

***BENCHMARKING* APLICADO À MANUTENÇÃO  
INDUSTRIAL: AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE  
DESEMPENHO EM MANUTENÇÃO DE ATIVOS POR  
MEIO DA COMPARAÇÃO COM AS MELHORES  
PRÁTICAS DE MERCADO**

**Aluna: Sandra Carina da Silva**

**R.A. 1760692423022**

**Orientador: Prof. Dr. Gustavo**

**Coser Monteiro Dias**

***BENCHMARKING* APLICADO À MANUTENÇÃO  
INDUSTRIAL: AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE  
DESEMPENHO EM MANUTENÇÃO DE ATIVOS POR  
MEIO DA COMPARAÇÃO COM AS MELHORES  
PRÁTICAS DE MERCADO**

Relatório Técnico-Científico  
apresentado à Faculdade  
de Tecnologia de  
Sertãozinho Deputado  
Waldyr Alceu Trigo como  
requisito parcial à obtenção  
do título de tecnólogo em  
Manutenção Industrial.

Aluna: Sandra Carina da Silva

Orientador: Prof. Dr.  
Gustavo Coser Monteiro  
Dias

**SERTÃOZINHO**

**2025**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome:

Sandra Carina da Silva

Título:

**BENCHMARKING APLICADO À MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO EM MANUTENÇÃO DE ATIVOS POR MEIO DA COMPARAÇÃO COM AS MELHORES PRÁTICAS DE MERCADO**

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Sertãozinho Deputado Waldyr Alceu Trigo como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial

Nota ( )

Data da aprovação \_\_/\_\_/\_\_

Banca Examinadora

---

Nome

---

Instituição

---

Assinatura

---

Nome

---

Instituição

---

Assinatura

## **DEDICATÓRIA**

**Dedico este trabalho à minha filha,  
fonte inesgotável de amor, força e  
inspiração. Que cada conquista aqui  
registrada seja um lembrete de que o  
conhecimento é a chave que abre  
caminhos e realiza sonhos.  
Que esta trajetória desperte em você,  
minha filha, a mesma sede por  
aprender que me guiou até aqui.**

## **AGRADECIMENTOS**

**A Deus, pela força, sabedoria e por iluminar todos os meus passos ao longo desta jornada.**

**Ao orientador, professor Gustavo, pela orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.**

**Ao Corpo Docente do curso, em especial à coordenadora Marina, pela compreensão diante das minhas dificuldades e por não permitir que eu desistisse desta conquista.**

**Aos meus familiares, pelo apoio constante e incentivo incondicional.**

**À minha equipe de trabalho, em especial ao Wellington, que me apresentou a oportunidade de recomeçar ao entregar o panfleto do vestibular Fatec, dando início a esta importante etapa da minha vida acadêmica.**

# EPÍGRAFE

Benchmarking é o processo de aprender com os melhores,  
para se tornar ainda melhor (Camp, 1989).

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a aplicação do *benchmarking* na gestão da manutenção industrial, com foco na comparação dos indicadores de desempenho de uma empresa do setor metalúrgico com as melhores práticas de mercado. O estudo de caso foi desenvolvido na Fundação Moreno Ltda., localizada em Sertãozinho/SP, utilizando como base os indicadores disponibilizados pela Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN, 2022). Foram avaliados os indicadores: Tempo Médio entre Falhas (MTBF), Tempo Médio para Reparo (MTTR), disponibilidade, custo de manutenção sobre receita, atividades preditivas e manutenção corretiva não planejada. Os resultados apontaram que a empresa apresenta bom desempenho em confiabilidade e práticas preditivas, mas necessita aprimorar aspectos relacionados à manutenibilidade, disponibilidade operacional e controle de custos. A análise comparativa evidenciou *gaps* em relação aos *benchmarks* setoriais, que foram tratados por meio da elaboração de um plano de ação, com foco na redução de falhas, otimização de recursos e aumento da eficiência dos processos de manutenção. Conclui-se que o *benchmarking* constitui uma ferramenta estratégica para o aprimoramento da gestão de ativos, possibilitando a identificação de oportunidades de melhoria, a adoção de boas práticas e o fortalecimento da competitividade no setor metalúrgico.

**Palavras-chave:** *Benchmarking*; Manutenção Industrial; Indicadores de Desempenho; Confiabilidade; Fundação Moreno.

## **ABSTRACT**

*This study aims to analyze the application of benchmarking in industrial maintenance management, focusing on the comparison of performance indicators of a metallurgical company with the best market practices. The case study was conducted at Fundação Moreno Ltda., located in Sertãozinho/SP, based on indicators provided by the Brazilian Association of Maintenance and Asset Management (ABRAMAN, 2022). The evaluated indicators were Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), availability, maintenance cost over revenue, predictive activities, and unplanned corrective maintenance. The results showed good performance in reliability and predictive practices, but highlighted the need for improvements in maintainability, operational availability, and cost control. The comparative analysis identified gaps in relation to sectoral benchmarks, which were addressed through an action plan focused on failure reduction, resource optimization, and increased maintenance efficiency. It is concluded that benchmarking is a strategic tool for improving asset management, enabling the identification of improvement opportunities, the adoption of best practices, and the strengthening of competitiveness in the metallurgical sector.*

**Keywords:** *Benchmarking; Industrial Maintenance; Performance Indicators; Reliability; Fundação Moreno.*

## SUMÁRIO

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO .....               | 11 |
| 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....  | 13 |
| 2 MATERIAIS E MÉTODOS .....    | 26 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... | 30 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS.....      | 35 |
| REFERÊNCIAS .....              | 36 |
| GLOSSÁRIO .....                | 38 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Representação ilustrativa de atividade de manutenção industrial ..... | 14 |
| Figura 2 – Vista aérea da empresa objeto do estudo de caso .....                 | 26 |
| Figura 3 – Representação ilustrativa de coleta de dados .....                    | 28 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 – Indicadores de desempenho da empresa Fundação Moreno .....                              | 29 |
| Quadro 2 – Indicadores de <i>Benchmark</i> Setorial disponibilizados pela ABRAMAN .....            | 29 |
| Quadro 3 – Indicadores comparativos entre a Fundação Moreno e o <i>benchmark</i><br>setorial ..... | 31 |
| Quadro 4 – Plano de Ação para a Melhoria dos Indicadores de Desempenho em<br>Manutenção .....      | 33 |

# INTRODUÇÃO

A competitividade crescente dos ambientes industriais contemporâneos impõe às organizações o desafio de gerir seus ativos produtivos de maneira cada vez mais eficiente e estratégica. Nesse cenário, a manutenção industrial deixa de ser apenas uma função de correção e passa a assumir um papel central na garantia da disponibilidade, confiabilidade e desempenho dos equipamentos, impactando diretamente na produtividade, nos custos operacionais e na sustentabilidade do negócio. A busca por excelência operacional demanda, portanto, ferramentas, que auxiliem na identificação de *gaps* de desempenho e na adoção de práticas mais eficazes de manutenção.

Uma das metodologias que se destaca nesse contexto é o *benchmarking*, entendido como o processo sistemático de comparação das práticas e indicadores de desempenho de uma organização com aquelas consideradas referências no mercado. Essa prática permite não apenas mapear o posicionamento da empresa frente a seus pares, mas também identificar oportunidades de melhoria, promover a melhoria contínua dos processos, otimizar a alocação de recursos e fortalecer a base para decisões estratégicas. Aplicado ao contexto da manutenção industrial, o *benchmarking* oferece à organização subsídios para elevar a confiabilidade dos equipamentos, prolongar a vida útil e aprimorar os resultados operacionais e financeiros.

