

Relato de caso: gestão de indicadores como ferramenta de melhoria contínua e eficiência na manutenção industrial

Case report: indicator management as a tool for continuous improvement and efficiency in industrial maintenance

Reporte de caso: Gestión de indicadores como herramienta para la mejora continua y la eficiencia en el mantenimiento industrial

José Antonio Ferreira¹
William Wagner Medeiros²

Resumo: Este trabalho explorou como os indicadores de desempenho podem transformar a manutenção em uma indústria de painéis de madeira. Buscou-se responder à pergunta: de que maneira os indicadores ajudam a tornar a manutenção mais eficiente e confiável? Por meio de uma abordagem qualitativa e descritiva, o estudo apresentou um relato de caso que evidenciou o impacto positivo desses indicadores. Eles ajudaram a identificar falhas, otimizar custos e melhorar processos, proporcionando maior controle e redução de paradas inesperadas. Os resultados destacam o papel estratégico dos indicadores na construção de uma manutenção mais eficiente, confiável e alinhada com as necessidades de um ambiente industrial competitivo.

Palavras-chave: Indicadores. Desempenho. Manutenção. Eficiência. Confiabilidade.

Abstract: This study explored how performance indicators can transform maintenance in a wood panel industry. It aimed to answer the question: how do indicators help make maintenance more efficient and reliable? Through a qualitative and descriptive approach, the study presented a case report that highlighted the positive impact of these indicators. They facilitated the identification of failures, cost optimization, and process improvement, providing greater control and reducing unexpected downtimes. The results emphasize the strategic role of indicators in building more efficient and reliable maintenance, aligned with the demands of a competitive industrial environment.

Keywords: Indicators. Performance. Maintenance. Efficiency. Reliability.

Resumen: Este estudio exploró cómo los indicadores de rendimiento pueden transformar el mantenimiento en la industria de tableros de madera. El objetivo fue responder a la siguiente pregunta: ¿cómo contribuyen los indicadores a un mantenimiento más eficiente y fiable? Mediante un enfoque cualitativo y descriptivo, el estudio presentó un caso práctico que demostró el impacto positivo de estos indicadores. Estos ayudaron a identificar fallos, optimizar costes y mejorar los procesos, proporcionando un mayor control y reduciendo las paradas imprevistas. Los resultados destacan el papel estratégico de los indicadores para lograr un mantenimiento más eficiente y fiable, alineado con las necesidades de un entorno industrial competitivo.

Palabras clave: Indicadores. Rendimiento. Mantenimiento. Eficiencia. Fiabilidad.

Submetido 15/01/2025

Aceito 10/03/2025

Publicado 02/04/2025

¹ Graduando em Engenharia Mecânica. IFSP Campus Itapetininga. E-mail: antonio.ferreira@aluno.ifsp.edu.br

² Mestre em Engenharia mecânica. IFSP Campus Itapetininga. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8634-1775>. E-mail: william.medeiros@ifsp.edu.br

1.0 Introdução

A manutenção é fundamental para assegurar o bom desempenho de equipamentos, máquinas e sistemas dentro de uma organização. Consiste em um conjunto de ações planejadas e executadas com o objetivo de preservar ou restaurar a funcionalidade dos ativos.

O indicador é uma medida, seja quantitativa ou qualitativa, que oferece dados sobre o desempenho de um processo ou sistema. Sua função é monitorar, analisar e fornecer informações que auxiliem na tomada de decisões, sendo fundamental em áreas como gestão, economia, políticas públicas, saúde, educação, entre outras.

Os indicadores são valores quantitativos coletados ao longo do tempo, que fornecem informações sobre atributos, características e resultados de um serviço, produto, sistema ou processo específico. Em resumo, eles funcionam como uma linguagem matemática, servindo como parâmetros de referência para avaliar a eficiência, eficácia e efetividade dos processos organizacionais.

Quando combinados os indicadores, fornecem uma visão abrangente da gestão da manutenção, permitindo otimizar processos, melhorar a segurança e reduzir custos, ao mesmo tempo em que garantem a qualidade e a eficiência das operações.

2.0 Referencial teórico

2.1 Tipos de manutenção

A manutenção preventiva é realizada de forma programada e periódica, com o objetivo de evitar falhas ou danos nos equipamentos antes que ocorram. Segundo Gomes (2017, p.53) "A manutenção preventiva é crucial para a longevidade dos equipamentos, pois realiza inspeções periódicas e substituições de peças antes que ocorram falhas, evitando danos graves e custos elevados".

A manutenção corretiva é executada após a ocorrência de uma falha ou defeito no equipamento. Trata-se de uma abordagem reativa, em que a manutenção é iniciada somente quando um problema já se manifesta. Como afirmado por Smith (2004): "A manutenção corretiva é uma parte essencial do sistema de qualquer sistema de manutenção, mas deve ser utilizada com moderação, pois é menos eficiente em termos de custo e tempo em comparações com abordagens preventivas."

A manutenção preditiva fundamenta-se no monitoramento contínuo das condições dos equipamentos, com o objetivo de antecipar falhas antes que elas ocorram. Em vez de seguir manutenções programadas, esse tipo de abordagem utiliza tecnologias de medição e análise, como sensores, termografia e análise de vibração, para monitorar parâmetros de desempenho e identificar sinais de desgaste ou falhas iminentes. O objetivo é realizar a manutenção no momento mais adequado, prevenindo paradas desnecessárias e otimizando o uso de recursos.

Vargas e Martins (2014) colocam que a manutenção preditiva tem como objetivo principal prever a falha dos equipamentos, monitorando seu desempenho e utilizando técnicas como análise de vibração, termografia e ultrassom para identificar anomalias antes que ocorram problemas críticos.

2.2 Indicadores de performance

Segundo Gitman e Mcdaniel (2016) os indicadores de performance são utilizados como parâmetros essenciais para avaliar a eficiência de sistema empresariais, assim como são fundamentais para as tomadas de decisões estratégicas.

Os indicadores de desempenho, também conhecidos como KPIs (Key Performance Indicators), desempenham um papel essencial na gestão de qualquer organização. Eles servem para medir o sucesso de processos e atividades em relação aos objetivos traçados, sendo ferramentas indispensáveis para monitorar a eficiência e a eficácia das operações. Como afirmam Kaplan e Norton (1992), os KPIs ajudam as empresas a traduzirem sua estratégia em metas mensuráveis, o que facilita o controle do desempenho e a tomada de decisões informadas.

No entanto, a definição de KPIs vai muito além de apenas medir resultados. De acordo com Neely et al. (1995), esses indicadores funcionam como um termômetro, avaliando a performance da organização e fornecendo dados valiosos que orientam a melhoria contínua. Aguinis (2009) complementa essa visão ao destacar que a escolha dos KPIs deve estar alinhada aos objetivos estratégicos da empresa, pois são esses indicadores que sustentam a tomada de decisões eficazes.

Os KPIs podem ser classificados de acordo com o foco e a natureza dos objetivos que se pretende monitorar. Parmenter (2015) faz uma distinção entre os KPIs operacionais, que medem o desempenho diário e o andamento das atividades rotineiras, e os KPIs estratégicos,

que estão mais ligados aos objetivos de longo prazo e ao impacto das ações da organização. Neely (2007), por sua vez, classifica os KPIs em categorias como tempo, custo, qualidade e satisfação, o que permite uma análise mais detalhada e holística do desempenho organizacional.

No contexto da manutenção industrial, alguns KPIs ganham destaque pela sua capacidade de garantir a continuidade operacional e a eficiência dos processos. A disponibilidade, por exemplo, é um indicador crucial, pois mede o percentual de tempo em que um equipamento ou sistema está disponível para operação. Segundo Benedetti et al. (2017), esse KPI é fundamental para garantir que os ativos da organização operem no seu potencial máximo, sem períodos excessivos de inatividade.

Outro indicador importante é a confiabilidade, que avalia a probabilidade de um equipamento operar sem falhas durante um determinado período. A confiabilidade está diretamente relacionada à qualidade das práticas de manutenção preventiva, que ajudam a evitar falhas inesperadas e, conseqüentemente, custos adicionais. Indicadores como MTBF (Mean Time Between Failures) e MTTR (Mean Time to Repair) também são amplamente utilizados para medir o desempenho da manutenção. Segundo Alem et al. (2016), o MTBF mede o tempo médio entre falhas, permitindo prever quando um equipamento provavelmente precisará de manutenção, enquanto o MTTR indica o tempo necessário para reparar uma falha e restaurar o equipamento à operação, ajudando a reduzir o tempo de inatividade e aumentar a produtividade.

A gestão eficiente desses KPIs no contexto da manutenção industrial não só melhora a eficiência operacional, mas também pode gerar uma significativa redução de custos. Benedetti et al. (2017) afirmam que indicadores como o índice de falhas e o índice de confiabilidade ajudam as empresas a antecipar problemas e planejar manutenções com maior precisão, evitando paradas imprevistas que poderiam comprometer a produção. Além disso, KPIs como o MTTR e o MTBF são essenciais para otimizar os processos de manutenção, reduzindo o tempo de inatividade e melhorando o desempenho geral do sistema.

2.3 Definição dos indicadores de performance

Apesar dos benefícios evidentes, a implementação de KPIs nem sempre é uma tarefa simples. Parmenter (2015) alerta que muitas organizações falham ao definir KPIs vagos, imprecisos ou não mensuráveis, o que compromete a eficácia desses indicadores na prática.

Neely et al. (1995) também destacam a importância de revisar periodicamente os KPIs, pois a desatualização desses indicadores pode fazer com que eles percam a relevância ao longo do tempo, dificultando a tomada de decisões e a busca por melhorias contínuas.

