

MARCUS HENRIQUE DE ALMEIDA FILHO

**TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

2023

MARCUS HENRIQUE DE ALMEIDA FILHO

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **BACHAREL EM ENGENHARIA MECÂNICA.**

Área de Concentração: Manutenção.

Orientador: Prof. Dr. Luciano José Arantes

UBERLÂNDIA – MG

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Marcus Henrique de Almeida e Mara Rúbia Pereira Almeida e à minha irmã Marcella Mara Pereira Almeida, que nunca mediram esforços para contribuir com a minha formação acadêmica e também de caráter. Agradeço também aos meus avós, tios, primos, amigos e familiares que acompanharam e torceram pelo meu sucesso até aqui.

Além disso, agradecer também aos amigos da faculdade que passaram pelos desafios junto comigo e foram essenciais para tornar a jornada mais leve.

Agradeço também ao meu orientador Luciano José Arantes por todos os ensinamentos durante as disciplinas da graduação, pelo apoio e orientações durante meu projeto de conclusão de curso.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e à Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC) pela oportunidade de realizar este Curso e pela disponibilização dos recursos físicos, professores e orientadores durante os 5 anos da minha formação.

ALMEIDA, M. H. F. **Tecnologia da informação na gestão da manutenção**. 2023. 64f.
Monografia de Projeto de Fim de Curso, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Resumo

Através deste trabalho é apresentado como a tecnologia da informação pode contribuir para a automatização dos processos, na tomada de decisão, análise de dados, organização de documentos, práticas sustentáveis e a conformidade com os requisitos da NBR ISO na gestão da manutenção nas linhas de produção da indústria. A pesquisa destaca a importância de compreender a evolução da manutenção, que passou de uma abordagem reativa para uma estratégia proativa e preditiva, impulsionada pelas inovações tecnológicas. Para isso, no âmbito teórico foram apresentados como era a manutenção antes da integração com as tecnologias, sistemas e *softwares* de gestão, foi explorado os principais tipos e quais requisitos das normas NBR ISO 9001 (ABNT, 2015), NBR ISO 14001 (ABNT, 2015) e NBR ISO 55001 (ABNT, 2014) são aplicáveis à área de manutenção. Além disso, aborda sobre os sistemas de gestão que utilizam a tecnologia da informação, como o *Computerized Maintenance Management System* (CMMS), sistemas especialistas, sistemas de gestão de materiais e Gerenciamento eletrônico de Documentos (GED). Já na metodologia foram exploradas quais as dificuldades comuns enfrentadas na implementação desse novo modelo numa organização, estudos de caso de empresas que implementaram e tiveram resultados positivos e o impacto dessas mudanças na conformidade com os requisitos normativos. Por fim, o trabalho encerra com a análise dos benefícios da adoção da tecnologia da informação na gestão da manutenção, incluindo a redução de custos, o aumento da eficiência operacional, a integração entre os principais sistemas da indústria e a melhoria da confiabilidade e disponibilidade dos ativos. Este estudo aborda também como esses benefícios podem contribuir para a organização se manter competitiva no campo da manutenção industrial.

Palavras-chave: tecnologia da informação, gestão da manutenção, eficiência operacional, integração

ALMEIDA, M. H. F. **Tecnologia da informação na gestão da manutenção**. 2023. 64f.
Monografia de Projeto de Fim de Curso, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Abstract

Through this work it is presented how information technology can contribute to the automation of processes, decision-making, data analysis, document organization, sustainable practices, and compliance with NBR ISO requirements in maintenance management in industrial production lines. The research highlights the importance of understanding the evolution of maintenance, which has transitioned from a reactive approach to a proactive and predictive strategy driven by technological innovations. To achieve this, in the theoretical context, we presented what maintenance was like before integrating with technologies, systems, and management software, explored the main types, and which requirements of the NBR ISO 9001 (ABNT, 2015), NBR ISO 14001 (ABNT, 2015) and NBR ISO 55001 (ABNT, 2014) standards are applicable to the maintenance field. It also discusses management systems that use information technology, such as *Computerized Maintenance Management System (CMMS)*, expert systems, materials management systems, and Electronic Document Management (EDM). In the methodology, we examined the common challenges faced in implementing this new model within an organization, case studies of companies that implemented it and achieved positive results, and the impact of these changes on compliance with normative requirements. Finally, the work concludes with an analysis of the benefits of adopting information technology in maintenance management, including cost reduction, increased operational efficiency, integration among the industry's major systems, and improved asset reliability. This study also addresses how these benefits can contribute to an organization's competitiveness in the field of industrial maintenance.

Keywords: information technology, maintenance management, operational efficiency, integration

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Gráfico n° de defeitos acumulados X n° horas trabalhadas em ativos (Adaptado de Moro e Auras (2007))..... | 5 |
| Figura 2: Gráfico custo da manutenção X tempo de funcionamento do ativo (Adaptado de Moro e Auras (2007))..... | 5 |
| Figura 3: Tipos de manutenção (TROJAN, et. al 2013)..... | 6 |
| Figura 4: Evolução da manutenção ao longo das décadas (Adaptado de MARINELLI, 2021) | 11 |
| Figura 5: adoção de tecnologias da informação na empresas industriais (ZINETTI, 2023)..... | 15 |
| Figura 6: Dashboards com status dos equipamentos na plataforma GEEQUIP..... | 16 |
| Figura 7: Histórico de manutenções em máquinas agrícolas na plataforma GEEQUIP | 17 |
| Figura 8: Utilização de QR Codes em equipamentos diversos (MORAES, 2020) | 17 |
| Figura 9: Lista de documentos na plataforma ETQ Reliance..... | 19 |
| Figura 10: Certificações ISO ao redor do mundo (Adaptado ISO - ‘The ISO Survey’, 2022) | 22 |
| Figura 11: Certificações NBR ISO 9001 (ABNT, 2015) no Brasil (Adaptado ISO - ‘The ISO Survey’, 2022) | 23 |
| Figura 12: Certificações ISO 55001 ao redor do mundo (Adaptado ISO - ‘The ISO Survey’, 2022)..... | 23 |
| Figura 13: Certificações NBR ISO 14001 (ABNT, 2015) no Brasil (Adaptado ISO - ‘The ISO Survey’, 2022) | 25 |
| Figura 14: telas disponíveis nos celulares dos técnicos (MORAES 2020) | 32 |
| Figura 15: Planejamento da manutenção (MORAES 2020) | 33 |
| Figura 16: Controle de estoque (MORAES 2020) | 33 |
| Figura 17: Gestão de contratos e documentos (MORAES 2020)..... | 34 |
| Figura 18: Gráficos e indicadores de manutenção gerados pelos sistema da Newset (MORAES 2020)..... | 34 |
| Figura 19: sensor Air/ground (BOEING, 2020)..... | 38 |
| Figura 20: sensor thermocouple T49.5 (BOEING, 2020) | 38 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Tipo de manutenção X Custo (Xavier 2005)..... | 10 |
| Tabela 2: funcionalidades e classificação de Sistemas especialistas (Adaptado de Giarratano e Riley (1994, p.18))..... | 18 |

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

NBR – Normas Brasileiras

ISO – *International Organization for Standardization*

CMMS – *Computerized Maintenance Management System/Software*

GED – Gerenciamento Eletrônico de Documentos

TI – Tecnologia da Informação

NR – Normas Regulamentadoras

IoT – *Internet of Things*

IWS – *Integrated Work System*

TPM – *Total Productive Maintenance*

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

TQM – *Total Quality Maintenance*

TPM – *Total Productive Maintenance*

RCM – *Reliability Centered Maintenance*

ECM – *Effectiveness Centred. Maintenance*

SMM – *Strategic Maintenance Management*

FCA – *Fiat Chrysler Automobiles*

CNI – Confederação Nacional da Indústria

KPI – *Key Performance Indicators*

SGA – Sistema de Gestão de Ambiental

Sumário

| | |
|--|----|
| LISTA DE FIGURAS | iv |
| LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS | vi |
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 Objetivo Secundário..... | 2 |
| 1.2 Justificativa..... | 2 |
| CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 4 |
| 2.1 Gestão da Manutenção: Conceito..... | 4 |
| 2.2 Tipos de Manutenção | 6 |
| 2.3 Evolução da Manutenção | 11 |
| 2.4 Tecnologia da Informação..... | 13 |
| 2.4 Requisitos Normativos | 20 |
| CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA..... | 30 |
| 3.1 Seleção de Casos de Estudo | 30 |
| 3.2 Coleta de Dados | 31 |
| 3.3 Descrição dos Casos..... | 31 |
| CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES | 41 |
| 4.1 Desafios na Implementação da TI na Gestão da Manutenção | 41 |
| 4.2 Impactos Positivos..... | 43 |
| CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES | 49 |
| REFERÊNCIAS | 50 |

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Atualmente, sabe-se que a gestão eficaz da manutenção é um fator essencial para o sucesso de qualquer organização, independentemente do seu porte ou setor de atuação. Segundo o livro "Maintenance Planning and Scheduling Handbook" Palmer (2006), a manutenção desempenha o papel fundamental de "garantir que os sistemas e equipamentos funcionem de maneira eficaz, com confiabilidade e segurança, de forma a atender aos objetivos e metas de uma organização". A capacidade de manter ativos, equipamentos e instalações em pleno funcionamento não apenas garante a continuidade das operações, mas também afeta diretamente a eficiência operacional, a segurança no local de trabalho e a satisfação do cliente.

No entanto, a gestão da manutenção não era considerada tão importante no passado como é hoje. De acordo com diversos autores, como Pinto (2012) a manutenção era frequentemente vista de maneira reativa e corretiva, ou seja, se pensava nessa área apenas quando um equipamento e/ou ativo já estava apresentando falhas.

Além disso, Almeida (2016) considera que as comuns opiniões de 20 ou 30 anos atrás, como "Manutenção é um mal necessário" ou "Nada pode ser feito para melhorar os custos da manutenção" não são mais válidas, pois a integração de sistemas e tecnologias de informação avançados desempenharam um papel importante na transformação da gestão da manutenção, permitindo a coleta de dados em tempo real, análises de desempenho e a transição para os outros dois modelos existentes: a preditiva e preventiva.

Além de desempenhar um papel crucial na eficiência operacional e na garantia da continuidade das operações, a Tecnologia da Informação (TI) emerge como um fator competitivo vital para as organizações modernas. Em um ambiente empresarial dinâmico e altamente competitivo, a adoção de avançadas soluções de TI tornou-se praticamente inevitável. Empresas que buscam não apenas sobreviver, mas prosperar, reconhecem a necessidade de integrar tecnologias de informação avançadas em suas estratégias de gestão da manutenção. A resistência à implementação de soluções tecnológicas robustas na gestão da manutenção não é apenas um retrocesso, mas sim, em muitos casos, uma renúncia à um espaço no mercado atual.

Logo, por meio de estudos de caso, análises comparativas e revisões bibliográficas, é oferecida uma visão abrangente das melhores práticas, desafios e benefícios que a TI traz para a gestão da manutenção.

Neste Projeto de Final de Curso, serão exploradas as últimas tendências em manutenção

baseada em dados, discutida a integração de sistemas de gestão de ativos e será analisado como a TI pode viabilizar a manutenção preditiva, resultando em economias substanciais, uma operação mais confiável e uma melhor adequação das boas práticas de manutenção para garantir o cumprimento dos requisitos legais e internacionais, como NR (Normas Regulamentadoras) e normas ISO (International Organization for Standardization).

1.1 Objetivo Principal

Apresentar uma análise abrangente sobre a implementação de um sistema de gestão de manutenção baseado em tecnologia da informação e sua importância para melhorar a eficiência operacional das empresas em um ambiente de rápida transformação digital. Através deste trabalho pretende-se evidenciar como a tecnologia pode contribuir não apenas para otimizar processos de manutenção, mas também para atender aos requisitos das principais normas regulamentadoras que envolvem a manutenção, garantindo a conformidade e a segurança nas operações industriais. Além disso, examinar como essa abordagem inovadora pode promover a sustentabilidade e a competitividade das organizações em um mercado global cada vez mais exigente.

1.1 Objetivo Secundário

Analisar as principais tecnologias da informação utilizadas na gestão da manutenção, como a Internet das Coisas (IoT), a análise de dados (big data), a manutenção preditiva e a automação com sistemas de Gestão, como o IWS (Integrated Work System) e TPM (Total Productive Maintenance). Este objetivo secundário visa fornecer uma compreensão mais detalhada das ferramentas e estratégias disponíveis para aprimorar a gestão da manutenção por meio da tecnologia, permitindo uma análise crítica das escolhas e das melhores práticas na indústria.

1.2 Justificativa

Nos últimos anos, com a grande competitividade no setor industrial alinhado à necessidade de produzir cada vez mais produtos variados e com certa exclusividade, a ideia de produzir o maior número de unidades possível a qualquer custo foi substituída pela corrida em

implementar inovações para reduzir ao máximo o custo da produção. Essa evolução da indústria foi fortemente abordada por Turban; McLean; Wetherbe (2004) quando afirmaram que a eficiência operacional é fundamental para a sobrevivência das organizações em ambientes competitivos.

Souza et al. (2022) explora como a tecnologia da informação, como a IoT, pode revolucionar a gestão da manutenção, ou seja, como utilizar a TI para garantir a eficiência operacional das empresas defendida por Turban, McLean e Wetherbe.

Além disso, nenhum modelo de negócio é duradouro se não garantir o atendimento à conformidades regulatórias, essenciais para evitar riscos legais, proteger a reputação das empresas e atender à critérios de qualidade, como defende Souza (2022).

Logo, discutir sobre os benefícios e desafios da implementação de um sistema de gestão de manutenção baseado em tecnologia da informação na Indústria 4.0 é substancial, pois esse tópico está em consonância com as necessidades crescentes das empresas em melhorar a eficiência, a competitividade e a conformidade regulatória.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica dos tópicos necessários para o desenvolvimento do trabalho, sendo estes: conceito de gestão da manutenção, tipos de manutenção, evolução da manutenção ao longo dos anos, sistemas de gestão de manutenção, gestão de ativos, gestão da qualidade, gestão do meio ambiente.

2.1 Gestão da Manutenção: Conceito

Antes de entender o propósito da gestão da manutenção, é necessário entender o conceito básico de “manutenção”. Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que atualmente é o principal órgão responsável pela normalização técnica atuando no Brasil, manutenção é “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”. (ABNT, NBR 5462:1994).

A partir desse conceito, entende-se que existe a necessidade de gerir essas ações e garantir a utilização de corretas metodologias para quantificar a eficácia do trabalho desenvolvido em torno da preocupação em manter um certo estado de conservação dos ativos de uma empresa. Logo, surge a “Gestão da Manutenção”, um importante campo na gestão de ativos industriais que visa assegurar a integridade, confiabilidade e disponibilidade contínua dos equipamentos e sistemas de uma organização.

Para a (ABNT, NBR 5462:1994), a disponibilidade de um equipamento é a capacidade desse item de cumprir uma determinada função em um instante específico ou ao longo de um período predefinido, considerando fatores como sua confiabilidade e a facilidade de manutenção. Já confiabilidade está ligada à capacidade de uma máquina ou equipamento para executar uma função necessária ao longo de um período determinado.

Segundo autores como Kardec e Nascif (2019), a Gestão da Manutenção transcende a simples correção de falhas e envolve a implementação de estratégias planejadas e eficazes para maximizar a vida útil dos ativos, minimizar o tempo de parada não planejada e otimizar os recursos envolvidos na manutenção.

Eles ainda destacam que a Gestão da Manutenção abrange ações como planejamento, programação, execução e controle das atividades de manutenção, bem como a gestão de equipes

e recursos, a fim de garantir o pleno funcionamento dos ativos ao longo de seu ciclo de vida. Esse enfoque estratégico é essencial para o alcance de metas organizacionais, como a redução de custos operacionais e o aumento da eficiência da produção.