## OBJETIVO GERAL

Considerando que a manutenção industrial exerce papel estratégico no desempenho das empresas, em especial as do setor metalúrgico, ela impacta diretamente nos custos, produtividade e confiabilidade dos equipamentos. No entanto, muitas organizações apresentam dificuldades em adotar práticas alinhadas às melhores referências de mercado. Diante desse cenário, este trabalho propõe analisar a aplicação do *benchmarking* no âmbito da manutenção industrial, foco importante para empresas, que buscam excelência na operação. Especificamente, busca-se avaliar indicadores-chave de desempenho – tais como Tempo Médio entre Falhas, do inglês *Mean Time Between Failures* (MTBF), Tempo Médio para Reparo, do inglês *Mean Time To Repair* (MTTR), disponibilidade e custo de manutenção – por meio da comparação com práticas de referência do setor, com o intuito de compreender como tais práticas influenciam os resultados e apontar caminhos para o aprimoramento da gestão de manutenção.

Sabe-se que o setor metalúrgico é intensivo em máquinas e equipamentos, o que torna a manutenção um fator estratégico para a competitividade. A aplicação dessa

## INTRODUÇÃO

metodologia permite identificar boas práticas do mercado, estabelecer padrões de desempenho e orientar decisões de melhoria. O estudo contribuirá para aproximar teoria e prática, oferecendo à empresa analisada propostas de aperfeiçoamento em sua gestão de manutenção.

### OBJETIVO ESPECÍFICO

O presente trabalho dedica-se à análise comparativa das práticas de manutenção industrial em uma empresa localizada no município de Sertãozinho, interior do estado de São Paulo, tendo a Fundação Moreno Ltda. como unidade de estudo. Para a condução da análise, adotaram-se indicadores setoriais disponibilizados pela Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN, 2022).

O estudo tem como propósito avaliar o desempenho dos indicadores de manutenção da organização e, mediante a aplicação da metodologia de *benchmarking*, realizar comparações e propor melhorias fundamentadas nas melhores práticas do setor.

Dessa forma, o objetivo específico deste estudo é investigar como o *benchmarking*, quando aplicado à manutenção industrial, contribui para a avaliação e o aprimoramento dos indicadores de desempenho dos ativos. Espera-se que os resultados obtidos favoreçam o avanço da gestão de manutenção da empresa, reforçando seu papel estratégico na competitividade organizacional e oferecendo recomendações para a otimização dos processos de manutenção e para sua sustentabilidade operacional.

# **CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA**

## **1 Importância da manutenção no setor metalúrgico**

A manutenção industrial constitui um dos pilares essenciais para a eficiência produtiva no setor metalúrgico, pois assegura o funcionamento contínuo e confiável dos equipamentos utilizados nos processos de fabricação. Segundo Kardec e Nascif (2001), a manutenção deve ser compreendida como uma função estratégica nas organizações, contribuindo diretamente para a redução de falhas e interrupções, bem como para o aumento da produtividade e da confiabilidade operacional.

As máquinas e equipamentos empregados na indústria metalúrgica operam frequentemente sob condições severas – como altas temperaturas, vibrações e esforços mecânicos elevados –, o que demanda práticas contínuas de monitoramento e intervenção. Nesse contexto, a aplicação de técnicas preventivas e preditivas se torna indispensável para evitar paradas não programadas e reduzir a ocorrência de reparos corretivos (Viana, 2002).

Além disso, a gestão eficiente da manutenção envolve o acompanhamento sistemático de indicadores de desempenho, tais como MTBF, MTTR e o índice de disponibilidade. De acordo com a ABRAMAN (2022), esses indicadores constituem ferramentas fundamentais para avaliar o comportamento dos ativos e apoiar o planejamento estratégico da manutenção, contribuindo diretamente para a competitividade e a sustentabilidade operacional das empresas.

Dessa forma, a manutenção deve ser reconhecida não apenas como uma atividade de suporte, mas como um fator determinante para o desempenho e o sucesso industrial. Investir em gestão da manutenção significa investir em confiabilidade, produtividade e segurança – elementos indispensáveis para o fortalecimento das empresas do setor metalúrgico.

# CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA

## 1.1 Manutenção Industrial

Figura 1 – Representação ilustrativa de atividade de manutenção industrial



Fonte: <https://www.ferusi.com.br/blog/doutor/uploads/0/blog/2024/08/blog-caldeiraria-de-manutencao-industrial-guia-completo-45ae92249b.png>

A manutenção industrial é um conjunto estruturado de atividades técnicas e gerenciais voltadas para garantir que máquinas, equipamentos e instalações operem de forma segura, eficiente e confiável ao longo de sua vida útil. Segundo Kardec e Nascif (2001), a manutenção deve ser compreendida como uma função estratégica, pois está diretamente relacionada à continuidade dos processos produtivos, à redução de falhas e ao aumento da produtividade.

Os ativos industriais frequentemente operam sob condições severas, como altas temperaturas, vibrações, desgaste acelerado e esforços mecânicos intensos, o que torna essencial a aplicação de práticas sistemáticas de monitoramento, inspeção e intervenção. Nesse contexto, a adoção de técnicas preventivas e preditivas é fundamental para reduzir a ocorrência de falhas inesperadas e prolongar a vida útil dos equipamentos (Viana, 2002).

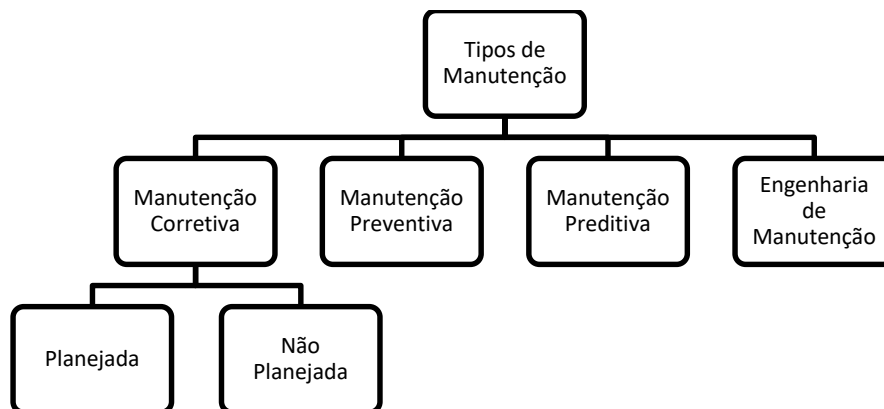
Além disso, a manutenção industrial engloba diferentes formas de intervenção, que variam de acordo com o objetivo, o momento da atuação e o nível de planejamento. Conforme Xenos (1998), a manutenção corretiva é realizada após a ocorrência da falha, podendo ser não planejada, quando o equipamento para inesperadamente, ou planejada, quando o reparo é agendado previamente. A manutenção preventiva, por sua vez, é executada em intervalos definidos, com base em tempo, ciclos de uso ou recomendações do fabricante, buscando evitar que a falha ocorra.

