este trabalho tem como base conduzir uma revisão sistemática da literatura, e pesquisa aplicada a fim de mapear e analisar os principais indicadores de desempenho empregados em estudos anteriores sobre o tema. Além disso, serão avaliados dados que indústrias disponibilizam para consulta para avaliar a eficácia das técnicas de manutenção preventiva e preditiva na melhoria do desempenho dos softwares e hardwares. Dados históricos são importantes, pois, para Bukhsh et al. (2019), um modelo de previsão de falhas deve ser criado a partir destas informações.

Com este estudo, almeja-se melhorar substancialmente as práticas de manutenção em indústrias, fornecendo informações valiosas sobre a relevância dos indicadores de desempenho na avaliação do impacto das estratégias de manutenção preventiva e preditiva. A melhoria contínua está diretamente ligada com o processo de manutenção, tal como descrito por Maletič, Maletič e Gomišček (2012), ao qual, deve ser algo contínuo e dinâmico e deve contar com o auxílio dos colaboradores.

A área da pesquisa é a engenharia mecânica, com a subárea de sistemas, métodos e processos de produção, transmissão e utilização de energia mecânica e térmica. Essa subárea envolve a aplicação de princípios da termodinâmica, mecânica dos fluidos, transferência de calor e outras disciplinas relacionadas para projetar e otimizar sistemas mecânicos que produzem, transmitem e utilizam energia.

A manutenção é vista como algo crucial em qualquer indústria que utiliza equipamentos e máquinas para sua operação. As técnicas tradicionais de manutenção preventiva e corretiva apresentam limitações em relação à eficácia e eficiência na identificação e correção de falhas. Nesse contexto, a manutenção preditiva tem ganhado destaque por permitir a identificação de problemas antes que ocorram falhas, reduzindo custos e aumentando a confiabilidade dos equipamentos, tal como descrito em dois estudos de casos avaliados por Lu, Durocher e Stemper (2009), com o propósito de avaliar a eficácia e buscar o monitoramento contínuo de processos. Na Figura 1 é citado os tipos de manutenção pesquisados durante a revisão de literatura.

**Figura 1:** Tipos de manutenção



**Fonte:** Adaptado de Safety Culture. Acesso em:

<https://safetyculture.com/wp-content/media/2020/01/Types-of-Maintenance.png>. Disponível em: 27 de mar. 2023.

A manutenção preventiva é realizada com base em um cronograma pré-determinado, que visa evitar a ocorrência de falhas através da realização de inspeções regulares, substituição de peças e componentes desgastados, entre outras atividades. Já a manutenção preditiva utiliza técnicas de monitoramento e análise de dados para identificar possíveis falhas antes que elas ocorram, permitindo a realização de intervenções programadas e minimizando o tempo de parada não programada.

A manutenção preventiva e preditiva é uma parte crítica desse processo, pois ajuda a garantir a confiabilidade e eficiência desses sistemas ao longo do tempo. Grote et al. (2020) citam detalhadamente temas abrangentes da engenharia mecânica, dividido em seções com uma vasta cobertura de conteúdos técnicos.

A avaliação do impacto da manutenção preventiva e preditiva em uma indústria requer a utilização de indicadores de desempenho adequados. Portanto, é necessário investigar quais são os principais indicadores de desempenho de manutenção (MPIs) utilizados para avaliar a eficácia dessas técnicas.

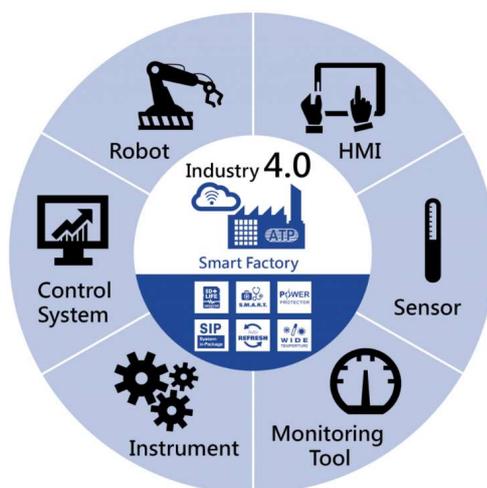
Ressalta-se que os MPIs são utilizados para que se torne possível compreender o estado atual da manutenção e buscar melhorias (ÁHRÉN; PARIDA, 2009). Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo investigar os principais indicadores de desempenho para avaliar o impacto da manutenção preventiva e preditiva em uma indústria.

A avaliação dos indicadores de desempenho é fundamental para medir o impacto da manutenção preventiva e preditiva em uma indústria. Esses indicadores são utilizados para monitorar o desempenho de equipamentos e sistemas, avaliar a eficácia das ações de manutenção e identificar áreas para melhorias. Nguyen, Do e Grall (2015) citam a importância de utilizar algoritmos que preveem falhas em componentes e nos sistemas, com o intuito de melhorar a confiabilidade e reduzir os custos de manutenção.