Para exemplificar as citações de Kardec e Nascif (2009), que explica a Gestão da Manutenção como um caminho para redução de custos operacionais, tem-se o gráfico da Fig. 1, que compara o número de horas trabalhadas com número de defeitos acumulados:

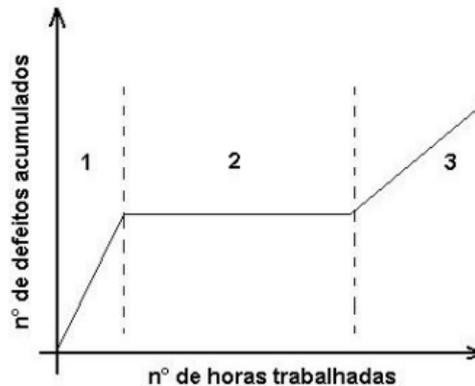


Figura 1: Gráfico nº de defeitos acumulados X nº horas trabalhadas em ativos (Adaptado de Moro e Auras (2007))

- Fase 1: Chamada de amaciamento, na qual os defeitos internos do equipamento surgem por um uso normal, como um “auto ajuste”;
- Fase 2: esta que é considerada a real vida útil do componente, ou seja, fase de maior rendimento e poucas quebras do equipamento;
- Fase 3: os variados componentes que formam o equipamento atingem o fim da vida útil e o mesmo começa a apresentar mais quebras.

Cada uma das 3 fases estão diretamente relacionadas com o custo da manutenção, por consequência, com a atuação do mesmo dentro de uma indústria/organização, como na Fig. 2:

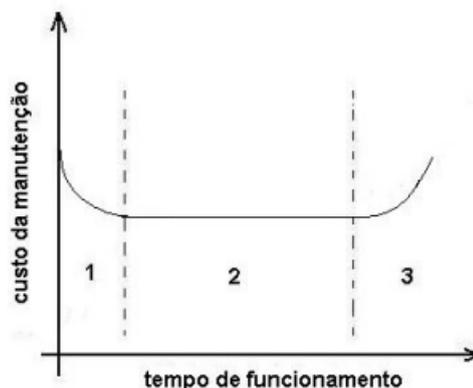


Figura 2: Gráfico custo da manutenção X tempo de funcionamento do ativo (Adaptado de Moro e Auras (2007))

Ao longo deste estudo, será abordado como as soluções aliadas à novas tecnologias podem auxiliar a Gestão da Manutenção para melhor aproveitar as fases do ciclo de vida de um ativo.

2.2 Tipos de Manutenção

Ao longo dos anos, a medida que o setor da manutenção foi sendo reconhecido como uma importante área na indústria, as metodologias e tecnologias relacionadas à esse assunto foram evoluindo e sofrendo atualizações para conseguir acompanhar a demanda. Apesar disso, os tipos de manutenção ainda continuam ativos, mas cada um com suas variações.

Cada organização estabelece a melhor estratégia em relação a como tratar a manutenção de suas instalações, geralmente baseado em recursos e ativos disponíveis, que seria a Política de Manutenção. A ABNT - NBR 5462 (1994, p.6), define essa política como uma “descrição das inter-relações entre os escalões de manutenção, os níveis de intervenção e os níveis de manutenção a serem aplicados para a manutenção de um item”

As estratégias adotadas na indústria estão ligadas aos tipos de manutenção praticados para garantir o bom funcionamento das máquinas, equipamentos e instalações. Atualmente existem vários tipos de manutenção, mas para a ABNT - NBR 5462 (1994), as principais são:

- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Engenharia da Manutenção.

Abaixo um esquema na Fig. 3 para demonstrar quais as particularidades das manutenções corretivas, preventivas e preditivas.

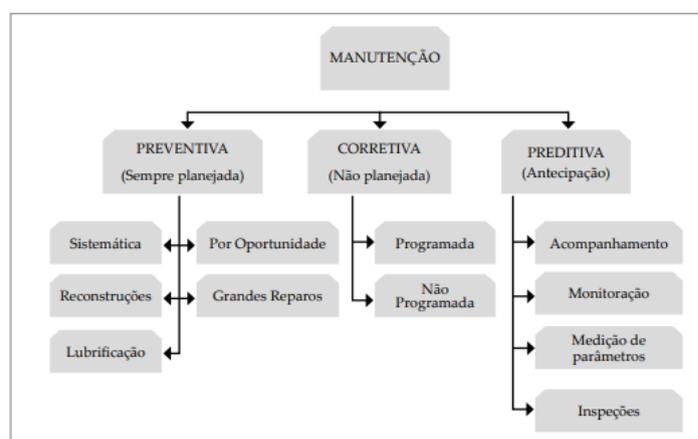


Figura 3: Tipos de manutenção (TROJAN, et. al 2013)

2.2.1 Manutenção Corretiva

Como o próprio nome já diz, a manutenção corretiva atua quando é necessário realizar um reparo em um equipamento de forma inesperada, quando o evento da quebra já ocorreu. De acordo com a ABNT-NBR 5462 (1994), esse tipo de tarefa é efetuado após a ocorrência de uma falha, com o objetivo de restaurar o equipamento ou sistema a um estado de operação normal.

No início da Indústria esse era o único tipo de manutenção operante, ou seja, só se pensava em cuidar de um ativo quando o mesmo já estava danificado. Apesar de ainda existir Manutenção Corretiva na indústria atual, segundo Kardec e Nascif (2009) essa metodologia não é mais utilizada devido aos altos custos envolvidos, pois uma falha inesperada acarreta consequências como: perda de produção, mão de obra parada, perda da qualidade do produto, variação na jornada de trabalho, além de inúmeros elevados custos indiretos para reparar uma máquina pós quebra.

Apesar desse tipo de manutenção ser executado de forma inesperada, nem sempre tem um caráter emergencial. Por isso, tem-se duas variações de manutenção corretiva: a planejada e a não planejada.

2.2.1.1 Manutenção Corretiva Planejada

Quando se trata de manutenção corretiva o normal de se pensar é a correção de uma falha o mais rápido possível, para que o ativo volte a operar. No entanto, a planejada para Kardec e Nascif (2009) pode ser entendida como a correção do desempenho abaixo do esperado ou da falha no momento que a gerência determinar que é o melhor. Em outras palavras, quando já se sabe que o equipamento está falhando ou quando o mesmo já quebrou, cabe uma decisão gerencial de efetuar ou não a manutenção naquele momento.

Essa modalidade é considerada uma alternativa para quando há quebras ou falhas não identificadas previamente e a organização possui recursos estruturais suficientes para realizar a manutenção do equipamento num outro momento, podendo ser feita de forma minuciosa e com custos menores (OTANI;MACHADO, 2008). Essa prática é mais comum quando a empresa possui um ativo reserva para uma determina atividade.

2.2.1.2 Manutenção Corretiva Não Planejada

Para a Norma Brasileira ABNT-NBR 5462 (1994), manutenção corretiva não planejada é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em

condições de executar uma função requerida.

Diferente da Planejada, a Não Planejada acontece quando a organização não possui a opção de escolha do melhor momento para realizar a manutenção e deve ser tratada como emergencial, logo após a quebra para que a produção não seja tão prejudicada. Esse é o tipo de manutenção com os maiores custos diretos e indiretos comparados aos demais tipos abordados.

2.2.3 *Manutenção Preventiva*

Ao contrário da manutenção corretiva, a manutenção preventiva atua com intuito de prevenir ou reduzir as chances de uma falha acontecer e eliminar as paradas inesperadas. Esse tipo de manutenção “(...) Visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de pré planejados” (SLACK et al., 2002, p.645).

Como está exemplificado na figura 3, pode-se observar que a principal vantagem da Preventiva é ser uma manutenção sempre planejada, ou seja, é possível aproveitar de forma estratégica os momentos em que o processo de produção está parado ou com um menor volume para realizar os serviços de prevenção contra quebras e falhas dos equipamentos. Por isso, esse modelo também é chamado de manutenção Por Oportunidade.

Ainda sobre a definição da manutenção preventiva, de acordo com ABNT-NBR 5462 (1994), é a “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”. Esses “intervalos predeterminados” citado na norma, para Teles (2019), é um dos quatro gatilhos envolvendo esse modelo de manutenção, o gatilho do tempo. Os outros três gatilhos representam os “critérios prescritos” citado na norma: horas de funcionamento, produtividade e o misto.

O gatilho do tempo, um dos mais usados nos programas de manutenção, são atividades de manutenção agendadas com base em intervalos de tempo específicos, como horas de operação, dias, semanas, meses ou anos. Por exemplo, uma empresa pode programar a troca de óleo de um veículo a cada 12 meses.

O segundo gatilho mais utilizado, horas de funcionamento, se baseia no tempo de operação de um equipamento ou máquina em vez de calendários fixos. Nessa abordagem, as atividades de manutenção são agendadas com base no número de horas que o equipamento realmente esteve em funcionamento em vez de datas específicas. Por exemplo, em uma frota de veículos de entrega, os gatilhos de horas de funcionamento podem ser usados para programar

a manutenção de cada veículo após um determinado número de horas de condução. Isso ajuda a garantir que as atividades de manutenção sejam realizadas quando o equipamento realmente precisa delas

Em vez de agendar manutenções em intervalos de tempo fixos ou com base apenas em horas de funcionamento, a manutenção com gatilho de produtividade se concentra em manter a máquina ou equipamento operando em níveis específicos de desempenho. Quando o equipamento começa a mostrar sinais de deterioração ou queda no desempenho em relação aos indicadores estabelecidos, isso pode acionar a necessidade de manutenção (TELES, 2019). Alguns indicadores podem ser:

- Taxas de produção abaixo de um determinado limite.
- Eficiência energética reduzida.
- Qualidade do produto abaixo dos padrões.
- Aumento das paradas não programadas ou redução da disponibilidade.
- Variações nos níveis de vibração, temperatura, pressão ou outros parâmetros de operação.

Exemplo: se numa fábrica a meta é produzir 1000 garrafas por hora e a linha de produção começar a produzir menos de 950 garrafas por hora, isso é considerado um sinal de que a produtividade está caindo e deve-se acionar a equipe de manutenção para programar um serviço de reparo do equipamento.

O gatilho misto é quando uma organização adota uma abordagem para manutenção baseada em diferentes critérios ou unindo mais de um critério. Voltando ao exemplo da troca de óleo de um veículo, uma concessionária pode considerar uma quantidade de meses ou de quilômetros percorridos, o que seria a junção do gatilho de tempo e de produtividade. Desse modo, garante atender de forma mais personalizada as necessidades de manutenção de um ativo.

Todavia, como afirma Venâncio (2022) apesar da manutenção preventiva fornecer mais confiabilidade, disponibilidade e redução dos custos com o ativo comparado à manutenção corretiva, ainda não é o tipo que possui os menores custos devido a troca de peças que ainda possuíam um bom tempo de funcionamento além da mão de obra frequente para realizar esses reparos.

2.2.4 *Manutenção Preditiva*

Realizar a intervenção num equipamento não mais apenas após a quebra ou em intervalos de tempo determinados, mas sim pela máxima utilização de um ativo reduzindo custos

desnecessários e otimizando a mão de obra da equipe de manutenção é um grande passo para uma indústria que está buscando a excelência nos serviços (GERAGTHEY, 2000, p.1). Esse é o conceito básico da manutenção preditiva.

Autores como Mirshawka (1991) relatam as inúmeras técnicas envolvidas na manutenção preditiva, cada uma para detectar ou acompanhar uma possível causa de uma falha, entre elas: de vibração, termografia para análise de temperatura das peças, ultra-som para análise de alterações de densidade e espessura, ferrografia para análise de desgaste e contaminação de lubrificantes, tribologia, monitoria de processo, inspeção visual, e outras técnicas de análise não-destrutivas.

Esse conjunto de técnicas, análises e sistemas de controle para realizar a gestão da manutenção é o foco desse estudo, com intuito de verificar o quanto essas tecnologias podem contribuir no dia a dia de uma indústria tanto em aspectos financeiros quanto de acertividade nos serviços.

De acordo com a Tab. 1, pode-se notar a relação de custos por tipos da manutenção, esses valores são os padrões ideais a serem atingidos, segundo Xavier (2005). Apesar desses valores serem os ideais, ele afirma que a preventiva pode ser um terço mais barata que a corretiva, enquanto pode chegar até duas vezes mais cara que a preditiva. Já para Teles (2019), a preventiva pode chegar a metade do valor da corretiva enquanto pode ser até três vezes mais dispendiosa que a preditiva.

Tabela 1: Tipo de manutenção X Custo (Xavier 2005)

| TIPO DE MANUTENÇÃO | CUSTO US\$/HP/ANO |
|---------------------------|--------------------------|
| Corretiva não planejada | 17,00 ~ 18,00 |
| Preventiva | 11,00 ~ 13,00 |
| Preditiva | 7,00 ~ 9,00 |

2.2.5 Engenharia da Manutenção

Apesar de alguns autores não considerarem a Engenharia da Manutenção como um tipo de manutenção, é relevante para o assunto tratado nesta monografia explicar do que se trata. Xenos (1998) e Kardec e Nascif (2009) considera a Engenharia de Manutenção como um tipo por ser uma série de práticas e preocupações para garantir o funcionamento saudável do setor e realizar uma boa gestão da manutenção de uma indústria.

Dentre as vantagens desse tipo de manutenção, pode-se destacar: a organização da gestão para manter todos os ativos e de uma organização com alta disponibilidade e

confiabilidade, as estratégias executadas para redução de custos com manutenção, a preocupação com a segurança dos trabalhadores e público em geral que lidam diretamente com as máquinas, a contribuição com ações para garantir a sustentabilidade ambiental, a análise de mercado fetuada com intuito de manter os ativos com taxas de produtividade competitiva, e a garantir da conformidade com as regulamentações.

2.3 Evolução da Manutenção

Analisando o conceito de Manutenção e Gestão da Manutenção tratado no tópico anterior, entende-se a grande importância dessa área no prolongamento da vida útil dos ativos e na otimização de recursos para a produção. No entanto, esse pensamento sobre o tema não é tão antigo.

A manutenção sempre existiu nos processos de fabricação, embora despercebida, era tratada de forma indireta nas etapas de produção. Porém, obteve o nome de “manutenção” apenas por volta do século XVI, com o surgimento dos primeiros relógios mecânicos, máquinas têxteis e a vapor na Europa Central.

Ao longo dos anos, a Manutenção passou por várias revoluções, a fim de acompanhar o crescimento da indústria e as novas demandas produtivas, assim como o surgimento de novas tecnologias para realizar a gestão da mesma. A Fig. 4 abaixo explica as principais atividades exercidas durante as diferentes gerações da manutenção até chegar ao que se tem hoje.

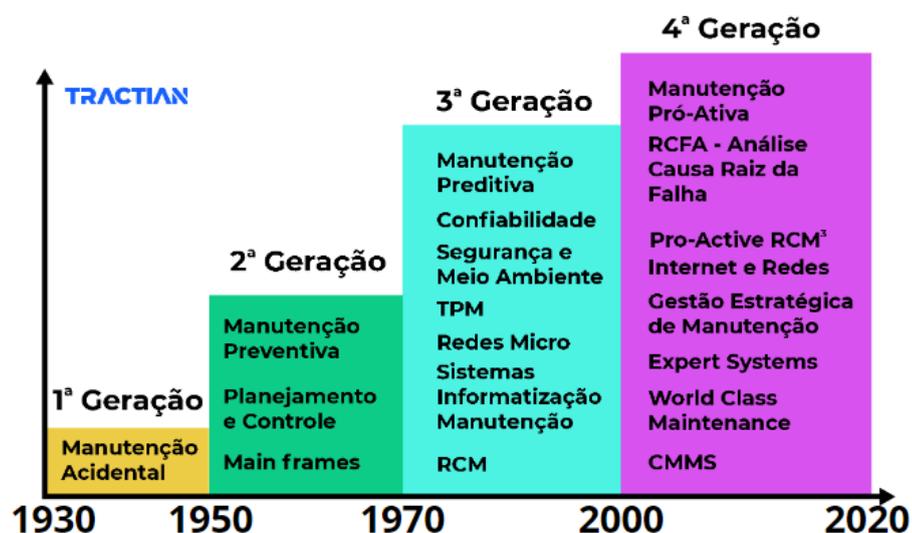


Figura 4: Evolução da manutenção ao longo das décadas (Adaptado de MARINELLI, 2021)

De acordo com diversos autores e empresas do segmento da manutenção, como

Marinelli (2021) CEO da Tractian (empresa que desenvolve Sistema de Gestão para Ativos), as gerações da imagem acima são explicadas a seguir.