A manutenção preditiva utiliza técnicas de acompanhamento da condição

# CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA

operacional dos ativos, por meio de medições e análises, permitindo prever a necessidade de intervenção antes que a falha se manifeste. Já a engenharia da manutenção, segundo Jardine e Tsang (2013), envolve atividades avançadas de análise de falhas, confiabilidade, planejamento estratégico e otimização dos sistemas produtivos, constituindo um processo contínuo de melhoria e aperfeiçoamento dos ativos industriais.

## Organograma – Classificação dos Tipos de Manutenção Industrial



Assim, a manutenção industrial não se limita à correção de falhas, mas abrange um conjunto integrado de ações corretivas, preventivas, preditivas e analíticas, que contribuem decisivamente para o desempenho global das organizações industriais.

### 1.2 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é definida como a intervenção realizada após a ocorrência de uma falha, com o objetivo de restaurar o funcionamento do equipamento e lhe devolver a capacidade de desempenhar sua função original. Segundo Kardec e Nascif (2001), trata-se de uma abordagem reativa, aplicada quando o ativo já apresentou perda total ou parcial de desempenho, impossibilitando a continuidade do processo produtivo. Embora associada a interrupções e custos elevados, essa modalidade permanece necessária em diversos contextos industriais, especialmente quando a falha não compromete a segurança nem gera impactos econômicos significativos.

De acordo com a ABNT NBR 5462 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1994), a manutenção corretiva pode ser classificada em não planejada e planejada, distinção fundamental para a adequada gestão dos ativos. A correta identificação dessas categorias permite maior controle das intervenções e melhor alinhamento entre estratégia de manutenção, confiabilidade e disponibilidade operacional.

# **CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA**

A manutenção corretiva não planejada ocorre quando a intervenção é realizada imediatamente após uma falha inesperada. Caracteriza-se por sua natureza emergencial, uma vez que a falha ocorre sem aviso prévio, impossibilitando a preparação de materiais, recursos ou equipe técnica. Segundo Xenos (1998), esse tipo de manutenção costuma gerar maiores tempos de indisponibilidade, custos elevados e maior probabilidade de danos secundários, além de comprometer a segurança e a estabilidade do processo produtivo.

Em contraste, a manutenção corretiva planejada é executada quando a organização programa previamente a intervenção, mesmo que esta tenha natureza corretiva. Kardec e Nascif (2001) destacam que essa modalidade é adotada quando uma condição de falha iminente é identificada durante inspeções, análises de desempenho ou monitoramentos operacionais, permitindo que o reparo seja agendado de forma controlada. Dessa forma, é possível organizar paradas programadas, reservar materiais e otimizar mão de obra, reduzindo impactos negativos sobre a produção.

A compreensão das diferenças entre corretivas planejadas e não planejadas é essencial para o desenvolvimento de estratégias robustas de manutenção. Conforme enfatiza Wireman (2004), a análise do histórico de falhas e a correta classificação das intervenções são imprescindíveis para a melhoria contínua dos sistemas produtivos, auxiliando na transição gradual para práticas mais preventivas e preditivas.

Nesse sentido, a manutenção corretiva, quando adequadamente estruturada, pode desempenhar papel estratégico em um sistema integrado de gestão de ativos. A combinação de intervenções corretivas planejadas com ações preventivas e análises de confiabilidade, como proposto por Jardine e Tsang (2013), contribui para maior estabilidade operacional, melhor controle de custos e aumento da vida útil dos equipamentos.

Assim, a manutenção corretiva, quando bem estruturada, pode desempenhar papel estratégico em um sistema integrado de gestão da manutenção. Sua aplicação adequada, aliada ao monitoramento de indicadores, como MTTR, taxa de falhas e custo corretivo, permite intervenções mais eficientes, maior controle sobre paradas e avanços significativos na estabilidade operacional das organizações industriais.

## **1.3 Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva é uma estratégia planejada e sistemática, que tem como finalidade evitar falhas e prolongar a vida útil dos ativos industriais, sendo executada em intervalos regulares de tempo ou conforme critérios técnicos previamente estabelecidos. Segundo Viana (2002), essa modalidade busca manter os equipamentos em condições

## **CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA**

adequadas de operação por meio de intervenções programadas, garantindo maior confiabilidade e reduzindo a probabilidade de paradas inesperadas, que comprometam a produtividade e a segurança do processo.

Para Xenos (1998), a manutenção preventiva consiste em um conjunto de ações, que inclui inspeções periódicas, substituições programadas de componentes, lubrificação, calibração e ajustes operacionais. Essas práticas são definidas com base no histórico de operação dos equipamentos, na criticidade dos ativos e nas recomendações dos fabricantes, de modo a prevenir a ocorrência de falhas ou degradações de desempenho.

Kardec e Nascif (2001) ressaltam que a manutenção preventiva deve ser integrada ao planejamento estratégico de manutenção da organização, sendo estruturada a partir de análises de confiabilidade e de critérios de priorização. A elaboração de cronogramas técnicos permite organizar recursos, otimizar tempo de máquina parada e reduzir custos associados às intervenções corretivas.

A eficácia da manutenção preventiva, conforme destacado por Jardine e Tsang (2013), depende da padronização dos procedimentos, da capacitação da equipe responsável e do uso de sistemas informatizados de gestão da manutenção. Esses sistemas permitem registrar intervenções, monitorar o comportamento dos ativos e identificar oportunidades de melhoria contínua, contribuindo para o aumento da segurança e da disponibilidade operacional.

Assim, compreende-se que a manutenção preventiva não se limita a ações programadas de substituição de peças, mas representa uma filosofia de gestão orientada à confiabilidade, ao controle de riscos e à otimização do ciclo de vida dos equipamentos. Dessa forma, sua aplicação adequada é primordial para organizações, que buscam maior competitividade, eficiência e excelência operacional.

### **1.4 Manutenção Preditiva**

A manutenção preditiva consiste em uma estratégia avançada de gestão da manutenção, baseada no monitoramento contínuo das condições operacionais dos equipamentos, com o objetivo de identificar indícios de desgaste e prever falhas antes que elas se manifestem. Segundo Mobley (2002), essa modalidade de manutenção utiliza técnicas de diagnóstico e monitoramento da integridade dos ativos, permitindo detectar mudanças sutis no comportamento das máquinas e antecipar intervenções de forma precisa.

De acordo com Jardine, Lin e Banjevic (2006), a característica central da manutenção preditiva é o uso sistemático de parâmetros, que refletem a condição real

## **CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA**

de funcionamento dos equipamentos. Esses parâmetros incluem vibração, temperatura, ruído, corrente elétrica, qualidade do lubrificante e emissões acústicas. A coleta e a interpretação desses dados, combinadas com modelos de prognóstico, possibilitam estimar a evolução do desgaste e prever o momento mais apropriado para intervenção.

Xenos (1998) destaca que a manutenção preditiva reduz significativamente a ocorrência de falhas inesperadas, otimiza a disponibilidade dos equipamentos e contribui para o aumento da confiabilidade dos sistemas produtivos. Isso é possível porque as decisões de intervenção são baseadas no comportamento real do ativo, evitando tanto reparos desnecessários quanto paradas não planejadas.

Além disso, conforme apontam Jardine e Tsang (2013), a manutenção preditiva integra engenharia diagnóstica, análise de dados e tecnologias de monitoramento, configurando-se como uma ferramenta essencial para organizações, que buscam excelência operacional e sustentabilidade. A adoção dessa estratégia permite aprimorar o planejamento, reduzir custos operacionais, ampliar a vida útil dos ativos e elevar o nível de segurança industrial.