A tecnologia está totalmente relacionada com a evolução da manutenção, com isso, a robotização da produção e o uso de sensores inteligentes são essenciais para o desenvolvimento de uma Indústria 4.0 (PECH; VRCHOTA; BEDNÁŘ, 2021). Nesse contexto, a manutenção preventiva e preditiva ganha destaque como uma forma mais eficiente de gerenciar os ativos industriais.

Na Indústria 4.0, as estratégias de manutenção preventiva e preditiva são potencializadas pelo uso de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Big Data e Analytics, que permitem a coleta e análise de grandes volumes de dados em tempo real. Por exemplo, sensores instalados em equipamentos podem enviar informações sobre seu desempenho para uma plataforma de análise em nuvem, que usa algoritmos de machine learning para identificar padrões e prever possíveis falhas. Na Figura 2 são descritos os principais fatores da Indústria 4.0

**Figura 2:** Pontos da Indústria 4.0



**Fonte:** Soluções Industriais do Brasil. Acesso em:

[https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/automatizacao-e-robotica/hitecnologia/produtos/automacao\\_industrial/industria-4-0](https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/automatizacao-e-robotica/hitecnologia/produtos/automacao_industrial/industria-4-0). Disponível em: 27 de mar. 2023.

A manutenção tem contribuição para o desempenho dos ativos tanto no que diz respeito ao risco quanto também ao valor (LIYANAGE; KUMAR, 2022). Com isso, para compreender tais requisitos, serão definidos os seguintes objetivos específicos:

Realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar os principais indicadores de desempenho utilizados em estudos prévios.

- Coletar dados industriais para avaliar a eficácia das técnicas de manutenção preventiva e preditiva na melhoria do desempenho dos equipamentos e sistemas.
- Analisar os resultados obtidos e discutir a importância dos indicadores de desempenho na avaliação do impacto da manutenção preventiva e preditiva.
- Fornecer informações relevantes para a melhoria das práticas de manutenção em indústrias, contribuindo para a redução de custos e aumento da eficiência e confiabilidade dos ativos.

## **2. Desenvolvimento**

Garg e Deshmukh (2006) fizeram uma distribuição de seis áreas da manutenção que são: otimização de manutenção, técnicas de manutenção, programação de manutenção, medição de desempenho, sistemas de informação, políticas.

Os indicadores de desempenho são ferramentas essenciais para a avaliação do impacto da manutenção preventiva e preditiva em uma indústria. São medidas quantitativas e qualitativas que permitem avaliar o desempenho de um processo.

Eles são utilizados para monitorar o desempenho de equipamentos e sistemas, avaliar a eficácia das ações de manutenção, identificar e alertar sobre possíveis mudanças e melhorias. Neste capítulo, serão apresentados os principais indicadores de desempenho utilizados para avaliar o impacto da manutenção preventiva e preditiva em uma indústria, entretanto também indicam os tipos de manutenção a serem utilizadas.

Os cinco elementos primordiais para o desempenho de um modelo são: confiabilidade, custos, flexibilidade, qualidade e velocidade (SLACK, 1993).

## **2.1. Tipos de manutenção**

Os tipos de manutenção existentes variam de acordo com a análise dos equipamentos de forma individual. Ressalta-se que a escolha do tipo de manutenção a ser aplicada varia e tem a dependência de inúmeros fatores tais como:

- Tipo de equipamento;
- Criticidade;
- Custos;
- Condições de operação.

A combinação de diferentes tipos de manutenção é usada em inúmeras empresas para que haja uma garantia de disponibilidade e confiabilidade. Tais fatores geram uma garantia de que os equipamentos sejam utilizados de forma eficaz.

### **2.1.1. Manutenção Corretiva**

A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha ou quebra do equipamento. Ela é feita com o propósito de restabelecer normalmente o funcionamento do equipamento de forma que isto seja de forma mais rápida o possível. A manutenção corretiva é dita como a atuação imediata que garanta a correção da falha ou do desempenho do equipamento (KARDEC; NASCIF, 2010).

### **2.1.2. Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva é a realização de atividades que são feitas de modo programado e sistemático, ela consiste em reduzir e evitar as falhas e tem o propósito de prolongamento da vida útil dos equipamentos industriais. Neste tipo de manutenção há inspeções periódicas, avaliação do desgaste das peças, lubrificação, limpeza e outras atividades preventivas essenciais. De acordo com a avaliação da frequência de falhas, identifica-se as ações preventivas a serem tomadas de acordo com a probabilidade desta ocorrência (XENOS, 1998).

