

# Engenharia de Produção & Integração de Saberes

Pesquisas, práticas extensionistas  
e soluções sustentáveis



**Breno Eustáquio da Silva**  
**Mayara Roberta de Castro**

Organizadores



**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO & INTEGRAÇÃO DE SABERES:  
PESQUISAS, PRÁTICAS EXTENSIONISTAS E SOLUÇÕES  
SUSTENTÁVEIS**



**Organizadores**  
Breno Eustáquio da Silva  
Mayara Roberta de Castro

**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO & INTEGRAÇÃO DE SABERES:  
PESQUISAS, PRÁTICAS EXTENSIONISTAS E SOLUÇÕES  
SUSTENTÁVEIS**

1.<sup>a</sup> edição

MATO GROSSO DO SUL  
EDITORA INOVAR  
2025

**Copyright © dos autores.**

Todos os direitos garantidos. Este é um livro publicado em acesso aberto, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais e que o trabalho original seja corretamente citado. Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons



**Editora-chefe:** Liliane Pereira de Souza

**Diagramação:** Editora Inovar

**Capa:** Breno Eustáquio da Silva

**Revisão de texto:** Os autores

**Conselho Editorial**

Prof. Dr. Alexsande de Oliveira Franco  
Prof. Dra. Aldenora Maria Ximenes Rodrigues  
Prof. Dr. Arlindo Costa  
Prof. Dra. Care Cristiane Hammes  
Prof. Dra. Carla Araújo Bastos Teixeira  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Oliveira Dias  
Prof. Dr. Claudio Neves Lopes  
Prof. Dra. Dayse Marinho Martins  
Prof. Dra. Débora Luana Ribeiro Pessoa  
Prof. Dra. Elane da Silva Barbosa  
Prof. Dr. Francisco das Chagas de Loiola Sousa  
Prof. Dr. Gabriel Mauriz de Moura Rocha  
Prof. Dra. Geyanna Dolores Lopes Nunes  
Prof. Dr. Guilherme Antônio Lopes de Oliveira

Prof. Dra. Ivonalda Brito de Almeida Morais  
Prof. Dra. Janine Silva Ribeiro Godoy  
Prof. Dr. João Vitor Teodoro  
Prof. Dra. Juliani Borchardt da Silva  
Prof. Dr. Leonardo Jensen Ribeiro  
Prof. Dra. Lina Raquel Santos Araujo  
Prof. Dr. Márcio Mota Pereira  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Marcus Vinicius Peralva Santos  
Prof. Dra. Nayára Bezerra Carvalho  
Prof. Dra. Roberta Oliveira Lima  
Prof. Dra. Rúbia Kátia Azevedo Montenegro  
Prof. Dra. Susana Copertari  
Prof. Dra. Susana Schneid Scherer  
Prof. Dr. Sílvio César Lopes da Silva

---

*Este livro passou por avaliação e aprovação às cegas de dois ou mais pareceristas ad hoc.*

---

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(BENITEZ Catalogação Ass. Editorial, MS, Brasil)

E57

1.ed. Engenharia de produção & integração de saberes: pesquisas, práticas extensionistas e soluções sustentáveis [livro eletrônico] / organizadores Breno Eustáquio da Silva, Mayara Roberta de Castro. – 1.ed. – Campo Grande, MS: Inovar, 2025. 218p. PDF

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-5388-362-8

DOI 10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8

1. Engenharia de produção. 2. Sustentabilidade. I. Silva, Breno Eustáquio da. II. Castro, Mayara Roberta de.

11-2025/154

CDD 620

**Índice para catálogo sistemático:**

1. Engenharia de produção 620

**Aline Grazielle Benitez – Bibliotecária - CRB-1/3129**

## **DECLARAÇÃO DOS AUTORES**

Os autores desta obra assumem publicamente a responsabilidade pelo seu conteúdo, garantindo que o mesmo é de autoria própria, original e livre de plágio acadêmico. Os autores declaram, ainda, que o conteúdo não infringe nenhum direito de propriedade intelectual de terceiros e que não há nenhuma irregularidade que comprometa a integridade da obra. Os autores assumem integral responsabilidade diante de terceiros, quer de natureza moral ou patrimonial, em razão do conteúdo desta obra. Esta declaração tem por objetivo garantir a transparência e a ética na produção e divulgação do livro. Cumpre esclarecer que o conteúdo é de responsabilidade exclusiva dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião da editora, organizadores da obra ou do conselho editorial.

## APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que apresentamos o livro “Engenharia de Produção & Integração de Saberes: Pesquisa, práticas extensionistas e soluções sustentáveis”. Este livro nasce do empenho e da dedicação de alunos do curso de Engenharia de Produção da Faculdade Doctum de João Monlevade-MG, consolidando pesquisas de Trabalho de Conclusão de Curso e experiências inovadoras vividas na disciplina Projeto Integrador VI, reconhecidamente voltada ao engajamento social por meio de práticas extensionistas.

Cada capítulo aqui reunido reflete o compromisso com a formação de profissionais críticos, criativos e sensíveis ao papel transformador da Engenharia de Produção na sociedade. Com olhar atento aos desafios do setor produtivo e do contexto comunitário, nossos alunos investigaram, propuseram e testaram soluções práticas para demandas concretas, indo além dos muros da faculdade e dialogando com empresas, associações e a coletividade local.

Nesta coletânea, o leitor encontrará análises que vão desde o desenvolvimento de planos de manutenção preventiva para a indústria siderúrgica (abordando estratégias integradas para garantir eficiência e sustentabilidade nos processos fabris), até pesquisas voltadas à gestão e ao aprimoramento logístico em centros de distribuição e no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Temas como a aplicação de tecnologias emergentes no monitoramento de barragens, a reestruturação do processo de compras no setor da construção civil e a valorização de catadores na cadeia da reciclagem também ganham destaque, revelando o espectro e a profundidade do conhecimento produzido.

O curso de Engenharia de Produção da Faculdade Doctum de João Monlevade orgulha-se de formar profissionais aptos a diagnosticar problemas, propor melhorias inovadoras e atuar de maneira ética e responsável, sempre em busca de soluções que reverberem positivamente sobre a sociedade. Nossa missão se expressa tanto na pesquisa científica quanto na atuação extensionista, que aproxima nossos alunos da realidade e potencializa o impacto de suas iniciativas.

Todos os artigos aqui publicados passaram por processo de avaliação e revisão realizada por professores do nosso colegiado, assegurando a qualidade acadêmica e a relevância dos conteúdos. Convidamos o leitor a viajar por essas páginas, conhecer experiências inspiradoras e se instigar com o potencial transformador da Engenharia de Produção. Que este livro sirva não apenas como fonte de conhecimento, mas também de inspiração para novas práticas e reflexões comprometidas com o desenvolvimento social, tecnológico e sustentável.

Boa leitura!

Os organizadores.

.

.

## SUMÁRIO

**CAPÍTULO 1** **12**  
**IMPLEMENTAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E  
PCP: TORRES DE RESFRIAMENTO DE UMA INDÚSTRIA  
SIDERÚRGICA**

*Brendon Freitas Campos Silva*

*Sinderley Staney Geraldo Alves*

*Victoria Cecília Luciana Tomé*

*Bráulio Frances Barcelos*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_001*

**CAPÍTULO 2** **32**  
**GESTÃO DE PESSOAS NO SETOR DE MINERAÇÃO: SINERGIA  
ENTRE EQUIPES E INCLUSÃO FEMININA NA MINERAÇÃO RIO DO  
NORTE**

*Wagner Junior Gomes*

*Natalia Almeida de Sousa*

*Diego Baptista Santos*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_002*

**CAPÍTULO 3** **42**  
**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO EM UMA  
INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO MECÂNICA**

*Alisson Siderman Ferreira*

*Joelma Estevam Fernandes Oliveira*

*Lucimara Oliveira Barros*

*Braulio Frances Barcelos*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_003*

**CAPÍTULO 4** **65**  
**ANÁLISE DO PROCESSO DE COMPRAS DA CONSTRUTORA LIMAC**

*Daniele Souza Azevedo*

*Raíssa Monteiro dos Santos Ferreira*

*Bráulio Frances Barcelos*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_004*

**CAPÍTULO 5** **82**  
**LOCALIZAÇÃO ESTRATÉGICA, OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA E CUSTOS OPERACIONAIS: ESTUDO DE CASO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO CAJAMAR-SP**

*Caio Mateus Gomes de Oliveira*

*Cristiano de Souza Aguiar*

*Davi Henrique Machado Valadares*

*Bráulio Frances Barcelos*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_005*

**CAPÍTULO 6** **96**  
**USO DE SENSORES PARA MONITORAMENTO DE ATIVOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA MINERADORA NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

*Eduardo Frederico Zingler de Oliveira*

*Iano Costa Silva*

*Junio Gustavo Botelho*

*Bráulio Frances Barcelos*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_006*

**CAPÍTULO 7** **115**  
**ERGONOMIA NA INDÚSTRIA: REDUÇÃO DE LESÕES E AUMENTO DA EFICIÊNCIA**

*Débora Martins Pessoa*

*Maria Thereza Silva Ferreira*

*Bráulio Frances Barcelos*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_007*

**CAPÍTULO 8** **127**  
**TECNOLOGIAS AVANÇADAS NO MONITORAMENTO DE BARRAGENS: O PAPEL DE SENSORES, DRONES E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PREVENÇÃO DE FALHAS ESTRUTURAIS**

*Ana Carolina Carvalho de Souza*

*Dercio Henrique Lúcio*

*Fernanda Cristina da Silva*

*Patrick Ferreira Santos*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_008*

**CAPÍTULO 9** **151**  
**REDUÇÃO DAS DIFICULDADES OPERACIONAIS NO PICKING E DESTINAÇÃO DE MERCADORIAS**

*Adriene Inária Oliveira*

*Marcelo Augusto Carneiro*

*Pablo Wanneder Matos Silva*

*Vanessa Maria Assis Almeida*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_009*

**CAPÍTULO 10** **166**  
**GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE JOÃO MONLEVADE**

*Euler Lucas Rodrigues*

*Isac Victor Fonseca Oliveira da Silva*

*Kayo Henrique Gomes Bueno*

*Maria Alice de Barros Bramusse*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_010*