Portanto, os KPIs são ferramentas indispensáveis para medir e aprimorar o desempenho organizacional. Quando definidos corretamente e alinhados com os objetivos estratégicos da organização, eles fornecem insights poderosos que podem transformar a gestão da empresa, promovendo não apenas a eficiência operacional, mas também a melhoria contínua.

Na manutenção industrial, indicadores como disponibilidade, confiabilidade, MTBF e MTTR são fundamentais para otimizar os processos e garantir que os equipamentos operem com o melhor desempenho possível. No entanto, é essencial que as organizações selecionem cuidadosamente seus KPIs e realizem revisões periódicas, garantindo que esses indicadores permaneçam relevantes e alinhados aos objetivos de longo prazo.

Moubray (2001) observa que um aumento no MTBF é um sinal claro de eficiência, pois significa que os equipamentos estão funcionando por mais tempo sem precisar de reparos, o que resulta em menos paradas e maior disponibilidade para a produção.

Além disso, o MTTR é outro indicador chave. Ele mede a rapidez com que a equipe de manutenção consegue corrigir falhas e colocar os equipamentos novamente em funcionamento. Blanchard (2004) enfatiza que a redução do MTTR está diretamente ligada à melhoria da eficiência operacional, já que uma resposta mais rápida minimiza o impacto das falhas e permite retomar a produção de forma mais ágil.

2.4 Indicadores de tempo

Os indicadores de tempo são métricas essenciais para monitorar a duração de processos e identificar áreas que necessitam de otimização em ambientes industriais. Em particular, esses indicadores são cruciais para a gestão de manutenção, pois ajudam a medir o desempenho e a eficiência dos processos de reparo, disponibilidade de equipamentos e tempo de inatividade. Segundo Moubray (2001), o tempo é um dos recursos mais críticos em qualquer operação industrial, e sua gestão eficiente pode ser um diferencial competitivo.

2.4.1 Tempo Médio de Reparação (MTTR - Mean Time to Repair)

O MTTR é um dos indicadores de tempo mais utilizados na gestão de manutenção. Ele calcula o tempo médio necessário para reparar uma falha e devolver o equipamento ou sistema à operação. Blanchard (2004) explica que o MTTR é uma métrica chave para avaliar a eficiência dos processos de reparo e pode indicar a necessidade de melhorias nas práticas de manutenção ou treinamento de pessoal.

O MTTR é diretamente relacionado à disponibilidade operacional dos equipamentos, e de acordo com Chase e Jacobs (2007), uma redução no MTTR pode melhorar significativamente a produtividade, já que menos tempo é perdido durante os períodos de inatividade, permitindo que a produção retome suas operações com maior rapidez.

2.4.2 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF - Mean Time Between Failures)

O MTBF é outro indicador crítico que mede o tempo médio entre falhas de um equipamento ou sistema. Segundo Mobley (2002), o MTBF é uma medida de confiabilidade que permite identificar o desempenho dos ativos e prever a necessidade de manutenção preventiva. Equipamentos com um MTBF alto geralmente indicam uma operação eficiente, com menores chances de falhas inesperadas. Além disso, o MTBF ajuda a orientar as estratégias de manutenção preventiva e corretiva. Liu et al. (2014) observam que o acompanhamento contínuo do MTBF permite que as equipes de manutenção planejem ações de forma proativa, reduzindo o impacto das falhas inesperadas e aumentando a eficiência operacional.

2.4.3 Tempo de Inatividade (Downtime)

O downtime representa o período em que o equipamento ou sistema não está em operação devido a falhas, manutenções ou ajustes necessários. Ahuja e Khamba (2008) afirmam que o downtime é um dos principais indicadores de eficiência, uma vez que ele está diretamente ligado à perda de produção e, conseqüentemente, ao aumento de custos. A análise de downtime permite que as empresas identifiquem as causas subjacentes das falhas e desenvolvam estratégias para minimizar os períodos em que os ativos ficam fora de operação. Gulati (2011) complementa que o monitoramento de downtime é fundamental para a gestão de custos

operacionais, pois, além de representar perda de tempo produtivo, o downtime muitas vezes envolve custos adicionais com reparos e substituições urgentes.

2.4.4 Ciclo de Tempo de Manutenção

Este indicador está relacionado ao tempo total necessário para completar todas as etapas de manutenção em um equipamento, desde a identificação do problema até a reparação final. Barros e Almeida (2016) destacam que a redução do ciclo de tempo de manutenção contribui para uma maior eficiência operacional e pode reduzir significativamente o custo total de manutenção. Este indicador é utilizado em setores como a indústria automotiva e de manufatura, onde as paradas de máquinas impactam diretamente na produção. Em sistemas de produção com alta demanda, como em linhas de montagem, Naylor e Williamson (2009) argumentam que a diminuição do ciclo de tempo de manutenção pode ser alcançada através da implementação de estratégias como manutenção preditiva e o treinamento adequado das equipes de manutenção.

2.4.5 Lead Time de Manutenção

Este indicador refere-se ao tempo total entre o início e a conclusão de uma tarefa de manutenção, incluindo o tempo de espera pelos recursos necessários, como peças e ferramentas. Vassallo (2011) observa que, para uma gestão eficiente de manutenção, é fundamental reduzir o lead time, pois a agilidade na execução de tarefas de manutenção diminui a probabilidade de falhas inesperadas e aumenta a disponibilidade dos ativos. Segundo Baines et al. (2005), a redução do lead time é um fator crítico para empresas que buscam maior agilidade em suas operações, principalmente em setores como o de manufatura e transporte, onde a alta disponibilidade de equipamentos é crucial para o sucesso operacional.

2.5 Indicadores de eficiência

Estes indicadores são ferramentas fundamentais para analisar e aprimorar os processos dentro das organizações. Eles desempenham um papel crucial na gestão do desempenho, ajudando as empresas a utilizarem seus recursos de forma mais eficaz e a otimizar as operações.

Esses indicadores são como uma lente que permite observar a relação entre as entradas (como tempo, dinheiro ou materiais) e as saídas (como produtos ou serviços). Ao medir essa relação, os indicadores ajudam a entender o quanto os recursos estão sendo aproveitados para alcançar os resultados desejados, como destaca Neely et al. (1995).

De maneira geral, eficiência é um conceito utilizado para medir a capacidade de uma organização de usar seus recursos da melhor maneira possível, minimizando desperdícios. Parmenter (2015) explica que os indicadores de eficiência ajudam as empresas a identificar áreas onde há gastos excessivos e onde pode haver oportunidades para economizar. Com essas informações, é possível tomar decisões corretivas, que visam reduzir os custos e, ao mesmo tempo, aumentar a rentabilidade

Uma avaliação bem-feita da eficiência pode gerar muitos benefícios para a organização. Kubiak (2012) argumenta que, além de aumentar a produtividade, a análise de eficiência também melhora a utilização do tempo e do esforço das equipes, resultando em resultados mais sustentáveis no longo prazo.

O custo de manutenção por unidade produzida, que avalia a relação entre os gastos com manutenção e a produção gerada é um indicador de eficiência utilizado para medir o desempenho das operações. Mobley (2002) destaca que esse indicador permite às empresas verificar a eficiência de seus processos de manutenção, ajudando a identificar onde é possível fazer economias sem comprometer a qualidade da operação.

Outro indicador relevante é o Overall Equipment Efficiency (OEE), que avalia a eficiência global de um equipamento. O OEE é uma das melhores ferramentas para medir a eficácia no uso dos equipamentos, pois leva em consideração três fatores principais: disponibilidade, desempenho e qualidade. Empresas que monitoram o OEE de seus equipamentos tendem a reduzir o tempo de inatividade e melhorar a eficiência operacional, aproveitando melhor os recursos e maximizando a produtividade dos ativos.

2.6 Implementação de indicadores de eficiência

Embora os indicadores de eficiência sejam extremamente valiosos, sua implementação não é uma tarefa simples. Kaplan e Norton (1992) alertam que, para que um indicador seja eficaz, é fundamental que haja um alinhamento estratégico entre as metas da organização e as

métricas escolhidas. Um erro comum é selecionar indicadores que não refletem a realidade da operação da empresa. Nesse caso, decisões baseadas nesses indicadores podem ser imprecisas e até prejudiciais.

Os indicadores de eficiência desempenham um papel decisivo na melhoria contínua das organizações, especialmente no setor de manutenção industrial. Eles oferecem uma visão clara de como os recursos estão sendo utilizados, permitindo identificar áreas que precisam de melhorias.

Métricas como Custo de Manutenção por Unidade Produzida, MTBF, MTTR e OEE são fundamentais para otimizar processos, reduzir custos, aumentar a confiabilidade e, conseqüentemente, melhorar a produtividade.

No entanto, para que esses indicadores tragam resultados efetivos, é crucial que eles estejam alinhados com a estratégia da organização. Além disso, é necessário monitorá-los constantemente e ajustá-los conforme as necessidades da empresa evoluem.

2.7 Indicadores de qualidade

Os indicadores de qualidade são ferramentas essenciais para medir, monitorar e aprimorar os processos dentro das organizações. Eles desempenham um papel crucial na avaliação da conformidade de produtos ou serviços com os padrões estabelecidos, além de ajudar a garantir que os objetivos de qualidade sejam atingidos de forma consistente. No contexto de manutenção e operações, esses indicadores não apenas auxiliam na verificação da eficiência dos processos, mas também asseguram que o desempenho dos sistemas e equipamentos esteja alinhado com as expectativas dos clientes e os requisitos legais, conforme aponta Juran (1992).