Em síntese, a manutenção preditiva representa um avanço significativo em relação aos métodos tradicionais de manutenção. Ao utilizar informações reais provenientes do comportamento dos equipamentos, essa abordagem promove intervenções mais eficientes, melhora o desempenho produtivo e fortalece a gestão baseada em confiabilidade.

### **1.5 Engenharia de Manutenção**

A engenharia de manutenção, também denominada manutenção melhorativa, constitui um dos pilares fundamentais da gestão moderna de ativos, pois seu foco central é a eliminação das causas básicas das falhas, e não apenas a correção de seus efeitos imediatos. Segundo Kardec e Nascif (2001), essa abordagem busca compreender profundamente os mecanismos de falha, por meio da análise do projeto dos equipamentos, da investigação de anomalias recorrentes e da implementação de melhorias estruturais ou funcionais, que assegurem maior confiabilidade ao sistema produtivo. Dessa forma, representa uma evolução das práticas corretivas e preventivas, ao atuar diretamente sobre os fatores que geram indisponibilidade, prolongando a vida útil dos ativos e reduzindo a probabilidade de interrupções não planejadas.

Conforme Xenos (1998), a engenharia de manutenção também se destaca por apoiar a melhoria contínua dos sistemas produtivos, promovendo a eliminação de causas recorrentes de falhas e contribuindo para uma operação mais estável e segura. Para o autor, a atuação melhorativa é crucial para sustentar a confiabilidade global dos

# CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA

equipamentos e aumentar o desempenho operacional.

Além disso, a engenharia de manutenção desempenha papel essencial no alinhamento entre tecnologia, processos e objetivos estratégicos organizacionais. De acordo com Jardine e Tsang (2013), essa área integra o planejamento, o estudo e o aperfeiçoamento contínuo das práticas de manutenção por meio de ferramentas avançadas de análise de confiabilidade, como FMEA, RCA, RCM e análise Weibull, além do monitoramento de indicadores, como MTBF, MTTR, disponibilidade e custos de manutenção. Tais instrumentos possibilitam decisões estruturadas e fundamentadas em dados reais, favorecendo o aumento do desempenho operacional.

Mobley (2004) destaca que a engenharia de manutenção incorpora métodos modernos de gestão da confiabilidade, integrando práticas, que visam reduzir custos operacionais, otimizar recursos e aumentar a disponibilidade dos ativos. A adoção dessas metodologias fortalece a maturidade dos processos de manutenção e contribui para estratégias orientadas ao ciclo de vida dos ativos.

A engenharia de manutenção também exerce influência direta na gestão do ciclo de vida dos equipamentos, proporcionando maior assertividade nas etapas de aquisição, instalação, operação e substituição de máquinas e componentes. Conforme Branco Filho (2008), essa atuação integrada garante que o desempenho dos ativos seja otimizado desde sua concepção, promovendo maior segurança operacional, redução de desperdícios e melhoria contínua dos processos industriais.

Assim, a engenharia de manutenção se configura como uma área multidisciplinar, que integra engenharia, gestão, tecnologia e análise de dados, sendo indispensável para organizações, que buscam maior confiabilidade, eficiência produtiva e sustentabilidade ao longo do ciclo de vida dos ativos. Seu papel vai além da simples execução de intervenções técnicas, contribuindo diretamente para a competitividade industrial e para a maturidade da gestão de ativos.

De maneira geral, compreender as diferenças, vantagens e limitações de cada tipo de manutenção é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes e alinhadas às necessidades produtivas das organizações.

## 1.6 Conceito e aplicação do *benchmarking*

O *benchmarking* é um processo sistemático e contínuo de comparação das práticas, processos e resultados organizacionais com os de outras instituições reconhecidas como referência em desempenho. Segundo Camp (1989), precursor do conceito moderno, o objetivo principal consiste em identificar as melhores práticas e adaptá-las ao contexto interno, promovendo melhorias contínuas e fortalecendo a

## **CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA**

inovação. Assim, o *benchmarking* não se resume à simples cópia, mas envolve aprendizagem estruturada com base em organizações de excelência.

Para Spendolini (1992), o *benchmarking* funciona como uma ferramenta gerencial, que apoia a identificação de lacunas de desempenho, permitindo o estabelecimento de metas realistas e estratégias de aprimoramento. O autor enfatiza que a análise deve abordar não apenas os resultados obtidos, mas principalmente os processos que os geram, garantindo uma compreensão aprofundada das práticas bem-sucedidas.

Watson (1993), considerado um dos autores clássicos na área, destaca o *benchmarking* como um processo estratégico voltado à identificação de organizações de alto desempenho, à compreensão dos fatores que sustentam sua excelência e à adaptação dessas práticas ao ambiente interno da organização. Segundo o autor, essa metodologia fomenta a inovação, a aprendizagem contínua e a vantagem competitiva sustentável.

No campo da gestão da qualidade e da excelência operacional, Zairi (1994) ressalta que o *benchmarking* deve ser entendido como um ciclo contínuo de aprendizado, exigindo planejamento adequado, coleta confiável de dados, análise crítica e implementação estruturada das melhorias identificadas. Para o autor, a busca por melhores práticas deve ser constante, uma vez que o ambiente competitivo está em permanente transformação.

No contexto brasileiro, autores como Andersen (1999) reforçam que o *benchmarking* ampliou sua aplicação para além da análise de práticas gerenciais, passando a integrar programas de qualidade, produtividade e gestão de ativos. Essa evolução decorre do uso mais intensivo de dados e indicadores de desempenho, favorecendo análises comparativas robustas e orientadas à tomada de decisão estratégica.

Em síntese, o *benchmarking* pode ser compreendido como o ato de aprender com os melhores. Sua essência reside na observação, análise e adaptação inteligente de práticas de excelência, contribuindo para o aumento da eficiência, para o estímulo à inovação e para a consolidação de uma cultura organizacional voltada ao aprendizado contínuo.

### **1.6.1 Tipos de *benchmarking* aplicados à manutenção industrial**

A aplicação do *benchmarking* na manutenção industrial pode assumir diferentes abordagens, cada uma alinhada aos objetivos estratégicos da organização e orientada para a busca de melhores práticas. Segundo Camp (1989), o *benchmarking* é um processo estruturado e contínuo de busca pelas melhores práticas de mercado, por meio

## CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA

da comparação sistemática com organizações líderes. De acordo com o autor, *benchmarking* não significa copiar, mas aprender, adaptar e implementar práticas superiores de maneira planejada.

Na perspectiva de Spendolini (1992), o *benchmarking* é uma ferramenta gerencial destinada a apoiar a identificação de lacunas de desempenho, permitindo compreender onde a organização se encontra e quais práticas podem ser adotadas para elevar sua maturidade operacional. O autor enfatiza que o foco deve estar tanto nos resultados quanto nos processos que os geram, reforçando sua importância para a melhoria contínua.

Watson (1993) complementa, destacando que o *benchmarking* é um processo estratégico, que envolve identificar empresas de alto desempenho, analisar os fatores que sustentam sua excelência e adaptar práticas bem-sucedidas ao contexto interno. Para o autor, a essência do *benchmarking* está na aprendizagem e na capacidade de transformar conhecimento externo em vantagem competitiva.