**CAPÍTULO 11** **183**  
**MELHORIA DE FLUXOS E REDUÇÃO DE PROCESSOS INEFICIENTES DENTRO DA OFICINA DE ESTÉTICA AUTOMOTIVA ELI-CAR AUTOLAVAGEM**

*Beatriz Barcelos Taveira*

*Lorena Vitória de Aguiar Ferreira*

*Lucas Fernandes Ribeiro*

*Rafael Jonas Silva Siqueira*

*Suellem da Silva Verissimo*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_011*

**CAPÍTULO 12** **199**  
**ESTRATÉGIAS DE GESTÃO ORÇAMENTÁRIA EM OBRAS PÚBLICAS: ANÁLISE DE RISCO DE PARALISAÇÃO EM PROJETO DE CALÇAMENTO E DRENAGEM EM BELA VISTA DE MINAS/MG**

*Emerson Carlos da Silva Afonso*

*Fernando Tales de Castro*

*Pedro Henrique Lúcio*

*Breno Eustáquio da Silva*

*doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-362-8\_012*

<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b>	<b>214</b>
<i>Breno Eustáquio da Silva</i>	
<i>Mayara Roberta de Castro</i>	
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b>	<b>216</b>

## CAPÍTULO 1

### IMPLEMENTAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PCP: Torres de Resfriamento de uma Indústria Siderúrgica

*Implementation of a Preventive Maintenance and Production Planning Plan:  
Cooling Towers of a Steel Industry*

**Brendon Freitas Campos Silva**

Rede de Ensino Doctum João Monlevade - MG  
brendonfreitas23@outlook.com

**Sinderley Staney Geraldo Alves**

Rede de Ensino Doctum João Monlevade - MG  
ORCID:0009-0009-5862-7299  
staneyinderley@hotmail.com

**Victoria Cecília Luciana Tomé**

Rede de Ensino Doctum João Monlevade – MG  
victoriaceciliialuciana@gmail.com

**Bráulio Frances Barcelos**

Rede de Ensino Doctum João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0009-0009-4632-3925>  
braulio.barcelos@yahoo.com.br

**Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>  
E-mail: brenomonlevade@gmail.com

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo propor e implementar um plano de manutenção preventiva integrado ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) para torres de resfriamento em uma indústria siderúrgica, com foco na melhoria da confiabilidade dos equipamentos, na redução de falhas inesperadas e na otimização da eficiência

operacional. A metodologia adotada consistiu em um estudo de caso, apoiado por análise documental, aplicação de questionários técnicos e uso de ferramentas da Engenharia de Produção, como a Análise SWOT, o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), o mapa de 52 semanas e indicadores de desempenho, entre eles o MTBF e o MTTR. Os resultados evidenciaram que a ausência de um cronograma estruturado de manutenção era a principal causa das falhas recorrentes, comprometendo a disponibilidade dos ativos e aumentando os custos operacionais. Com a implementação do plano proposto, observou-se a redução significativa de paradas não programadas, maior disponibilidade dos equipamentos e prolongamento da vida útil dos componentes. Conclui-se que a integração entre manutenção preventiva e PCP é essencial para garantir maior eficiência operacional, redução de custos e sustentabilidade em processos siderúrgicos.

**Palavras-chave:** Manutenção preventiva; PCP; Torres de resfriamento; Eficiência operacional; Indústria siderúrgica.

## **ABSTRACT**

This study aimed to propose and implement a preventive maintenance plan integrated with Production Planning and Control (PPC) for cooling towers in a steel plant, focusing on improving equipment reliability, reducing unexpected failures, and optimizing operational efficiency. The methodology adopted consisted of a case study supported by document analysis, technical questionnaires, and the application of Industrial Engineering tools, such as SWOT Analysis, the *Problem Analysis and Solving Method* (MASP), the 52-week schedule, and performance indicators, including MTBF and MTTR. The results showed that the lack of a structured maintenance schedule was the main cause of recurring failures, compromising equipment availability and increasing operating costs. With the implementation of the proposed plan, there was a significant reduction in unplanned downtime, higher equipment availability, and an extended component lifespan. It is concluded that the integration of preventive maintenance with PPC is essential to ensure greater operational efficiency, cost reduction, and sustainability in steelmaking processes.

**Keywords:** Preventive maintenance; PPC; Cooling towers; Operational efficiency; Steelmaking.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria siderúrgica foi historicamente um dos pilares essenciais da economia mundial, sendo responsável pela produção de aço e outros metais que sustentaram a infraestrutura de setores como construção civil, transporte e energia. Nesse cenário, a eficiência e a continuidade das operações se mostraram fatores determinantes para a competitividade e sustentabilidade das empresas do setor. Entre os diversos sistemas e equipamentos utilizados nesse ambiente industrial, destacam-se as torres de resfriamento, que desempenharam uma função crítica ao controlar a temperatura dos processos produtivos, garantindo o desempenho ideal dos equipamentos e a segurança das operações.

A literatura técnica aponta que, embora haja consenso sobre a importância das torres de resfriamento nos processos industriais, ainda existem lacunas no que diz respeito à sua gestão eficiente, principalmente no que se refere à integração entre as práticas de manutenção e o Planejamento e Controle da Produção (PCP). Estudos anteriores abordam estratégias isoladas de manutenção preventiva e corretiva, mas poucos exploram a relação direta entre essas práticas e a eficiência operacional das torres no contexto siderúrgico, considerando especialmente os desafios de paradas não programadas e altos custos operacionais. Essa constatação evidencia a necessidade de aprofundamento no tema.

Nesse contexto, o problema que motivou este estudo foi: como melhorar a eficiência das torres de resfriamento em uma indústria siderúrgica? A complexidade das operações e a elevada demanda por manutenção tornaram a gestão desses ativos industriais uma tarefa desafiadora. A ausência de um planejamento de manutenção adequado resultou frequentemente em falhas inesperadas, interrupções operacionais e desperdício de recursos na organização estudada.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo propor e implementar um plano de manutenção voltado para as torres de resfriamento de uma siderúrgica, visando à otimização dos processos de manutenção preventiva, corretiva e preditiva. Buscou-se também promover o alinhamento entre as necessidades de produção e a disponibilidade dos equipamentos, com vistas à melhoria da eficiência operacional, à redução dos custos associados a falhas e paradas não programadas, e à minimização dos impactos ambientais da operação.

A relevância deste estudo está diretamente relacionada à importância estratégica da manutenção de torres de resfriamento em indústrias siderúrgicas. Tais equipamentos são fundamentais para assegurar a continuidade da produção e a qualidade dos processos, além de desempenharem papel essencial na segurança operacional. Contudo, a prática observada na organização estudada revelou fragilidades na integração entre a manutenção e o planejamento e controle, o que resultava em falhas inesperadas, paradas não programadas e altos custos.

Dessa forma, a justificativa para a realização deste trabalho se fundamenta na necessidade de propor um plano de manutenção que considerasse a prevenção de falhas, otimizando a disponibilidade e o desempenho das torres de resfriamento. Além disso, o estudo contribui academicamente ao preencher uma lacuna na literatura, que ainda carece de análises aplicadas à realidade siderúrgica no que tange à gestão de manutenção integrada. Social e ambientalmente, o tema também se mostra relevante, visto que a operação ineficiente desses equipamentos pode gerar desperdício de água e energia, além de aumentar a emissão de poluentes. Portanto, o presente trabalho justifica-se por seu potencial de impacto positivo tanto na esfera econômica quanto na ambiental e social, ao propor soluções sustentáveis e eficazes para a indústria.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: esta introdução apresenta o contexto, o problema de pesquisa, os objetivos e a justificativa do estudo, seguida pelo referencial teórico, no qual são abordados conceitos de manutenção industrial, tipos de manutenção,

Planejamento e Controle da Produção (PCP) e Manutenção (PCM), Confiabilidade dos Sistemas Industriais e Eficiência operacional em sistemas de resfriamento; na sequência, a caracterização da organização descreve a empresa estudada, destacando seu histórico, porte e a importância das torres de resfriamento em seus processos; posteriormente, a metodologia expõe os procedimentos adotados para coleta e análise dos dados, bem como os critérios utilizados na implementação do plano de manutenção; em seguida, os resultados e discussões apresentam os achados da pesquisa, analisando as melhorias obtidas e os impactos da integração; por fim, as considerações finais sintetizam as principais contribuições, limitações e possibilidades de continuidade para estudos futuros, e as referências reúnem as obras e documentos utilizados na fundamentação teórica.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Conceito de Manutenção**

De acordo com a NBR 5462 (ABNT, 1994), manutenção é definida como a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Em outras palavras, trata-se de um conjunto de práticas voltadas à conservação e ao bom funcionamento dos equipamentos e sistemas industriais.

A origem da manutenção industrial remonta ao século XVI, com o declínio da produção artesanal e o advento da produção em larga escala, exigindo novas formas de organização e conservação dos equipamentos (Gregório; Silveira, 2018, p.13).

## 2.2 Tipos de Manutenção

Segundo Siqueira (2005), a manutenção pode ser classificada de acordo com o momento e a forma como as ações são realizadas em relação às falhas. As principais categorias são:

- a) **Manutenção Corretiva:** realizada após a ocorrência da falha, visa restaurar a funcionalidade do equipamento. Viana (2006) destaca que essa intervenção, geralmente emergencial, pode implicar em custos elevados e impactar negativamente os prazos de entrega e a produtividade.
- b) **Manutenção Preventiva:** consiste na realização de ações sistemáticas em intervalos pré-definidos, com o objetivo de evitar falhas e manter o desempenho dos equipamentos. Kardec e Nascif (2009) ressaltam que ela é planejada e baseada em critérios de tempo ou uso.
- c) **Manutenção Preditiva:** busca prever falhas com base no monitoramento contínuo das condições reais dos componentes. Almeida (2014) explica que essa modalidade permite maior aproveitamento da vida útil dos equipamentos, redução de paradas emergenciais e planejamento eficaz das ações corretivas.