2.3.1 1º Geração

Antes da Segunda Guerra Mundial, com um processo de produção em menor escala, a manutenção das máquinas era considerada uma tarefa secundária, ou seja, sem muito valor. Persistia apenas em limpeza e lubrificação das máquinas, isso quando havia alguma parada, sem nenhum planejamento ou avaliação do serviço.

É comumente encontrado o termo “Modelo Reativo” para essa falta de metodologia da época, que em outras palavras, é a já tratada anteriormente “Manutenção Corretiva”, que possui um alto custo e baixa disponibilidade do ativo.

2.3.2 2º Geração

Surge após a Segunda Guerra Mundial devido ao aumento da demanda e a competitividade. Os engenheiros começaram a perceber que os equipamentos falhavam em intervalos similares e as causas eram parecidas ou até repetidas. Assim, surgiu a Manutenção Preventiva e o PCM (planejamento e controle de manutenção), principalmente no Japão, que criou as primeiras metodologias para alta produtividade na indústria.

No entanto, apesar das empresas terem criado equipes de manutenção a fim de padronizar essa atividade e garantir a produtividade, os custos da manutenção ainda eram elevados devido à falta de técnicas para detectar a causa raiz das falhas, o que forçou a busca por melhores métodos para prolongar a vida útil dos ativos.

2.3.3 3º Geração

Em 1970, a automação industrial chega como um novo método para aumentar a atividade nas manutenções planejadas. Dessa forma, a manutenção começou a focar somente no que realmente importava para manter um ativo em funcionamento, sem trocas desnecessárias, ou seja, redução de custos. Tal prática ficou conhecida como Manutenção Centrada na Confiabilidade.

Esse novo conceito foi realmente uma revolução no mundo da manutenção, pois a partir desse momento as empresas começaram a se preocupar mais em manter as funções dos

equipamentos e os processos em funcionamento e não mais somente em recuperar uma máquina.

Além disso, outro grande aliado foi a chegada dos computadores e da internet, tecnologias que impulsionaram as técnicas preditivas na manutenção e contribuíram para que essa área se tornasse a mais importante da indústria.

2.3.4 4º Geração

A última e atual geração da manutenção, iniciada próxima à virada do milênio, é amplamente marcada e quase que dependente da tecnologia da informação, ou seja, o aprimoramento da internet e dos computadores para extrair e tratar dados dos equipamentos a fim de prever e/ou prevenir falhas.

Os próprios fabricantes foram obrigados a reprojetarem seus produtos pensando na manutenibilidade, que representa o nível de facilidade da execução da manutenção num equipamento. Isso foi feito através da inclusão de tecnologias nas máquinas que possibilita uma comunicação com *softwares* externos e até mesmo com a internet, além de colaborar para alcançar uma padronização de ativos do mesmo setor.

Para garantir espaço no mundo competitivo, na quarta geração as empresas estão ainda mais preocupadas com a integridade operacional das máquinas e equipamentos, pois entenderam que essa prática além de aumentar a produtividade ainda reduz os custos. Uma pesquisa realizada no Brasil pela Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN) (1999), entre 19 setores produtivos, mais de 115 indústrias, cerca de 45 % dos entrevistados almejavam aumentar o quadro de funcionários no setor da manutenção para acompanhar a tendência do mercado. Essa pesquisa apresenta um ótimo futuro para o mercado de trabalho desse setor, mas é acompanhada de alguns desafios que serão tratados mais a frente nesse documento.

2.4 Tecnologia da Informação

Quando a manutenção começou a ser reconhecida como uma área importante para indústria, iniciaram os estudos para entender qual o melhor modelo de se trabalhar. Ao longo dos anos, inúmeros modelos foram criados e são utilizados até hoje. Conforme Sherwin (2000), destaca-se:

- TQM (Qualidade Total da Manutenção): baseado no ciclo da sigla em inglês PDCA –

Planejar, Fazer, Checar, Agir e focado na máxima utilização da vida útil do ativo;

- TPM (Manutenção Produtiva Total): relaciona a deterioração da máquina com a operação abusiva e falha nos cuidados primários;
- RCM (Manutenção Centrada em Confiabilidade): assegura que o ativo continue a executar suas funções pretendidas.
- RBM (Manutenção Baseada em Risco): objetiva minimizar os perigos causados por falhas não previsíveis dos equipamentos, de uma maneira economicamente viável;
- ECM (Manutenção Centrada na Eficácia): foca nas funções do sistema e no serviço prestado ao cliente;
- SMM (Gerenciamento Estratégico da Manutenção): manutenção analisada não apenas no contexto operacional, mas também num contexto estratégico de longo prazo.

Como apresentado anteriormente neste trabalho, apesar dos primeiros modelos de manutenção possuírem um retorno das informações dos ativos para análise, eram muito básicos e focados principalmente nos custos com a operação. Segundo Parkes (1970), existem dois grandes modelos que resumem todos esses citados acima, o primeiro foi chamado de “Modelo Terotecnológico Básico”, criado para obter o feedback das informações produzidas ao longo dos estágios do ciclo de vida nos sistemas de manutenção e enviá-las aos engenheiros. Este modelo foca na gestão da manutenção baseada no custo ao longo da vida útil do equipamento, desde os gastos de desenvolvimento do projeto, implantação, operação e por fim o de desativação dos ativos. A principal preocupação da gestão da manutenção nesse caso era minimizar o custo global dos sistemas mantidos pela área.

Já a partir da 4^o geração da manutenção as empresas começaram a adotar com mais intensidade o chamado “Modelo Terotecnológico Avançado”, que ao invés de ser baseado no custo ao longo do ciclo de vida passou a ser baseado no lucro, que contribuiu para Manutenção ser vista como um setor que agrega e não mais apenas um gerador de despesas. Segundo Irani (2011), para esse efeito, deve-se conhecer a influência da manutenção sobre a qualidade dos produtos, sobre a disponibilidade dos equipamentos para a produção e sobre a rápida capacidade de analisar a situação atual de um ativo e optar pelo uso de equipamento com melhor custo-benefício, garantindo a vantagem competitiva das organizações.

Por isso, para conseguir alcançar uma gestão com esse modelo de maneira eficaz, além de saber o QUE fazer deve-se conhecer as técnicas, metodologias e sistemas de COMO fazer. De acordo com Lima; Santos; Sampaio (2010), nesse caso, é essencial utilizar sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicação perfeitamente integrados para conseguir tomar

decisões, realizar previsões, simulações e cálculos a partir da alta saída de informações instantâneas, detalhadas e sem equívocos.

O que acontece atualmente nas indústrias é uma junção de vários modelos supracitados para conseguir garantir cada um dos requisitos da áreas, no antigo grupo FCA (Fiat Chrysler Automobiles) utilizavam diversos modelos para o acompanhamento do mesmo ativo (LONGO et al., 2018). Por isso, todas essas informações geralmente são centralizadas em alguns softwares para facilitar a análise de dados e tomadas de decisão, a chamada Indústria 4.0.

Segundo o gráfico da Fig. 5, a grande maioria das empresas industriais no Brasil, independentemente do seu tamanho, já implementou pelo menos uma solução tecnológica.

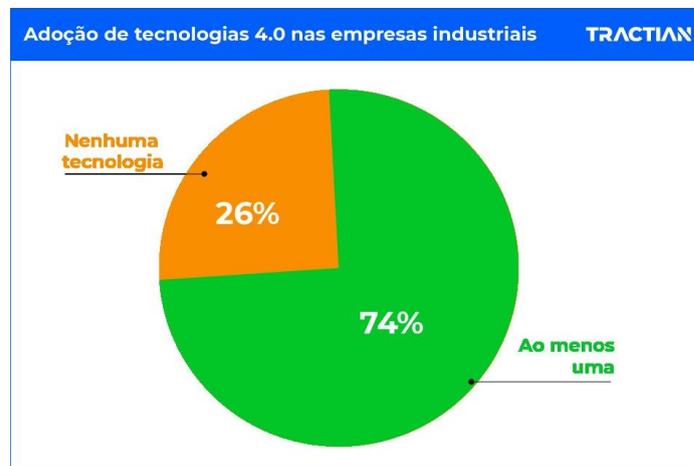


Figura 5: adoção de tecnologias da informação na empresas industriais (ZINETTI, 2023)

Logo, a tecnologia na manutenção é não apenas uma tendências para melhorias dos processos e redução de custos, mas também um grande diferencial competitivo.

2.4.1 Sistemas de Gestão da Manutenção

Na Indústria 4.0, o mundo físico se funde com o virtual; baseados na Internet, produção, manutenção, fornecedores, compradores, distribuidores e até mesmo produtos e máquinas são integrados e conectados digitalmente, proporcionando uma cadeia de valor integrada como jamais visto antes (HERMANN; PENTTEK; OTTO, 2015)

Essa integração é possível graças à comunicação entre Hardwares e Softwares. A definição de hardware, para O'Brien (2004), é o conjunto de equipamentos utilizados no processamento de informações, que para a manutenção, podem ser computadores, tablets, smartphones, leitores de códigos de barra, entre outros. Já software são conjuntos de "comandos, instruções ou ordens elaboradas pelo cliente e/ ou usuários para o computador

cumprir, visando desenvolver as atividades (...)" (REZENDE e ABREU, 2000, p.81), ou seja, na manutenção são aplicações digitais para práticas gerenciais e suporte à tomadas de decisões.

2.4.1.1 CMMS

Toda essa integração da manutenção entre máquinas, computadores e humanos é um modelo conhecido como CMMS, que em português significa Sistema de Gestão da Manutenção Computadorizado. Tem como objetivo automatizar as operações e atividades de manutenção, além de harmonizar as operações principais da indústria, como: desempenho operacional e produtividade, planejamentos, controle, estoque, entre outros.

Segundo Alves (2005), “São sistemas que auxiliam nos processos de coleta, registro, armazenamento, atualização, processamento e comunicação de dados de manutenção, suportando principalmente as atividades de planejamento, programação e controle.” As funcionalidades são (DUFFUAA et al; 1999):

- Relatórios da qualidade.
- Relatórios de desempenho por meio de indicadores (KPI: Key Performance Indicators) (exemplo Fig. 6).

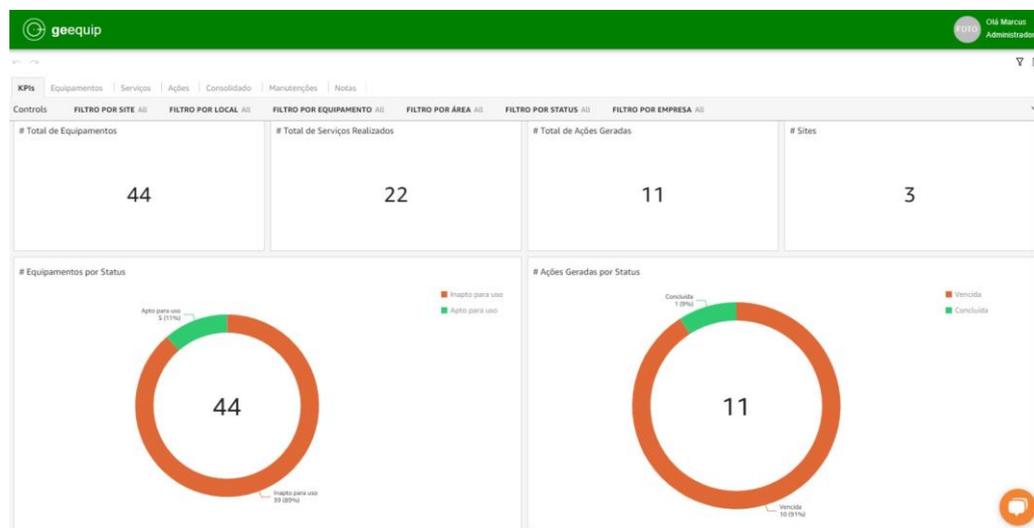


Figura 6: Dashboards com status dos equipamentos na plataforma GEEQUIP

- Custos e orçamentos.
- Histórico de equipamentos (exemplo Fig. 7).

- Controle e Registro de treinamentos de colaboradores da manutenção.
- Controle de saídas não conformes.

2.4.1.2 *Sistemas Especialistas*

Para Falsarella (1994) sistemas especialistas são aqueles projetados para reter e fornecer o conhecimento e as experiências de profissionais altamente especializados, ou seja, esses sistemas são desenvolvidos para permitir que um computador ou qualquer dispositivo informatizado emule, por meio de técnicas de inteligência artificial, as ações de um especialista com base em sua experiência profissional e conhecimento específico em sua área de atuação (ALVES, 2005)

Giarratano e Riley (1994) expõe as funcionalidades desses sistemas e como classificá-los na Tab. 2:

Tabela 2: funcionalidades e classificação de Sistemas especialistas (Adaptado de Giarratano e Riley (1994, p.18))

| CLASSIFICAÇÃO | ÁREAS DE APLICAÇÃO |
|----------------------|---|
| Configuração | Montar componentes apropriados de um sistema |
| Diagnóstico | Identificar problemas baseado em evidências observadas |
| Instrução | Ensino inteligente, de forma que o treinando possa interagir com perguntas do tipo "Por que", "Como", e "O que acontece se. .", tal qual se um humano estivesse lhe ensinando |
| Interpretação | Explicar dados observados |
| Monitoramento | Comparar dados observados com esperados |
| Planejamento | Aconselhar ações baseado em observações |
| Prognóstico | Prever condições futuras |
| Reparo | Prescrever soluções e tratamento para um problema |
| Controle | Regular um processo. Pode requerer interpretação, diagnóstico, monitoração, planejamento, prognóstico e reparo. |

2.4.1.3 *Sistemas de Gerenciamento Eletrônico de Documentos (GED)*

Para Turban et al. (2004), um sistema GED é uma plataforma que pode realizar o controle automatizado de diversos tipos de documentos, desde a fase inicial (como a alocação de uma identificação, seja numérica ou outra, para o seu registro), abrangendo a supervisão do processo de aprovação, até o estágio de distribuição, arquivamento ou eliminação, incluindo, quando apropriado, a gestão do armazenamento de versões.

São várias as funcionalidades de um sistema GED e Avedon (2002) expõe algumas:

- **Automatização de Formulários:** Implementação de funcionalidades que agilizam a entrada de dados em formulários por meio de processos automatizados.
- **Gestão de Documentos:** A função principal de um sistema GED, que abrange o controle do acesso físico aos documentos (envolvendo questões de segurança) e facilita a pesquisa e recuperação por meio de técnicas de busca e indexação.
- **Controle de Fluxo de Trabalho:** possibilita o gerenciamento e supervisão de processos, com foco na criação e aprovação de documentos.
- **Gerenciamento de Registros e Informações:** Função que possibilita o controle do ciclo de vida de documentos, independentemente do suporte (meio de armazenamento) utilizado para mantê-los (exemplo na Fig. 9).