### **2.1.3. Manutenção Preditiva**

A manutenção preditiva é a realização de atividades que identificam, monitoram e analisam o desempenho dos equipamentos ao longo do tempo. Com isso, torna-se factível a identificação de padrões que possibilitam a tomada de decisões e ações para que não ocorra paradas não programadas. Com a avaliação

de parâmetros que acompanham e avaliam o desempenho de forma sistemática, torna-se possível o uso da manutenção preventiva, sem intervenções nos equipamentos (KARDEC; NASCIF, 2010).

#### **2.1.4. Manutenção Detectiva**

A manutenção detectiva identifica as possíveis falhas que possam alterar ou afetar o desempenho dos equipamentos. Ela consiste na realização de inspeções, testes e análises que possam identificar os problemas existentes e que sejam realizadas as ações antes que a falha possa ocorrer. Tal manutenção busca atuar em sistemas de proteção ou comando, detectando as falhas não perceptíveis (OTANI; MACHADO, 2008).

### **2.2. Indicadores de desempenho para manutenção preventiva e preditiva**

A manutenção preditiva e preventiva possui uma grande importância para que garanta uma maximização da vida útil de vastos itens industriais. Tais estratégias buscam evitar ou minimizar falhas e interrupções não programadas, o que reduz o custo de reparo e aumenta a confiabilidade, garantindo a eficiência das operações.

Para que seja possível avaliar tais indicadores e desempenho são usadas métricas para que se avalie as atividades de manutenção, com isso, se avalia os indicadores de forma qualitativa, compreendendo a efetividade da manutenção e a eficiência da empresa.

Com tal compreensão e adequação, as indústrias conseguem tomar decisões proativas pautadas em dados, no que, uma abordagem proativa utiliza atividades de manutenção preventiva e preditiva que evitam diversas falhas (SWANSON, 2001). Tal atitude traz inúmeros benefícios e pode auxiliar na implementação da melhoria contínua, além de fornecer uma maior produtividade e competitividade. Os principais indicadores serão descritos ao longo deste capítulo.

Dentre os principais indicadores de desempenho utilizados para avaliar o impacto da manutenção preventiva e preditiva em uma indústria, destacam-se:

- Disponibilidade de equipamentos;
- Custo de manutenção;
- Confiabilidade de equipamentos;
- Tempo médio entre falhas (MTBF);

- Tempo médio para reparo (MTTR);
- Taxa de resultado;
- Tempo médio de produção.

Para que se tome uma escolha inteligente de gestão de manutenção, são necessários definir pontos cruciais para que não ocorra falhas, desperdícios, perda de recursos, além de que, é necessário que o processo possua confiabilidade. Na Figura 3 são citados tais itens.

**Figura 3:** Pontos da Indústria 4.0



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

### 2.2.1. Disponibilidade de equipamentos

A disponibilidade de equipamentos é um indicador essencial para avaliar a eficácia da manutenção preventiva e preditiva. Esse indicador mede a porcentagem de tempo que os equipamentos estão operacionais em relação ao tempo total disponível. A disponibilidade não quer dizer se o equipamento está funcionando, mas sim, se ele está em condições para funcionar (NAGAO; MUSCAT, 1998), diante disso, é necessário saber disto para não se confundir no momento dos cálculos.

A melhoria da disponibilidade de equipamentos é necessária, pois permite a identificação e correção de problemas antes que eles causem falhas e paradas não programadas. A disponibilidade é definida pela Equação 1 (TRACTIAN, 2020).

$$Disponibilidade (\%) = \left( \frac{MTBF}{MBF+MTTR} \right) \cdot 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

### 2.2.2. Custo de manutenção (CMF)

O CMF é outro indicador importante para avaliar a eficácia da manutenção preventiva e preditiva. Esse indicador mede os gastos com manutenção em relação ao faturamento ou ao custo de produção. O custo de manutenção é contabilizado pelo custo das atividades envolvidas na fabricação de determinado produto em relação ao seu faturamento (ROSA, 2006).

A redução dos custos de manutenção pode ser feita com o intuito de identificar e corrigir problemas antes que eles se tornem mais graves e custosos. O CMF é dado pela Equação 2 (TRACTIAN, 2020).

$$CMF = \left( \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Faturamento bruto}} \right) \cdot 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

### 2.2.3. Confiabilidade de equipamentos

A confiabilidade de equipamentos é um indicador que mede a capacidade dos equipamentos em operar sem falhas durante um determinado período de tempo. A confiabilidade pode ser expressa como a eficiência do que foi proposto, ou seja, a data de entrega prevista comparada a data de entrega realizada (SINK; TUTTLE, 1993).