Apesar das vantagens, como a diminuição de falhas inesperadas e aumento da segurança operacional, a manutenção preditiva exige recursos específicos, como instrumentos de medição e profissionais qualificados (Branco Filho, 2008).

## 2.2 Planejamento e Controle da Produção (PCP) e Manutenção

Segundo Fernandes e Filho (2017), o PCP é essencial para a gestão da produção, permitindo o monitoramento das atividades, a alocação eficiente dos recursos e o cumprimento dos prazos. Para o sistema ser confiável, é fundamental haver integração entre PCP e manutenção, garantindo a sincronia entre a produção e a disponibilidade dos ativos.

No âmbito do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), Filho (2008, p.5) define-o como um “conjunto de ações para preparar,

programar, verificar o resultado da execução das tarefas de manutenção contra valores preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios para a consecução dos objetivos e da missão da empresa, usando os meios disponíveis”. A atuação eficaz do PCM contribui para a redução de paradas não planejadas e para a segurança dos processos e das pessoas envolvidas.

Tubino (2009) reforça que, para o PCP atingir seus objetivos, é necessário que ele receba e gerencie informações de diversos setores, especialmente da manutenção. A integração em tempo real entre PCP e PCM é fundamental para garantir a confiabilidade do sistema produtivo.

## **2.3 Confiabilidade dos Sistemas Industriais**

A confiabilidade, de acordo com Bergamo Filho (1997), é a probabilidade de um item desempenhar sua função sem falhas, sob condições definidas, durante um período específico. Leemis (1995) complementa afirmando que a confiabilidade está associada ao desempenho contínuo e adequado de um item dentro dos parâmetros ambientais estabelecidos.

Empresas que priorizam a confiabilidade em seus sistemas produtivos alcançam vantagens competitivas importantes, como a redução de custos operacionais, aumento da segurança e previsibilidade nos processos. A confiabilidade também se relaciona diretamente à qualidade da informação que circula entre os setores produtivos e de manutenção, conforme discutido por Fernandes e Filho (2017).

## **2.4 Eficiência operacional em sistemas de resfriamento**

Eficiência operacional pode ser definida como a capacidade de um sistema ou processo produzir o máximo de resultados com o menor uso possível de recursos, como energia, tempo e mão de obra. Em sistemas de resfriamento, isso se traduz na capacidade de manter o

desempenho térmico desejado com o menor consumo de energia e recursos, reduzindo custos operacionais e aumentando a sustentabilidade do processo (SILVA et al., 2019).

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Procedimentos Metodológicos**

O estudo foi delimitado a uma unidade siderúrgica específica, com foco nas torres de resfriamento utilizadas no processo produtivo. O recorte temporal abrangeu os dados operacionais de um ciclo de produção de 52 semanas (de julho de 2024 a julho de 2025), período suficiente para observar os efeitos das ações propostas. Esta delimitação permitiu um aprofundamento adequado do tema dentro de um escopo bem definido, garantindo a viabilidade da pesquisa e a aplicabilidade dos resultados.

Para alcançar os objetivos traçados e responder às questões propostas, foram utilizadas ferramentas clássicas e modernas da Engenharia de Produção, como a Análise *SWOT*, o MASP (Método de Análise e Solução de Problemas) e os Indicadores de Desempenho. Essas ferramentas foram fundamentais para o diagnóstico da situação atual, a identificação das causas dos problemas e o desenvolvimento de soluções que aumentassem a produtividade e a confiabilidade dos processos.

#### **3.2 Resultados e discussões**

##### **a) Análise Swot**

Para realizar o diagnóstico situacional das torres de resfriamento no processo industrial, foi adotada a ferramenta de Análise, que permite identificar os principais fatores internos e externos que impactam o desempenho do equipamento. Inicialmente, foram mapeadas as forças

(*Strengths*), destacando-se a importância estratégica da torre de resfriamento como um equipamento crítico no processo produtivo.

Na identificação das fraquezas (*Weaknesses*), observou-se a alta frequência de falhas, que acarreta uma forte dependência da manutenção corretiva. Essa condição gera paradas não planejadas e consequente perda de produtividade, indicando a necessidade de reavaliar os atuais métodos de manutenção.

Quanto às oportunidades (*Opportunities*), foi evidenciado o potencial de implementar estratégias de manutenção preventiva e preditiva, com foco na criação de planos de inspeção periódica. Essa abordagem visa reduzir as falhas recorrentes e aumentar a confiabilidade operacional das torres de resfriamento. Por fim, as ameaças (*Threats*) analisadas se referem às falhas críticas durante a transição entre os modelos de manutenção. Durante esse período de mudança estratégica, podem ocorrer falhas inesperadas, comprometendo a confiança no novo sistema de gestão e manutenção.

Figura 1 – Análise SWOT



Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

## **b) Masp – Metodologia de Análise e Solução de Problemas**

A aplicação da ferramenta MASP – Metodologia de Análise e Solução de Problemas mostrou-se adequada para estruturar e direcionar as ações voltadas à manutenção preventiva em torres de resfriamento. Inicialmente, foi realizada a identificação do problema, sendo observada a baixa eficiência operacional das torres, caracterizada pela ocorrência frequente de falhas e necessidade de intervenções corretivas.

Na etapa de observação do problema, procedeu-se ao levantamento do histórico de falhas e registros de manutenção corretiva, aliado à inspeção visual dos componentes da torre, como enchimentos, bacia, ventiladores e bicos de distribuição. Essa análise possibilitou compreender a extensão e a frequência das ocorrências, fornecendo subsídios para a investigação das causas.

Na sequência, foi realizada a análise das causas, que evidenciou a inexistência de um cronograma estruturado de manutenção preventiva como o

principal fator responsável pela recorrência de falhas. Essa lacuna de planejamento demonstrou que a empresa atua de forma predominantemente reativa, concentrando esforços em correções emergenciais, em detrimento de ações sistemáticas de prevenção.

Com base nesse diagnóstico, elaborou-se o plano de ação, que consistiu na implementação de um cronograma de manutenção preventiva, contemplando inspeções periódicas, monitoramento de desempenho e intervenções programadas nos componentes críticos da torre.

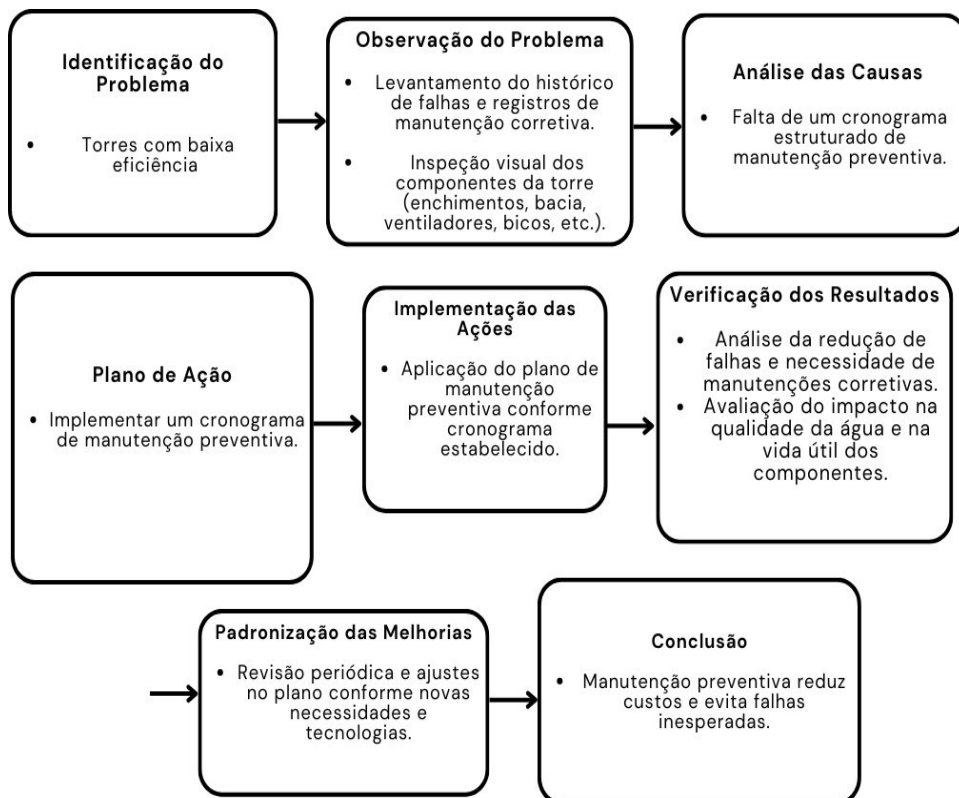
A etapa de implementação das ações envolveu a aplicação prática do plano, assegurando que a manutenção preventiva fosse executada de acordo com o cronograma estabelecido, com foco em reduzir a frequência de falhas, minimizar paradas não programadas e prolongar a vida útil dos equipamentos.

Posteriormente, foi realizada a verificação dos resultados, por meio da análise da redução das falhas e da diminuição da necessidade

de manutenções corretivas. Também se avaliou o impacto na qualidade da água circulante e no aumento da durabilidade dos componentes, indicadores fundamentais para medir a eficácia da intervenção.

Por fim, a etapa de padronização das melhorias buscou consolidar as práticas bem-sucedidas, prevendo revisões periódicas e ajustes no plano conforme novas necessidades operacionais e avanços tecnológicos. A aplicação do MASP culminou na conclusão de que a manutenção preventiva contribui significativamente para a redução de custos, além de evitar falhas inesperadas, promovendo maior confiabilidade e segurança operacional nas torres de resfriamento.

Figura 2 – Masp



Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

### **c) Questionário Técnico-Manutenção em Torres de Resfriamento**

A análise dos três questionários técnicos aplicados a profissionais do setor de utilidades possibilitou uma compreensão mais aprofundada da realidade da manutenção das torres de resfriamento na siderúrgica estudada. Como critério para a realização da pesquisa, foram selecionados colaboradores com maior experiência prática na área, garantindo maior confiabilidade nas respostas. Os participantes possuem entre dois e oito anos de atuação no setor, exercendo funções distintas, o que contribuiu para uma visão abrangente do plano de manutenção — desde a perspectiva gerencial até a operacional.