Com base nesses fundamentos, os principais tipos de *benchmarking* aplicados à manutenção industrial são:

- *Benchmarking* interno: consiste na comparação entre setores, unidades, linhas de produção ou plantas pertencentes à mesma empresa. Este tipo de *benchmarking* permite identificar boas práticas internas, reduzir variações entre processos semelhantes e promover a padronização operacional. Segundo Spendolini (1992), essa abordagem fortalece o aprendizado interno e melhora a gestão de manutenção ao disseminar práticas eficazes já existentes na própria organização.

- *Benchmarking* externo (ou genérico): refere-se à comparação com organizações externas, que não necessariamente pertencem ao mesmo setor, mas que são reconhecidas pela excelência em determinados processos. De acordo com Camp (1989), este tipo amplia a visão da empresa sobre diferentes práticas de mercado, permitindo identificar métodos inovadores, tendências e oportunidades de melhoria, que não seriam percebidas internamente.

- *Benchmarking* funcional (ou setorial): este tipo analisa funções específicas – como planejamento da manutenção, gestão de sobressalentes, confiabilidade, manutenção preditiva ou análise de falhas – em comparação com empresas, que se destacam nessas áreas, mesmo fora do setor industrial da organização. Para Andersen (1999), o *benchmarking* funcional é eficaz para incorporar técnicas e métodos de excelência, aprimorando capacidades técnicas e ampliando o conhecimento sobre práticas de alto desempenho.

- *Benchmarking* competitivo: envolve a comparação direta com concorrentes, que atuam no mesmo mercado. Conforme Zairi (1994), seu objetivo é identificar diferenças

## **CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA**

críticas relacionadas à eficiência operacional, custos, produtividade e disponibilidade dos ativos. Por lidar com informações sensíveis, exige rigor ético, confiabilidade das fontes e atenção à confidencialidade.

Em síntese, o *benchmarking* constitui uma ferramenta estratégica, que permite aprender com os melhores, analisar práticas superiores e adaptá-las de forma inteligente aos processos internos. Sua aplicação na manutenção industrial contribui para aumentar a eficiência, promover inovação e consolidar uma cultura de melhoria contínua.

### **1.7 Indicadores de desempenho em manutenção (MTBF, MTTR, Disponibilidade Operacional e Custo de Manutenção sobre Receita)**

Os indicadores de desempenho em manutenção desempenham papel central na avaliação da eficiência, eficácia e economicidade das ações aplicadas aos ativos industriais. Segundo Moubray (1997), a mensuração sistemática do desempenho é fundamental para que a manutenção contribua de forma estratégica para a confiabilidade e disponibilidade dos sistemas, permitindo decisões baseadas em dados e sustentadas pelos princípios da engenharia de confiabilidade.

Entre os principais indicadores utilizados na gestão da manutenção, destacam-se o MTBF, o MTTR, a disponibilidade operacional e o custo de manutenção em relação à receita. De acordo com Ebeling (1997), o MTBF representa a confiabilidade do ativo, porque expressa o intervalo médio entre falhas sucessivas durante o período de operação. Já o MTTR indica a manutenibilidade, mensurando o tempo médio necessário para restaurar um equipamento ao estado de funcionamento após uma falha. Esses dois indicadores, quando analisados conjuntamente, permitem avaliar o comportamento operacional dos ativos de forma ampla.

A disponibilidade operacional, conforme explicam O'Connor e Kleyner (2012), resulta da interação direta entre confiabilidade e manutenibilidade, expressando o percentual do tempo total em que o equipamento permanece apto a desempenhar sua função. Trata-se de um dos indicadores mais empregados na engenharia de confiabilidade, pois sintetiza o impacto das falhas e dos reparos sobre o desempenho global do sistema produtivo.

Além dos indicadores técnicos, o custo de manutenção sobre receita é uma métrica essencial para avaliação da efetividade econômica das ações de manutenção. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2013), esse indicador permite compreender o impacto financeiro das atividades de manutenção sobre o resultado operacional da empresa, auxiliando no planejamento estratégico dos recursos e na definição de políticas mais eficientes de intervenção. Para Mobley (2004), a análise econômica integrada aos

## CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA

indicadores técnicos é indispensável para garantir que a manutenção contribua para a competitividade e a sustentabilidade da organização.

Assim, a utilização combinada dos indicadores MTBF, MTTR, disponibilidade operacional e custo de manutenção oferece uma visão abrangente do desempenho dos ativos, permitindo identificar gargalos, priorizar intervenções, otimizar recursos e promover a melhoria contínua. Como afirma Dhillon (1999), apenas por meio de indicadores consistentes e sistematicamente aplicados é possível desenvolver uma gestão de manutenção orientada por confiabilidade e fundamentada em critérios técnicos e econômicos.

### 1.7.1 MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio entre Falhas)

O MTBF é um indicador de confiabilidade, que expressa o tempo médio de operação de um equipamento entre uma falha e outra. Ele mede o intervalo de tempo em que o ativo permanece funcionando corretamente antes de apresentar uma falha. De acordo com Ebeling (1997), quanto maior o MTBF, maior a confiabilidade operacional, indicando menor frequência de eventos de falha e maior estabilidade produtiva.

Fórmula do MTBF:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de operacao}}{\text{Numero de falhas}}$$

### 1.7.2 MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo Médio para Reparo)

O MTTR representa o tempo médio necessário para restaurar um equipamento após a ocorrência de uma falha. Esse indicador está diretamente associado à manutenibilidade, entendida como a capacidade de um sistema ser reparado de forma rápida, eficiente e com o mínimo de recursos possíveis.

Como afirmam Smith e Hinchcliffe (2004), o MTTR é um indicador de manutenibilidade e engloba todas as etapas do processo de reparo: diagnóstico, substituição de componentes, testes e retorno à operação. A redução do MTTR contribui diretamente para o aumento da disponibilidade e para a eficiência das equipes de manutenção.

Fórmula do MTTR:

$$MTTR = \frac{\text{Soma dos tempos de reparo}}{\text{Numero de falhas}}$$

# CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA

## 1.7.3 Disponibilidade Operacional

A disponibilidade operacional é um indicador que expressa o percentual de tempo em que um ativo permanece apto para desempenhar sua função em um período planejado. O'Connor e Kleyner (2012) destacam que a disponibilidade depende diretamente da confiabilidade (MTBF) e da manutenibilidade (MTTR), podendo ser calculada pela seguinte fórmula:

Fórmula do Disponibilidade Operacional (A):

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Segundo Dhillon (2006), esse indicador é um dos parâmetros mais importantes da gestão da manutenção, pois reflete a capacidade real do sistema de fornecer o desempenho esperado, considerando falhas e reparos.

Portanto, a análise da disponibilidade operacional proporciona uma visão abrangente do desempenho dos ativos, contribuindo para a identificação de gargalos, melhoria contínua dos processos e otimização da estratégia de manutenção.

## 1.7.4 Custo de Manutenção sobre Receita

O custo de manutenção sobre receita é um indicador financeiro, que avalia a proporção dos gastos com manutenção em relação ao faturamento da empresa. Slack, Chambers e Johnston (2013) afirmam que esse indicador é fundamental para avaliar a eficiência financeira e a alocação de recursos na manutenção. Já Mobley (2004) ressalta que custos excessivos podem indicar práticas inadequadas, equipamentos obsoletos ou falhas recorrentes, enquanto valores equilibrados demonstram maturidade na gestão e eficácia das ações preventivas e preditivas.