The screenshot displays the ETQ Reliance Document Management interface. The top navigation bar includes the ETQ logo, a search icon, and a 'Document Management' button. Below this, the page title is 'Document Management' with a 'Close Module' button. The main content area shows a list of documents under the heading '0.1 My Documents\My Owned'. The list includes columns for 'Validity Date', 'Doc #', 'Title', 'Version', 'Type', 'Phase', and 'Document Origin...'. The table contains several rows of document entries, such as SE-12202, SE-12141, SE-12052, SE-11957, SE-11817, SE-11812, and SE-11722. A sidebar on the left shows a navigation tree with 'My Owned' selected. At the bottom, it indicates '1 - 25 Document(s) are shown' and 'Page 1'.

| Validity Date | Doc # | Title | Version | Type | Phase | Document Origin... |
|---------------|----------|-------------------------------|---------|-----------|-------------|--------------------|
| | SE-12202 | PG.AGR.05 - Gestão de | 2 | Procedure | Consolidate | |
| | SE-12141 | IT.AGR.CAM.02 - | 1 | Work | Review | |
| 9/out/2025 | SE-12052 | IT.AGR.HSE.02 - Relação de | 33 | Work | Released | |
| 18/out/2026 | SE-11957 | IT.AGR.ATI.04 - Gestão de | 1 | Work | Released | |
| | SE-11817 | IT.AGR.HSE.01 - Sinalização | 1 | Work | Approval | |
| 9/out/2026 | SE-11812 | IT.AGR.REC.07 - Controle de | 1 | Work | Released | |
| 23/set/2026 | SE-11722 | IT.AGR.REC.06 - Solicitação e | 1 | Work | Released | |

Figura 9: Lista de documentos na plataforma ETQ Reliance

Alves (2005) ainda complementa que, segundo ele, é a principal funcionalidade: A partir da pesquisa e recuperação de documentos, seja possível visualizá-los no computador ou dispositivo, apresentando uma representação precisa do documento quando está em formato eletrônico na tela. Um visualizador eficiente deve ter a capacidade de interpretar diversos formatos de documentos, independentemente do aplicativo em que foram criados, como por exemplo, AUTOCAD - DWG ou WORD - DOC. Além disso, deve permitir funções como ampliação, rotação, adição de marcações e destaques.

2.4.1.4 Sistemas de Gestão de Materiais

Como citado em 2.1, um dos principais objetivos da manutenção é evitar a indisponibilidade dos equipamentos, por isso, uma boa gestão dos materiais para reposição é

essencial.

Segundo Wireman (1994), um sistema de gestão de materiais para manutenção tem como objetivos monitorar as condições de consumo e estocagem dos materiais utilizados pela manutenção e administrar as reposições e compras. Para o autor, as principais funcionalidades desse tipo de sistema são:

- Registro detalhado dos itens em estoque;
- Pesquisa de materiais com base em suas características e usos;
- Acompanhamento e controle de reposição e compras de materiais;
- Monitoramento do estoque planejado de materiais;
- Gestão do estoque de materiais não planejados;
- Correlação de informações da ordem de serviço com a necessidade de materiais;
- Análise da compatibilidade entre os equipamentos/sistemas e os materiais disponíveis em estoque;
- Gerenciamento de materiais que retornam ao estoque;
- Apoio na realização de inventários físicos.

Alves (2005) ainda complementa com outras funcionalidades:

- Reabastecimento automático do estoque com base nos padrões de consumo;
- Estabelecimento de padrões de consumo, margens de segurança e pontos de reposição, incluindo detecção de picos de consumo incomuns;
- Criação de diversos tipos de relatórios, como os relacionados a custos, utilização de materiais, tempo médio de reposição e tempo médio de consumo.

2.4 Requisitos Normativos

Já foi apresentado nessa dissertação o quanto que a gestão da manutenção é vital na garantia da confiabilidade e eficiência das operações em diversos setores industriais. No entanto, a gestão da manutenção não pode apenas se preocupar com a produtividade e deixar de lado os requisitos das normas nacionais e internacionais que garantem não apenas a padronização dos serviços e instalações, mas também a segurança de quem opera uma máquina ou equipamento.

Por isso, o cumprimento de normas regulamentadoras desempenha um papel central,

proporcionando diretrizes essenciais para otimizar e assegurar a manutenção de ativos. No cenário global, várias normas e sistemas de gestão se destacam como referências cruciais nesse domínio, afetando direta ou indiretamente empresas e organizações em todo o mundo. Entre essas normas, destacam-se as Normas Brasileiras (NBR's), a NBR ISO 9001 (ABNT, 2015), NBR ISO 55001 (ABNT, 2014), NBR ISO 14001 (ABNT, 2015) cada uma com seu escopo e aplicação específicos.

As Normas Brasileiras (NBR's), desenvolvidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é a principal referência na regulamentação de práticas e procedimentos de manutenção no Brasil. Essas normas se aplicam a uma ampla gama de indústrias, incluindo manufatura, petróleo e gás, energia, transporte, sementeiras, alimentação, e muitas outras, estabelecendo requisitos focados principalmente na segurança do operador, mas também em garantir a integridade e a disponibilidade de ativos em território brasileiro.

Além das NBR's, existem as normas ISO (International Organization for Standardization), que de acordo com o site oficial da organização ISO ('O que fazemos', 2023), é uma organização não governamental que visa estabelecer normas que representem e traduzam o consenso dos diferentes países do mundo em questões de qualidade, segurança, eficiência e interoperabilidade de produtos, serviços e sistemas. Foi criada em 1947 na Genebra, Suíça.

No Brasil, algumas normas ISO são acompanhadas da sigla "NBR", como por exemplo a NBR ISO 9001 (ABNT, 2015). Isso quer dizer que essa é uma versão brasileira da norma internacional ISO 9001 (ISO, 2015).

Para se ter uma noção da extensão das normas ISO e o quanto são valorizadas ao redor do mundo, segundo o site oficial da organização atualmente existem 169 países que utilizam as normas e são credenciados pela organização, isso representa que 86,67% dos países do mundo estão preocupados em alcançar padrões internacionais nos serviços e processos organizacionais. Segundo a ISO Survey (ISO - 'The ISO Survey', 2022), pesquisa realizada pela própria organização, somando todos esses países em 2022 houveram 2.665.590 certificações ao redor do mundo, distribuídas da forma que apresenta a Fig. 10:

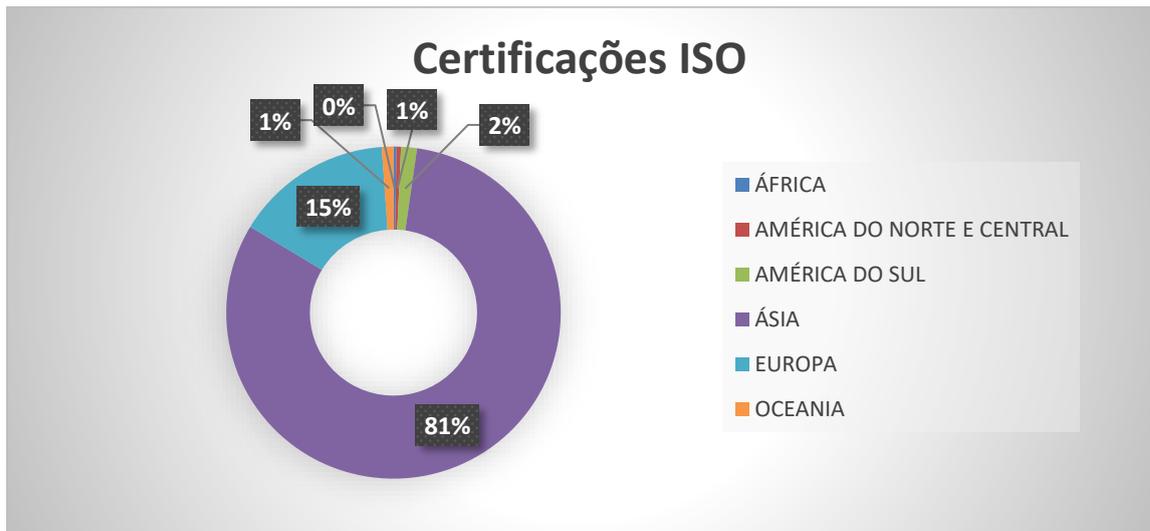


Figura 10: Certificações ISO ao redor do mundo (Adaptado ISO - ‘The ISO Survey’, 2022)

NOTA: os números do gráfico acima forma arredondados, ou seja, alguns países da África tiveram organizações certificadas, mas representam menos de 1% em relação ao total.

Vale ressaltar a expressiva quantidade de certificações na Ásia, isso devido à China que possui uma alta quantidade de indústrias operantes e que ao longo dos anos tem-se preocupado cada vez mais com os processos organizacionais.

A Norma ISO 9001 é amplamente reconhecida como um sistema de gestão da qualidade que abrange diversos setores ao redor do mundo. Segundo as informações da página ISO (‘Página de Padrões’, 2023), essa norma estabelece princípios fundamentais para uma organização, incluindo a ênfase na satisfação do cliente, a melhoria contínua e a abordagem baseada em processos. Embora a NBR ISO 9001 (ABNT, 2015) não se limite especificamente à manutenção, desempenha um papel indireto ao influenciar a qualidade dos produtos e serviços, o que, por sua vez, afeta a manutenção de ativos em empresas globalmente. Um requisito pertinente dessa norma é o requisito que trata sobre o registro, controle e disponibilidade de documentos, amplamente utilizado para guarda de procedimentos e dados na Gestão da Manutenção. Essa norma é a mais utilizada dentre as ISO em todo o mundo de acordo com a (ISO - ‘The ISO Survey’, 2022) e no gráfico da Fig. 11 mostra a expressividade dessa norma no Brasil:

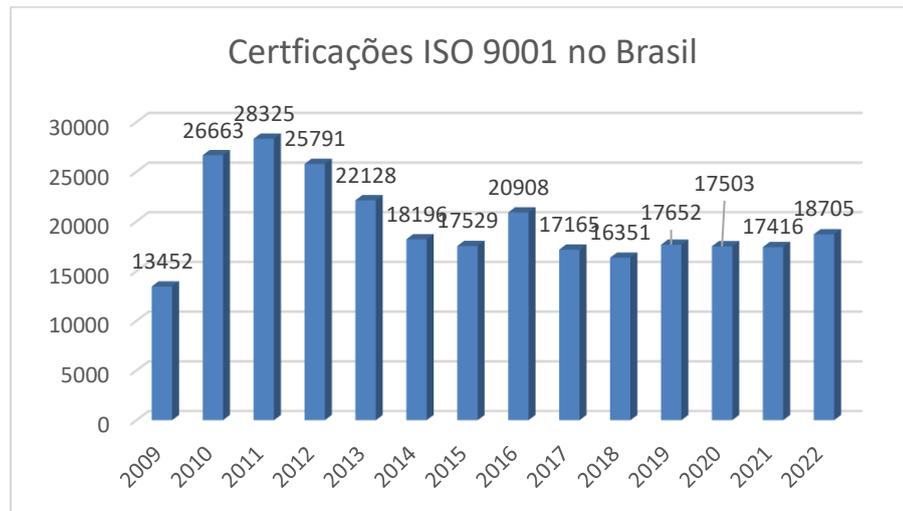


Figura 11: Certificações NBR ISO 9001 (ABNT, 2015) no Brasil (Adaptado ISO - 'The ISO Survey', 2022)

Como é possível perceber, em 2011 houve o pico de certificações no Brasil, que a partir de 2013 caiu para uma média de 17591 certificações por ano, ainda assim bastante significativo.

Já a Norma ISO 55001 se destaca como um referencial chave para a gestão de ativos, definindo princípios e requisitos para estabelecer, implementar, manter e melhorar um sistema de gestão de ativos eficaz. Para a ISO ('Página de Padrões', 2023), a ISO 55001 abrange tanto ativos físicos quanto ativos intangíveis e tem uma aplicação global, se concentrando em garantir que os ativos sejam gerenciados de forma a otimizar o desempenho, a sustentabilidade e o valor do ciclo de vida, um fator crítico na gestão de ativos e, por conseguinte, na gestão da manutenção. Em 2022, segundo a (ISO - 'The ISO Survey', 2022) houveram 1529 certificações da ISO 55001 no mundo, de acordo com Fig. 12:

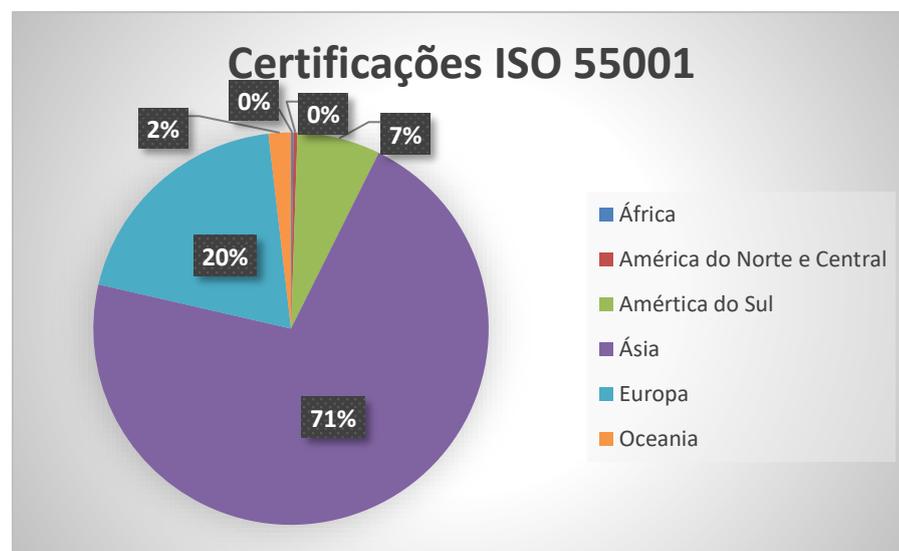


Figura 12: Certificações ISO 55001 ao redor do mundo (Adaptado ISO - 'The ISO Survey', 2022)

NOTA: os números do gráfico acima forma arredondados, ou seja, alguns países da África, América do Norte e Central tiveram organizações certificadas, mas representam menos de 1% em relação ao total.

Apesar do total mundial ser apenas 0,09 % do número médio anual de certificações da NBR ISO 9001 (ABNT, 2015) no Brasil, os requisitos da NBR ISO 55001 (ABNT, 2014) são os que mais impactam diretamente as atividades, pessoas, máquinas, equipamentos e organizações no que tange à ativos, ou seja, é a norma internacional mais importante para a gestão da manutenção.

Apesar de estar indiretamente ligada à manutenção, a Norma NBR ISO 14001 (ABNT, 2015) – Gestão Ambiental segundo a NBR ISO 14001 (ABNT, 2015;p.28), é muito importante para organizações que desejam incorporar a gestão ambiental em suas práticas de manutenção. Essa norma tem como objetivo criar e adotar nas empresas certificadas o Sistema de Gestão de Ambiental (SGA), que segundo o Rodrigues (2023) é um método operacional utilizado pela empresa para identificar e controlar os impactos que sua atividade tem sobre o meio ambiente. Tem uma abordagem de ciclo contínuo de melhoria seguindo as etapas de planejamento para atingir as metas e objetivos ambientais, de implementação e operação das políticas e práticas ambientais, de verificação e avaliação das conformidades com o requisitos da Norma e requisitos legais e por fim a revisão dos resultados da implementação do SGA.

Com a implementação da 14001, espera-se que a empresa tenha uma redução do impacto ambiental, garanta a conformidade legal, melhore a imagem corporativa, tenha uma economia de recursos e acesse novos mercados.