No que se refere à frequência das falhas, observou-se variação entre ocorrências semanais, quinzenais e mensais, evidenciando que os problemas se manifestam de maneira recorrente e em intervalos relativamente curtos. Essa situação compromete a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos,

demandando ações corretivas frequentes. Entre os tipos de falhas mais mencionados, destacaram-se o entupimento dos bicos, as falhas no motor/ventilador e os problemas relacionados às bombas, além do acúmulo de sujeira e vazamentos, que também foram apontados. Esses resultados indicam que os principais pontos críticos estão associados tanto à conservação e à limpeza quanto ao desgaste mecânico dos componentes.

No tocante às causas do excesso de manutenções corretivas, houve convergência nas respostas em relação à ausência de planejamento e de uma rotina de manutenção preventiva estruturada. Constatou-se, portanto, que as práticas atuais de manutenção apresentam caráter predominantemente reativo, com somente um dos profissionais relatando a existência de ações preventivas, ainda que de forma esporádica e sem periodicidade definida.

Apesar dessas limitações, todos os participantes reconhecem os benefícios que um plano preventivo poderia oferecer. Entre os aspectos mais citados, destacam-se reduzir paradas programadas, o menor

desgaste de componentes, a diminuição de custos, o aumento da vida útil dos equipamentos e a maior segurança operacional. Contudo, também foram elencadas barreiras significativas para a implementação da manutenção preventiva, tais como a falta de planejamento, a antiguidade dos equipamentos, a ausência de incentivo da gestão e a inexistência de um plano estruturado que oriente as atividades.

Por fim, as expectativas em relação à implementação de um plano de manutenção preventiva foram positivas. Observa-se um consenso entre os diferentes níveis hierárquicos de que a adoção de um plano preventivo estruturado é fundamental para garantir maior confiabilidade, disponibilidade e segurança nas torres de resfriamento, além de contribuir para a sustentabilidade operacional da empresa.

#### **d) Mapa de 52 semanas**

A utilização do mapa de 52 semanas representa uma estratégia eficaz para a organização e execução das atividades de manutenção preventiva em torres de resfriamento. Esse recurso consiste na elaboração de um cronograma

anual dividido em 52 semanas, no qual são distribuídas as inspeções, limpezas, ajustes e substituições necessárias para cada componente do equipamento. Dessa forma, garante-se que todas as atividades sejam planejadas evitando tanto a sobrecarga de tarefas em determinados períodos quanto a negligência de pontos críticos que comprometam desempenho da torre.

A aplicação desse método possibilita uma visão global e estruturada das intervenções preventivas, permitindo o acompanhamento sistemático das tarefas ao longo do ano. Além disso, o mapa de 52 semanas favorece a integração entre as áreas de manutenção e operação, uma vez que estabelece prazos claros e reduz conflitos relacionados à parada dos equipamentos para execução das atividades programadas.

No caso das torres de resfriamento, o uso do mapa de 52 semanas permite planejar ações como inspeção e limpeza de bicos, verificação de motores e ventiladores, avaliação das bombas, controle

de vazamentos, além do monitoramento da qualidade da água e do estado de enchimentos e da bacia. Ao registrar e distribuir essas intervenções organizadamente, assegura-se maior confiabilidade operacional, reduzindo o risco de falhas inesperadas e a necessidade de manutenções corretivas emergenciais.

Outro aspecto relevante é que o mapa de 52 semanas facilita o processo de análise de desempenho e tomada de decisão, já que possibilita avaliar a periodicidade das falhas, o tempo médio entre reparos e a vida útil dos componentes. Com base nessas informações, podem ser realizadas revisões periódicas no cronograma, ajustando a frequência das inspeções e priorizando os pontos mais críticos conforme a realidade operacional da empresa.

Portanto, a adoção do mapa de 52 semanas no planejamento da manutenção preventiva em torres de resfriamento contribui diretamente para a padronização das rotinas de manutenção, o aumento da confiabilidade dos equipamentos e a redução de custos operacionais. Além disso, promove maior eficiência na gestão do tempo e dos recursos disponíveis, resultando em um ambiente produtivo mais seguro e sustentável.

### **e) Indicadores de desempenho**

A utilização de indicadores de desempenho (KPIs) na gestão da manutenção preventiva em torres de resfriamento constitui uma ferramenta essencial para medir, monitorar e melhorar a eficácia das ações implementadas. Por meio desses indicadores, é possível transformar dados operacionais em informações estratégicas, permitindo que a equipe de manutenção avalie objetivamente os resultados obtidos e identifique pontos que necessitam de aprimoramento.

Entre os principais KPIs aplicáveis à manutenção preventiva, destacam-se o MTBF (*Mean Time Between Failures*) e o MTTR (*Mean Time to Repair*). O primeiro mede o tempo médio de funcionamento do equipamento entre falhas, servindo como parâmetro para avaliar sua confiabilidade. Já o segundo refere-se ao tempo médio necessário para

reparar o equipamento após uma falha, sendo um indicador da manutenibilidade. A análise conjunta desses dois indicadores fornece uma visão clara sobre a disponibilidade dos ativos, auxiliando na identificação de tendências de falhas e na tomada de decisões preventivas.

Além disso, outros indicadores relevantes incluem o índice de disponibilidade dos equipamentos, que mede o percentual de tempo em que a torre está operacional em relação ao tempo total planejado, e o custo de manutenção preventiva em relação a corretiva, que possibilita avaliar o impacto econômico da estratégia adotada. Também pode ser monitorado o número de falhas recorrentes, indicador que evidencia a necessidade de ajustes no plano de manutenção ou de investigações mais profundas sobre as causas das ocorrências.

No contexto das torres de resfriamento, a aplicação desses KPIs permite avaliar não somente o desempenho dos componentes mecânicos, como ventiladores, bombas e bicos, mas também aspectos ligados à qualidade da água e à eficiência térmica do sistema. Dessa forma, a manutenção preventiva deixa de ser somente uma prática operacional e um processo de gestão orientado por resultados, no qual os indicadores funcionam como guias para garantir maior confiabilidade, reduzir paradas não programadas e otimizar os custos envolvidos.

Portanto, a adoção de KPIs na manutenção preventiva das torres de resfriamento viabiliza uma gestão mais eficiente e fundamentada em dados, favorecendo a melhoria contínua, a padronização das práticas e o alinhamento das ações de manutenção aos objetivos estratégicos da organização.

Figura 3 – Indicadores de desempenho antes



Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

Figura 4 – Indicadores de desempenho depois



Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo propor e implementar um plano de manutenção preventiva integrado ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) para torres de resfriamento em uma indústria siderúrgica. A análise desenvolvida permitiu compreender que a ausência de planejamento estruturado de manutenção resultava em falhas inesperadas, paradas não programadas e elevados custos

operacionais, comprometendo a eficiência e a confiabilidade dos processos.

A aplicação das ferramentas de Engenharia de Produção, como a Análise *SWOT*, o MASP, o mapa de 52 semanas e os indicadores de desempenho, possibilitou diagnosticar as fragilidades do sistema, estruturar o plano de ação (em forma de mapa) e verificar os ganhos obtidos por meio de indicadores de desempenho. Constatou-se que a implementação de um cronograma preventivo contribuiu para reduzir a frequência de falhas, aumentar a disponibilidade dos equipamentos, prolongar a vida útil dos componentes e melhorar a qualidade operacional das torres de resfriamento.

Do ponto de vista teórico, a pesquisa reforça a importância da integração entre manutenção e PCP, evidenciando que a confiabilidade dos ativos industriais depende diretamente da sincronia entre produção e gestão da manutenção. Na prática, o estudo demonstrou que o uso de ferramentas gerenciais e de indicadores de desempenho torna o processo de manutenção mais eficiente, orientado por dados e com foco em resultados concretos, reduzindo custos e aumenta a segurança operacional.

Como limitações, destaca-se o fato de o estudo ter sido aplicado somente uma unidade industrial e em um período restrito de observação (52 semanas), o que pode limitar a generalização dos resultados. Além disso, a amostra de profissionais entrevistados foi reduzida, restringindo a diversidade de percepções sobre os problemas enfrentados.

Para pesquisas futuras, sugere-se a ampliação do estudo para outras unidades industriais, com ciclos de análise mais longos, de forma a validar os resultados obtidos em diferentes contextos. Também se recomenda investigar o impacto da digitalização e do uso de tecnologias de manutenção preditiva avançada, como sensores inteligentes e análise de dados em tempo real, que podem complementar e potencializar os benefícios do plano de manutenção preventiva.

Assim, conclui-se que a adoção de um plano estruturado de manutenção preventiva, aliado à integração com o PCP, representa

uma estratégia eficaz para aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e promover a sustentabilidade no ambiente siderúrgico.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, I. **Gestão da manutenção industrial**. São Paulo: Atlas, 2014. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BERGAMO FILHO, U. **Confiabilidade e manutenção**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- BRANCO FILHO, J. **Manutenção preditiva**: monitoramento e diagnóstico de falhas. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- FERNANDES, M. A.; FILHO, J. C. **Gestão da produção e manutenção industrial**. São Paulo: Saraiva, 2017.
- FILHO, A. G. **Planejamento e controle da manutenção**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.
- GREGÓRIO, L. D.; SILVEIRA, A. J. **História da manutenção industrial**. Curitiba: InterSaber, 2018.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- LEEMIS, L. M. **Reliability**: probabilistic models and statistical methods. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1995.
- SILVA, A. L.; OLIVEIRA, M. R.; BARROS, C. P. Indicadores de eficiência energética aplicados a sistemas de resfriamento em edificações. **Caderno de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 7, n. 1, p. 33–47, 2019.
- SIQUEIRA, M. **Manutenção**: teoria e prática. Belo Horizonte: UFMG, 2005.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção**: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2009.
- VIANA, J. **Manutenção e confiabilidade de sistemas industriais**. São Paulo: Érica, 2006.