Esses indicadores podem ser definidos como métricas específicas que fornecem informações sobre a eficácia de um processo em alcançar os padrões de qualidade preestabelecidos. A qualidade é um atributo fundamental de produtos e serviços que, quando bem gerida, contribui para a competitividade e sustentabilidade de uma organização. Tais indicadores ajudam as empresas a monitorar o nível de conformidade com os requisitos técnicos e as expectativas dos consumidores, garantindo uma maior confiabilidade nos resultados.

De acordo com Garvin (1987), a qualidade pode ser medida de diversas maneiras, dependendo da perspectiva adotada. Ele descreve cinco dimensões essenciais para a avaliação da qualidade: desempenho, características, confiabilidade, conformidade e durabilidade. Cada uma dessas dimensões pode ser acompanhada por indicadores específicos, permitindo que as organizações assegurem que suas operações atendem aos padrões exigidos.

Dentre os principais indicadores de qualidade utilizados pelas empresas, destacam-se a taxa de falhas e o índice de defeitos. A taxa de falhas é um indicador importante, pois mede o percentual de falhas em relação ao total de unidades produzidas ou ao número de operações realizadas. Montgomery (2001) enfatiza que esse indicador é crucial para identificar e corrigir problemas nos processos, contribuindo para a melhoria contínua da qualidade.

Outro indicador amplamente adotado é o índice de reembolso ou retrabalho, que avalia a quantidade de produtos ou serviços que precisam de correção devido a não conformidades. Kanji (2002) observa que um alto índice de retrabalho frequentemente está relacionado a falhas nos processos de controle de qualidade e pode indicar a necessidade de melhorias na capacitação dos trabalhadores ou na atualização dos processos de produção.

O uso eficaz dos indicadores de qualidade está diretamente relacionado à melhoria do desempenho organizacional. Powell (1995) argumenta que empresas que investem na gestão da qualidade e adotam indicadores claros e bem definidos tendem a ser mais eficientes na redução de custos e na melhoria de sua posição competitiva. Além disso, os indicadores de qualidade ajudam a identificar as causas raiz dos problemas, permitindo que a organização implemente medidas corretivas de forma proativa.

No contexto da manutenção industrial, os indicadores de qualidade também são essenciais. Qualidade na manutenção está diretamente ligada à confiabilidade e ao desempenho dos equipamentos. Indicadores como a disponibilidade e a eficiência dos equipamentos são fundamentais para garantir que os ativos funcionem de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos, sem comprometer a produção ou a segurança.

2.8 Indicadores de custo

A gestão de custos é um aspecto essencial para garantir a eficiência operacional das organizações. Dentro desse contexto, os indicadores de custo desempenham um papel

fundamental ao permitir o monitoramento e controle das despesas, assegurando que os recursos sejam utilizados de maneira eficaz e eficiente. Na área de manutenção industrial, por exemplo, a adoção desses indicadores é crucial para otimizar os gastos e melhorar a produtividade das operações.

De acordo com Martins e Laugeni (2012), os indicadores de custo permitem que as empresas acompanhem o desempenho financeiro de suas operações, possibilitando a identificação de áreas em que os custos podem ser reduzidos sem comprometer a qualidade ou a eficiência. A utilização desses indicadores também facilita a tomada de decisões estratégicas, uma vez que possibilita o acompanhamento contínuo das despesas em tempo real.

O custo de manutenção total é um indicador chave no contexto industrial, pois representa o total de todos os custos envolvidos nas atividades de manutenção, incluindo mão de obra, materiais e equipamentos utilizados. Smith e Watson (2005) destacam que esse indicador é fundamental para as empresas que buscam otimizar suas operações e aumentar sua rentabilidade, pois oferece uma visão clara dos custos diretos e indiretos relacionados à manutenção.

Outro indicador muito utilizado é o custo de manutenção por unidade produzida, que calcula os gastos com manutenção em relação à quantidade de produção gerada. Esse tipo de indicador é bastante utilizado em ambientes industriais de produção em massa, como nas indústrias automotiva e de alimentos.

A comparação entre os custos de manutenção preventiva e corretiva também é um indicador importante. Nakajima (1988) observa que uma grande parte dos custos de manutenção em muitas empresas é gerada por falhas inesperadas e reparos corretivos. Por outro lado, a manutenção preventiva pode, em muitos casos, ajudar a reduzir esses custos ao evitar falhas e prolongar a vida útil dos ativos. Assim, monitorar e comparar os custos dessas duas abordagens é uma prática essencial para melhorar a alocação de recursos e priorizar os investimentos.

O custo de manutenção por equipamento é outro indicador valioso, que calcula quanto é gasto em manutenção por cada unidade de equipamento. Esse indicador permite que as empresas identifiquem quais ativos estão gerando os maiores custos de manutenção, o que

facilita a análise sobre a viabilidade de investir em novas tecnologias ou substituir equipamentos obsoletos.

Outro indicador relevante é o custo por hora de inatividade, que mede o impacto financeiro da perda de produção devido à falha de equipamentos, esse indicador é essencial, especialmente para empresas em que o tempo de operação dos equipamentos é crítico para a produtividade. A redução do tempo de inatividade é uma das formas mais eficazes de reduzir os custos totais de operação.

Adotar indicadores de custo permite não apenas o controle e monitoramento das despesas, mas também a tomada de decisões informadas em relação a investimentos em equipamentos, estratégias de manutenção e treinamento de pessoal. Stewart et al. (2006) destacam que uma das principais vantagens de usar indicadores de custo na gestão de manutenção é a melhoria contínua dos processos, já que essas métricas fornecem uma base sólida para identificar áreas de melhoria, otimizar recursos e reduzir desperdícios.

Além disso, a análise constante dos custos de manutenção ajuda as empresas a estabelecerem orçamentos mais realistas e a projetarem estratégias de longo prazo que atendam tanto às necessidades operacionais quanto às financeiras. Koulouvaris et al. (2010) argumentam que a capacidade de medir o custo de manutenção de forma detalhada é essencial para a sustentabilidade financeira das operações industriais.

2.9 Indicadores de manutenção

A manutenção preventiva é uma estratégia essencial para garantir a continuidade e a eficiência das operações em ambientes industriais. Através da implementação de indicadores específicos, é possível medir a eficácia das ações de manutenção preventiva, avaliar seu impacto na disponibilidade dos equipamentos e otimizar os processos produtivos.

A manutenção preventiva é uma abordagem sistemática que visa a realização de atividades programadas de manutenção, com o objetivo de reduzir a probabilidade de falhas, aumentar a vida útil dos equipamentos e melhorar a confiabilidade dos processos produtivos. Segundo Mobley (2002), a manutenção preventiva envolve o planejamento e a execução de atividades antes que os equipamentos apresentem defeitos ou falhas, sendo fundamental para manter a eficiência e reduzir o tempo de inatividade não planejado.

Os indicadores de manutenção preventiva ajudam a medir a eficácia dos processos de manutenção programada e a garantir que os objetivos de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos sejam alcançados.

2.9.1 Indicador percentual de manutenção preventiva executada

O percentual de manutenção preventiva executada é um dos indicadores mais utilizados para avaliar a conformidade das atividades de manutenção com o planejamento estabelecido. Ele mede a proporção de atividades de manutenção preventiva realizadas dentro do período programado em relação ao total de tarefas previstas. Jardine, Lin e Banjevic (2006) destacam que o cumprimento da manutenção preventiva no prazo é essencial para evitar falhas inesperadas e melhorar a confiabilidade dos ativos. Um bom desempenho nesse indicador significa que as atividades de manutenção preventiva estão sendo realizadas conforme o planejamento, o que contribui para a melhoria da disponibilidade dos equipamentos e para a redução do downtime não programado. Blanchard (2004) complementa que, quando o percentual de execução de manutenção preventiva é alto, há uma menor necessidade de intervenções corretivas, o que resulta em menor custo e maior eficiência operacional.

2.9.2 Índice de conformidade de manutenção preventiva

Este índice mede a adesão aos planos de manutenção preventiva e a qualidade da execução das atividades programadas. Ele avalia se as tarefas de manutenção preventiva estão sendo realizadas conforme os padrões e as especificações estabelecidas no plano de manutenção. Segundo Vassallo (2011), esse indicador é crucial para garantir que a manutenção preventiva seja eficaz e que todas as atividades estejam alinhadas com as melhores práticas de manutenção, minimizando riscos e falhas inesperadas. O índice de conformidade também está relacionado ao tempo de operação dos equipamentos e à redução do número de falhas inesperadas. De acordo com Ahuja e Khamba (2008), uma alta conformidade nas atividades preventivas está associada a uma redução no número de falhas e ao aumento da produtividade no ambiente industrial.

2.9.3 Taxa de Falhas Pós-Manutenção Preventiva

A taxa de falhas pós-manutenção preventiva é outro indicador relevante para avaliar a eficácia da manutenção preventiva. Esse indicador mede a frequência de falhas ocorridas após a execução de atividades preventivas programadas. Moubrey (2001) explica que uma baixa taxa de falhas pós-manutenção preventiva indica que o programa de manutenção está sendo eficaz em reduzir a probabilidade de falhas, enquanto uma alta taxa pode sugerir problemas na execução ou no planejamento das atividades preventivas. Esse indicador pode ser utilizado para ajustar as estratégias de manutenção e identificar áreas que necessitam de melhoria. Segundo Chase e Jacobs (2007), a análise da taxa de falhas pós-manutenção preventiva pode fornecer insights valiosos para otimizar os planos de manutenção e priorizar a execução das atividades em equipamentos críticos.