De forma geral, o indicador pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$CMR = \left( \frac{CM}{RT} \right) \times 100$$

em que:

- CMR = Custo de Manutenção sobre Receita (%);
- CM = Custo Total de Manutenção (em reais);

## **CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU DE LITERATURA**

- RT = Receita Total (em reais).

Esse cálculo permite identificar quanto do faturamento da empresa é destinado à manutenção de equipamentos, máquinas e instalações. Segundo Kardec e Nascif (2001), a manutenção deve ser compreendida como uma atividade estratégica, pois seu desempenho impacta diretamente a produtividade, a confiabilidade dos ativos e a rentabilidade empresarial.

### 2.1 Metodologia

A presente pesquisa se caracteriza como um estudo de caso, de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e caráter descritivo-exploratório. A metodologia adotada compreende a análise dos indicadores de manutenção da Fundação Moreno Ltda., comparados a padrões de referência disponibilizados pela Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN, 2022). Para isso, o capítulo descreve a caracterização da empresa, as fontes de dados consultadas, os indicadores utilizados, os procedimentos metodológicos adotados e o processo de coleta e tratamento dos dados.

#### 2.1.1 Caracterização da Empresa

A Fundação Moreno Ltda., fundada em 1952 pelo Sr. Gentil Moreno, inicialmente denominada Fundação São Jorge, iniciou suas atividades com foco na produção de peças em ferro fundido e bronze destinadas ao setor sucroenergético. Ao longo de sua trajetória, a empresa ampliou sua atuação para segmentos como mineração, siderurgia, geração de energia, papel e celulose entre outros. Atualmente, ocupa aproximadamente 140.000 m<sup>2</sup>, dos quais 26.500 m<sup>2</sup> correspondem à área construída, e possui capacidade para produzir peças de até 30 toneladas, contando com processos modernos de moldagem, tratamento térmico e usinagem.

**Figura 2 – Vista aérea da empresa objeto do estudo de caso**



Fonte: acervo da empresa.

### 2.1.2 Fontes de Dados

Para a realização da análise comparativa, adotaram-se indicadores setoriais disponibilizados pela ABRAMAN (2022). Trata-se de uma entidade civil, sem fins lucrativos, fundada em 1984, cuja missão é promover o desenvolvimento técnico, científico e humano nas áreas de manutenção e gestão de ativos no Brasil.

A ABRAMAN realiza congressos, seminários, cursos e o Censo Brasileiro de Manutenção, Confiabilidade e Gestão de Ativos, publicando indicadores e tendências do setor, que contribuem para a melhoria contínua das organizações industriais. Dessa forma, a Associação contribui significativamente para a difusão de boas práticas, inovação e *benchmarking*, fortalecendo a competitividade e a sustentabilidade das organizações industriais brasileiras.

### 2.1.3 Indicadores de Desempenho Utilizados

- MTBF – Indica a confiabilidade do equipamento; valores altos são desejáveis.
- MTTR – Mede o tempo médio de reparo; valores baixos indicam maior agilidade.
- Disponibilidade – Representa o tempo em que o equipamento está apto a operar.
- Custo de Manutenção sobre Receita – Avalia o impacto financeiro da manutenção.
- Atividades de Manutenção Preditiva e Corretiva Não Planejada – Dados obtidos em campo.

### 2.1.4 Procedimentos Metodológicos

O estudo utilizou a metodologia de benchmarking, com foco no *benchmarking* funcional (setorial), que compara práticas entre empresas do mesmo setor. Esse método permite identificar vantagens e limitações nos processos de manutenção e propor melhorias fundamentadas nas melhores práticas disponíveis.

## CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1.5 Metodologia de Coleta de Dados Aplicada à Empresa Fundição

Figura 3 – Representação ilustrativa de coleta de dados



Fonte: <https://www.totvs.com/wp-content/uploads/2019/07/indicadores-de-manutencao-industrial.jpg>

Após a definição dos indicadores selecionados para os comparativos, procedeu-se à etapa de coleta de dados junto ao Gestor de Manutenção da Fundição Moreno Ltda. A empresa utiliza o SMI – Software de Manutenção, desenvolvido pela SPES Software para Manutenção de Ativos Físicos, o qual foi recentemente implantado na organização e é responsável pela consolidação das informações operacionais dos ativos industriais. Por meio desse sistema, foram extraídos os valores correspondentes aos indicadores de desempenho necessários à realização da análise comparativa proposta.

De forma complementar, foram levantados os indicadores de referência publicados pela ABRAMAN (2022), disponibilizados na edição mais recente da *Pesquisa da Situação da Manutenção e da Gestão de Ativos nas Empresas no Brasil*. Tais dados constituem o padrão setorial de comparação e são amplamente utilizados como base para estudos de *benchmarking* em manutenção industrial. A utilização desses indicadores permitiu estabelecer uma análise comparativa robusta entre o desempenho da organização estudada e os valores médios observados no cenário nacional, contribuindo para a identificação de oportunidades de melhoria e alinhamento às melhores práticas de mercado.

## CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Quadro 1 – Indicadores de desempenho da empresa Fundação Moreno

| Indicador                              | Empresa Fundação Moreno |
|--|-------------------------|
| MTBF (h)                               | 208                     |
| MTTR (h)                               | 8                       |
| Disponibilidade (%)                    | 89                      |
| Custo de manutenção (% receita)        | 9                       |
| Atividades preditivas (%)              | 33                      |
| Manutenção corretiva não planejada (%) | 12                      |

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Quadro 2 – Indicadores de *benchmarking* setorial disponibilizados pela ABRAMAN

| Indicador                              | Benchmark Setorial |
|--|--------------------|
| MTBF (h)                               | > 200 h            |
| MTTR (h)                               | < 6 h              |
| Disponibilidade (%)                    | 90–95%             |
| Custo de manutenção (% receita)        | 5-7%               |
| Atividades preditivas (%)              | > 30%              |
| Manutenção corretiva não planejada (%) | < 10%              |

Fonte: ABRAMAN (2022).

## CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Resultados e Análise Comparativa com o *Benchmarking* Setorial

A avaliação dos indicadores de desempenho da Fundação Moreno foi conduzida por meio da comparação com valores de referência do *benchmarking* setorial, possibilitando a identificação de lacunas (*gaps*) e oportunidades de melhoria nos processos de manutenção. Os indicadores analisados contemplaram aspectos de confiabilidade (MTBF), manutenibilidade (MTTR), disponibilidade operacional, custo de manutenção sobre receita, proporção de atividades preditivas e percentual de manutenção corretiva não planejada.

O Quadro 3 apresenta os resultados apurados para a Fundação Moreno, os valores de referência adotados pelo setor, o *gap* calculado e a classificação do desempenho de cada indicador. Os dados revelam um cenário em que alguns elementos apresentam desempenho satisfatório, enquanto outros indicam a necessidade de intervenções estruturais no sistema de manutenção.