## CAPÍTULO 2

### **GESTÃO DE PESSOAS NO SETOR DE MINERAÇÃO: sinergia entre equipes e inclusão feminina na mineração rio do norte**

*PEOPLE MANAGEMENT IN THE MINING SECTOR: team synergy and female  
inclusion at mineração rio do norte*

#### **Wagner Junior Gomes**

Instituto Ensinar Brasil - Faculdade Doctum  
João Monlevade - MG

#### **Natalia Almeida de Sousa**

Instituto Ensinar Brasil - Faculdade Doctum  
João Monlevade - MG

#### **Diego Baptista Santos**

Instituto Ensinar Brasil - Faculdade Doctum  
João Monlevade - MG

#### **Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>  
E-mail: [brenomonlevade@gmail.com](mailto:brenomonlevade@gmail.com)

### **RESUMO**

Este artigo analisa a gestão de pessoas no setor de mineração, com ênfase na sinergia entre equipes e na inclusão feminina, tendo como estudo de caso a Mineração Rio do Norte (MRN). A pesquisa, de caráter qualitativo e exploratório, investigou práticas de integração e políticas de diversidade de gênero implementadas pela empresa entre 2019 e 2023. Os resultados evidenciam que a sinergia organizacional contribuiu para maior eficiência operacional, redução de conflitos e fortalecimento do engajamento coletivo. Quanto à inclusão de mulheres, verificou-se aumento significativo na participação feminina em cargos técnicos e de liderança, impactando positivamente a cultura organizacional,

a inovação e a competitividade. Conclui-se que a gestão de pessoas deve ser compreendida como diferencial estratégico na mineração, capaz de promover produtividade, sustentabilidade e valorização do capital humano.

**Palavras-chave:** Gestão de pessoas; Sinergia; Inclusão feminina; Mineração; Sustentabilidade organizacional.

## **ABSTRACT**

This article analyzes people management in the mining sector, with emphasis on team synergy and female inclusion, taking Mineração Rio do Norte (MRN) as a case study. The qualitative and exploratory research investigated integration practices and gender diversity policies implemented by the company between 2019 and 2023. The results show that organizational synergy contributed to greater operational efficiency, reduction of conflicts, and strengthening of collective engagement. Regarding female inclusion, a significant increase in women's participation in technical and leadership positions was observed, positively impacting organizational culture, innovation, and competitiveness. It is concluded that people management should be understood as a strategic differentiator in mining, capable of promoting productivity, sustainability, and the appreciation of human capital.

**Keywords:** People management; Synergy; Female inclusion; Mining; Organizational sustainability.

## **1. INTRODUÇÃO**

A gestão de pessoas é um dos pilares estratégicos das organizações modernas, sobretudo em setores de alta complexidade como a mineração, que exigem produtividade, segurança e sustentabilidade. Nesse contexto, práticas que incentivam a sinergia entre equipes e a inclusão de mulheres em ambientes historicamente masculinizados ganham relevância por promoverem inovação, engajamento e vantagem competitiva (CHIAVENATO, 2014; SCHILLING, 2005). Estudos da McKinsey & Company (2018) evidenciam que empresas com maior representatividade feminina em

cargos de liderança têm 21% mais chances de alcançar resultados financeiros superiores. Entretanto, a literatura ainda carece de pesquisas aplicadas ao setor de mineração brasileiro, no qual a presença feminina segue reduzida, apesar de avanços como os programas “Elas na Mineração” (IBRAM, 2021) e “Minerando Juntas” (MRN, 2020).

Diante disso, este estudo busca responder ao seguinte problema de pesquisa: como práticas de gestão de pessoas que promovem a sinergia entre equipes e a inclusão de mulheres podem contribuir para a produtividade e a sustentabilidade organizacional na mineração? O objetivo geral é analisar a contribuição da diversidade de gênero e da gestão colaborativa para o desempenho organizacional, tomando como referência a experiência da Mineração Rio do Norte (MRN), maior produtora de bauxita do Brasil. Especificamente, pretende-se avaliar os impactos do programa “Minerando Juntas” na ampliação da participação feminina, identificar efeitos dessas práticas no clima organizacional e compreender como elas se relacionam com inovação e sustentabilidade.

A relevância deste estudo está em preencher lacunas teóricas sobre gestão de pessoas em mineração, ao associar diversidade, sinergia e desempenho organizacional, e em fornecer subsídios práticos para políticas inclusivas e estratégias de gestão capazes de fortalecer a competitividade das mineradoras. O recorte temporal compreende o período de 2019 a 2023, quando a MRN implementou iniciativas estruturadas de promoção da equidade de gênero. Metodologicamente, trata-se de pesquisa qualitativa, de caráter exploratório, baseada em estudo de caso, com dados obtidos em relatórios institucionais, documentos oficiais, publicações corporativas e literatura acadêmica.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A gestão de pessoas é um elemento estratégico em qualquer organização, mas assume papel ainda mais relevante no setor de

mineração devido às suas características específicas: elevada complexidade técnica, riscos ocupacionais e necessidade constante de inovação. Segundo Chiavenato (2014), a gestão de pessoas envolve o planejamento, a organização e o desenvolvimento do capital humano como parte essencial da estratégia empresarial. No setor mineral, Schilling (2005) reforça que o capital humano é determinante para o avanço tecnológico, para a redução de acidentes e para a sustentabilidade operacional. Nesse sentido, estudos de Zoghbi-Manrique-de-Lara e Sánchez-Medina (2015) indicam que ambientes organizacionais que promovem confiança e apoio entre trabalhadores apresentam maior comprometimento e engajamento, reduzindo rotatividade e aumentando produtividade, o que se conecta de maneira direta ao setor de mineração, no qual equipes interdependentes precisam de colaboração constante para manter fluxos de trabalho seguros e eficientes.

A sinergia é entendida como o efeito multiplicador das competências individuais quando integradas de forma colaborativa. Katzenbach e Smith (2005) destacam que equipes de alta performance dependem de confiança mútua, comunicação aberta e objetivos comuns, enquanto Robbins e Judge (2013) reforçam que normas de grupo bem definidas e estruturas de papéis claras são essenciais para a eficácia coletiva. No setor de mineração, em que processos dependem da interação contínua entre diferentes áreas como operação, manutenção, logística e segurança, a sinergia se torna indispensável. Evidências empíricas, como estudos de caso na Vale S.A., demonstraram que programas de integração entre áreas administrativas e operacionais resultaram em elevação de 22% nos índices de produtividade (VALE, 2020). Além disso, pesquisas apontam que o uso de ferramentas digitais de colaboração e feedback em tempo real (DELOITTE, 2019) têm potencial para reduzir falhas, melhorar a comunicação e ampliar o engajamento organizacional. Apesar desses avanços, observa-se que grande parte das pesquisas sobre sinergia foca em setores industriais ou de serviços, enquanto ainda são escassos os estudos que abordam especificamente a mineração,

evidenciando uma lacuna que justifica a análise proposta neste trabalho.

A inclusão feminina em áreas técnicas e operacionais também se apresenta como uma tendência crescente e desafiadora no setor de mineração, tradicionalmente masculinizado. McKinsey & Company (2018) identificou que empresas com maior diversidade de gênero no topo da liderança têm 21% mais chances de lucratividade acima da média do setor. No Brasil, o programa “Elas na Mineração” (IBRAM, 2021) impulsionou práticas de equidade de gênero, resultando em crescimento de 39% no número de mulheres em funções operacionais entre 2017 e 2021. Pesquisas realizadas por Silva e Barbosa (2022), na Universidade Federal de Ouro Preto, demonstraram que mineradoras com políticas claras de inclusão atraem e retêm mais talentos femininos, além de fortalecerem sua imagem institucional. Para Catai (2021), a equidade de gênero deve ser compreendida não apenas como justiça social, mas também como estratégia de negócios capaz de promover inovação e sustentabilidade organizacional. O caso da Mineração Rio do Norte (MRN), com o programa “Minerando Juntas”, exemplifica esses avanços ao ampliar em 18% a participação feminina entre 2019 e 2020 e alcançar 25% em 2023, por meio de iniciativas como capacitação, adaptação de ambientes e campanhas de sensibilização. Ainda assim, persistem barreiras culturais e dificuldades de acesso a cargos de liderança, o que reforça a necessidade de mais estudos aplicados ao setor.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Procedimentos Metodológicos**

A pesquisa é de abordagem qualitativa, pois busca interpretar e compreender fenômenos organizacionais por meio da análise de práticas, documentos e percepções. Além disso, trata-se de uma pesquisa exploratória, uma vez que tem como propósito examinar um

tema ainda pouco abordado no setor mineral: a gestão estratégica da diversidade e o impacto da inclusão de mulheres em ambientes operacionais historicamente masculinizados” (SILVA, 2025, p. 12).

O estudo de caso foi escolhido como método de investigação por permitir uma análise aprofundada de uma organização específica. A Mineração Rio do Norte (MRN) foi selecionada devido ao seu histórico de ações voltadas à diversidade e à sinergia entre equipes, como o programa “Minerando Juntas”, que busca promover a inserção e valorização da mulher na mineração.

A coleta de dados foi realizada por meio das seguintes fontes:

- **Documentos institucionais e relatórios da MRN**, como o Relatório de Sustentabilidade 2020, que apresentam dados sobre a evolução da participação feminina na empresa e iniciativas de gestão de pessoas.
- **Artigos acadêmicos e estudos de mercado**, como relatórios da McKinsey (2018), que reforçam a correlação entre diversidade de gênero e desempenho organizacional.
- **Análise de conteúdo de publicações corporativas**, entrevistas divulgadas, campanhas institucionais e materiais internos da empresa.
- **Revisão bibliográfica**, baseada em autores clássicos e contemporâneos como Chiavenato (2014), Katzenbach e Smith (2005), e Sarti (2015), para embasar teoricamente os conceitos de gestão de pessoas, sinergia e diversidade.

A análise de conteúdo, baseada em diferentes fontes e na observação da cultura organizacional da MRN, identificou os principais fatores que promovem a sinergia entre equipes e a inclusão feminina. Os resultados evidenciaram avanços significativos na gestão de pessoas, com destaque para a cooperação entre colaboradores e o aumento da participação das mulheres em um setor tradicionalmente masculino, gerando impactos positivos em produtividade, inovação e sustentabilidade. (MRN,2021).