Segundo a (ISO - ‘The ISO Survey’, 2022), Brasil ocupa a 15º posição no ranking mundial de países com mais certificações 14001. Ao longo dos últimos anos, como apresentado no gráfico da Fig. 13, teve um aumento nas certificações NBR ISO 14001 (ABNT, 2015) no território nacional, principalmente no último ano (2022):

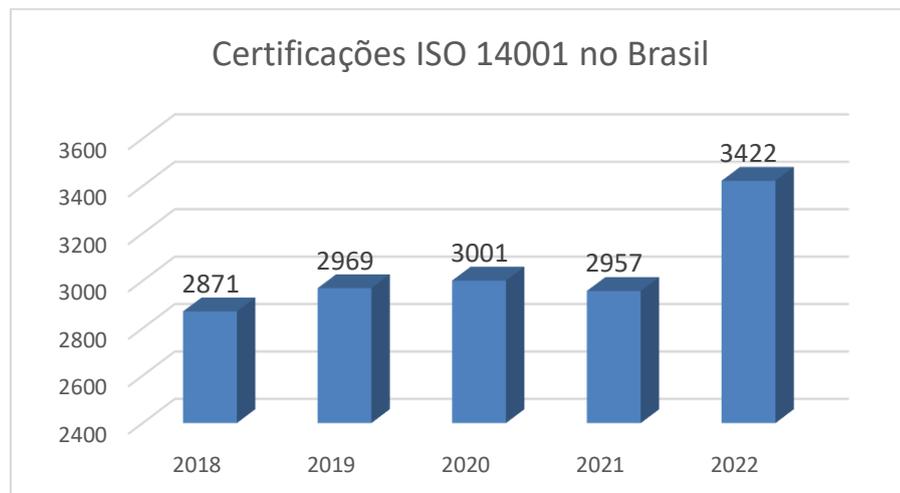


Figura 13: Certificações NBR ISO 14001 (ABNT, 2015) no Brasil (Adaptado ISO - ‘The ISO Survey’, 2022)

2.4.1 NBR ISO 9001 (ABNT, 2015)

Na área de manutenção, onde a garantia da confiabilidade e disponibilidade de ativos e equipamentos é essencial, a aplicação dos princípios e requisitos da NBR ISO 9001 (ABNT, 2015) pode trazer benefícios significativos. Neste contexto, a seguir será apresentado uma lista dos requisitos específicos da NBR ISO 9001 (ABNT, 2015) que se mostram particularmente relevantes para a gestão de manutenção, destacando como esses elementos podem contribuir para aprimorar a qualidade e a eficácia das atividades de manutenção nas organizações.

1. Requisito 7.1.5 Recursos de monitoramento e medição → 7.1.5.1 Generalidades (ABNT NBR ISO 9001:2015):

“A organização deve determinar e prover os recursos necessários para assegurar resultados válidos e confiáveis quando monitoramento ou medição for usado para verificar a conformidade de produtos e serviços com requisitos.

A organização deve assegurar que os recursos providos:

- a) sejam adequados para o tipo específico de atividades de monitoramento e medição assumidas;
- b) sejam mantidos para assegurar que estejam continuamente apropriados aos seus propósitos.

A organização deve reter informação documentada apropriada como evidência de que os recursos de monitoramento e medição sejam apropriados para os seus propósitos.(...)”

2. Requisito 7.2 Competência (ABNT NBR ISO 9001:2015):

“A organização deve:

- a) determinar a competência necessária de pessoa(s) que realize(m) trabalho sob o seu controle que afete o desempenho e a eficácia do sistema de gestão da qualidade;
- b) assegurar que essas pessoas sejam competentes, com base em educação, treinamento ou experiência apropriados;
- c) onde aplicável, tomar ações para adquirir a competência necessária e avaliar a eficácia das ações tomadas;
- d) reter informação documentada, apropriada como evidência de competência.(...)”

3. Requisito 7.5 Informação documentada → 7.5.3 Controle de informação documentada (ABNT NBR ISO 9001:2015):

“7.5.3.1 A informação documentada requerida pelo sistema de gestão da qualidade e por esta Norma deve ser controlada para assegurar que:

- a) ela esteja disponível e adequada para uso, onde e quando ela for necessária;
- b) ela esteja protegida suficientemente (por exemplo, contra perda de confidencialidade, uso impróprio ou perda de integridade).

7.5.3.2 Para o controle de informação documentada, a organização deve abordar as seguintes atividades, como aplicável:

- a) distribuição, acesso, recuperação e uso;
- b) armazenamento e preservação, incluindo preservação de legibilidade;
- c) controle de alterações (por exemplo, controle de versão);
- d) retenção e disposição. (...)”

4. Requisito 8.7 Controle de saídas não conformes (ABNT NBR ISO 9001:2015):

“8.7.1 A organização deve assegurar que saídas que não estejam conformes com seus requisitos sejam identificadas e controladas para prevenir seu uso ou entrega não pretendido.

A organização deve tomar ações apropriadas baseadas na natureza da não conformidade e em seus efeitos sobre a conformidade de produtos e serviços.

A organização deve lidar com saídas não conformes de um ou mais dos seguintes modos:

- a) correção;
- b) segregação, contenção, retorno ou suspensão de provisão de produtos e serviços;
- c) informação ao cliente;
- d) obtenção de autorização para aceitação sob concessão.

A conformidade com os requisitos deve ser verificada quando saídas não conformes forem

corrigidas.

8.7.2 A organização deve reter informação documentada que:

- a) descreva a não conformidade;
- b) descreva as ações tomadas;
- c) descreva as concessões obtidas;
- d) identifique a autoridade que decide a ação com relação à não conformidade. (...)"

2.4.2 NBR ISO 14001 (ABNT, 2015)

Um sistema de gestão que utiliza da tecnologia da informação pode contribuir de várias formas para atendimento aos requisitos da NBR ISO 14001 (ABNT, 2015), como por exemplo, a simples mudança de documentações físicas para digitais já elimina o descarte de grandes volumes de papel. Neste contexto, a seguir será apresentado uma lista dos requisitos dessa norma que se mostram particularmente relevantes para a gestão de manutenção.

1. Requisito 5.2 Política ambiental (ABNT NBR ISO 14001:2015):

“A Alta Direção deve estabelecer, implementar e manter uma política ambiental que, dentro do escopo definido em seu sistema de gestão ambiental:

(...) c) inclua um comprometimento com a proteção do meio ambiente, incluindo a prevenção da poluição e outro(s) compromisso(s) específico(s) pertinente (s) para o contexto da organização; (...)

A política ambiental deve:

- ser mantida como informação documentada;
- ser comunicada na organização;
- estar disponível para as partes interessadas.”

2. Requisito 6.1.3 Requisitos legais e outros requisitos (ABNT NBR ISO 14001:2015):

“A organização deve:

- a) determinar e ter acesso aos requisitos legais e outros requisitos relacionados a seus aspectos ambientais;
- b) determinar como estes requisitos legais e outros requisitos aplicam-se à organização;
- c) levar requisitos legais e outros requisitos em consideração quando estabelecer, implementar, manter e melhorar continuamente seu sistema de gestão ambiental.”

3. Requisito 7.2 Competência (ABNT NBR ISO 14001:2015): similar ao 7.2 NBR ISO 9001 (ABNT,2015).
4. Requisito 7.5 Informação documentada → 7.5.3 Controle de informação documentada (ABNT NBR ISO 14001:2015): similar ao 7.5.3 NBR ISO 9001(ABNT, 2015).

2.4.3 NBR ISO 55001 (ABNT, 2014)

A norma NBR ISO 55001 (ABNT, 2014) é a que mais possui relação direta com a manutenção, afinal, os requisitos da norma têm o mesmo objetivo que o setor de manutenção: garantir a confiabilidade e disponibilidade de ativos. Neste contexto, a seguir será apresentado uma lista dos requisitos dessa norma que se mostram particularmente relevantes para a gestão de manutenção ligada à tecnologia da informação.

1. Requisito 6.2.2 Planejamento para o alcance dos objetivos da gestão de ativos (ABNT NBR ISO 55001:2014)

“(…) Ao planejar como alcançar os objetivos da gestão de ativos, a organização deve determinar e documentar:

- a) o método e os critérios de tomada de decisão e priorização de atividades e recursos para alcançar seu(s) plano(s) de gestão de ativos e objetivos da gestão de ativos;
- b) os processos e métodos a serem empregados no gerenciamento dos ativos ao longo de seus ciclos de vida;
- (…) g) como os resultados serão avaliados;
- h) o(s) horizonte(s) de tempo adequado(s) para o(s) plano(s) de gestão de ativos;
- (…) j) o período de análise crítica do(s) plano(s) de gestão de ativos (ver 9.1); (…)”

2. Requisito 7.2 Competência (ABNT NBR ISO 55001:2014): similar ao 7.2 NBR ISO 9001 (ABNT, 2015).
3. Requisito 7.5 Requisito de Informação (ABNT NBR ISO 55001:2014):

“(…) b) a organização deve determinar:

- os requisitos dos atributos das informações identificadas;
- os requisitos de qualidade das informações identificadas;

- como e quando as informações devem ser coletadas, analisadas e avaliadas;
 - c) a organização deve especificar, implementar e manter processos para gerenciar suas informações;
 - d) a organização deve determinar os requisitos para o alinhamento da terminologia financeira e não financeira pertinente à gestão de ativos em toda a organização;
- a organização deve assegurar que há consistência e rastreabilidade entre os dados financeiros e técnicos e outros dados não financeiros relevantes, na medida necessária para cumprir seus requisitos legais e regulatórios, enquanto considera os requisitos das partes interessadas e os objetivos organizacionais. (...)"

4. Requisito 7.6 Informação documentada → 7.6.3 Controle de informação documentada (ABNT NBR ISO 55001:2014): similar ao 7.5.3 NBR ISO 9001 (ABNT, 2015).

5. Requisito 9 Avaliação de desempenho → 9.1 Monitoramento, medição, análise e avaliação (ABNT NBR ISO 55001:2014):

“A organização deve determinar:

- a) o que precisa ser monitorado e medido;
 - b) os métodos de monitoramento, medição, análise e avaliação, conforme aplicável, para assegurar resultados válidos;
 - c) quando o monitoramento e a medição devem ser realizados;
 - d) quando os resultados do monitoramento e medição devem ser analisados e avaliados.
- A organização deve avaliar e relatar o desempenho de ativos;
- o desempenho da gestão de ativos, incluindo o desempenho financeiro e não financeiro;
 - a eficácia do sistema de gestão de ativos

A organização deve avaliar e relatar a eficácia dos processos de gerenciamento de riscos e oportunidades

A organização deve reter informação documentada apropriada como evidência dos resultados de monitoramento medição. análise e avaliação. (...)"

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Neste capítulo, está descrita a metodologia adotada para investigar a implementação da Tecnologia da Informação na gestão da manutenção, com foco em casos de empresas que obtiveram sucesso. O objetivo deste capítulo é fornecer um quadro claro dos procedimentos de pesquisa e como os dados foram coletados para analisar os resultados e posteriormente nos próximos capítulos tirar conclusões sobre os benefícios e dificuldades dessa implementação.

Desta forma, o capítulo é dividido nos seguintes tópicos: seleção de casos de estudo, coleta de dados e exposição dos casos.

3.1 Seleção de Casos de Estudo

Definir os critérios para seleção de casos de estudo é um passo crucial na metodologia para garantir a relevância e a representatividade dos casos. Para as escolhas apresentadas a seguir foram consideradas empresas de diversos setores e tamanhos, a fim de abranger uma variedade de contextos de implementação de TI na gestão da manutenção. Inicialmente, foi identificado um conjunto amplo de empresas que atendiam aos critérios de seleção e em seguida a seleção foi refinada com base em critérios adicionais, como disponibilidade de informações acessíveis e relevância para a pesquisa. Os critérios de seleção incluíram:

- Diversidade de Setores: foi selecionado casos em diferentes setores da indústria, como manufatura, serviços, energia e saneamento. Isso proporciona uma perspectiva ampla da aplicação da tecnologia da informação na gestão da manutenção, já que pode variar significativamente entre diferentes setores.
- Tamanho da Empresa: foi escolhido empresas de diferentes portes, desde pequenas e médias empresas até grandes corporações. Isso permite a análise de como a escala da organização afeta a estratégia e os desafios enfrentados para implementação da TI.
- Sucesso Comprovado: As empresas selecionadas demonstraram um histórico de sucesso na implementação da TI na gestão da manutenção, com resultados mensuráveis em termos de eficiência, redução de custos, melhoria na qualidade do serviço ou outros indicadores de sucesso.

3.2 Coleta de Dados

Para coletar dados sobre os casos de estudo, foram utilizadas diversas fontes de informações disponíveis na internet, incluindo sites oficiais das empresas, relatórios anuais, artigos acadêmicos e notícias do setor. A coleta de dados envolveu os seguintes procedimentos:

- Pesquisa Online: foram realizadas pesquisas na internet para localizar informações sobre as empresas e sua implementação de tecnologia da informação na gestão da manutenção. Isso incluiu a análise de relatórios anuais, documentos de divulgação e informações disponíveis nos sites das empresas.
- Análise de Casos Anteriores: foi analisado também pesquisas acadêmicas anteriores que investigaram a implementação de TI na gestão da manutenção em empresas semelhantes.
- Documentação Interna: Quando disponível, foram acessados documentos das empresas, como manuais de políticas e relatórios de progresso de projetos, para obter informações mais detalhadas sobre a implementação da TI e seus resultados.
- Notícias e Entrevistas: por fim, foram analisados notícias, entrevistas e comunicados de imprensa relacionados às empresas, a fim de obter informações sobre eventos, anúncios de novas tecnologias e opiniões de especialistas.

Durante as pesquisas, foi realizada uma triangulação de dados para aumentar a confiabilidade, de forma a comparar informações de diferentes fontes. Além disso, foi garantido que as Políticas de Privacidade e Direitos Autorais fossem respeitados.

3.3 Descrição dos Casos

3.3.1 Caso 1 - Newset

Fundada em 1996, desenvolve soluções para AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) e facilites (manutenção e consultoria) para todo o território nacional. Segundo o site da própria empresa ‘Newset AR’(2023), é reconhecida como uma das maiores organizações do setor devido à alta capacidade de prover soluções integradas em diversos serviços, como: Manutenção Preventiva, Instalação e Retrofit, Construção e Operação em HVAC, Projetos de Design e Serviços de Facilities. Além disso, atua em diversos segmentos, como prédios comerciais, hospitalar, hoteleiro, indústria, shopping centers e outros.

Em 2016, segundo Moraes (2020) que era gestor de manutenção da empresa na época,

a Newset passou por um projeto de grande reformulação tecnológica dos processos e serviços ligados à manutenção. Segundo o autor, entenderam a necessidade de ser mais eficiente no controle das informações dos serviços de manutenção vigentes, melhorar práticas sustentáveis na utilização de recursos (como a eliminação de ordens de serviço de papel) e também aumentar a agilidade no fornecimento de informações estratégicas aos clientes.

O primeiro grande feito desse projeto foi migrar a gestão que antes era feita através de planilhas e cadernos de OS (Ordens de Serviço) para um sistema digital, que funciona por meio de QR Codes associados aos ativos. Essa implementação pode ser vista na *Figura 8: Utilização de QR Codes em equipamentos diversos* (MORAES, 2020).

Para Moraes (2020) os QR Codes funcionam como um atalho para a plataforma onde todas as informações daquele equipamento scaneado se encontram, assim como a possibilidade de inserir novas informações através de OS criadas pelos técnicos nos próprios celulares. Os principais objetivos desses QR Codes eram:

- Eliminar a utilização de papel no setor de manutenção, uma vez que as OS eram recebidas diretamente no celular do técnico responsável;
- Possibilitar a construção da “história” do equipamento (alarmes, manutenções anteriores e futuras) e a consulta por todos que utilizam o aplicativo, assim, facilitando a comunicação entre os times de campo e equipes de gestão;
- Conseguir mensurar o real tempo de execução de cada atividade de manutenção, já que as manutenções só podem ser iniciadas quando é realizada a leitura do QR Code em campo.
- Melhor preparo para o serviço: como o colaborador recebe as demandas pelo sistema do celular e pode consultar sobre os detalhes da atividade a ser realizada, consegue se preparar antecipadamente e não perde tempo com ferramentas ou materiais errados para os serviço.