A confiabilidade dos equipamentos permite a identificação e correção de problemas antes que causem falhas e interrupções não programadas. Descreve-se a confiabilidade pela Equação 3 (TRACTIAN, 2020).

$$\text{Confiabilidade} = e^{-\text{taxa de falhas} \cdot \text{tempo}} \quad (\text{Eq. 3})$$

### 2.2.4. Tempo médio entre falhas (MTBF)

O tempo médio entre falhas é um indicador que mede o tempo médio de operação dos equipamentos entre falhas. Entende-se o MTBF e o MTTR como probabilidades relacionadas ao tempo (KULLSTAM, 1981).

O aumento do MBTF possibilita a identificação e correção de problemas antes que eles causem problemas não esperados. O MTBF é exibido na Equação 4 (TRACTIAN, 2020).

$$MTBF = \frac{\text{tempo total disponível} - \text{tempo perdido}}{\text{número de falhas}} \quad (\text{Eq. 4})$$

### 2.2.5. Tempo médio para reparo (MTTR)

O tempo médio para reparo é um indicador que mede o tempo médio necessário para reparar um equipamento após uma falha.

A redução do MTTR gera a correção de problemas antes que eles possam ser a causa de falhas e interrupções que não sejam programadas. O MTTR é demonstrado na Equação 5 (TRACTIAN, 2020).

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total de manutenção}}{\text{Número de reparos}} \quad (\text{Eq. 5})$$

### 2.2.6. Tempo médio de produção

O tempo médio de produção é um indicador que mede o tempo necessário para produzir um determinado produto. O tempo ciclo é dado como elemento primordial na definição de cadência da produção (ALVAREZ, 2001).

O tempo médio deve ser estendido para que possibilite a detecção e resolução de problemas antes que estes ocasionem falhas e interrupções não previstas. O tempo ciclo (takt time) é exibido na Equação 6 (TRACTIAN, 2020).

$$\text{Tempo ciclo} = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Demanda}} \quad (\text{Eq. 6})$$

## 2.3. Planejamento e controle da manutenção

O planejamento e controle da manutenção (PCM) se trata de um conjunto de atividades e de processos que buscam a garantia da disponibilidade e da confiabilidade dos ativos físicos presentes em uma organização. Ela envolve o planejamento de forma adequada, a organização e o controle das atividades de manutenção, além de buscar a otimização do desempenho, a minimização de paradas não programadas e o aumento da eficiência.

O PCM pode ser dividido em várias etapas que partem da elaboração de planos para manutenção, a programação das atividades, o gerenciamento dos recursos, o monitoramento de todo o desempenho, o ajuste contínuo para buscar melhorias e um feedback centrado no aprendizado. Suas estratégias envolvem diversos fatores que buscam abranger todo tipo de manutenção.

Descreve-se o PCM como um processo fundamental e de suma importância para que se garanta a eficiência operacional com o uso de definições estratégicas, programação de atividades, gerenciamento de recursos e controle de desempenho, ele é um grande aliado da Indústria 4.0. As técnicas estatísticas e de otimização são de suma importância para o aumento da confiabilidade do sistema e o uso do PCM (DUFFUAA; RAOUF; CAMPBELL, 1999).

Uma gestão eficaz de projetos auxilia para o cumprimento de objetivos, para a entrega no prazo, para a otimização de recursos e para o gerenciamento de mudanças, o que aumenta as chances de sucesso (PMBOK, 2013).

### **3. Metodologia**

Esta pesquisa terá como base uma revisão sistemática da literatura, e pesquisa aplicada, que será realizada em etapas bem definidas, que consistirá na busca de dados e artigos muito bem referenciados publicados a partir do ano 1990 que permite uma análise ampla e também consiste em compreender a evolução do tema ao longo de mais de 30 anos de publicações. Enfatiza-se que os artigos mais antigos utilizados foram os atemporais, com isso, ainda possuem relevância atualmente. Estes artigos buscados deverão ter como palavras chaves itens como:

- Manutenção preventiva;
- Manutenção preditiva;
- Metodologias de manutenção;
- Indicadores de desempenho;
- Indicadores de manutenção.

Diante disso, após a obtenção dos artigos, será realizada uma triagem e análise criteriosa com base nos artigos, retirando os que não atendem os pré-requisitos do trabalho. Os documentos definidos serão passados por análise mais criteriosa e aprofundada com o propósito de obter uma análise mais perspicaz e precisa sobre o tema.

Com tal desenvolvimento será realizada uma análise das principais tendências, brechas e resultados encontrados nesta literatura. Por conseguinte, isto permite que as informações sejam organizadas e descritas de forma mais objetiva e clara para o leitor.

O trabalho se trata de uma pesquisa descritiva pelo fato de fazer investigações sobre coisas atuais e que não há controle de algumas variáveis, além disso, faz uma descrição detalhada e descritiva sobre o tema (KOTHARI, 2004). A pesquisa é aplicada, pois busca encontrar soluções para que o problema enfrentado por uma organização industrial seja resolvido (KOTHARI, 2004).