2.9.4 Custo de Manutenção Preventiva x Corretiva

Este é um indicador financeiro importante para avaliar a eficiência das atividades de manutenção preventiva em relação às intervenções corretivas. De acordo com Smith e Watson (2005), a comparação entre esses custos permite que as empresas determinem se os investimentos em manutenção preventiva estão contribuindo para a redução dos custos com reparos inesperados e quebras de equipamentos. A manutenção preventiva, quando bem planejada e executada, tende a reduzir os custos com manutenção corretiva, uma vez que previne falhas graves que exigem reparos mais caros e demorados. Mobley (2002) argumenta que um bom equilíbrio entre os custos de manutenção preventiva e corretiva pode resultar em uma redução significativa nos custos totais de manutenção, além de aumentar a disponibilidade dos ativos.

2.9.5 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) após Manutenção Preventiva

O MTBF é um indicador de confiabilidade utilizado para medir a frequência das falhas em um equipamento. Após a realização da manutenção preventiva, é importante monitorar o MTBF para avaliar o impacto das atividades preventivas na redução das falhas. Blanchard (2004) destaca que o aumento do MTBF após a realização de manutenção preventiva é um sinal de que a estratégia está sendo eficaz em aumentar a confiabilidade dos equipamentos. Um

aumento no MTBF indica que a manutenção preventiva contribuiu para a redução da probabilidade de falhas, resultando em um melhor desempenho dos ativos. Além disso, segundo Barros e Almeida (2016), o MTBF é um dos indicadores mais utilizados para validar o sucesso de um programa de manutenção preventiva, pois reflete a qualidade e a eficácia das ações executadas.

2.10 Plano de manutenção

Um plano de manutenção de equipamento é uma estratégia sistemática e estruturada que visa assegurar que os ativos e equipamentos de uma organização operem com eficiência, segurança e longevidade. Ele envolve a definição de atividades programadas e rotinas específicas para a manutenção de cada equipamento, de modo a prevenir falhas, reduzir custos operacionais, aumentar a confiabilidade dos ativos e garantir a continuidade das operações. Esse plano pode ser preventivo, preditivo, corretivo ou uma combinação de diferentes abordagens, dependendo das necessidades do equipamento, sua criticidade para a operação, e os recursos disponíveis.

O objetivo principal de um plano de manutenção é assegurar que os ativos da organização, como equipamentos, máquinas, veículos e sistemas, operem de forma eficiente e segura, minimizando o tempo de inatividade e os custos com reparos não programados.

Como citado por Mobley (2002), a manutenção eficaz não é apenas sobre consertar falhas quando elas ocorrem, mas sim, antecipar e prevenir falhas através de um planejamento adequado

Para a criação do plano de manutenção é necessário realizar o planejamento de recursos, ou seja, todas as necessidades para que aconteça a realização desses planos, como definir a equipe responsável pela execução das atividades de manutenção, garantir que as ferramentas necessárias e as peças de reposição estejam disponíveis para realizar as manutenções de maneira eficaz e no momento certo, estabelecer uma programação detalhada, minimizando a interrupção das operações e a ociosidade do equipamento, o detalhamento das ações específicas que devem ser realizadas durante cada tarefa de manutenção, incluindo a frequência, os métodos a serem utilizados e os registros a serem mantidos.

Definir indicadores de performance (Key Performance Indicators - KPIs) para monitorar a eficiência das atividades de manutenção, como a redução de falhas, o tempo médio entre falhas (MTBF), o tempo médio de reparo (MTTR), e a disponibilidade do equipamento.

Como citado por Mobley (2002), os KPIs são fundamentais para mensurar a performance da manutenção e garantir que o planejamento seja eficaz. Sem esses indicadores, fica impossível saber se as ações tomadas estão realmente gerando resultados positivos.

Manter registros detalhados das manutenções realizadas, das peças substituídas, das falhas ocorridas e das intervenções realizadas. Isso ajuda no acompanhamento da saúde do equipamento e na tomada de decisões futuras.

Para realizarmos a tratativa das lições aprendidas, o PMBOK (Project Management Body of Knowledge) destaca a importância de capturar e compartilhar elas ao longo de um projeto, algo que também é extremamente útil na gestão de manutenção. Ao aplicar esse conceito à manutenção de ativos, essas lições podem nos ajudar a aprimorar as estratégias de manutenção preventiva e preditiva, além de reduzir falhas recorrentes e otimizar os processos operacionais. Por exemplo, as lições aprendidas podem incluir melhores práticas para a seleção de fornecedores, como lidar com falhas específicas de equipamentos, ou até mesmo como melhorar a eficiência dos procedimentos de manutenção. Cada erro ou sucesso se torna uma oportunidade para melhorar e evitar os mesmos problemas no futuro.

O PMBOK sugere que essas lições sejam registradas de forma contínua, especialmente nas fases de execução e encerramento de um projeto, e compartilhadas com todos os envolvidos. Para os planos de manutenção, isso significa ter um repositório onde informações valiosas sobre falhas passadas, custos inesperados ou áreas de melhoria possam ser consultadas, tornando os futuros processos mais eficazes e menos propensos a erros.

Um plano de manutenção tem sua importância na redução de custos através da manutenção preventiva e preditiva, onde é possível reduzir custos com reparos emergenciais e evitar grandes falhas, que podem ser muito mais caras.

2.10.1 Notas de manutenção

As notas de manutenções são solicitações de necessidade de intervenções em equipamentos, sejam elas urgentes ou manutenções que podem ser programadas, as quais

exigem recursos que devem ser contratados, materiais para serem disponibilizados, tudo isso para realização deles.

2.10.3 Ordens de manutenção

Ordens de manutenção são os registros das quais as solicitações de manutenção foram atendidas, elas servem para fazer os registros e criar um histórico da execução das atuações realizadas.

2.10.4 Sistemas de acompanhamento dos indicadores

Os indicadores são gerados através de bases criadas no POWER BI, os quais recebem informações que são exportadas do SAP PM. O acompanhamento detalhado, é possível de ser realizado a qualquer momento, e na sua maioria, é monitorado através de reuniões semanais, as quais ocorrem entre o supervisor de manutenção, o programador do planejamento e os colaboradores relacionados diretamente.

3 Metodologia

Este trabalho apresenta um relato de caso de um dos pesquisadores numa empresa produtora de painéis de madeira e soluções inovadoras e sustentáveis com madeira de reflorestamento certificada, os seus maiores cliente são os fabricantes de móveis em geral, as construtoras, incorporadoras e redes de varejo.

Foi realizada uma abordagem descritiva, procurando-se priorizar o processo e enfatizar a natureza do fenômeno estudado, onde segundo Alencar et al. (2023) [...] o pesquisador serve como instrumento principal e o ambiente é a fonte direta de dados, pois a abordagem é de natureza descritiva.

O indicador vem sendo analisado desde 2022, onde foi realizado o seu primeiro teste, já o estudo de caso, durou cerca de três meses, desde a fundamentação da ideia, até a obtenção dos resultados analisados. Anteriormente, não existia um controle da gestão da manutenção, inúmeras vezes podia se observar que havia alguns controles, porém estes não se apresentavam eficazes.

Com o desenvolvimento dos indicadores, voltados para buscar uma excelência na gestão da manutenção, foi possível melhorar vários pontos onde se observava possíveis lacunas a serem preenchidas. O índice geral de manutenção é composto por 1 indicador, que é fracionado pela soma de 12 subindicadores sendo eles: Notas Planejadas, Utilização da disponibilidade do ADM, Utilização da disponibilidade do TURNO, Utilização da disponibilidade da Engenharia, Programação de planos, Cumprimento das programações semanais, Cumprimento dos planos programados, Backlog, Apontamento da Disponibilidade, Eficiência no Planejamento e Eventos com causas raízes concluídas e Ações no prazo.

Os indicadores são monitorados pelo software principal, que é o POWER BI, onde é exportado todas as informações do SAP PM. Para um detalhamento das informações, é possível extrair uma base de dados do software principal, onde a mesma, será obtida através de uma planilha de EXCEL.

4 Objetivos

O objetivo principal do estudo é apresentar a implementação dos indicadores, se ainda existem melhorias a serem realizadas na manutenção e, fornecendo assim, informações reais de pontos onde ainda deve ser revisto para o alcance do objetivo.

Como objetivo secundário busca-se excelência na manutenção durante a execução. Ainda espera-se ser possível alcançar inúmeros resultados de produção, com os equipamentos sendo melhor aproveitados. Prever uma diminuição do número de quebras e paradas.

Os indicadores, já fazem parte da empresa do estudo e foram analisados para realização de possíveis melhorias a serem realizadas.

5 Resultados e discussão

Visando o entendimento de como os indicadores e as notas de manutenção se relacionam foi gerado o fluxo de manutenção apresentados na figura a seguir.