Figura 14: telas disponíveis nos celulares dos técnicos (MORAES 2020)

- **Transparência:** com o acesso à plataforma, tanto os gestores quanto os clientes conseguem visualizar de forma instantânea o status dos serviços de manutenção, o consumo dos insumos, a previsão das atividades e projeções.

| Andar | Área | Equipamento | TAG | Tipo de Equipamento | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|------------------------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|
| 10º PAVIMENTO | NCON-102 - LADO NORTE / CONJ. 102 | VENTILADOR | OSM.140-10º PAV-NCON-102-VTDV-058 | GABINETES/VENTILADORES | | | | | 26/01 MEN | | | | 23/02 MEN |
| 10º PAVIMENTO | NCON-102 - LADO NORTE / CONJ. 102 | VENTILADOR | OSM.140-10º PAV-NCON-102-VTDV-059 | GABINETES/VENTILADORES | | | | | 26/01 MEN | | | | 23/02 MEN |
| 10º PAVIMENTO | NCON-102 - LADO NORTE / CONJ. 102 | BUILT IN | OSM.140-10º PAV-NCON-102-UEBA-018 | SPLIT | | | | | 26/01 MEN | | | | |
| 10º PAVIMENTO | NCON-102 - LADO NORTE / CONJ. 102 | BUILT IN | OSM.140-10º PAV-NCON-102-UEBB-018 | SPLIT | | | | | 26/01 MEN | | | | |
| 10º PAVIMENTO | NCON-102 - LADO NORTE / CONJ. 102 | BUILT IN | OSM.140-10º PAV-NCON-102-UEBC-018 | SPLIT | | | | | 26/01 MEN | | | | |
| 10º PAVIMENTO | NCON-102 - LADO NORTE / CONJ. 102 | BUILT IN | OSM.140-10º PAV-NCON-102-UEBD-018 | SPLIT | | | | | 26/01 MEN | | | | |
| 10º PAVIMENTO | SCON-101 - LADO SUL / CONJ. 101 | VENTILADOR | OSM.140-10º PAV-SCON-101-VTDV-060 | GABINETES/VENTILADORES | | | | | 26/01 MEN | | | | 23/02 MEN |
| 10º PAVIMENTO | SCON-101 - LADO SUL / CONJ. 101 | VENTILADOR | OSM.140-10º PAV-SCON-101-VTDV-061 | GABINETES/VENTILADORES | | | | | 26/01 MEN | | | | 23/02 MEN |
| 10º PAVIMENTO | SCON-101 - LADO SUL / CONJ. 101 | BUILT IN | OSM.140-10º PAV-SCON-101-UEBA-017 | SPLIT | | | | | 26/01 MEN | | | | |
| 10º PAVIMENTO | SCON-101 - LADO SUL / CONJ. 101 | BUILT IN | OSM.140-10º PAV-SCON-101-UEBB-017 | SPLIT | | | | | 26/01 MEN | | | | |
| 10º PAVIMENTO | SCON-101 - LADO SUL / CONJ. 101 | BUILT IN | OSM.140-10º PAV-SCON-101-UEBC-017 | SPLIT | | | | | 26/01 MEN | | | | |
| 10º PAVIMENTO | SCON-101 - LADO SUL / CONJ. 101 | BUILT IN | OSM.140-10º PAV-SCON-101-UEBD-017 | SPLIT | | | | | 26/01 MEN | | | | |
| 10º PAVIMENTO | SCON-101 - LADO SUL / CONJ. 101 | BUILT IN | OSM.140-10º PAV-SCON-101-UEBE-017 | SPLIT | | | | | 26/01 MEN | | | | |
| 11º PAVIMENTO | NCON-112 - LADO NORTE / CONJ. 112 | VENTILADOR | OSM.140-11º PAV-NCON-112-VTDV-062 | GABINETES/VENTILADORES | | | | | 26/01 MEN | | | | 23/02 MEN |
| 11º PAVIMENTO | NCON-112 - LADO NORTE / CONJ. 112 | VENTILADOR | OSM.140-11º PAV-NCON-112-VTDV-063 | GABINETES/VENTILADORES | | | | | 26/01 MEN | | | | 23/02 MEN |

Figura 15: Planejamento da manutenção (MORAES 2020)

| TIPO NEGÓCIO | LOCAL | OS | DATA ABERTURA | PEÇA | QUANTIDADE | CUSTO UNITÁRIO |
|--------------|--------|-------|---------------------|--|------------|----------------|
| NEWSET | NEWSET | 37846 | 02/09/2020 08:57:00 | CHAVEIRO DE IDENTIFICACAO | 1 | 2,50 |
| NEWSET | NEWSET | 37846 | 02/09/2020 08:57:00 | LAPIS PRETO | 1 | 0,35 |
| NEWSET | NEWSET | 37846 | 02/09/2020 08:57:00 | POST IT (PACOTE COM 4 UNIDADES COLORIDAS 100FOLHAS) | 1 | 2,15 |
| NEWSET | NEWSET | 37846 | 02/09/2020 08:57:00 | EXTRATOR DE GRAMPOS | 1 | 0,75 |

Figura 16: Controle de estoque (MORAES 2020)

- Por fim, também tinham como objetivo garantir uma melhor gestão dos contratos vigentes, das notas de compra e serviço, e qualquer outro documento referente ao cliente. Isso foi realizado através de um sistema GED.

Relatórios

Relatório GED

Tipo de Negócio:
 NEWSSET

Documentos Existentes Não Existentes

| Local | Tipo Documento | Tipo Documento Sub | Data de Vencimento |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| NEWSSET | CONTRATOS | BEBEDOURO BRASTEMP | 13/09/2019 |
| NEWSSET | DEDETIZACAO | DEDETIZACAO | 30/10/2019 |
| NEWSSET | EXTINTORES | EXTINTORES | 01/05/2020 |
| NEWSSET | LIMPEZA CAIXA D' AGUA | LIMPEZA CAIXA D' AGUA | 01/12/2019 |
| NEWSSET | MANUTENCAO PREVENTIVA PLOTTER | MANUTENCAO PREVENTIVA PLOTTER | 15/07/2019 |

Figura 17: Gestão de contratos e documentos (MORAES 2020)

Outra ferramenta que descobriram estar disponível com a simples mudança do papel para o digital foi a utilização de indicadores em tempo real para tomada de decisões. Através de alguns indicadores para a gestão eficiente da manutenção, como Pareto, Produtividade por equipe e por técnico, consumo, mapa de calor, MTBF e MTTR a Newset fornece informações valiosas sobre operações, principais problemas, possíveis melhorias, produtividade e ações para redução de custo diretamente e automaticamente para seus clientes, pois são essas informações são tratadas instantaneamente pelo sistema de gestão e traduzida por meio de gráficos dinâmicos que entrega os resultados condensados para tomada de decisão do time de gestão.

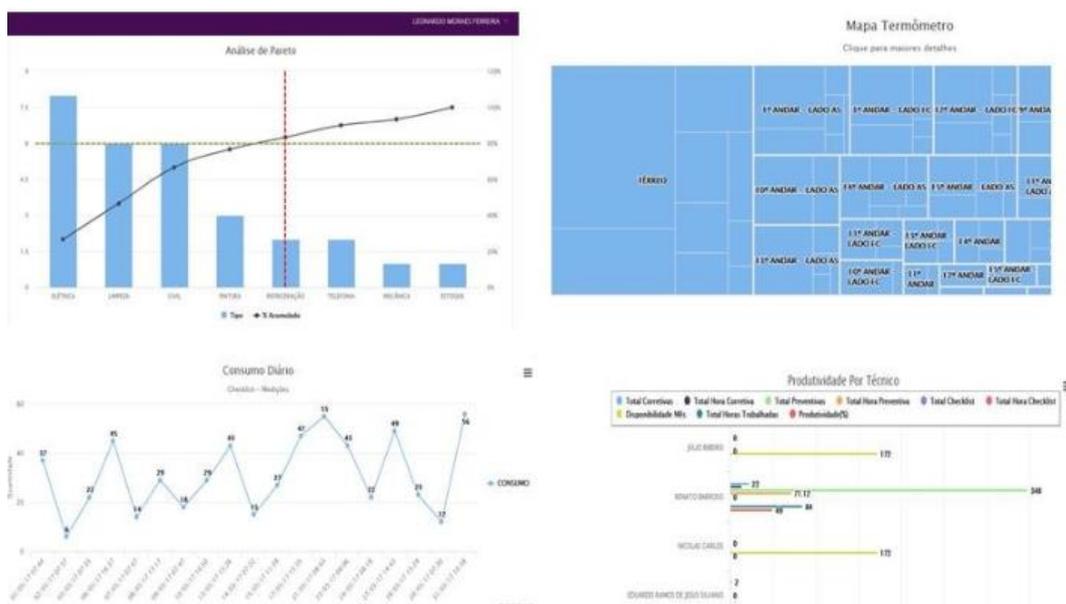


Figura 18: Gráficos e indicadores de manutenção gerados pelos sistema da Newset (MORAES 2020)

De acordo com Moraes (2020), através desses indicadores, a empresa conseguiu diversas vezes redução no consumo de energia, viabilizar a modernização de sistemas, melhor eficiência na operação, entre diversos outros benefícios provenientes de uma melhor gestão das informações na manutenção.

3.3.2 Caso 2 – CEMIG

Fundada em 1952, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), fornece energia elétrica de maneira eficiente para diversos municípios brasileiros. Segundo o site da organização ‘Cemig – Quem somos’(2023), é atuante nas áreas de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica e ainda na distribuição de gás natural. Apenas no estado de Minas Gerais possui mais de 09 milhões de consumidores localizados em 774 municípios, sendo a maior comercializadora de energia para clientes livres do país e um dos maiores grupos geradores.

Ao longo de sua história, a CEMIG acumula diversos projetos com objetivo de desenvolver novas tecnologias com foco na melhoria dos serviços ao cliente e na qualidade de dados. Um exemplo disso é a publicação do ‘Edital de Chamamento Público CEMIG 004’(2021). O primeiro Anexo desse edital é chamado de “Plano de Transformação Digital CEMIG” e tem como objetivo garantir a eficiência operacional em ambiente de máxima resiliência, sendo um dos tópicos estratégicos o aumento da produtividade da companhia com apoio de soluções digitais e alavancagem de dados.

De acordo com o índice *1.5 Automação, Integração e capacidade analítica* desse edital um dos pilares desse plano é a automação das obrigações regulatórias e o índice *2. Plataformas Tecnológicas* afirma que para essa transformação digital ser possível um dos recursos utilizados será de Sistemas Especialistas para a área de “Operação e Manutenção”, a fim de garantir um ganho na eficiência operacional.

Um outro projeto nessa linha é o recentemente fechado com a líder em soluções para o mercado de energia, a Siemens. A iniciativa foi denominada de Projeto Transcende e tem como objetivo o “desenvolvimento de uma infraestrutura privada de telecomunicações para automação completa da rede de distribuição da companhia, melhorando a qualidade da energia fornecida na região metropolitana de Belo Horizonte (MG).” (‘SIEMENS IMPLEMENTA PROJETO DE COMUNICAÇÃO INTELIGENTE PARA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DA CEMIG’. 2023)

Foram conectados 630 equipamentos da rede de distribuição para envio de dados

estratégicos à CEMIG, como mensagens e alarmes em tempo real para o Centro de Operações e técnicos da empresa. Assim, essa comunicação permite uma visão consolidada dos incidentes na rede e possibilita a tomada de ações corretivas, como enviar comandos de reparo para os equipamentos ou enviar um colaborador ao local para realizar a atividade de manutenção.

Segundo 'Siemens Implementa Projeto de Comunicação Inteligente para Rede de Distribuição da Cemig' (2023) a solução permite que a CEMIG identifique e corrija com mais rapidez casos de falhas, com informações detalhadas sobre qual equipamento apontou algum tipo de problema, reduzindo assim o tempo que os consumidores ficam sem energia.

Em entrevista com Sevileanu (2019), especialista em redes da Siemens, afirma que quando o serviço da CEMIG caía em uma região, a concessionária dependia da rede celular pública e ligação dos próprios moradores locais para localizar onde estava o problema e só assim enviar uma equipe para analisar a causa. No entanto, segundo o executivo, redes celulares não atendem o critério de disponibilidade da CEMIG para monitorar as redes de energia.

Foram muitos os resultados conquistados com o projeto e destacam: aumento da efetividade do serviço, ganho de produtividade da equipe de manutenção, aumento da disponibilidade dos equipamentos e gerenciamento integrado da rede. “A taxa de disponibilidade da comunicação com os equipamentos aumentou de 90,47 % para 98,69 % com o uso da rede própria da CEMIG em relação ao uso das operadoras de celular. Este aumento corresponde a aproximadamente a 60 horas por mês ou 30 dias por ano” (SEVILEANU 2019), ou seja, a empresa agora pode se antever a falhas por receber dados importantes em tempo real.

Além de todos esses resultados positivos, essa transformação digital ainda garantiu o prêmio ALTA – America Latina Telecom Award, um dos maior importantes da América Latina sobre Tecnologia da Informação e Comunicações.

3.3.3 *Caso 3 – Boeing*

Fundada em 1916 nos Estados Unidos da América, tornou-se uma das principais fabricantes de aeronaves militares e comerciais e através de uma série de fusões e aquisições estratégicas é a principal empresa aeroespacial do mundo. De acordo com site da companhia 'Sobre a Boeing' (2023) dentre as principais atividades realizadas pela empresa, destacam: líder na produção de aeronaves comerciais, maior fornecedora de defesa do mundo e principal prestadora de serviços da NASA, serviços globais em aeronaves de defesa, espaço e comercial, além de prover soluções inovadoras para financiamento aeroespacial.

No caso de aeronaves, o setor de manutenção é levado ainda mais a sério por dois

grandes motivos: impacto direto na vida de centenas de pessoas e órgãos fiscalizadores exigentes. De acordo com Pereira; Castanha; Gonçalves (2020), as autoridades aeronáuticas que regem as normas de aviação no Brasil não aceitam que as empresas aéreas mantenham suas aeronaves em desacordo com os manuais dos fabricantes, tarefas de manutenção desatualizadas ou sem registros e itens despachados fora dos limites operacionais, impedindo-as de voar se estiverem fora dos padrões impostos.

Segundo Basseto (2022), com intuito de melhorar o atendimento a esses requisitos, a LATAM Brasil (Companhia aérea que atua no Brasil) implementou o e-Signature, um sistema eletrônico para executar e registrar as ações de manutenção nas aeronaves Boeing 787-9, a fim de garantir mais eficiência, qualidade, ganhos de produtividade, segurança contra adulterações e inconsistências de informações, além do ganho em sustentabilidade.

Esse novo sistema garante a substituição do registro manual impresso de cada ordem de serviço de manutenção programada, que envolve tarefas como: troca de motor, rodas, escorregadeira, freios, limpezas e inspeções. Essas ordens de serviço digitais serão recebidas por meio de tablets, onde é possível consultar o histórico de cada aeronave, além de estar integrada ao servidor da LATAM, facilitando o trabalho das autoridades aeronáuticas e da equipe interna.

No projeto foram investidos 530 mil dólares e pretende deixar de imprimir 3,5 milhões de folhas de papel por ano, equivalente a uma redução de 5,4 toneladas de emissão de carbono por ano. Além dos custos com compra de papel e armazenamento, só de impressão a empresa deixará de gastar 142 mil dólares por ano.

Além de todos os ganhos citados, Basseto (2022) ainda afirma que a companhia terá um aumento significativo em relação a produtividade, agora com registro eletrônico, projetam uma redução mensal de 5h30 horas de trabalho por mecânico, sendo que a equipe é formada por 67 mecânicos.

Uma outra iniciativa realizada em aeronaves da Boeing foi a utilização dos sistemas AMOS, conforme MGM (2020), que possibilita o acompanhamento em tempo real do *status* dos motores, a fim de verificar o desempenho e permitir a avaliação da disponibilidade desses conjuntos.

Esses dados de desempenhos são obtidos através de sensores, que segundo Boeing (2020) são:

- Sensores air/ground: possibilita a realização de simulações na aeronave dos principais sistemas que operam em voo, com isso, o setor de manutenção pode executar testes nos

componentes e verificar o funcionamento dos mesmos para garantir a eficiência na operação;



Figura 19: sensor Air/ground (BOEING, 2020)

- Sensores *Thermocouples* (temperatura): monitora a temperatura nas áreas mais quentes do motor e envia os dados para o setor de manutenção, que pode avaliar se está dentro dos limites operacionais;



Figura 20: sensor thermocouple T49.5 (BOEING, 2020)

- Sensores de pressão de ar: para que as simulações em aeronaves de fato proporcionem condições próximas à realidade, é necessário um dispositivo para enviar pressão calibrada aos sensores de pressão e averiguar se estão fornecendo as informações corretas em determinadas velocidade voo, garantindo ao setor de manutenção uma previsibilidade de possíveis falhas.