### 3.2 Resultados

No que diz respeito à sinergia entre equipes, observou-se que a empresa tem investido em práticas que favorecem a cooperação, como reuniões integradas de planejamento, treinamentos conjuntos e programas voltados ao fortalecimento da comunicação interna. Tais iniciativas resultaram em maior alinhamento entre setores, redução de conflitos interpessoais e melhoria no desempenho coletivo. Esse cenário evidencia que a integração das equipes não se restringe apenas ao cumprimento das tarefas, mas também envolve a construção de um ambiente de confiança e respeito mútuo. A interpretação desses achados demonstra que a sinergia organizacional contribui diretamente para a eficiência operacional e para a segurança das atividades, confirmando a relevância da gestão de pessoas como ferramenta estratégica no setor mineral. Refere à inclusão de mulheres, verificou-se um crescimento gradual da participação feminina em diferentes áreas da empresa, incluindo funções técnicas e cargos de liderança. Programas de recrutamento direcionados, ações de capacitação e políticas de equidade salarial têm favorecido não apenas a entrada, mas também a permanência de mulheres na organização. Relatório desenvolvido pela Women in Mining Brasil (WIM Brasil), em parceria com a EY People Advisory Services, revelou que as mulheres representam 17% da força de trabalho do setor mineral do país. Ainda de acordo com o relatório da WIN Brasil, 97% das empresas participantes da pesquisa disseram possuir um programa de Diversidade, Equidade e Inclusão estruturado. Para acompanhar essas mudanças, a MRN tem investido na ampliação de espaço para as mulheres por meio da implementação de práticas como a reformulação de programas de Trainee e Jovem Aprendiz, e ampliação do programa de Diversidade & Inclusão, o MRN pra Todos. Os resultados são vistos no dia a dia. Em 2021, a força feminina da MRN aumentou de 6,6% para 9,2%. Já em 2022, o quantitativo aumentou novamente para 11,8%. (MRN,2021).

Além disso, os depoimentos coletados indicam que a presença feminina vem promovendo mudanças culturais importantes, ampliando

a diversidade de perspectivas e fortalecendo a inovação dentro das equipes. A interpretação desses resultados sugere que a inclusão de mulheres não é apenas uma questão de justiça social, mas também um fator de competitividade, uma vez que contribui para a tomada de decisões mais abrangentes e eficazes.

Por fim, a análise conjunta desses elementos permitiu identificar impactos concretos na prática organizacional da MRN, como o aumento da satisfação dos colaboradores, a redução do índice de rotatividade feminina e o maior engajamento coletivo em práticas de segurança. Esses resultados demonstram que a integração entre sinergia de equipes e inclusão feminina fortalece a cultura organizacional e gera benefícios tanto para os trabalhadores quanto para a empresa como um todo. Do ponto de vista teórico, reforça-se a ideia de que a gestão de pessoas deve ser entendida como diferencial estratégico; já na prática, evidencia-se que a valorização da diversidade e do trabalho colaborativo é fundamental para a sustentabilidade e a inovação no setor de mineração. (MRN,2021).

### **3.3 Discussões**

Os resultados obtidos no estudo sobre a gestão de pessoas na Mineração Rio do Norte (MRN) permitem uma análise relevante quando comparados à literatura existente. A ênfase na sinergia entre equipes confirma o que Chiavenato (2014) destaca ao afirmar que a integração e a comunicação eficaz entre colaboradores são determinantes para o alcance de resultados organizacionais sustentáveis. De modo semelhante, Robbins e Judge (2017) reforçam que a coesão grupal reduz conflitos e aumenta a eficiência, aspectos evidenciados na prática pela redução de falhas e pelo maior comprometimento coletivo observados na empresa. Assim, os achados da MRN corroboram a teoria e demonstram que estratégias de integração podem ser aplicadas com êxito em setores de alto risco, como a mineração. (MRN,2021).

Quanto à inclusão de mulheres, os resultados dialogam com a literatura sobre diversidade e equidade de gênero no trabalho. Fleury

(2011) aponta que a pluralidade de perfis amplia a criatividade e a capacidade de inovação nas organizações, o que foi identificado no caso da MRN, onde a participação feminina contribui para mudanças culturais e maior diversidade de perspectivas. Ao mesmo tempo, os achados ampliam o conhecimento existente, pois evidenciam que, mesmo em um setor tradicionalmente masculinizado, é possível implementar políticas de inclusão que tragam ganhos concretos para a prática organizacional. (MRN,2021).

Do ponto de vista teórico, este estudo contribui ao reforçar a ideia de que a gestão de pessoas deve ser considerada um diferencial estratégico nas organizações, e não apenas um setor administrativo de apoio. Os resultados demonstram que tanto a sinergia entre equipes quanto a inclusão feminina impactam diretamente a cultura organizacional, a segurança operacional e a retenção de talentos, ampliando a base de evidências empíricas sobre a importância da gestão de pessoas em setores industriais. No campo prático, os achados oferecem subsídios para gestores e profissionais de recursos humanos que atuam na mineração, evidenciando que políticas inclusivas e estratégias de integração podem resultar em maior produtividade, engajamento e competitividade. (MRN,2021).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em síntese, o presente estudo reafirma que a gestão de pessoas constitui um pilar estratégico essencial para o fortalecimento da sustentabilidade organizacional na mineração. A análise do caso da Mineração Rio do Norte (MRN) demonstrou que iniciativas voltadas à sinergia entre equipes e à inclusão feminina não apenas promovem um ambiente mais justo e colaborativo, mas também resultam em ganhos concretos de produtividade, segurança e inovação.

Ao evidenciar que a diversidade e a cooperação são fatores que ampliam o engajamento e o desempenho coletivo, o estudo contribui para uma mudança de paradigma no setor minerário, tradicionalmente marcado por estruturas hierárquicas e baixa representatividade

feminina. A MRN mostra que a adoção de políticas inclusivas e integradoras é capaz de transformar a cultura organizacional, consolidando a imagem da empresa como referência em responsabilidade social e eficiência operacional.

Portanto, conclui-se que o investimento contínuo em gestão de pessoas, com foco em valorização do capital humano e equidade de oportunidades, é condição indispensável para o futuro da mineração sustentável. Cabe às organizações do setor reconhecerem que o verdadeiro diferencial competitivo não está apenas nos recursos minerais, mas nas pessoas que os transformam em valor econômico e social.

## REFERÊNCIAS

CATAI, C. Equidade de gênero como estratégia de negócios. *Revista Gestão e Sociedade*, v. 15, n. 42, 2021.

CHIAVENATO, I. *Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

FLEURY, M. T. L. Diversidade nas organizações: desafios e perspectivas. *Revista de Administração de Empresas – RAE*, v. 51, n. 1, p. 36-46, 2011.

IBRAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. *Elas na Mineração. Relatório Técnico*, 2021. Disponível em: <https://ibram.org.br>. Acesso em: 6 out. 2025.

KATZENBACH, J. R.; SMITH, D. K. *A sabedoria das equipes*. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

MINERAÇÃO RIO DO NORTE – MRN. *Minerando Juntas. Relatório Institucional*, 2020. Disponível em: <https://mrn.com.br>. Acesso em: 6 out. 2025.

ROBBINS, S. P.; JUDGE, T. A. *Comportamento organizacional*. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2013.

SILVA, A. C.; BARBOSA, P. *Inclusão de mulheres na mineração: desafios e perspectivas*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2022.

### CAPÍTULO 3

## **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO MECÂNICA**

### *ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE MAINTENANCE SYSTEM IN A MECHANICAL MANUFACTURING INDUSTRY*

**Alisson Siderman Ferreira**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
alissonsiderman@yahoo.com.br

**Joelma Estevam Fernandes Oliveira**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
joelmafernandes230@gmail.com

**Lucimara Oliveira Barros**

Rede de Ensino Doctum  
Rio Piracicaba - MG  
luoliveirabarros@yahoo.com.br

**Braulio Frances Barcelos**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0009-0009-4632-3925>  
braulio.barcelos@yahoo.com.br

**Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>  
brenomonlevade@gmail.com

### **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência do sistema de manutenção da Esmetal Indústria Mecânica de Transformação, buscando compreender seus principais desafios e propor estratégias para

otimização das práticas adotadas. A pesquisa foi orientada pela pergunta norteadora: quais estratégias e práticas podem ser utilizadas para otimizar e avaliar a eficiência do sistema de manutenção na empresa Esmetal Indústria Mecânica de Transformação?. Trata-se de uma investigação aplicada, exploratória e de abordagem quali-quantitativa, desenvolvida por meio de estudo de caso, análise documental, entrevistas com responsáveis pela manutenção e aplicação de questionários aos colaboradores. Os resultados evidenciaram que, embora existam iniciativas preventivas, o sistema ainda é marcado pela predominância de ações corretivas e por um planejamento limitado, o que compromete a confiabilidade dos ativos e eleva os custos operacionais. A análise dos indicadores de desempenho dos equipamentos críticos, Mandrilhadora Zocca e Ponte Rolante, revelou alta disponibilidade e confiabilidade, mas também fragilidades relacionadas ao tempo médio de reparo, especialmente na Mandrilhadora. O levantamento com os colaboradores apontou como principais obstáculos o planejamento ineficaz, a carência de mão de obra qualificada e a ausência de peças sobressalentes, além de sugerir melhorias como cronogramas preventivos, treinamentos, comunicação entre setores e modernização de ferramentas. Conclui-se que a consolidação de um Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) estruturado, aliado ao uso sistemático de indicadores de desempenho e à capacitação contínua da equipe, é essencial para reduzir o tempo de parada, aumentar a confiabilidade dos ativos e fortalecer a competitividade da empresa.

**Palavras- chave:** Manutenção industrial; Planejamento e Controle da Manutenção; Indicadores de desempenho; Eficiência operacional; Indústria metalmecânica.