A pesquisa é qualitativa por estar baseada em itens que são expressos em termos qualitativos, buscando identificar as principais tendências, lacunas e resultados (KOTHARI, 2004). Ela também é dita como empírica por se tratar da observação, se basear em dados e chegar a conclusões que têm a capacidade de ser verificadas (KOTHARI, 2004).

Após a leitura e compreensão de todos os dados, serão apresentados os resultados e discutidas as limitações encontradas, possíveis áreas para futuras pesquisas, além de conclusão da pesquisa.

Deste modo, a metodologia adotada neste projeto de pesquisa permitirá a compreensão abrangente do tema discutido. Isto fornece uma evolução e compreensão valiosa para o assunto em questão.

#### **4. Resultados e Discussão**

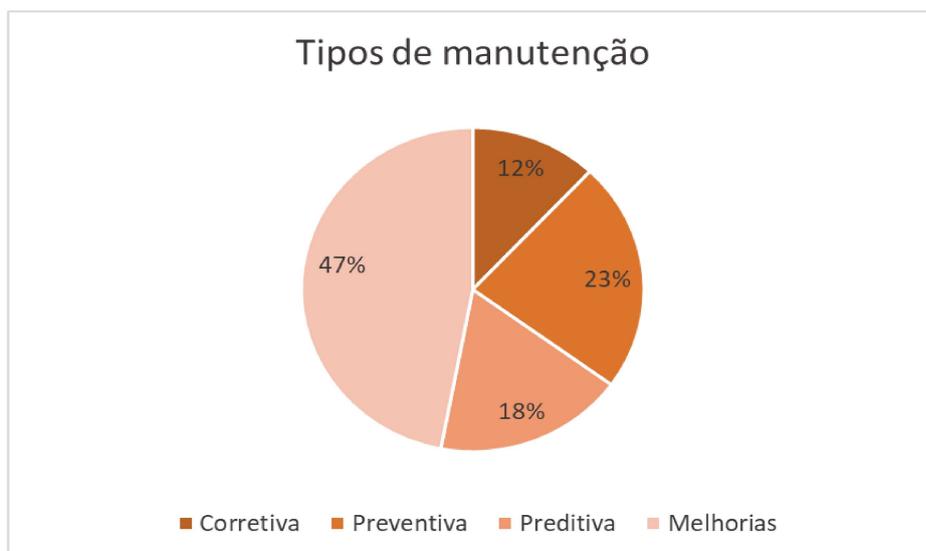
De acordo com a Lameirinhas (2020), descreve a distribuição por tipos de manutenção, ou seja, define a porcentagem ideal para cada tipo de manutenção, tanto as planejadas quanto as não planejadas.

Medir os impactos da manutenção de forma adequada requer a utilização de indicadores de desempenho específicos que estejam alinhados com os objetivos e metas da organização. Esses indicadores fornecem dados quantitativos que permitem avaliar o desempenho dos equipamentos, sistemas e processos de manutenção.

Tal como descrito no subcapítulo 2.2, torna-se possível compreender os principais indicadores e como utilizá-los para medir tais impactos.

A Figura 4 apresenta tais valores, ou seja, ela representa o percentual que cada manutenção deve existir dentro da empresa com o propósito de mantê-la estabilizada em relação às suas respectivas manutenções.

**Figura 4:** Distribuição por tipos de manutenção



**Fonte:** Adaptado de Tractian. Acesso em <https://tractian.com/blog/indicadores-de-manutencao>. Disponível em: 05 jun. 2023.

As melhorias geradas pela manutenção preventiva proporcionam diversos resultados positivos para uma empresa. Cita-se alguns destes principais benefícios com o uso de tal abordagem:

- Redução de falhas e quebras;
- Aumento da confiabilidade dos ativos;
- Prolongamento da vida útil dos equipamentos;
- Melhoria na segurança.

Do mesmo modo, as melhorias com o uso da manutenção preditiva, são:

- Redução de paradas não programadas;
- Otimização do uso de recursos;
- Redução de custos;
- Aumento da disponibilidade dos ativos.

Com isso, para o desenvolvimento da manutenção de forma eficaz, é necessária a utilização dos 5 porquês baseada em uma técnica japonesa, basicamente ele é dividido da seguinte forma:

- 1º porquê: Sintoma;
- 2º porquê: Desculpa;
- 3º porquê: Causa;
- 4º porquê: Culpado;
- 5º porquê: Causa raiz.

Tal análise feita pela equipe e de forma contínua garante que as respostas ao problema sejam feitas de forma correta, assim a avaliação do processo e a tomada de decisão em relação ao plano de manutenção. Com isso, garante-se que custos e desperdícios de recursos sejam avaliados, aumentando a disponibilidade e confiabilidade da manutenção.