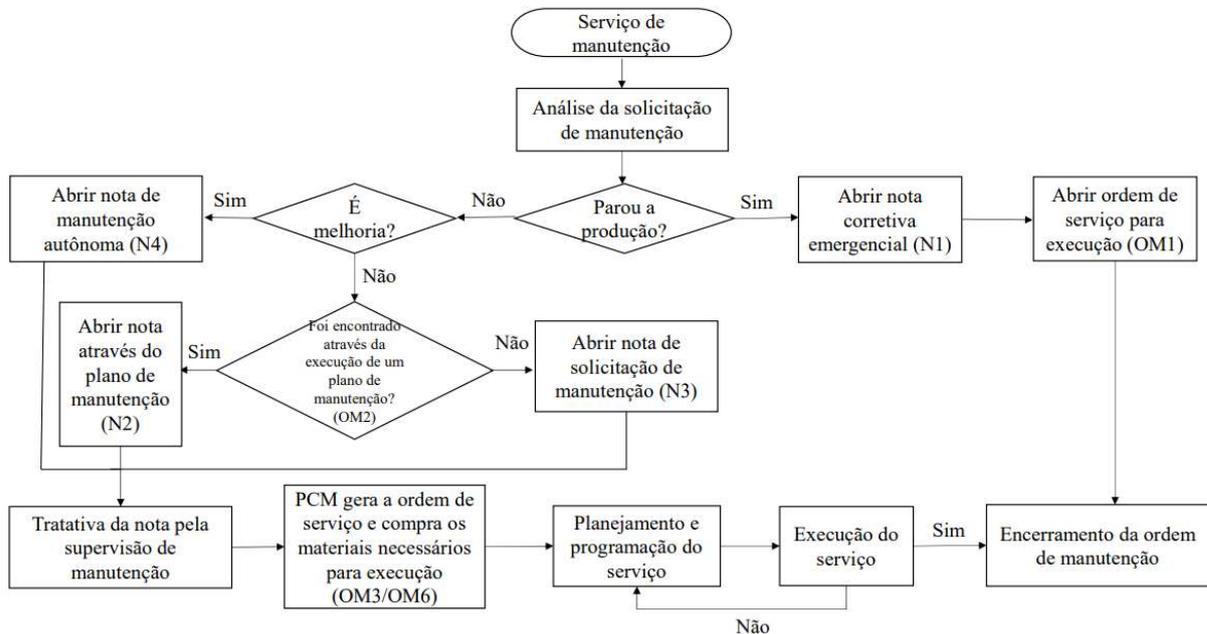


Figura 1. Fluxo da manutenção – autoria própria

5.1 Desenvolvimento Acompanhamento dos indicadores

todos limitados a 100% de alcance, isso significa que não existe a possibilidade de cobrir um indicador que está abaixo da meta com outro indicador que esteja acima da meta. Ele é controlado pelo sistema interno de gestão, responsável pelo controle de indicadores internamente da fábrica estudada. O objetivo geral do indicador é medir de forma unificada a manutenção, com isso, controlar e avaliar o atendimento dos indicadores de manutenção. Anteriormente, essa gestão não era monitorada conforme deveria pela empresa, assim tinha-se muitos requisitos que não eram preenchidos para alcançar o mais próximo da excelência, a figura 2 apresenta o índice composto pelos 12 indicadores gerado pelo Power BI.

ÍNDICE GERAL DE MANUTENÇÃO				
Meta: 93% 96,32%	Meta: 30 dias 27,98 dias	Meta: 90% 97,14%	Meta: 50% 63,30%	Meta: 95% 98,33%
Notas planejadas	Backlog	Programação de planos	Eficiência de planejamento	
Meta: 65% 74,20%	Meta: 30% 37,65%	Meta: 70% 81,67%	Meta: 70% 79,30%	
Utilização da disponibilidade ADM	Utilização da disponibilidade TURNO	Utilização da disponibilidade ENGENHARIA	Apontamento da disponibilidade	
Meta: 90% 97,20%	Meta: 95% 97,62%	Meta: 85% 100,00%	Meta: 90% 80,00%	
Cumprimento das programações semanais	Cumprimento dos planos programados	Eventos com causas raízes concluídas	Percentual de ações no prazo	

Figura 2. Índice geral da manutenção – adaptador pelo autor

5.2 Indicador de notas planejadas

O indicador foi criado baseado nas quantidades de notas de manutenções em que ficavam pendentes no sistema SAP PM (SAP Plant Maintenance), sem a tratativa necessária, muitas vezes gerando inúmeras quebras e problemas, sendo eles, avarias em máquinas, desalinhamento de equipamentos, desgaste ou falha de componentes, falha em motores elétricos, defeitos em sensores e atuadores, que já haviam sido verificados, porém ainda não haviam sido tratados. O objetivo é controlar e avaliar a quantidade de notas abertas e quais foram “tratadas”, ou seja, planejadas, dentro do prazo (7 dias), para que sejam acompanhadas e geradas as ordens de manutenção. Definiu-se como percentual de notas abertas no período que foram tratadas pela supervisão de manutenção e programador de PCM (Planeamento e controle da manutenção) da linha responsável.

Neste relato de caso foi constatado a divisão das notas em 4 diferentes tipos:

- a) N1: as notas são criadas para serem utilizadas para ocorrências corretivas emergenciais, as quais devem ser executadas no momento da solicitação. Geralmente o responsável pela manutenção cria quando os equipamentos estão

fora da sua condição normal de produção, isso é, quando o equipamento não pode desempenhar a sua função requerida e necessitam de atuação imediata.

b) N2: as notas são geradas após a execução de um plano de manutenção. Para esta nota utiliza-se para fazer o registro de uma anomalia encontrada durante a realização de uma ordem de em um plano de manutenção. Quando é identificado uma falha que necessita de intervenção deve ser aberta do tipo N2.

c) N3: são criadas para solicitações de manutenção. Notas que são geradas para registro de uma necessidade de manutenção de qualquer natureza ou proveniente de qualquer área, desde que não se enquadre nas notas N1, N2 e N4.

d) N4: são utilizadas para manutenção autônoma. Notas geradas para o registro de uma necessidade de manutenção proveniente da execução de uma inspeção de algum programa de melhoria.

Cada nota possui um estado e a partir deles, pode-se conhecer em qual situação se encontra a mesma, eles são conhecidos como:

a) EMIT – A nota está emitida e ainda não foi realizado nenhuma tratativa e aprovação dela.

b) REPR – A nota está reprovada. Já foi realizado a tratativa e por algum motivo, o supervisor de manutenção tem por conhecimento e decisão que o serviço não será executado.

c) REPC – A nota está reprovada pelo PCM. A tratativa do supervisor já foi realizada, porém ao transformar a solicitação do serviço em ordem, foi verificado pelo programador de PCM que a nota está com alguma informação faltante, podendo ser referente a recursos ou até falta de informação do serviço, devido a isso, a nota foi reprovada para que o supervisor corrija a informação incorreta.

d) APRV- A nota está aprovada. A solicitação foi aprovada pela supervisão de manutenção e o serviço deve ser planejado e seguir para realização.

Os estados das notas podem ser alterados pelo supervisor de manutenção quando é realizado a tratativa da solicitação de manutenção.

Todas as notas se tornarão pendentes após o prazo de 7 dias com status de “EMIT”, “REPR” e “REPC”, sendo assim, caso a nota seja aberta e não seja tratada dentro deste prazo, ela é considerada uma nota atrasada, ou seja, pendente de tratativa. Consideramos as notas como tratadas, a partir do momento em que, o seu planejamento pela área técnica é alocado a nota, após essa tratativa final, a nota deve estar no status “APRV” direcionando ao PCM para realizar a tratativa e transformar em uma ordem de manutenção.

Para o cálculo desse indicador, como unidade de medida em %, utilizamos:

$$\left(1 - \frac{[\text{Total de notas pendentes de tratativa (N2,N3,N4) + (Passivo de N1) no período}]}{\text{Total de notas abertas (N2,N3,N4) (no período)}}\right) * 100$$

Na Figura 3 é apresentado a meta desse indicador que é de 93%, e como plano de ação para alcançar esse indicador foi sugerido que as análises sejam feitas cruzando dados de outros indicadores, para que as conclusões sejam bem consolidadas. Na teoria, os supervisores devem tratar 100% das notas geradas, pois se supõe que quando temos uma solicitação, faz se necessário a utilização de uma mão de obra e a realização desse serviço.