## **ABSTRACT**

This study aims to analyze the efficiency of the maintenance system at Esmetal Industry, seeking to understand its main challenges and propose strategies to optimize the practices in place. The research was guided by the central question: what strategies and practices can be used to optimize and assess the efficiency of the maintenance system at Esmetal Industry? This is an applied, exploratory investigation with a qualitative and quantitative approach, developed through a case study,

document analysis, interviews with maintenance personnel, and questionnaires administered to employees. The results showed that, although preventive initiatives exist, the system is still characterized by a predominance of corrective actions and limited planning, which undermines asset reliability and increases operational costs. The analysis of performance indicators for critical equipment—specifically the Zocca Boring Machine and the Overhead Crane—revealed high availability and reliability, but also weaknesses related to the mean time to repair, particularly for the Boring Machine. The employee survey identified ineffective planning, a shortage of qualified labor, and the lack of spare parts as the main obstacles, while suggesting improvements such as preventive maintenance schedules, training programs, enhanced inter-departmental communication, and modernization of tools. It is concluded that consolidating a structured Maintenance Planning and Control (MPC) system, combined with the systematic use of performance indicators and continuous staff training, is essential to reduce downtime, increase asset reliability, and strengthen the company's competitiveness.

**Keywords:** Industrial maintenance; Maintenance Planning and Control; Performance indicators; Operational efficiency; Metalworking industry.

## 1 INTRODUÇÃO

A industrialização sempre foi o fator mais poderoso no processo de aceleração do crescimento econômico. O setor industrial tem um impacto dinâmico em outros setores da economia e em todo o ambiente social e institucional. A indústria de máquinas e equipamentos é um setor chave no processo de industrialização e desenvolvimento econômico de um país, fornecendo máquinas e equipamentos que mudam as condições de produção agrícola e industrial (Marson, 2014).

Contudo, a indústria é importante para o desenvolvimento econômico, ao integrar novos conhecimentos tecnológicos ao processo de produção e melhora a produtividade e a eficiência do sistema econômico com a introdução de novos bens de capital (Marson, 2014). A forma mais comum de aprimoramento tecnológico no processo de

industrialização é por meio da mudança tecnológica, principalmente o desenvolvimento de máquinas para fabricar máquinas.

A manutenção industrial é um fator determinante para garantir a continuidade e a eficiência das operações nos setores produtivos, especialmente em indústrias de transformação mecânica, onde a precisão e a confiabilidade dos equipamentos são fundamentais para a produção de peças e componentes. Nesses contextos, o sistema de manutenção deve assegurar que os ativos operem em condições ideais, minimizando falhas, otimizando o tempo de operação e reduzindo os custos operacionais.

Nessa perspectiva o problema de pesquisa que orienta este estudo é: quais estratégias e práticas podem ser utilizadas para otimizar e avaliar a eficiência do sistema de manutenção na empresa Esmetal Indústria Mecânica de Transformação?

Com a finalidade de responder ao problema de pesquisa, o objetivo geral do trabalho é propor estratégias para otimizar a eficiência do sistema de manutenção na empresa Esmetal Indústria Mecânica de Transformação. Já os objetivos específicos são identificar os principais desafios no gerenciamento do sistema de manutenção; analisar as práticas e indicadores utilizados no sistema de manutenção; apresentar soluções e práticas de manutenção que contribuam para aumentar a eficiência operacional, otimização dos recursos e sustentabilidade das operações.

A justificativa para este estudo está pautada na relevância estratégica da manutenção para o desempenho da empresa Esmetal. Um sistema de manutenção bem estruturado proporciona maior disponibilidade dos ativos, reduz custos operacionais e aumenta a produtividade, fortalecendo a competitividade da empresa no mercado. Além do impacto interno, esta pesquisa também tem relevância acadêmica e setorial, ao contribuir com práticas e referências aplicáveis a outras empresas do ramo de transformação mecânica que enfrentem desafios semelhantes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Desafios no Gerenciamento do Sistema de Manutenção Industrial

O gerenciamento da manutenção industrial é um fator estratégico para a produtividade e competitividade das organizações. No entanto, sua efetiva implementação enfrenta diversos desafios que comprometem o desempenho dos ativos e dos processos produtivos. Tais desafios são agravados por questões técnicas, estruturais e humanas que afetam diretamente a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos industriais (Azevedo *et al.*, 2024).

Um dos entraves mais significativos é a predominância de intervenções corretivas em detrimento das estratégias planejadas. Azevedo *et al.*, (2024) apontam que a ausência de um sistema estruturado de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) leva a uma atuação majoritariamente reativa, aumentando os custos, gera perdas de produção e reduz a vida útil dos equipamentos.

Ademais, o uso inadequado ou inexistente de indicadores de desempenho dificulta a avaliação precisa das ações de manutenção. Ainda segundo Azevedo *et al.*, (2024), indicadores como MTBF (*Mean Time Between Failures*), MTTR (*Mean Time To Repair*), disponibilidade e custos de manutenção são essenciais para o monitoramento contínuo do desempenho dos equipamentos. No entanto, muitos gestores ainda tomam decisões com base em percepções empíricas, em vez de dados objetivos.

Formigoni *et al.*, (2024) ressaltam que, embora a manutenção preditiva permita reduzir paradas não planejadas e aumentar a confiabilidade dos equipamentos, sua implementação exige sensores, sistemas de coleta de dados e softwares de análise, além de técnicos preparados para interpretar os dados. Nesse contexto, “a implementação eficaz da manutenção preditiva requer não somente tecnologias avançadas de monitoramento, mas também uma cultura

organizacional que valorize a análise de dados” (Formigoni *et al.*, 2024, p. 168).

Outro desafio recorrente é a falta de integração entre os setores industriais. A comunicação deficiente entre produção, engenharia e manutenção resulta em conflitos na priorização de intervenções e na alocação de recursos, como também na escassez de profissionais com formação adequada. Segundo Azevedo *et al.*, (2024), a inexistência de um fluxo de informações claro compromete o alinhamento das atividades de manutenção com os objetivos estratégicos da empresa, impactando negativamente a tomada de decisão.

Diante desses desafios, torna-se evidente que o gerenciamento eficaz da manutenção industrial exige uma abordagem sistêmica. Isso inclui a estruturação de um PCM ativo, o uso sistemático de indicadores, o investimento em tecnologia e a capacitação contínua da equipe. Sem essas medidas, a manutenção permanece como um centro de custos reativo, em vez de atuar como um vetor de confiabilidade, produtividade e vantagem competitiva.

## **2.2 Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)**

O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) configura-se como uma função estratégica essencial para a gestão de ativos físicos nas organizações industriais. De acordo com Azambuja *et al.*, (2024), o PCM compreende o conjunto de ações que envolvem desde a definição das estratégias de manutenção até a execução, o acompanhamento e a melhoria contínua dos processos envolvidos.

Ainda segundo Azambuja *et al.*, (2024), a atuação dos programadores de manutenção é determinante para o bom funcionamento das instalações industriais, sendo responsabilidade desses profissionais o planejamento, a programação e a distribuição das ordens de serviço entre os técnicos. Essa organização, quando bem estruturada, resulta em ganhos de produtividade e segurança operacional.

Uma gestão eficiente do PCM depende da integração com outras áreas da empresa, como produção, engenharia e segurança, de

modo a garantir uma abordagem sistêmica. Segundo Bedeschi et al., (2023, p.130), “os planos de manutenção devem traduzir toda a estratégia de manutenção estabelecida pela organização, disponibilizando informações e orientações precisas para a execução das atividades”.

Dessa forma, o PCM não deve ser entendido somente como uma função operacional, mas como parte integrante da estratégia organizacional, capaz de gerar valor ao negócio por meio da maximização da eficiência dos ativos, da mitigação de riscos e da elevação dos padrões de confiabilidade e segurança das operações industriais.

## 2.3 Indicadores de Desempenho na Manutenção

No contexto da gestão da manutenção industrial, os indicadores de desempenho são instrumentos fundamentais para o controle dos custos operacionais. Por meio de métricas como MTBF (Tempo Médio entre Falhas), MTTR (Tempo Médio de Reparo), disponibilidade, indisponibilidade e custos de manutenção, é possível avaliar a eficácia das ações de manutenção e seu impacto direto na produtividade e lucratividade das organizações.

Os indicadores de desempenho, como MTBF, MTTR e a disponibilidade dos equipamentos, são ferramentas fundamentais para monitorar e controlar a eficiência do setor de manutenção (Azevedo *et al.*, 2024). Segundo Pereira (2023), a gestão eficaz dos indicadores proporciona ganhos tangíveis e intangíveis, especialmente na redução de custos e na melhoria do tempo de vida útil dos equipamentos. Além disso, a integração desses indicadores com o PCM permite que empresas implementem medidas preventivas e corretivas com maior assertividade.

### a) Indicador MTBF (*Mean Time Between Failures*)

O tempo médio entre falhas (MTBF) mede a confiabilidade de um equipamento ao indicar o intervalo médio de funcionamento

contínuo sem falhas. Segundo Azevedo et al. (2024), o MTBF é obtido pela razão entre o tempo líquido de funcionamento do equipamento e o número de falhas no período analisado. Assim, quanto maior o MTBF, maior é a confiabilidade e, conseqüentemente, menor o impacto de falhas sobre os custos operacionais.

Para ampliar esse indicador, torna-se necessário reduzir a frequência de falhas, o que pode ser alcançado por meio de melhorias na manutenção preventiva. Como apontam os autores, "o tempo de manutenção não possui impacto direto sobre o MTBF; a única forma de modificá-lo é pela redução da frequência de falhas" (Azevedo *et al.*, 2024, p. 4). Isso reforça a importância de práticas proativas que garantam maior longevidade aos ativos industriais.

Gregório (2018, p. 165) diz que o cálculo do MTBF é feito da seguinte fórmula:

$$MTBF = \frac{\text{somatório das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{número de paradas para manutenção corretiva}}$$

A fórmula do MTBF (Tempo Médio entre Falhas) é calculada dividindo-se o somatório das horas de trabalho em bom funcionamento pelo número de paradas para manutenção corretiva. Ela indica, em média, quanto tempo um equipamento opera sem falhas entre duas intervenções corretivas. Quanto maior o MTBF, maior é a confiabilidade do equipamento.

#### b) Indicador MTTR (*Mean Time to Repair*)

O tempo médio de reparo (MTTR) está associado à manutenibilidade dos ativos, ou seja, à facilidade e rapidez com que uma falha pode ser corrigida. Esse indicador é calculado a partir da razão entre o tempo total de reparos e o número de falhas ocorridas. Conforme destaca Azevedo *et al.*, (2024, p.5), "deseja-se que o MTTR seja o menor possível, pois isso significa maior disponibilidade e menor impacto nos custos operacionais".