Com a avaliação de cases de sucesso disponibilizados pela Tractian (2022) avalia-se a mudanças nas empresas, abaixo alguma delas:

- Alteração da gestão de manutenção da BHS Corrugated South America, com o uso de organização das atividades, integração dos processos e mudanças de rotina e de usos de manutenção;
- Automação das demandas, uso de sistema de monitoramento online e avaliação de indicadores da Embraer;
- Avaliação dos principais geradores de manutenções e intervenções não programadas da AmstedMaxion.

Busca-se uma melhoria das paradas não programadas que possuem diversas causas que podem provocar o envelhecimento mais precoce do equipamento, gerando falhas mecânicas e consequências negativas, principalmente na parte financeira. Na Figura 5 é demonstrado as principais causas de paradas não programadas.

**Figura 5:** Causas de paradas não programadas



**Fonte:** Adaptado de Abecom. Acesso em <https://www.abecom.com.br/paradas-nao-programadas/>. Disponível em: 01 jun. 2023.

Aliado a isto, compreende-se os principais desperdícios na manutenção que em muitos momentos estão ocultos no cotidiano, mas que representam uma negatividade imensa para o desempenho da empresa. O principal desperdício é o tempo, ele e outros estão demonstrados na Figura 6.

**Figura 6:** Principais desperdícios na manutenção



**Fonte:** Adaptado de Engeteles. Acesso em

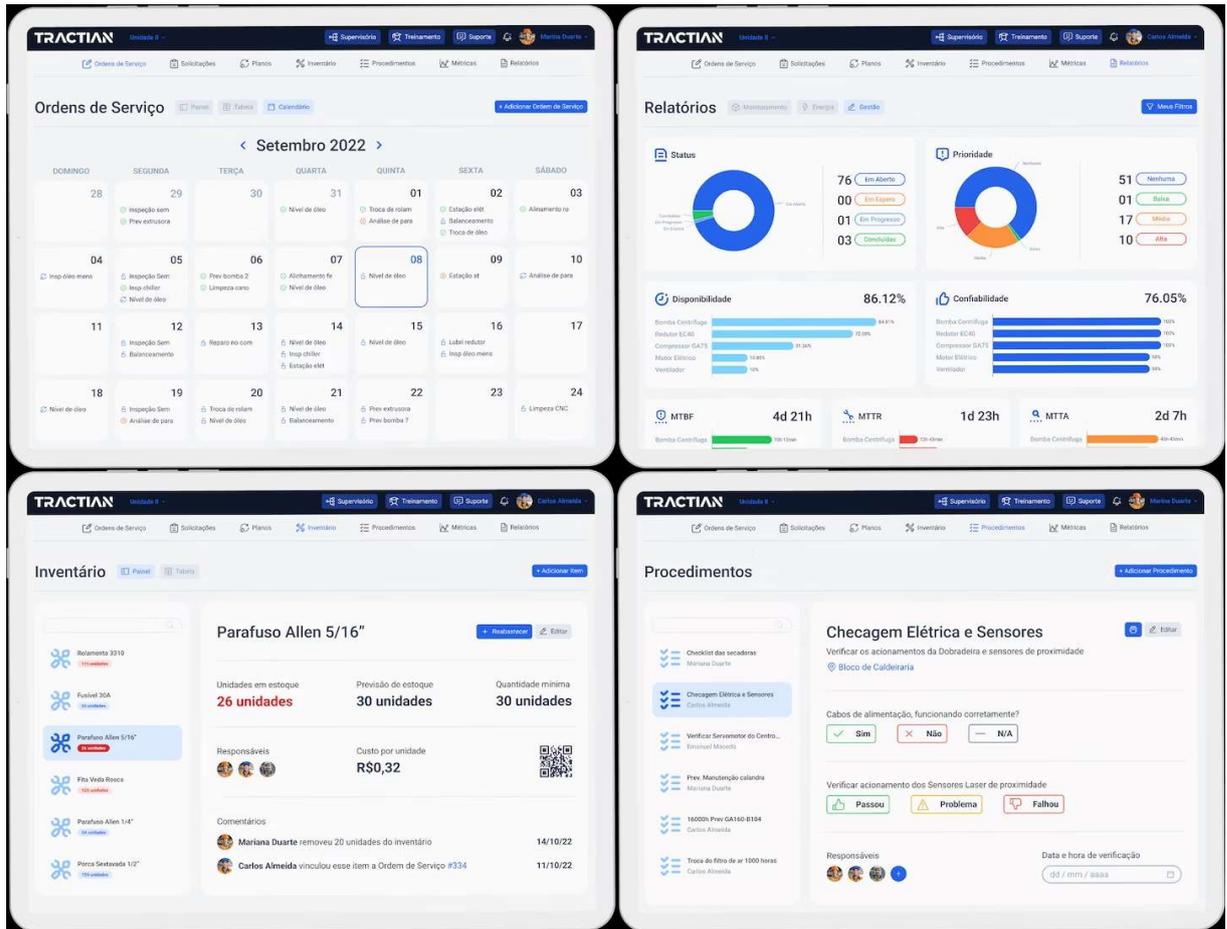
<https://engeteles.com.br/10-grandes-desperdicios-na-manutencao/>. Disponível em: 25 mai. 2023.