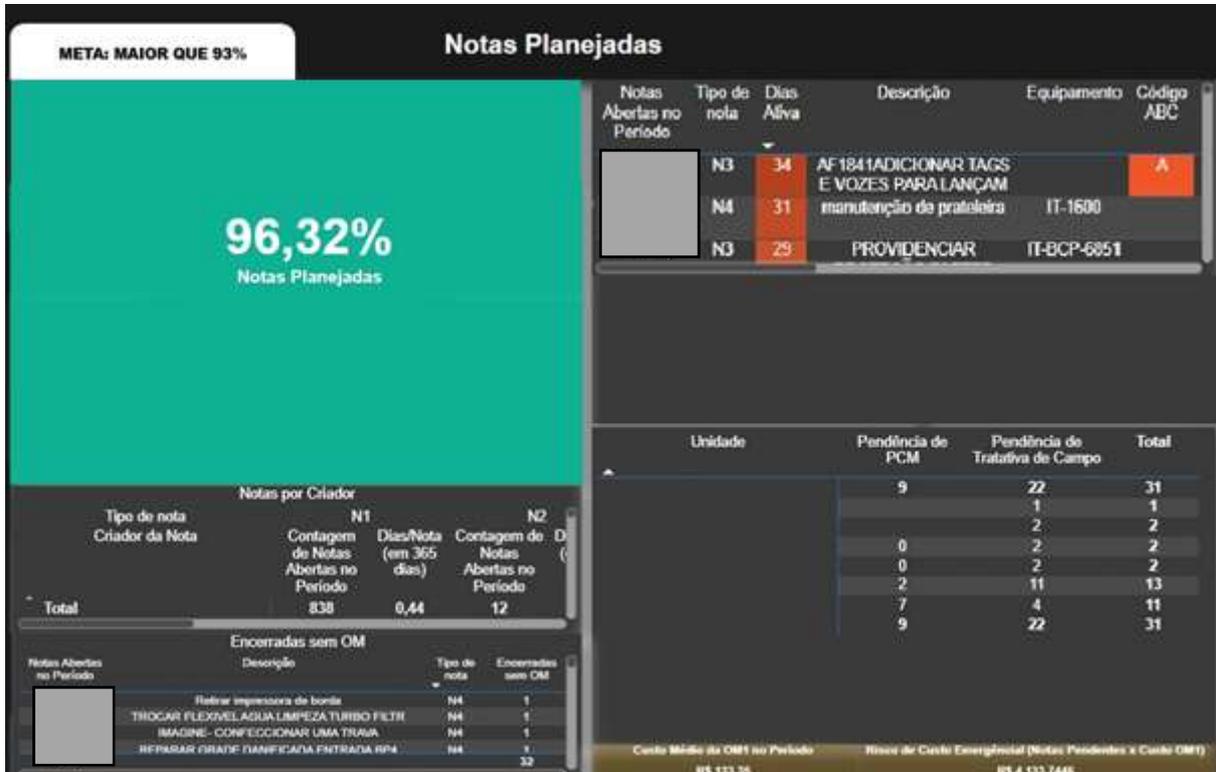


Figura 3. Notas planejadas– adaptador pelo autor

5.3 Indicador da disponibilidade – administrativo (ADM)

O indicador foi criado com o objetivo de controlar e avaliar a carga de programação para cada mão de obra que está trabalhando em escala administrativa, de acordo com a sua disponibilidade semanal. Antes da implantação deste indicador era observado muita mão de obra sendo contratada sem a necessidade e assim poderia realizar inúmeros serviços internamente, observou-se então a possibilidade da criação de um indicador para controlar a programação de cada manutenção nos momentos em que os colaboradores do turno administrativo estão presentes na fábrica. A criação ou definição da programação é elaborada entre o colaborador, o supervisor de manutenção e o programador de PCM, onde é realizada a reunião de planejamento semanal, que verifica quais os serviços que podem ser realizados na próxima semana. A programação semanal deve ser considerada com uma semana de antecedência, para evitar manipulação dos índices do indicador de disponibilidade.

Neste relato as ordens são divididas em OM1, OM2, OM3 e OM6, onde:

- a) OM1 são ordens corretivas emergenciais, são geradas a partir das solicitações N1, as quais devem ser atendidas e executadas emergencialmente para reestabelecer a produção.
- b) OM2 são ordens de execução de planos de manutenção, são geradas diretamente através de planos de manutenção, sem a necessidade de nota. São geradas a partir do plano de manutenção, ou seja, quando chega a data de realização, o plano gera a ordem automaticamente.
- c) As ordens OM3 são geradas a partir das solicitações N2, N3 e N4, as quais são geradas para serem executada durante uma programação semanal normal ou uma parada programada mensal, na qual pode ser executado em algumas vezes com a linha em funcionamento.
- d) OM6 são as ordens geradas a partir das solicitações N2, N3 e N4 assim como as ordens OM3. A diferença entre essas ordens, é que as OM6 são planejadas para a realização durante uma parada geral de manutenção, geralmente são serviços que demoram um tempo maior para serem realizados, em sua maioria, acima de 24 horas.

A ordem é considerada programada, quando é atribuída a ela uma revisão, número da matrícula do colaborador e um sub estado do sistema como EXEF (em execução). Revisão serve para organizar e monitorar em qual a semana que foi realizado dentro da programação, gerando um histórico total de tudo o que realizado durante aquele período.

O percentual a ser alcançado nesse indicador é de 65% de tempo de programação do colaborador durante a semana e 35% para auxiliar nas ocorrências emergenciais que necessitem de auxílio de uma maior mão de obra. Ou seja, pelo menos 65% do tempo disponível, precisa estar programado.

O indicador é definido como o percentual das horas programadas das ordens de manutenção em relação as horas disponíveis de cada colaborador do administrativo. Se incluem as ordens do tipo OM2, OM3 e OM6 que estão dentro das revisões das programações acordadas.

Para o cálculo desse indicador, homem hora disponível (HH) é disponível para programação, ou seja, qual o tempo disponível do colaborador, para executar as atividades

programadas e homem hora (HH) programado. Para o cálculo desse indicador, como unidade de medida em %, utiliza-se:

$$\text{Utilização de mão de obra - ADM} = (\text{HH programado} / \text{HH disponível}) * 100.$$

Este indicador é apresentado na Figura 4 e deve ser analisado criticamente para buscar a eficiência (fazer) e a eficácia (fazer a coisa certa) da programação e da equipe de programação. O programador deve ter o feeling (sentimento) de saber o quanto de buffer (pulmão) ele deve ter para suportar os possíveis desvios da programação, durante o período. Sabendo que quanto menor forem os desvios (emergenciais), mais ordens podem ser executadas dentro da própria programação.



Figura 4. Indicador ADM– adaptador pelo autor

5.4 Indicador de disponibilidade de turno

O indicador foi criado com o objetivo de controlar e avaliar a carga de programação para cada mão de obra que está trabalhando em escala do turno, de acordo com a sua

disponibilidade semanal. Antes o colaborador de turno atendia somente as ocorrências que eram emergenciais, desse modo, quando não tinham ocorrências, ele estava sem nenhum atendimento quando poderia estar auxiliando nas inspeções preventivas, ou serviços preventivos. Desse modo, foi criado esse indicador para que além do colaborador ADM, o turno também fosse alocado em serviços preventivos. Para isso, o percentual de programação para o colaborador do turno é de 30% para realização da sua programação e os outros 70% para atendimento as ocorrências emergenciais.

O indicador apresentado na Figura 5 é definido como o percentual das horas programadas das ordens de manutenção em relação as horas disponíveis de cada colaborador do turno. Se incluem as ordens do tipo OM2, OM3 e OM6 que estão dentro das revisões das programações acordadas. Para o cálculo desse indicador, como unidade de medida em %, utiliza-se:

$$\text{Utilização de mão de obra - TURNO} = (\text{HH programado} / \text{HH disponível}) * 100.$$

Se caso o colaborador do turno não conseguir atender as programações durante aquele dia ou semana, deve informar ao supervisor para ele realocar o serviço para outro colaborador para que o serviço sea realizado.



Figura 5. Indicador TURNO – adaptador pelo autor

5.5 Indicador de disponibilidade - Engenharia

O indicador foi criado com o objetivo de controlar e avaliar a carga de programação para cada mão de obra que está trabalhando em escala administrativa pela engenharia, de acordo com a sua disponibilidade semanal. Para esse indicador, abrangemos os colaboradores que pertencem a preditiva. A ideia de implementação do monitoramento é para que a engenharia possa também ser monitorada, para que além das inspeções preventivas semanais possam ser recursos para utilização em paradas de manutenção. O objetivo do indicador é controlar e avaliar a carga de programação para cada mantenedor da equipe de engenharia. O percentual de programação é de 70% do seu horário disponível, grande parte é atendida pelas rotas de preditivas e apoio nas paradas de manutenção.

O indicador é definido como o percentual das horas programadas das ordens de manutenção em relação as horas disponíveis de cada colaborador do turno. Se incluem as ordens do tipo OM2, OM3 e OM6 que estão dentro das revisões das programações acordadas. Para o cálculo desse indicador, como unidade de medida em %, utilizamos:

Utilização de mão de obra - ENGENHARIA = (HH programado/HH disponível) *100.

Todos os resultados de inspeções, atendimentos e trabalhos realizados pela equipe da engenharia são divulgados em uma reunião mensal liderada pela engenharia com toda a equipe de manutenção da fábrica onde é apresentado a Figura 6.

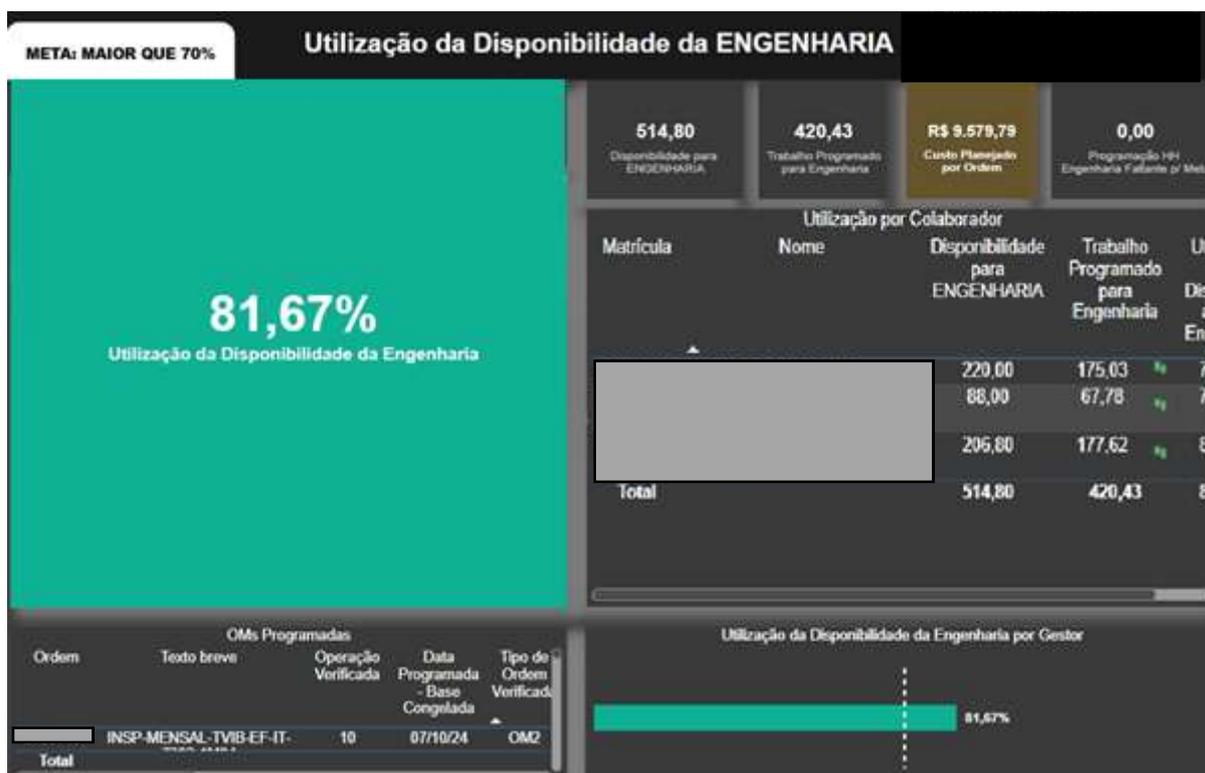


Figura 6. Indicador ENGENHARIA – adaptador pelo autor

5.6 Indicador de programação de planos

O indicador foi criado para observar a realização da programação dos planos de manutenção durante o período verificado no indicador, geralmente semanalmente com fechamento mensal. Antes era observado que havia alguns planos que passavam da sua data de execução e não eram programados, as vezes causando até quebras de emergências devido à falta de monitoramento e manutenção. Com esse indicador, o objetivo é mensurar a quantidade de ordens provindas de planos de manutenção como início programado no período que foram