**Quadro 3 – Indicadores comparativos entre a Fundação Moreno e o *benchmark* setorial**

| <b>Indicador</b>                       | <b>Fundação Moreno</b> | <b>Benchmark Setorial</b> | <b>Gap (Diferença)</b> | <b>Situação</b> |
|--|------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------|
| MTBF (h) ↑                             | 208                    | > 200 h                   | 8h                     | Positivo        |
| MTTR (h) ↓                             | 8                      | < 6 h                     | -2h                    | Negativo        |
| Disponibilidade (%)                    | 89                     | 90–95%                    | -6%                    | Negativo        |
| Custo de manutenção (% receita)        | 9                      | 5–7%                      | -2%                    | Negativo        |
| Atividades preditivas (%)              | 33                     | > 30%                     | 3%                     | Positivo        |
| Manutenção corretiva não planejada (%) | 12                     | < 10%                     | -2%                    | Negativo        |

Fonte:

### 3.2 Análise dos *Gaps* de Desempenho Identificados

A análise dos resultados evidencia que apenas dois indicadores – MTBF e atividades preditivas – apresentam desempenho alinhado ou superior ao *benchmarking* setorial. O MTBF de 208 horas, acima do valor de referência (> 200 h), sugere um nível aceitável de confiabilidade dos ativos, indicando que os equipamentos possuem tempo médio entre falhas compatível com a prática recomendada pelo setor. As atividades preditivas, que alcançaram 33%, também superaram o parâmetro de referência (> 30%),

### **CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

demonstrando que a empresa tem empregado, ainda que de forma básica, técnicas de manutenção voltadas à antecipação de falhas.

Entretanto, os demais indicadores revelam deficiências significativas na gestão da manutenção. O MTTR de 8 horas está acima do valor de referência (< 6 h), refletindo baixa manutenibilidade e indicando que os processos de reparo são lentos, ineficientes ou dependentes de intervenções complexas. Essa deficiência impacta diretamente a disponibilidade operacional, que atingiu apenas 89%, valor inferior ao intervalo recomendado para o setor (90–95%). Essa baixa disponibilidade é um indicativo de que os equipamentos permanecem indisponíveis por períodos superiores ao aceitável, comprometendo a continuidade operacional.

No aspecto econômico-financeiro, o custo de manutenção em relação à receita, que alcançou 9%, excede o intervalo considerado adequado (5–7%). Esse resultado sugere que a empresa possui gastos excessivos com manutenção, possivelmente decorrentes de intervenções corretivas, falhas recorrentes ou falta de planejamento adequado. Corroborando essa interpretação, o indicador de manutenção corretiva não planejada apresentou 12%, superando o valor de referência (< 10%), evidenciando que a empresa ainda enfrenta alto volume de falhas inesperadas, o que contribui para o aumento de custos e para a redução da eficiência operacional.

De forma geral, os dados apontam que, embora haja pontos positivos relacionados à confiabilidade e ao uso de práticas preditivas, há fragilidades importantes nos processos de manutenção corretiva, no tempo de resposta às falhas, na disponibilidade dos equipamentos e no custo global da manutenção. Esses resultados sugerem a necessidade de revisão das estratégias de manutenção, maior investimento em práticas preditivas avançadas, capacitação técnica e aprimoramento do planejamento e controle da manutenção.

Observa-se que o MTBF e as atividades preditivas apresentam desempenho satisfatório, indicando que a confiabilidade do equipamento está adequada e que a empresa realiza práticas preditivas básicas. Por outro lado, o MTTR elevado, a baixa disponibilidade, o alto custo de manutenção e a manutenção corretiva não planejada indicam falhas nos processos de manutenção corretiva e na eficiência operacional.

## CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.3 Plano de Ação para o Desempenho e Otimização dos Indicadores de Manutenção

Com base nos resultados obtidos na análise comparativa, foi estruturado um plano de ação com o objetivo de elevar o desempenho dos indicadores de manutenção e reduzir os *gaps* identificados em relação ao *benchmarking* setorial. As ações propostas foram organizadas de maneira sistemática, contemplando o indicador afetado, o objetivo correspondente, a ação corretiva ou preventiva sugerida e o prazo estabelecido para implementação. O Quadro 4 apresenta a síntese desse plano, servindo como instrumento de gestão para acompanhamento e tomada de decisão.

**Quadro 4 – Plano de Ação para a Melhoria dos Indicadores de Desempenho em Manutenção**

| Indicador | Situação | Objetivo  | Ação Proposta   | Prazo    |
|-----------|----------|---|---|----------|
| MTBF (h)  | 208      | Manter o MTBF $\geq$ 200 h, garantindo níveis adequados de confiabilidade dos ativos. | <ul style="list-style-type: none"><li>- Realizar monitoramento contínuo dos ativos críticos.</li><li>- Reforçar o cumprimento das rotinas de manutenção preventiva.</li><li>- Avaliar tendências de falha para antecipar intervenções.</li></ul>                              | Contínuo |
| MTTR (h)  | 8        | Reduzir < 6 h<br>Aumentar a manutenibilidade dos equipamentos.                        | <ul style="list-style-type: none"><li>- Capacitar a equipe de manutenção em técnicas de diagnóstico rápido.</li><li>- Implementar <i>kits</i> de peças estratégicas para agilizar reparos.</li><li>- Revisar e padronizar procedimentos operacionais de manutenção.</li></ul> | 3 meses  |

### CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

|                                 |    |   |   |         |
|---------------------------------|----|---|---|---------|
|                                 |    |   | - Otimizar o fluxo de atendimento às falhas.  |         |
| Disponibilidade (%)             | 89 | Alcançar disponibilidade entre 90% e 95%, conforme referência setorial. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integrar ações de confiabilidade (MTBF) e manutenibilidade (MTTR).</li> <li>- Priorizar intervenções preventivas baseadas em criticidade.</li> <li>- Monitorar indicadores semanalmente para tomada de decisão ágil.</li> <li>- Avaliar causas de indisponibilidade prolongada.</li> </ul> | 6 meses |
| Custo de manutenção (% receita) | 9  | Reduzir os custos de manutenção para a faixa de 5% a 7% da receita.     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar contratos, compras e gestão de sobressalentes.</li> <li>- Otimizar o planejamento e a programação das ordens de serviço.</li> <li>- Ampliar o uso de técnicas preditivas para reduzir falhas inesperadas.</li> <li>- Avaliar economicamente o ciclo de vida dos ativos</li> </ul>  | 6 meses |
| Atividades preditivas (%)       | 33 | Manter e ampliar o índice de atividades preditivas para > 30%.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expandir o monitoramento baseado em condição.</li> <li>- Capacitar a equipe em técnicas preditivas avançadas.</li> <li>- Integrar recursos de análise de vibração, termografia e ultrassom</li> </ul>  | 4 meses |

### CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

|  |    |   |  |         |
|--|----|---|--|---------|
|  |    |   | <p>ao sistema de manutenção.</p> <p>- Formalizar planos de monitoramento periódico.</p>  |         |
| Manutenção corretiva não planejada (%) | 12 | Reduzir a manutenção corretiva não planejada para valores inferiores a 10%. | <p>- Implantar análises de falhas estruturadas (RCA – Root Cause Analysis).</p> <p>Ferramentas: Diagrama de Ishikawa, os 5 Porquês, FMEA e a Análise de Árvore de Falhas (FTA).</p> <p>- Revisar os planos preventivos e preditivos com base nas falhas recorrentes.</p> <p>- Estabelecer estoque mínimo e estratégico de peças críticas.</p> <p>- Definir rotinas de inspeção sistemática nos ativos de maior incidência de falhas.</p> | 6 meses |

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou que o *benchmarking* é uma ferramenta eficaz para avaliar e aprimorar o desempenho da manutenção industrial, pois permite comparar indicadores internos com padrões de excelência, conforme defendem Camp (1989) e Spendolini (1992). A análise realizada na Fundação Moreno evidenciou essa aplicabilidade prática ao revelar tanto pontos fortes quanto fragilidades na gestão de ativos.