Diante disso, busca-se o desenvolvimento e uso de software para que a gestão da manutenção seja feita de forma ideal. Com o uso da IoT e uso de uma combinação *machine to machine* (M2M) a ferramenta pode ser excelente para gestão de ativos, permitindo o monitoramento online e o uso de geração de relatórios podendo ser acessados de qualquer local.

Há diversos softwares no mercado que possuem funções espaçadas, busca-se a união dos melhores recursos de cada um dos softwares para que este consiga avaliar todos os aspectos possíveis, baseado em dados estatísticos. Com isto, o intuito é garantir o planejamento da manutenção, seus indicadores, além de ter a opção de gerenciar o inventário presente.

Tal interface poderia ser parecida com softwares da Tractian (2023), tal como demonstrado na Figura 7.

Figura 7: Software de gestão de manutenção



Fonte: Adaptado de Tractian. Acesso em <https://tractian.com/software-gestao-manutencao>.

Disponível em: 20 mai. 2023.

## Conclusão

A administração eficaz da manutenção pode ter um impacto significativo e trazer uma série de benefícios para uma organização. Ao implementar práticas adequadas de manutenção, é possível observar melhorias em diversos aspectos operacionais.

A manutenção é crucial para que se garanta o bom funcionamento dos equipamentos e dos maquinários em uma indústria, entretanto, técnicas convencionais possuem limitações e algumas técnicas estão ultrapassadas para que garanta a eficácia e eficiência em relação a prevenção e correção de falhas.

A manutenção se destaca como uma abordagem de suma importância para gerenciar os ativos industriais, avaliando suas limitações técnicas e controlando tais

equipamentos com o uso de técnicas sofisticadas. A coleta e análise de dados resulta em redução de custos, aumento da confiabilidade e evolução na gestão.

Diante de tal problema, para que esses desafios sejam superados, a Indústria 4.0 é de suma importância para tal alteração, ao que, permite a identificação destes problemas, buscando a redução dos custos e o aumento da confiabilidade dos equipamentos, visto que, a tecnologia está totalmente relacionada com essa evolução. Com isso, a manutenção preventiva e preditiva é mais eficiente para que seja possível gerenciar os ativos industriais.

A manutenção preventiva possui sua realização baseada em um cronograma pré-determinado que busca evitar a ocorrência de falhas com o uso de inspeções regulares. A manutenção preditiva utiliza técnicas de monitoramento de análise de dados que tem o propósito de identificar possíveis falhas e que elas sejam corrigidas antes que ocorram, sendo possível realizar as intervenções programadas.

Com o uso de indicadores de desempenho, aos quais, possuem um papel fundamental na manutenção, avalia-se a disponibilidade dos equipamentos, os custos de manutenção, a confiabilidade, o tempo médio entre falhas, o tempo médio para reparo, a taxa de resultado e o tempo médio de produção. Tais fatores servem para que se monitore o desempenho dos equipamentos, avaliando possíveis manutenções e buscando melhorias.

A investigação e compreensão de tais indicadores possui grande importância na avaliação da eficácia das técnicas de manutenção preditiva e preditiva. Com uma vasta revisão bibliográfica, foi possível expor resultados de forma abrangente sobre o tema, avaliando os impactos de tais estratégias.

A inserção da Indústria 4.0 aliadas a tecnologia representa um avanço enorme em tais pesquisas, possuindo papel fundamental na análise de dados e tomada de decisões. Novas metodologias foram e são desenvolvidas graças a tal revolução tecnológica.

Com a revisão da literatura tida como base, mapeou-se e analisou-se os principais indicadores de desempenho empregado em relação a estudos anteriormente realizados sobre o tema. Com base no que foi obtido, expõe-se que os indicadores de desempenho são ferramentas excepcionais em indústrias pelo fato de fornecerem informações valiosas que buscam a melhoria das práticas, visando sempre a redução de custos e o aumento da eficiência e confiabilidade dos ativos.

Com o uso do software, tal aplicação é potencializada de forma mais precisa, exata e eficaz.