programadas para serem executadas. As ordens que se enquadram dentro desses monitoramentos são as OM2, que são provenientes de planos de manutenção.

O percentual ideal desse indicador é que alcance a 90%, ou seja, pelo menos 90% dos planos durante aquele período devem ter sido programados como apresentado na Figura 7. Para o cálculo desse indicador, como unidade de medida em %, utilizamos:

$$\% \text{ Programação de Planos} = \frac{\text{Qtde de OM's de Planos de Manutenção Programados}}{\text{Total de OM's de Planos de Manutenção com início no período}}$$



Figura 7. Indicador de programação - adaptador pelo autor

5.7 Indicador de programação de backlog

O indicador de backlog mostra a quantidade que temos de ordens abertas no sistema para realização com toda a mão de obra que possuímos disponível, ou seja, se considerar que a produção da fábrica parasse no dia atual, quantos dias levaria para finalizar todos os serviços de manutenção. O objetivo do indicador é avaliar se a demanda à manutenção está sendo

devidamente tratada do início até o fim do processo. Bem como, avaliar o número de funcionários da manutenção visando necessidades de HH.

Todas as Ordens são geradas e gerenciadas por meio do SAP Módulo PM, sendo assim as ordens devem estar planejadas para que possam trazer um número real de backlog, para as ordens que não estão planejadas, onde não tem tempo previsto e/ou número de recursos (mão de obra alocadas), para elas não ficarem de fora da medição do indicador é atribuído a média de tempo das ordens que estão planejada. As ordens monitoradas são todas, com exceção das OM6, que são geradas para realização em paradas de manutenções anuais, onde a maioria delas levam um maior tempo para sua realização.

O total de homem hora (HH) para executar os serviços em carteira é o total de homem hora necessário para executar as pendências em serviços de manutenção. E o total de homem hora (HH) disponíveis por dia para executar os serviços é o total de homem disponível para realização de serviços de manutenção em um dia de trabalho, levando em consideração o OPEX (Operational Expenditure) de cada fábrica. Para o cálculo desse indicador, como unidade de medida em dias, utilizamos:

$\text{Backlog} = \text{Total de hora homem (HH) necessário} / \text{Total de hora homem (HH) disponível}$

Onde:

HH = Hora Homem

O índice para que esteja dentro da meta é de que o backlog seja menor que 30 dias como mostrado na Figura 8.



Figura 8. Indicador de backlog– adaptador pelo autor

5.8 Indicador de cumprimento das programações semanais

O indicador de cumprimento das programações semanais está totalmente relacionado aos indicadores de utilizações de disponibilidade. O objetivo deste indicador é monitorar como estão os cumprimentos dos serviços programados individualmente e global das equipes, visando a realização dos planejamentos e atividades programadas. Anteriormente eram programados os serviços e caso o colaborador não realizasse, não era acompanhado, com esse indicador, tudo o que foi programado durante a reunião semanal é verificado se foi cumprido ou não. Os resultados obtidos são repassados entre o colaborador, supervisor e programador de PCM durante a reunião semanal, e caso, não tenha sido realizado, o mesmo deve justificar com outras ordens de manutenção o motivo da não realização.

Além de todo o monitoramento, com esse indicador conseguimos avaliar qualitativamente o desempenho da programação de manutenção. Com um foco na programação, em si e outro na equipe executora, tendo em vista a eficiência e a eficácia. A avaliação é realizada qualitativamente levando em conta a capacidade da equipe de execução como um todo e individualmente e a capacidade de execução de cada equipe referente a sua oficina (mecânica, elétrica, lubrificação e preditiva).

Na indústria onde foi realizado o relato de caso as programações são divididas em 3 carteiras de trabalho, sendo elas, semanal, paradas programadas mensais (PPM) e paradas programadas anuais (PPG).

Neste caso, está tratando do indicador de Cumprimento da Programação de Manutenção e os critérios para as atividades compreendidas na carteira são os serviços que podem ser executados com equipamentos em funcionamento (EF) para a semanal e os serviços que podem ser executados em paradas de linhas (PL), paradas de manutenções mensais (PPM) e paradas de manutenções anuais (PPG).

O cumprimento da programação da semanal é a relação entre a quantidade de ordens de manutenção programadas e a quantidade de ordens de manutenção realizadas. As ordens são consideradas programadas quando estão com as revisões e matrículas atribuídas nelas e são consideradas realizadas quando estão confirmadas com apontamento de horas. Para o cálculo desse indicador, como unidade de medida em %, utiliza-se:

$$\% \text{ Cump. da Prog. Semanal} = \frac{\text{Quantidade de ordens realizadas.}}{\text{Quantidade ordens programadas nas revisões.}} * 100$$

A meta de cumprimento das programações semanais para o alcance do indicador é de 90% como apresentado na Figura 9. Na teoria, as equipes devem cumprir todas as ordens de serviço planejadas para eles, ou seja, cumprimento da programação 100%. Pois, se supõe que o programador de manutenção distribuiu de forma equilibrada e consistente cada serviço para seus respectivos executores, respeitando a carga horária permitida.



Figura 9. Indicador de cumprimento programação– adaptador pelo autor

5.9 Indicador de cumprimento dos planos de manutenção programados

O indicador de cumprimento dos planos de manutenções programados está relacionado aos indicadores de utilizações de disponibilidade. O objetivo em que busca-se nesse indicador é monitorar e controlar a efetividade individual e global das equipes de manutenção no cumprimento da programação semanal provenientes de planos de manutenção. Analisando o cumprimento dos planos tem-se a certeza de que as manutenções preventivas estão sendo realizadas, evitando assim o risco de quebras que possam afetar a disponibilidade de produção da linha. Assim como no indicador de cumprimento das programações semanais, antes existia a dificuldade de monitorar se os planos estavam sendo executados, com isso, havia muitas quebras de itens que estavam nas rotas para inspeções que poderiam ser evitadas. Os resultados obtidos são repassados entre o colaborador, supervisor e programador de PCM durante a reunião semanal, e caso não tenha sido realizado, o mesmo deve justificar com outras ordens de manutenção o motivo da não realização.

Além de todo o monitoramento, com esse indicador foi possível avaliar qualitativamente o desempenho da programação de manutenção. Com um foco na programação em si e outro na equipe executora, tendo em vista a eficiência e a eficácia.

Para esse indicador, é monitorado o percentual de cumprimento das ordens de planos de manutenção programados, essas se incluem ordens do tipo OM2 que estão dentro de revisões programadas.

Para o cálculo desse indicador, a unidade de medida é em % e tem-se:

- Total de OM de Plano Programado é o total de ordens que foram atribuídas matrículas (nº pessoal) e data base início e fim e estão em uma revisão.
- Total de OM de Plano Programado concluído é o total de ordens que foram confirmadas.

$$\frac{\text{Total de ordens de planos de manutenção concluídas}}{\text{Total de ordens de planos de manutenção programado}}$$

A meta de cumprimento das programações semanais para o alcance do indicador é de 95% como apresentado na Figura 10. Idealmente, as equipes deveriam realizar todas as ordens

de serviço que foram planejadas para elas, atingindo assim 100% do cumprimento da programação. Isso pressupõe que o programador de manutenção organizou as tarefas de maneira equilibrada e coerente, distribuindo cada serviço de forma justa entre os executores e respeitando os limites da carga horária estabelecida.



Figura 10. Indicador de cumprimento de planos - adaptador pelo autor

5.10 Indicador de eficiência no planejamento

O indicador de eficiência no planejamento serve para monitorar o quão eficaz está sendo a programação realizadas para os colaboradores. O objetivo principal mensurar a coerência do planejamento da atividade com o tempo de execução. Anteriormente a esse indicador foi verificado que muitas vezes, o tempo que era programado para a realização de um serviço não se encaixava com o tempo real para a finalização dele, na maioria das vezes, esse tempo que estava programado era superestimado, ou seja, um valor maior do que a necessidade de execução. As ordens de manutenção que se enquadram nesse indicador são: OM3 e OM6. Definimos como o comparativo do tempo apontado na atividade com o tempo planejado para a execução da ordem de manutenção. As comparações acontecem apenas das ordens que possuem o status de confirmação, sendo verificado se o desvio entre o tempo de execução e o planejamento está entre o limiar de 80% e 120%. Com a avaliação deste indicador podemos identificar os desvios existentes entre o tempo planejado para a execução de uma atividade e o tempo real que a atividade levou para ser executada.