Segundo Pereira; Castanha; Gonçalves (2020), toda tecnologia utilizada pelas áreas de

manutenção nos aviões da empresa Boeing proporcionam uma otimização tanto do tempo de execução quanto dos custos com manutenção, mantendo a aeronave o mínimo de tempo possível no solo e garantindo, assim, o retorno à operação com qualidade, segurança e em curto tempo.

3.3.4 Caso 4 – Toyota

A Toyota é a maior montadora de automóveis do planeta, com atuação em 160 países e conhecida pela sua qualidade, inovação e respeito às pessoas e ao meio ambiente. Atualmente, é a montadora líder em eletrificação no mundo, desde 1997 já foram vendidos mais de 20 milhões de automóveis, sejam híbridos, híbridos flex, híbridos *plug-in*, 100 % a bateria ou movidos a hidrogênio.

Segundo White (2020), gerente do grupo na América do Norte, a empresa, desde seu início, não mediu esforços para garantir a melhoria contínua, já disponibilizando há muito tempo tecnologias da informações em todas as unidades fabris para gerar *insight* críticos na redução de ativo em espera de manutenção e defeitos, como: *Internet of Things* (IoT), Artificial Intelligence (AI), assistência remota, sistemas especialistas, históricos de equipamentos, informações digitais de ativos, sensores de segurança, execução de serviços de manutenção controlados digitalmente, dados online de inspeções, dentre outros.

No último projeto de melhoria contínua no setor de manutenção da Toyota em algumas unidades, foi implementado o Maximo, um sistema inteligente da IBM de gerenciamento de ativos que funciona em nuvem e tem como principal objetivo integrar todos os dados existentes da manufatura, como ordens de serviço, dados extraídos de sensores, dentre outros. Assim, utiliza de AI para ganhar melhores *insights* e conseguir agilizar o processo de tomada de decisão.

Como um exemplo, Haight (2020) que é gerente do grupo na unidade de Indiana – EUA, afirma que ao utilizar o sistema Maximo num componente de refrigeração de equipamentos, permite que membros do time possam averiguar a saúde do equipamento e componentes paralelos, monitorar qualquer atividade anormal e aplicar soluções preditivas para mudar trabalho de manutenção de reativo para verdadeiramente pró-ativo.

Além disso, ele ainda afirma que conseguem mensurar a eficiência das operações de manutenção através de um único software que traz os dados unificados, o que diminui a análise subjetiva das informações.

Nas primeiras análises pós aplicação do sistema da IBM, Ezry (2020) que é Gerente do

mercado industrial da IBM, assegura que as fábricas com sistema Maximo aumentaram a disponibilidade dos equipamentos em até 20%, reduziram os custos operacionais de 15 a 50% e ainda aumentaram a conformidade com requisitos internos até 10%.

3.3.5 Caso 5 – Sabesp

A Sabesp, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, é uma empresa brasileira que detém a concessão dos serviços públicos de saneamento básico no Estado de São Paulo. A empresa executa mais de 1.000.000 de intervenções na cidade de São Paulo para consertar vazamentos, efetuar ligações de água, esgoto, entre outras atividades.

Em 2007, segundo o site do governo de São Paulo 'Sabesp adota tecnologia sem fio na execução dos serviços' (2023) substituíram as folhas utilizadas pela equipe de manutenção em campo por computadores de dimensões reduzidas, conhecidos como Assistente Pessoal Digital. Apesar de hoje essa tecnologia ser mais comum por conta da evolução dos smartphones, na época, esses “mini computadores” eram dispositivos inovadores e poucos utilizados.

Os dispositivos tinham diversas funções, como a disponibilização do acesso à plantas e croquis, input de dados de início e término dos serviços, localização exata das instalações através de funções GPS, fotografia das áreas antes, durante e após a intervenção, controle de materiais utilizados e registro de arquivos no sistema.

Segundo Franco (2007), do Departamento de Desenvolvimento e Gestão da Metropolitana, “(...) além dos benefícios que serão trazidos às rotinas do campo, os programadores de serviços também terão um papel muito mais estratégico, pois planejarão com mais agilidade os itinerários das turmas, podendo considerar simultaneamente as localizações dos serviços, as prioridades e as equipes disponíveis, através de funções simples na tela do computador, gerando a otimização do fluxo de trabalho como um todo”.

O projeto é não só um avanço tecnológico, mas também uma grande mudança de cultura. De acordo com a página do governo de São Paulo 'Sabesp adota tecnologia sem fio na execução dos serviços' (2023), diversos operadores afirmaram ter receio no início aos novos procedimentos, mas depois consideraram as mudanças positivas.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos após a implementação de tecnologias da informação nas 5 empresas apresentadas no capítulo anterior, que são de diferentes segmentos e diferentes tamanhos. Para melhor entendimento, foram divididos em dois tópicos: desafios na implementação e impactos positivos.

4.1 Desafios na Implementação da TI na Gestão da Manutenção

Ao longo deste estudo foram mostrados diversos exemplos da importância do setor da manutenção numa indústria ou empresa, seja na forma de processo preventivos, atuação preditiva ou até mesmo em consertos e reparos emergenciais. No entanto, a fim de se manter no ambiente competitivo empresarial, as práticas de gestão da manutenção passam por novos desafios em tempos de crescimento e expansão da Indústria 4.0. Essa nova era da indústria está sendo absorvida pelas empresas com intenção de ajudar na garantia da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e instalações, mas também promove alguns desafios comuns, que serão analisados com base nos casos expostos do capítulo anterior.

4.1.1 Capacitação

A equipe que utilizará a tecnologia diretamente e os profissionais envolvidos indiretamente no processo precisam ser treinados para conseguir executar os novos processos de maneira eficaz. Por sua vez, esses treinamentos precisam estar inseridos num programa que cubra todos os aspectos da tecnologia e dos sistemas de gestão da manutenção, precisam ser personalizados para atender às necessidades específicas da organização, com sessões teóricas e práticas e com avaliação da eficácia do programa de treinamento.

A empresa precisa disponibilizar profissionais para ministrar esses treinamentos, que provavelmente serão externos, recursos físicos e digitais, além do tempo dos colaboradores que serão treinados, o que gera altos custos para a empresa e dedicação dos gestores.

Esse é um desafio comum para os 5 casos apresentados, mas a CEMIG com certeza precisou contratar novos profissionais ou capacitar os já existentes na automação dos processos para que conseguissem programar o sistema que envia comandos de reparo de forma remota

aos equipamentos da rede ou uma equipe ao local. A Newset, por exemplo, precisou treinar os profissionais sobre a utilização do sistema no Smartphone para garantir o input correto de dados. Além disso, todas as empresas expostas precisam se preocupar em treinar ou contratar uma equipe para realizar a manutenção e atualização das próprias tecnologias implementadas, assim, garantindo a continuidade dos sistemas ao longo do tempo.

4.1.2 Mudança Cultural

Como tudo que é novo gera um receio, a implementação de novas tecnologias, mudanças nos processos e novos dispositivos podem exigir uma mudança na cultura organização da empresa. No entanto, esse é um processo natural e importante para que os colaboradores aceitem as novas atividades e o projeto tenha o sucesso esperado. A Sabesp em 'Sabesp adota tecnologia sem fio na execução dos serviços' (2023), por exemplo, disponibilizou parte de uma entrevista com Genival Silva, Operador de Sistemas de Saneamento da Baixada Santista, “(...) Antes, tinha receio de me aproximar do computador. Aos poucos tive contato com os equipamentos e, hoje posso dizer que superei desafios”.

4.1.3 Integração com Sistemas Existentes

Muitas empresas já têm sistemas de gestão de ativos ou outras soluções de software em funcionamento. Integrar novos sistemas de gestão da manutenção com sistemas legados pode ser complexo e requer um bom planejamento. Por exemplo, a Toyota já tinha outros sistemas e softwares em operação quando implementou o Maximo, isso requer um ajuste na operação para alcançar a integração com os sistemas já utilizados, objetivo desse projeto. A Newset já tinha parte dos dados de manutenção em nuvem, inseridos manualmente, então precisa haver uma continuação do trabalho através da nova plataforma para que não perca o histórico.

4.1.4 Custos

A aquisição e implementação de sistemas de gestão da manutenção e tecnologias associadas podem exigir investimentos significativos em hardware, software e treinamento. Isso pode ser um desafio, especialmente para empresas menores. No entanto, questão recorrente na manutenção, o custo ganha um papel de destaque neste novo momento da indústria 4.0, já que as empresas precisam enxergar essas mudanças como um investimento e não um gasto.

Todas as 5 empresas do capítulo anterior precisaram tomar a decisão de investir, na maioria altos valores, escolha essa que precisa estar alinhada ao planejamento de toda gestão

da organização. Um bom exemplo é a LATAM, que investiu 530 mil dólares no projeto, mas economizará mais de 140 mil dólares por ano apenas com uma das funcionalidades do sistema adotado.

4.1.5 Cibersegurança

Com a crescente interconexão de sistemas e a coleta de dados sensíveis, a segurança dos dados é um desafio crítico. As empresas precisam proteger suas informações e sistemas contra ameaças online ou até mesmo contra vazamentos internos. Em todos os casos expostos existe “trânsito” de informações via sistema e em alguns as informações ainda vão pra fora da organização, logo, garantir a segurança e a precisão dos dados é um critério inegociável se optar por implementar tecnologia da informação na gestão da manutenção.

4.2 Impactos Positivos

Como este é um estudo qualitativo, utilizou-se as Normas ISO como parâmetro para afirmar se os processos de uma organização são pautados na qualidade (NBR ISO 9001; ABNT, 2015), se garantem a disponibilidade e confiabilidade dos ativos (NBR ISO 55001; ABNT, 2014) e se contribuem para uma boa gestão ambiental (NBR ISO 14001; ABNT, 2015).

Com isso, pode-se afirmar que, de modo abrangente, a implementação da TI na Gestão da Manutenção das empresas estudadas contribui para o atendimento dos requisitos *7.1.5 Recursos de monitoramento e medição; 7.5.3 Controle de Informação Documentada; 8.7 Controle de saídas não conformes* da NBR ISO 9001 (ABNT, 2015). Em relação à ISO 55001 (ABNT, 2014), os projetos contribuíram com o requisito *5.2 Política Ambiental*, apesar de não informar sobre uma Política ambiental no escopo dos projetos, a redução da poluição por não utilizar mais folhas de papel na operação representa um comprometimento com a prevenção da poluição e proteção do meio ambiente. Já para NBR 55001 (ABNT, 2014), a implementação contribui para o atendimento aos requisitos *6.2.2 Planejamento para o alcance dos objetivos da gestão de ativos; 7.5 Requisito de Informação; 9.1 Monitoramento, medição, análise e avaliação*.

4.2.1 Newset

A migração para um sistema digital com TI associados aos ativos permitiu melhorar a gestão de todas as modalidades de manutenção, seja ela preventiva, corretiva ou preditiva. Esse

projeto da Newset, por meio de utilização de QR Code e indicadores de desempenho, se classifica como um sistema CMMS, já que através dele é possível extrair relatórios de qualidade e desempenho do serviço de manutenção, históricos dos equipamentos, gestão de ordens de serviço e identificação de equipamentos e sistemas. Além disso, a empresa também utiliza um sistema GED para controle e registro de documentos.

Se for realizado uma comparação entre o antes e depois da TI na Gestão da Manutenção da Newset, com base nos dados explorados, pode-se afirmar que antes da implementação da tecnologia da informação, a empresa dependia de planilhas e cadernos de ordens de serviço em papel, o que tornava o processo demorado e suscetível a erros. Com a nova abordagem, a empresa obteve vários benefícios, incluindo:

- Eliminação de papel: A eliminação do papel otimizou o processo, tornando-o mais rápido e ecologicamente correto.
- História de equipamentos: A capacidade de construir um histórico de equipamentos e compartilhá-lo com todas as partes interessadas melhorou a comunicação e a tomada de decisões.
- Tempo de execução de atividades: O sistema com QR Codes permitiu medir com precisão o tempo de execução de cada atividade, contribuindo para a eficiência operacional.
- Melhor preparo para o serviço: A equipe agora pode se preparar antecipadamente, reduzindo a ocorrência de erros e atrasos.
- Transparência: Tanto os gestores quanto os clientes podem acessar informações em tempo real sobre o status dos serviços, consumo de insumos e projeções.
- Gestão de contratos e documentos: A implementação de um sistema GED melhorou a gestão de contratos e documentos relacionados ao cliente.
- Indicadores em tempo real: A empresa agora conta indicadores em tempo real, o que contribuiu para a redução de custos e tomadas de decisões menos subjetivas.

Logo, a Newset além de seguir padrões internacionais de qualidade, ativos e meio ambiente, ainda colheu uma série de benefícios, tornando esses resultados representativos de como a TI pode transformar positivamente a gestão da manutenção em uma empresa.

4.2.2 CEMIG

No caso da CEMIG, a implementação da tecnologia da informação na gestão da manutenção se concentra na manutenção da rede de distribuição de energia elétrica. Isso inclui a manutenção preventiva e corretiva, bem como ações proativas para evitar falhas e melhorar a

qualidade da energia fornecida. O primeiro projeto apresentado da empresa se trata de um sistema especialista, por utilizar de uma plataforma para inferir as causas dos problemas e algumas soluções já automatizadas. O segundo projeto, em parceria com a Siemens, se trata de um sistema CMMS, já que disponibiliza leitura de dados em tempo real, através de indicadores, suporta a manutenção corretiva e controla as saídas não conformes.

Se for realizado uma comparação entre o antes e depois da TI na Gestão da Manutenção da CEMIG, com base nos dados explorados, pode-se afirmar que antes da implementação da infraestrutura de comunicação inteligente, a CEMIG dependia de redes celulares públicas e informações limitadas para localizar falhas na rede de distribuição. Com a nova abordagem, a empresa obteve vários benefícios, incluindo:

- Aumento da Disponibilidade: A taxa de disponibilidade da comunicação com os equipamentos aumentou significativamente, passando de 90,47 % para 98,69 %. Isso se traduz em uma melhoria substancial na antecipação e resolução de falhas, reduzindo o tempo em que os consumidores ficam sem energia.
- Efetividade do Serviço: Houve um aumento na efetividade do serviço, pois a empresa pode identificar e corrigir falhas de forma mais rápida e precisa.
- Ganho de Produtividade da Equipe de Manutenção: A equipe de manutenção pode agir de maneira mais eficaz, graças às informações detalhadas e em tempo real sobre os equipamentos.
- Gerenciamento Integrado da Rede: A CEMIG agora pode gerenciar sua rede de distribuição de forma integrada, tomando ações proativas com base em dados em tempo real.

Esse caso ilustra como a tecnologia da informação pode revolucionar a gestão da manutenção em setores críticos, como a distribuição de energia elétrica, proporcionando melhorias substanciais na qualidade do serviço e gestão de ativos (comparado à normas ISO), eficiência operacional e satisfação dos clientes.

4.2.3 Boeing

O projeto implementado pela LATAM nos aviões da Boeing foca em novos procedimentos utilizando TI para manutenção preventiva ou corretiva das aeronaves, apesar de poder ser utilizado para manutenções preditivas, e se trata de sistemas GED e CMMS, por realizar o registro eletrônico de documentos e ordens de serviço. Já o da GOL, é bem específico para manutenções preditivas, por acompanhar em tempo real a performance dos componentes,

e se trata de sistema CMMS pela utilização de sensores, mas também se sistema Especialista por receber *insights* da plataforma de gestão sobre possíveis causas de problemas e soluções disponíveis.