Em suma, há diversos impactos positivos, como aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, redução de custos, prolongamento da vida útil dos ativos, melhoria na segurança, otimização de recursos, satisfação do cliente e suporte à tomada de decisões estratégicas. Esses benefícios contribuem para o sucesso operacional e financeiro de uma organização, tornando a gestão eficiente da manutenção uma parte fundamental de qualquer estratégia de negócio.

## Referências

ÂHRÉN, Thomas; PARIDA, Aditya. Maintenance performance indicators (MPIs) for benchmarking the railway infrastructure: a case study. **Benchmarking: An International Journal**, v. 16, n. 2, p. 247-258, 2009.

ALVAREZ, Roberto dos Reis; ANTUNES JR, José Antonio Valle. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Gestão & Produção**, v. 8, p. 1-18, 2001.

BUKSHH, Zaharah Allah et al. Predictive maintenance using tree-based classification techniques: A case of railway switches. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 101, p. 35-54, 2019.

DUFFUAA, Salih O.; RAOUF, A.; CAMPBELL, John Dixon. **Planning and control of maintenance systems**. John Wiley and Son, New York, 1999.

GARG, Amik; DESHMUKH, S. G. Maintenance management: literature review and directions. **Journal of quality in maintenance engineering**, v. 12, n. 3, p. 205-238, 2006.

GROTE, Karl-Heinrich et al. **Springer handbook of mechanical engineering**. Springer Nature, 2ª ed, 2020.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função estratégica**, 3º edição, Editora Qualitymark. Rio de Janeiro, 2010.

KOHLER, Dorothee; WEISZ, Jean-Daniel. Industrie 4.0: comment caractériser cette quatrième révolution industrielle et ses enjeux? **Annales des Mines-Réalités industrielles**. Cairn/Softwin, 2016. p. 51-56.

KOTHARI, Chakravanti Rajagopalachari. **Research methodology: Methods and Techniques**. 2ª ed. New Age International Publishers, 2004.

KULLSTAM, Per A. Availability, MTBF and MTTR for repairable M out of N system. **IEEE Transactions on Reliability**, v. 30, n. 4, p. 393-394, 1981.

LAMEIRINHAS, Gabriel. Indicadores de manutenção. **Tractian**. 2020. Disponível em: <https://tractian.com/blog/indicadores-de-manutencao>. Acesso: 05 jun. 2023.

LIYANAGE, Jayantha P.; KUMAR, Uday. Process of maintenance performance management and its imperatives within the offshore petroleum industry: Part III: Integration of maintenance performance to corporate value process. **SMRP solutions**, n. 3, 2002.

LU, Bin; DUROCHER, David B.; STEMPER, Peter. Predictive maintenance techniques. **IEEE Industry Applications Magazine**, v. 15, n. 6, p. 52-60, 2009.

MALETIČ, Damjan; MALETIČ, Matjaž; GOMIŠČEK, Boštjan. The relationship between continuous improvement and maintenance performance. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 18, n. 1, p. 30-41, 2012.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

NAGAO, Sérgio Kimimassa; MUSCAT, Antônio. **Manutenção industrial: análise, diagnóstico e propostas de melhoria de performance em indústrias de processo**. 1998.

NGUYEN, Kim-Anh; DO, Phuc; GRALL, Antoine. Multi-level predictive maintenance for multi-component systems. **Reliability engineering & system safety**, v. 144, p. 83-94, 2015.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 2, 2008.

PECH, Martin; VRCHOTA, Jaroslav; BEDNÁŘ, Jiří. Predictive maintenance and intelligent sensors in smart factory. **Sensors**, v. 21, n. 4, p. 1470, 2021.

PMBOK, GUIDE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. 4ª Edição, v. 123, p. 25, 2013.

ROSA, Eurycibiades Barra. **Indicadores de desempenho e sistema ABC: o uso de indicadores para uma gestão eficaz do custeio e das atividades de manutenção**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SINK, D. U.; TUTTLE, T. C. Performance Planning and Measuring. **Qualitymark**, Rio de Janeiro, 1993.

SLACK, Nigel. **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. Trad. Sônia Maria Corrêa. São Paulo: Editora Atlas, 1993.

SWANSON, Laura. Linking maintenance strategies to performance. **International journal of production economics**, v. 70, n. 3, p. 237-244, 2001.

TRACTIAN. **Cases de sucesso**. Disponível em:  
<https://tractian.com/blog?categoria=cases-de-sucesso&idDestaque=231&idCategoria=205>. Acesso em: 05 jun. 2023.

TRACTIAN. Disponível em: <https://tractian.com/>. 2020. Acesso em: 25 jun. 2023.

TRANTAPHYLLOU, Evangelos et al. Determining the most important criteria in maintenance decision making. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 3, n. 1, p. 16-28, 1997.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, v. 171, 1998.