A unidade de medida desse indicador é em % e o cálculo é realizado conforme a equação abaixo:

$$\% \text{ Eficiência no Planejamento} = \frac{\text{Ordens dentro do limiar de 20\% do planejado e executado}}{\text{Total de ordens com status de confirmada}}$$

Para continuar a evolução nesse indicador, o programador junto com a equipe técnica precisa avaliar todas as possíveis interferências na execução das atividades, para uma estimativa de tempo de planejamento mais coerente com a realidade de execução. A meta para o alcance é maior que 50% como mostrado na Figura 11.



Figura 11. Indicador de eficiência– adaptador pelo autor

5.11 Indicador de apontamento da disponibilidade

O indicador de apontamento da disponibilidade tem o objetivo de medir qual o percentual de atuação do colaborador frente a trabalhos preventivos e corretivos emergenciais. Anteriormente não era monitorado quanto tempo o colaborador havia trabalhado e apontado seu tempo nas ocorrências, assim poderia ficar com um tempo vago sem realizar um serviço. As ordens de manutenção que se enquadram nesse indicador são: OM1, OM2 e OM3. Os lançamentos acima de 12 horas e apontamentos que ultrapassem 110% da disponibilidade são excluídos do cálculo, pois temos alguns lançamentos indevidos que ultrapassam 12 horas,

alguns destes são devido ao apontamento no celular, onde o colaborador não finaliza a atividade no mobile e ela fica contabilizando tempo até que seja tratado e finalizado. Todos os apontamentos das ordens são realizados pelo celular da fábrica através do aplicativo do SAP e através do computador.

Com a avaliação deste indicador pode-se identificar muitas atuações da manutenção que não são emergências, porém como o colaborador interrompeu sua atividade para atender o chamado do cliente interno, ele abre a N1 (OM1) para apontar suas horas de trabalho nesta solicitação emergencial.

O cálculo para esse indicador tem como unidade de medida % e é calculado como:

$$\% \text{ Apontamento da Disponibilidade} = \frac{\text{Total horas realizadas ordens de manutenção}}{\text{Total de horas disponíveis na semana}} * 100$$

O percentual de alcance para o atingir o indicador é de pelo menos 70% do apontamento precisa ser realizado e pode ser visto na Figura 12.



Figura 12. Indicador de disponibilidade – adaptador pelo autor

5.12 Indicador de análise de causas concluídas

Para esse indicador conseguiu-se verificar o número de análises de causa raiz de falhas finalizadas dentro do prazo, em relação a quantidade falhas abertas no período acrescidas do passivo de análise de falhas pendentes. O principal objetivo é o quanto está evoluindo em análises de falhas. Anteriormente, não era monitorada a execução de uma análise de falha e

nem a ação que ficou definida para ser realizada após a reunião, muitas vezes acontecia o problema novamente devido a não realização da ação para melhoria. Agora com esse indicador, todas as falhas são registradas e monitoradas pelo time de engenharia, onde são responsáveis por cobrar para a execução das melhorias.

Para o cálculo desse indicador tem como unidade de medida em % e é calculado:

$$\% \text{ Análise de Causas Concluídas} = \frac{\text{Quantidade de relatos criados}}{\text{Quantidade de gatilhos do mês}} * 100$$

O percentual de alcance para o atingir o indicador é de pelo menos 85% das análises sendo realizadas.

5.13 Indicador de ações no prazo de análise de falhas

O objetivo do indicador é o quanto está evoluindo com as análises de falhas. É definido como o número de análises de causas raiz de falhas finalizadas dentro do prazo em relação às análises de falhas abertas no período acrescidas do passivo de análises de falhas pendentes, ou seja, se as ações foram realizadas conforme o prazo estipulado.

Para o cálculo desse indicador tem como unidade de medida em % e é calculado:

$$\% \text{ Ações no prazo} = \frac{\text{Ações abertas em atraso}}{\text{Ações em aberto}} * 100$$

O percentual de alcance para o atingir o indicador é de pelo menos 90% das análises sendo concluídas.

6 Conclusão

Este trabalho relatou a importância de uma gestão eficiente da manutenção no contexto industrial, especialmente em empresas de grande porte como a estudada, que se dedica à produção de painéis de madeira e soluções sustentáveis.

Durante a pesquisa, ficou claro que, apesar de a manutenção ser um pilar essencial para garantir o bom funcionamento dos equipamentos e sistemas, a ausência de controles bem estruturados impedia que os processos atingissem seu máximo potencial.

A adoção de indicadores de desempenho, como apresentado neste estudo, se mostrou uma ferramenta crucial para ajudar a identificar falhas e melhorar a eficiência operacional.

Foi possível verificar que os indicadores forneceram uma visão tanto quantitativa do desempenho dos ativos, permitindo uma análise mais qualitativa detalhada dos pontos críticos e facilitando a implementação de melhorias contínuas.

Com a maior visualização dos indicadores o cumprimento dos planos de manutenção começou a ser monitorado, pois anteriormente se houvessem planos que não haviam sido executados não era de conhecimento de todos.

Com o monitoramento dos indicadores, foi relatado ganhos com os planejamentos, execuções de atividades preventivas, controle de como está a ação para conter e controlar a causa raiz do problema.

O estudo permitiu alcançar a gestão da manutenção, e que novos estudos sejam desenvolvidos e com isso outros indicadores já vêm sendo monitorados para a implementação e controle de possíveis lacunas que ainda devem ser preenchidas, monitorando a manutenção diretamente relacionada aos custos dos serviços, eficiência dos planos de manutenção e reprogramação de ordens.

Referências

AGUINIS, Herman. Performance management. 3. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2009.

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. Maintenance Management: Best Practices, Tools and Techniques. Springer, 2008.

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. Total productive maintenance: literature review and directions. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 25, n. 7, p. 623-645, 2008.

ALEM, Ricardo et al. *Gestão da manutenção: conceitos e práticas*. São Paulo: Editora Blucher, 2016.

BARROS, L. A.; ALMEIDA, C. R. *Gestão da Manutenção e Eficiência Operacional*. Rio de Janeiro: Atlas, 2016.

BENEDATTI, Maria et al. *Indicadores de desempenho na gestão de manutenção industrial*. São Paulo: Editora Atlas, 2017.

BAINES, T. S.; WILKINSON, M. E.; RUSSELL, D. *Maintenance and Reliability Best Practices*. Industrial Press, 2005.

BLANCHARD, B. S. *Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management*. Pearson Prentice Hall, 2004.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R. *Operations Management: For Competitive Advantage*. McGraw-Hill, 2007.

GARVIN, D. A. *Competing on the eight dimensions of quality*. Harvard Business Review, 1987.

GITMAN, Lawrence J.; MCDANIEL, Carl; SHAH, Amit. *Introduction to Business*. 1. ed. [S.l.]: South-Western College Pub, 2016.

GULATI, R. *Operations Management: Managing Global Supply Chains*. Pearson, 2011.

JARDINE, A. K. S.; KENNEDY, W. R.; SIRMAN, M. P. *Maintenance, Reliability, and Risk: Principles and Practice*. CRC Press, 2006.

JURAN, J. M. *Juran's Quality Handbook*. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1992.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. *The balanced scorecard: translating strategy into action*. Boston: Harvard Business Press, 1992.

KANJI, G. K. *Measurement of business excellence*. London: Routledge, 2002.

KOULOVARIS, N.; CHATZIS, C.; MITROPOULOS, I. *Cost optimization in maintenance management*. European Journal of Operational Research, 201(2), 297-305, 2010.

LINO, André da Silva Lino. *Gestão da Manutenção: estudo da implantação estratégica do gerenciamento de manutenção dentro das indústrias*. 2019. 00 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Anhanguera, São Paulo, 2019.

LIU, M.; LI, W.; WANG, D. *Optimization of Maintenance Strategy Using MTBF and MTTR Data*. International Journal of Production Economics, 148, 104-110, 2014.

- MOBLEY, R. K. An Introduction to Predictive Maintenance. Elsevier, 2002.
- MONTGOMERY, D. C. Design and analysis of experiments. 5. ed. New York: Wiley, 2001.
- MONTGOMERY, D. C. Introduction to statistical quality control. 6. ed. Hoboken: Wiley, 2009.
- MOUBRAY, J. Reliability-centered Maintenance. Industrial Press, 2001.
- NAKAJIMA, S. Introduction to Total Productive Maintenance. Productivity Press, 1988.
- NEELY, A.; ADAMS, C.; KENNERLEY, M. The performance prism: the scorecard for measuring and managing business success. Financial Times Prentice Hall, 1995.
- NEELY, A. Business performance measurement: unifying theories and integrating practice. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- PARMENTER, David. Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2015.
- PEREIRA, C. R.; ALMEIDA, C. Indicadores de manutenção na indústria de processo. São Paulo: Atlas, 2011.
- POWELL, S. G. The role of quality in the performance of firms. *Journal of Operations Management*, v. 13, n. 2, p. 197-211, 1995.
- REEVES, C. A.; BEDNAR, D. A. Defining quality: alternatives and implications. *Academy of Management Review*, v. 19, n. 3, p. 419-445, 1994.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Operations management. 8. ed. London: Pearson Education, 2013.
- SMITH, M.; WATSON, G. Total Maintenance Management: A Practical Approach. McGraw-Hill, 2005.
- STEWART, L.; SMITH, J.; GREER, T. Cost of Maintenance: Metrics and Measures. *International Journal of Production Economics*, 103(1), 215-224, 2006.