Em relação aos benefícios tanto do sistema eletrônico para executar e registrar ações de manutenção nas aeronaves Boeing 787-9 quanto da utilização do sistema AMOS para monitorar o desempenho dos motores e sensores específicos, incluem:

- Eficiência e Produtividade: A implementação do e-Signature proporcionou eficiência e ganhos de produtividade, além de garantir segurança contra adulterações e inconsistências de informações.
- Sustentabilidade: A LATAM Brasil projetou uma redução significativa no uso de papel, deixando de imprimir 3,5 milhões de folhas por ano, resultando em uma redução de 5,4 toneladas de emissões de carbono. Isso também representa economia em custos com papel e impressão.
- Redução de Tempo de Trabalho: A equipe de mecânicos projetou uma redução mensal de 5 horas e 30 minutos de trabalho por mecânico.
- Otimização de Tempo e Custos: A tecnologia utilizada pela GOL na manutenção dos motores de aeronaves Boeing proporciona otimização do tempo de execução e redução dos custos com manutenção. Isso permite que as aeronaves fiquem o mínimo de tempo possível no solo, garantindo retorno à operação com qualidade e segurança.

Ambos os casos demonstram como a implementação da tecnologia da informação na gestão da manutenção pode ser colaborativa para o aumento da eficiência, produtividade, redução de custos, sustentabilidade e conformidade com regulamentações rigorosas. Além disso, essas inovações contribuem para a melhoria da segurança dos serviços prestados, o que é fundamental na aviação.

4.2.4 Toyota

Na Toyota a tecnologia da informação é utilizada para melhorar a manutenção preventiva, preditiva e corretiva dos equipamentos e ativos da empresa. O sistema apresentado da IMB é um mix de todos os outros sistemas (especialista, GED, CMM e de materiais), por permitir a integração em nuvens de sistemas já forneciam assitência remota, sistemas especialistas, históricos de equipamentos, informações digitais de ativos, sensores de segurança, execução de serviços de manutenção controlados digitalmente, dados online de inspeções, dentre outros.

Dentre os diversos benefícios dessa implementação, destacam:

- Eficiência e Produtividade: O uso do sistema Maximo permitiu à Toyota melhorar a eficiência das operações de manutenção. O monitoramento contínuo da saúde dos equipamentos e componentes permitiu a transição de uma manutenção reativa para uma manutenção verdadeiramente proativa.
- Unificação de Dados: A integração de dados de várias fontes em um único software reduziu a análise subjetiva das informações, tornando a gestão de ativos mais objetiva e eficaz.
- Resultados Financeiros: As análises pós-implementação mostraram um aumento na disponibilidade dos equipamentos em até 20 % e uma redução nos custos operacionais de 15 % a 50 %. Além disso, a conformidade com requisitos internos foi aumentada em até 10 %.

Esse caso da Toyota ilustra que a capacidade de monitorar a saúde dos equipamentos e componentes em tempo real contribui para a manutenção de alta qualidade em uma indústria tão exigente como a automobilística, resultados de uma boa implementação de TI na Gestão da Manutenção.

4.2.5 Sabesp

A implementação da tecnologia da informação visa melhorar a gestão da manutenção nos serviços de saneamento básico da Sabesp, em sua grande maioria do tipo corretivo. Por se tratar de sistemas para lançamento e acompanhamento de dados, registro e acesso de documentos importantes e disponibilidade de materiais, esse sistema pode ser classificado tanto como CMMS como de materiais. Além dos avanços tecnológicos e do desafio de mudança de cultura enfrentado pela empresa, a nova abordagem carrega alguns benefícios:

- Eficiência Operacional: A implementação dos dispositivos PDA permitiu uma gestão mais eficaz das atividades de manutenção em campo. Isso incluiu a otimização do fluxo de trabalho, a agilidade no planejamento de itinerários das equipes e a consideração de prioridades.
- Registro e Documentação Melhorados: A captura de dados, fotografias e informações em tempo real permitiu um registro mais preciso e detalhado das intervenções, o que é essencial para a manutenção e a prestação de serviços de saneamento básico.
- Redução do Uso de Papel: A substituição das folhas de papel pelos dispositivos de “Assistência Pessoal” resultou em uma redução significativa do uso de papel, contribuindo

para a sustentabilidade.

- Melhoria na Tomada de Decisões: O acesso a dados e informações em tempo real proporcionou uma base sólida para a tomada de decisões estratégicas, permitindo uma gestão mais eficaz das operações de manutenção.

Em resumo, o caso da Sabesp demonstra como a implementação da tecnologia da informação na gestão da manutenção pode trazer eficiência operacional, redução de custos e melhorias na qualidade dos serviços, mesmo em setores que envolvem serviços públicos essenciais, como o saneamento básico. Além disso, destaca a importância de superar a resistência à mudança por meio de uma cultura organizacional adaptável.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

Por meio deste estudo, foi apresentado a implementação da Tecnologia da Informação para auxiliar no trabalho da Gestão da Manutenção em 5 empresas de diferentes segmentos: aviação, energia, indústria automotiva, serviços de refrigeração e saneamento básico. Através dos resultados apresentados, conclui-se que independente do setor ou do tamanho da empresa e apesar de alguns desafios a serem enfrentados, a TI pode revolucionar para melhor os serviços do setor de manutenção.

De modo geral, com base nos casos estudados, pode-se afirmar que uma empresa que escolhe investir na tecnologia da informação para a gestão da manutenção pode-se esperar como principal ganho a possibilidade de tomar decisões baseadas em fatos e não mais apenas em opiniões de profissionais, além de: aumento da disponibilidade e confiabilidade das máquinas e equipamentos, diminuição dos custos com manutenção, aumento da eficiência dos serviços, redução dos riscos de acidentes, melhoria na gestão do estoque de materiais, aprimoramento da comunicação, automação de processos rotineiros, redução da subjetividade encontrada nas decisões humanas e ainda adequação aos requisitos regulatórios, referência em qualidade nos processos, gestão de ativos e conformidade com meio ambiente.

No entanto, como esse é um trabalho qualitativo que estuda apenas os resultados divulgados pelas empresas, mas não foi exposto o caminho e as mudanças que cada uma passou, vale destacar alguns pontos importantes. A TI na Gestão da manutenção não é uma garantia absoluta de sucesso, ou seja, a implementação bem-sucedida exige planejamento cuidadoso, recursos financeiros, envolvimento de toda a equipe, mudança da cultura organizacional e comprometimento a longo prazo para garantir a continuidade e retorno sobre o investimento. Não existe uma abordagem única que funcione para todas as empresas, e a adequação da TI à Gestão da Manutenção deve ser avaliada caso a caso.

Sugere-se como oportunidade futura acompanhar todo o processo em uma ou mais empresas da implementação da TI na manutenção, para assim, conseguir realizar um estudo quantitativo e extrair qual ou quais a(s) melhor(es) metodologia(s) que garantem o sucesso desse tipo de projeto, em quanto tempo é possível concluir, o investimento para cada tipo de implementação e qual exatamente o retorno através da redução de custos.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5462:1994 – **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT. NBR. ISO 9001:2015 – **Sistema de Gestão da Qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. NBR. ISO 55001:2014 – **Gestão de Ativos – Sistema de gestão - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT. NBR. ISO 14001:2015 – **Sistema de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2015.

ABRAMAN. **Associação Brasileira de Manutenção**, A Situação da manutenção no Brasil. Documento Nacional 1999. Disponível em: <<https://abramanoficial.org.br/>> . Acesso em: 23/10/2023.

ALMEIDA.M.T. **Manutenção Preditiva: confiabilidade e qualidade** , 27 ago. 2016 - Vol. 1, – Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá – MG.

ALVES, R. P. **Sistemas de Informação e Inteligência Organizacional aplicados à Gestão da Manutenção: proposta de um modelo conceitual**. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Programa de Mestrado em Ciência da Informação, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2005.

ASTREIN. ILP-Mobile. Disponível em: <<https://astrein.com.br/>> . Acesso em: 23/10/2023.

AVEDON, Don M. GED de A a Z. **Tudo sobre gerenciamento eletrônico de documentos**. São Paulo: Cenadem, 2002.

BASSETO, M. Aeroin. **Iniciando pelo Boeing 787: LATAM é autorizada a fazer registros digitais de manutenção**. Disponível em: <https://aeroin.net/iniciando-pelo-boeing-787-latam-e-autorizada-a-fazer-registros-digitais-de-manutencao/>. Acesso em: 2 de novembro de 2023.

Boeing. **Sobre a Boeing**. Disponível em: <https://www.boeing.com.br/sobre-a-boeing.page>. Acesso em: 2 de novembro de 2023.

BOEING. **MyBoeingFleet.** Disponível em: <https://myboeingfleet.boeing.com/toolbox/common/html/index.htm?jsessionid=A080C5DC8> Acesso em: 02/11/2023

Cemig - Companhia Energética de Minas Gerais. **Siemens Implementa Projeto de Comunicação Inteligente para Rede de Distribuição da Cemig.** Disponível em: <https://www.cemig.com.br/release/siemens-implementa-projeto-de-comunicacao-inteligente-para-rede-de-distribuicao-da-cemig/>. Acesso em: 1 de novembro de 2023.

Cemig - Companhia Energética de Minas Gerais. **Quem Somos.** Disponível em: <https://www.cemig.com.br/quem-somos/>. Acesso em: 1 de novembro de 2023.

DUFFUAA, S. O.; RAOUF, A.; CAMPBELL, J. D. **Planning and control of maintenance systems: modeling and analysis.** New York: John Wiley & Sons, 1999. 371 p.

FALSARELLA, O. M.; JANNUZZI, C. A. S. C.; BERAQUET, V. S. M. **Informação empresarial: dos sistemas transacionais à latência zero.** Transinformação, Campinas, v. 15, Edição especial, p. 141-156, set./dez. 2003.

GERAGHETY, T. **Obtendo Efetividade do Custo de Manutenção Através da Integração das Técnicas de Monitoramento de Condição, RCM e TPM.** Maintenance Magazine, vol. 11, 1996.

GIARRATANO, J.; RILEY, G. **Expert systems – principles and programing.** 2. ed. Boston, USA: PWS Publishing Company, 1994

Governo do Estado de São Paulo. **Sabesp adota tecnologia sem fio na execução dos serviços.** Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/sabesp-adota-tecnologia-sem-fio-na-execucao-dos-servicos/>. Acesso em: 3 de novembro de 2023.

HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review.** 2015. Disponível em: . Acesso em: 23/10/2023.

IBM. **IBM Maximo - Gerenciamento de Ativos Corporativos.** Disponível em: https://www.ibm.com/br-pt/products/maximo?utm_content=SRCWW&p1=Search&p4=43700075770194423&p5=p&gclid=CjwKCAjwkY2qBhBDEiwAoQXK5WPMKpQCvD8VAoqgSS2QybCBmn0MplnhrW_G94ik8RoB3B9

INyVzhxoCQzcQAvD_BwE&gclid=aw.ds. Acesso em: 3 de novembro de 2023.

IRANI, Bruno Michel Sant'Anna. **Terotecnologia em manutenção: aumento da confiabilidade e facilitação da intervenção dos 121 mantenedores (manutenibilidade), para futuras máquinas e equipamentos**. 2011, 50 p. Dissertação (Especialização) - Programa de Desenvolvimento de Gestão (PDG), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ISO - International Organization for Standardization. **O que fazemos**. Disponível em: <https://www.iso.org/what-we-do.html>. Acesso em: 23 de outubro de 2023.

ISO - International Organization for Standardization. **Página de Padrões**. Disponível em: <https://www.iso.org/standards.html>. Acesso em: 23 de novembro de 2023.

ISO - International Organization for Standardization. **The ISO Survey**. Disponível em: <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>. Acesso em: 23 de outubro de 2023.

LEVITT, J. **The Handbook of maintenance management**. New York: Industrial Press Inc., 1997.

LIMA, José Ricardo Tavares de; SANTOS, Alex Alisson Bandeira; SAMPAIO, Renelson Ribeiro. **Sistemas de gestão da manutenção - uma revisão bibliográfica visando estabelecer critérios para avaliação de maturidade**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO - ENEGEP, 30., 2010, São Carlos. Anais... São Carlos, ABEPRO, 2010. p. 1-15.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 3.^a ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.

LONGO et al. **Model-based predictive maintenance techniques applied to automotive industry**, 27 Jun 2018-Vol. 4, Iss: 1, pp 1-7 – Polytechnic University of Turin

MARINELLI, I. Da preventiva à preditiva, a evolução da gestão da manutenção. **Revista Manutenção**, São Paulo, v.1, n.1, jul. 2021. Disponível em: <https://www.revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/entenda-a-evolucao-da-manutencao-preditiva.html> Acesso em: 23/10/2023

MIRSHAWKA, V. **Manutenção Preditiva: caminho para zero defeitos**. São Paulo: Makron

McGraw-Hill, 1991. 318p.

MOBLEY R.K.; HIGGINS L. R.; WIKOFF D. J., **Maintenance Engineering Handbook**. McGraw-Hill, v7, 2008, 1244p.

MORO, N.; AURAS A. **Introdução à gestão da manutenção**. Curso Técnico de Mecânica Industrial. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina (CEFET-SC). Florianópolis. 2007. (Adaptado).

MORAES, L., A tecnologia a favor da gestão da manutenção e ativos. **LinkedIn**, São Paulo, v.1, n.1, nov. 2020. Disponível em: < <https://www.linkedin.com/pulse/tecnologia-favor-da-gest%C3%A3o-manuten%C3%A7%C3%A3o-e-ativos-leonardo-moraes/?originalSubdomain=pt> > Acesso em: 23/10/2023

Newset AR. Disponível em: <https://newset-ar.com.br/>. Acesso em: 30 de outubro de 2023.

O'BRIEN, James A. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair. **A proposta de desenvolvimento de gestão de manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista gestão industrial. Paraná, v. 04, n 02, p 3-4, 2008.

PALMER, R.D. **Maintenance Planning Scheduling Handbook**. McGraw-Hill, 2006, v2. 861p.

PARKES, D. **Operational Research in Maintenance**, University of Manchester Press, Manchester, 1970.

PEREIRA, J.M.; CASTANHA P.T.; GONÇALVES, L.C.. Considerações Acerca Da Aplicação De Sensores IOT no Processo de Manutenção 4.0 do Setor de Aviação, 30 mai. 2020 - XI FatecLog, Bragança Paulista – SP.

PINTO.J.N.F. **Implementação da metodologia TPM numa empresa de produção de elevadores**, set. 2012 - Vol. 1 – Universidade do Minho Escola de Engenharia.

REZENDE, Denis A., ABREU, Aline F.de. **Tecnologia da informação: aplicada a sistemas de informações empresariais.** sac) Paulo: Atlas, 2000.

RODRIGUES. **Análise de ferramentas de implementação e manutenção da certificação ISO 14001.** 05 abr. 2023 - Vol. 1, – Universidade Federal de São Carlos, Buri – SP.

SHERWIN, D., **A review of overall models for maintenance management.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 6, n° 3, p. 138-164, 2000.

SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., JOHNSTON, R., **Administração da produção.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002 .

SOUZA et al., Utilização das tecnologias da indústria 4.0 na manutenção preditiva através do monitoramento de equipamentos e instalações, 26 jan. 2022- Vol. 1, Brazilian Journal of Development.

TELES, Jhonata. **Planejamento e controle da manutenção descomplicado: uma metodologia passo a passo para implantação do PCM.**2. ed. Brasília: Engeteles editora, 2019. 240p.

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: 23/10/2023.

TURBAN E.; McLEAN, E.; WETHERBE, J.; **Tecnologia da Informação para Gestão - Transformando os Negócios na Economia Digital.** Porto Alegre: Bookman, 2004. 660 p.

Venâncio, A.M. **DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO VOLTADA À MANUTENÇÃO PREVENTIVA.** 2022. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2022.

WIREMAN, T. **Computerized maintenance management systems.** 2 ed. New York: Industrial Press, 1994. 179 p.

XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção Classe Mundial.** Tecém Tecnologia Ltda. Belo Horizonte 2005. Disponível em <<https://docplayer.com.br/6859116-Manutencao-classe-mundial.html>>. Acesso em: 23/10/2023.

ZINETTI, T. 5 benefícios do uso da tecnologia na manutenção. **Tractian**, São Paulo, v.1, n.1, abr. 2023. Disponível em: <<https://tractian.com/blog/gestao-da-manutencao-5-beneficios-do-uso-da-tecnologia>> Acesso em: 23/10/2023