Os resultados mostraram que os indicadores de MTBF e a proporção de atividades preditivas se encontram alinhados às boas práticas descritas na literatura, indicando níveis adequados de confiabilidade e uso consistente de técnicas de monitoramento por condição, conforme apontado por Mobley (2004). Por outro lado, os indicadores de MTTR, disponibilidade operacional, custo de manutenção sobre receita e manutenção corretiva não planejada apresentaram desempenho abaixo do recomendado pelo *benchmarking* setorial, confirmando a necessidade de aprimoramento dos processos internos, especialmente nas áreas de manutenibilidade e controle de falhas.

A comparação estruturada possibilitou identificar lacunas e direcionar ações corretivas fundamentadas em princípios consolidados da Engenharia de Manutenção e Confiabilidade. Dessa forma, foi possível transformar o referencial teórico em diretrizes práticas, demonstrando que o uso integrado de *benchmarking*, indicadores de desempenho e metodologias analíticas contribui diretamente para decisões mais assertivas e para a evolução da maturidade operacional da empresa.

Conclui-se que acompanhar e aperfeiçoar continuamente esses indicadores é essencial para o planejamento estratégico da manutenção, assegurando a competitividade e a sustentabilidade do setor metalúrgico. O estudo confirma, portanto, que o alinhamento entre teoria e prática fortalece a gestão dos ativos e potencializa os resultados organizacionais.

## REFERÊNCIAS

ANDERSEN, B. **Business Process Improvement Through Benchmarkin**. Lond: Springer, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS – ABRAMAN. 2022. **Histórico e objetivos institucionais**. Disponível em: <https://www.abraman.org.br/>. Acesso em: 31 out. 2025.

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

BRANCO FILHO, G. **Manutenção**: Funções, Planejamento e Controle. São Paulo: Artliber, 2008.

CAMP, R. C. **Benchmarking**: The Search for Industry Best Practices That Lead to Superior Performance. Milwaukee: ASQC Quality Press, 1989.

DHILLON, B. S. **Engineering Maintainability**: How to Design for Reliability and Easy Maintenance. Houston, Texas: Gulf Publishing, 1999.

DHILLON, B. S. Applied Reliability and Quality: Fundamentals, Methods and Procedures. New York: Springer, 2006.

EBELING, C. E. **An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering**. New York: McGraw-Hill, 1997.

JARDINE, A. K. S.; LIN, D.; BANJEVIC, D. A review on Machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 20, n. 7, p. 1483-1510, 2006.

JARDINE, A. K. S.; TSANG, A. H. C. Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2013.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

MOBLEY, R. K. **An Introduction to Predictive Maintenance**. 2. ed. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2002.

MOBLEY, R. K. **Maintenance Fundamentals**. 2. ed. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2004.

MOUBRAY, J. **Reliability-Centered Maintenance (RCM)**. 2. ed. New York: Industrial Press, 1997.

O'CONNOR, P.; KLEYNER, A. Practical Reliability Engineering. 5. ed. São Paulo: Wiley, 2012.

SLACK, N., CHAMBERS, S.; JONHSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2013.

## REFERÊNCIAS

SMITH, A.; HINCHCLIFFE, G. **Rethinking Maintenance Mangement**. Amsterdã: Elsevier, 2004.

SPENDOLINI, M. J. **The Benchmarking Book**. New York: AMACOM, 1992.

VIANA, H. **Administração da manutenção industrial**. São Paulo: Atlas, 2002.

WATSON, G. H. **Strategic Benchmarking: How to Rate Your Company's Performance Against the World's Best**. New York: Wiley, 1993.

WIREMAN, T. **Developing Performance Indicators for Managing Maintenance**. New York: Industrial Press, 2004.

XENOS, H. G. **Gerência de Manutenção Produtiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

ZAIRI, M. **Benchmarking: The Process of Continuous Improvement**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1994.

## GLOSSÁRIO

**ABRAMAN:** Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos, entidade civil sem fins lucrativos, fundada em 1984, responsável por promover o desenvolvimento técnico e científico nas áreas de manutenção e gestão de ativos no Brasil.

**Atividades preditivas:** ações de manutenção baseadas em monitoramento e diagnóstico de condição, que permitem prever falhas antes que ocorram, por meio de técnicas como análise de vibração, termografia e inspeções periódicas.

**Benchmarking:** processo sistemático de comparação de indicadores, práticas e resultados de uma organização com aqueles considerados referência no mercado, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria e adotar melhores práticas.

**Benchmarking funcional (setorial):** tipo de *benchmarking* aplicado para comparar práticas dentro de um mesmo setor industrial, com foco em funções específicas da manutenção.

**Custo de manutenção sobre receita (CMR):** indicador econômico, que expressa o percentual de gastos com manutenção em relação à receita total da empresa, avaliando a eficiência financeira das operações de manutenção.

**Disponibilidade:** percentual de tempo em que um equipamento permanece operacional em relação ao tempo total planejado, considerando paradas planejadas e não planejadas.

**Engenharia de Manutenção:** área responsável pelo estudo, planejamento e aprimoramento contínuo dos processos e práticas de manutenção, com base em indicadores de desempenho e ferramentas de gestão da confiabilidade.

**Fundição Moreno Ltda.:** empresa metalúrgica localizada em Sertãozinho/SP, fundada em 1952, utilizada como objeto de estudo de caso para análise comparativa de indicadores de manutenção industrial.

**Gestão de ativos:** conjunto de atividades coordenadas para realizar o valor de um ativo ao longo de seu ciclo de vida, equilibrando custos, riscos e desempenho.

**Indicadores de desempenho em manutenção:** medidas quantitativas que permitem avaliar a eficiência e a eficácia das ações de manutenção, como MTBF, MTTR, disponibilidade e custo de manutenção.

**Manutenção corretiva:** tipo de manutenção realizada após a ocorrência de uma falha, com o objetivo de restabelecer as condições normais de operação do equipamento.

**Manutenção corretiva não planejada:** ação corretiva executada de forma emergencial, após falhas inesperadas, com impacto direto na disponibilidade operacional.

## GLOSSÁRIO

Manutenção preventiva: conjunto de ações planejadas e realizadas em intervalos regulares, com o objetivo de prevenir falhas e prolongar a vida útil dos ativos.

Manutenção preditiva: manutenção realizada com base em medições e monitoramento da condição dos equipamentos, permitindo identificar falhas potenciais antes que se manifestem.

MTBF (*Mean Time Between Failures*): indicador que expressa o tempo médio entre falhas sucessivas de um equipamento, representando a sua confiabilidade.

MTTR (*Mean Time To Repair*): tempo médio necessário para reparar um equipamento e colocá-lo novamente em operação, indicador de manutenibilidade.

RCA – *Root Cause Analysis* (Análise de Causa Raiz): método utilizado para identificar a causa principal de uma falha ou problema, com o objetivo de evitar sua recorrência.

Setor metalúrgico: segmento industrial voltado à transformação de metais em produtos acabados ou semielaborados, essencial para a cadeia produtiva nacional.