De acordo com Gregório (2018, p. 165), o MTTR (*Mean Time to Repair*), ou Tempo Médio para Reparo, é obtido dividindo-se o somatório dos tempos de reparo pelo número de intervenções realizadas. Essa fórmula indica, em média, quanto tempo é necessário para restaurar o funcionamento de um equipamento após uma falha.

$$MTTR = \frac{\text{somatório de tempos de reparo}}{\text{número de intervenções realizadas}}$$

Altos valores de MTTR podem indicar deficiências na gestão de peças de reposição, falta de capacitação da equipe ou complexidade dos sistemas. A redução deste indicador contribui diretamente para a diminuição do tempo de inatividade e, por consequência, para a mitigação de prejuízos associados à ociosidade dos recursos produtivos.

### c) Indicador de Disponibilidade e Indisponibilidade

A disponibilidade operacional é definida como a razão entre o tempo em que o equipamento está efetivamente operando e o tempo total considerado. Sua contraparte, a indisponibilidade, representa o tempo em que o ativo está fora de operação por motivos de falha, manutenção ou espera de peças.

O equilíbrio entre disponibilidade e confiabilidade é essencial para garantir um PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) eficiente. Azevedo *et al.*, (2024, p.1) enfatizam que a análise desses indicadores permite "mensurar, analisar, melhorar e controlar o setor de manutenção". Já Souza e Alencar (2024) argumentam que, ao aplicar a manutenção centrada em confiabilidade (MCC), é possível maximizar a disponibilidade por meio da priorização de modos de falha e estratégias preventivas bem planejadas.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Procedimentos Metodológicos**

Esta pesquisa é classificada como uma pesquisa aplicada, conforme Matias-Pereira (2016), ao ter como objetivo gerar conhecimentos que possam ser implementados de forma prática para resolver problemas específicos que, no caso deste estudo, são enfrentados pela Esmetal Indústria Mecânica de Transformação. A pesquisa é direcionada para questões concretas e interesses locais, com foco em soluções práticas para desafios reais no sistema de manutenção industrial.

Em relação ao objetivo, esta pesquisa é caracterizada como exploratória. Esse tipo de estudo, conforme descrito por Sampieri, Collado e Lucio (2013), é ideal para investigar assuntos que ainda não foram amplamente examinados ou que apresentam incertezas significativas. Assim, esta pesquisa explora novas perspectivas sobre os desafios do sistema de manutenção na Esmetal, com base em levantamentos bibliográficos e no estudo de caso, servindo como ponto de partida para formulação de hipóteses e compreensão de problemas.

Quanto à abordagem, o estudo é quali-quantitativo. A abordagem quali-quantitativa é empregada para interpretar os fenômenos e os significados atribuídos a eles, conforme é destacado por Creswell e Creswell (2021).

Para os procedimentos técnicos, optou-se pelo estudo de caso. De acordo com Matias-Pereira (2016), esta metodologia permite uma análise detalhada de um objeto específico, promovendo uma compreensão profunda sobre o funcionamento e os desafios do sistema de manutenção da Esmetal. A coleta de dados foi realizada por meio de análise documental e entrevistas com os 2 responsáveis pela manutenção e aplicação de questionário para 16 funcionários, garantindo a obtenção de informações relevantes para o desenvolvimento do trabalho.

### 3.2 Resultados

A análise documental e o levantamento de dados junto aos colaboradores permitiram avaliar a eficiência do sistema de manutenção da Esmetal Indústria Mecânica de Transformação, destacando os principais indicadores, desafios e percepções sobre as práticas adotadas.

Inicialmente, foram examinados os relatórios de manutenção dos equipamentos Mandrilhadora Zocca e Ponte Rolante, considerados críticos para a produção.

Na Mandrilhadora Zocca, registraram-se 21 intervenções ao longo de sete anos, sendo 14 preventivas (66,7%) e 7 corretivas (33,3%), que totalizaram 179 horas de paradas. A corretiva mais relevante envolveu a troca da coroa de giro da mesa, pinos cônicos e óleo, ocasionando 80 horas de inatividade.

Quadro 1 – Resultado dos Indicadores de Desempenho da Mandrilhadora Zocca

Indicador	Resultado
Manutenções corretivas	7
Tempo total corretivo	179h
MTTR	25h34 min
MTBF	9.195,4h
Disponibilidade	99,72%
Indisponibilidade	0,28%

Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

O Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) atingiu o valor de 9.195,4 horas. Este resultado é particularmente notável, indicando que, em média, o equipamento opera por cerca de mais de um ano (aproximadamente 383 dias) antes de experimentar uma nova falha.

O indicador de Disponibilidade foi calculado em 99,72%, resultando em uma Indisponibilidade de somente 0,28%, sinalizando que a Mandrilhadora está disponível para produzir por quase a totalidade do tempo. O MTTR foi estabelecido em 25h34min. Este valor representa o tempo médio que o equipamento permanece fora de operação a cada falha, somando um Tempo Total de Reparo de 179 horas ao longo do período.

Na Ponte Rolante, observaram-se 24 manutenções nos últimos três anos, sendo 18 preventivas (75%) e 6 corretivas (25%). As paradas totalizaram 45h10min.

Quadro 2 – Resultado dos Indicadores de Desempenho da Ponte Rolante

<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>
Nº de Manutenções Corretivas	6
Tempo Total Corretivo	45h10min
MTTR	7h32min
MTBF	4.620 h
Disponibilidade	99,84%
Indisponibilidade	0,16%

Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

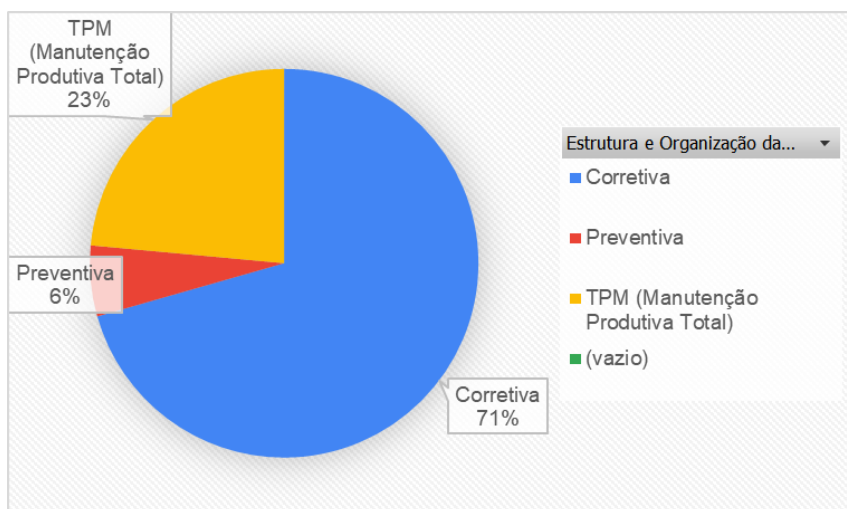
O Tempo Médio Para Reparo (MTTR) é um dos destaques do desempenho, com um valor de apenas 7h32min. O Tempo Total Corretivo ficou definido em 45h10min no período.

O Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) atingiu 4.620 horas. Este valor significa que a Ponte Rolante opera, em média, por mais de seis meses entre paradas por falhas. O resultado de Disponibilidade de 99,84%, com uma Indisponibilidade de 0,16%. Este é o indicador final que sintetiza a performance do ativo. A alta disponibilidade atesta que o tempo de operação da Ponte Rolante é raramente comprometido. Esta excelência é diretamente atribuível ao MTTR muito baixo (7h32min), que consegue compensar e mitigar rapidamente o efeito das 6 falhas ocorridas no longo período de análise.

Para complementar a análise, aplicou-se um questionário a 17 colaboradores de diferentes setores. O grupo é composto majoritariamente por profissionais experientes, sendo que 11 deles atuam na empresa há mais de 14 anos.

De acordo com o Gráfico 1, a manutenção corretiva é predominante, representando 71% das ações realizadas, enquanto a preventiva corresponde a 6% e a TPM (Manutenção Produtiva Total) a 23%. Esses resultados confirmam a prevalência de práticas reativas.

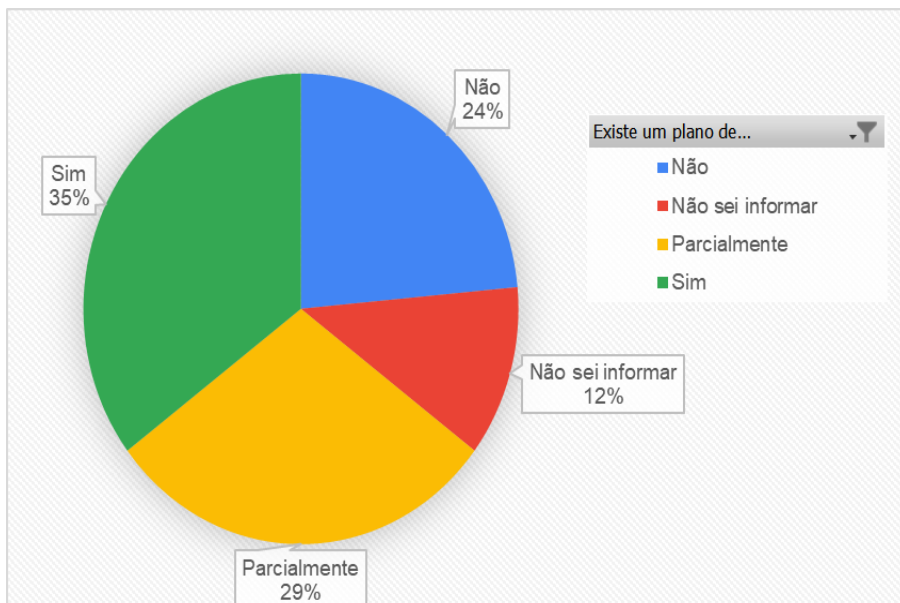
Gráfico 1 – Tipos de manutenção utilizados na empresa



Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

Quanto à existência de um plano de manutenção preventiva estruturado e seguido regularmente, o Gráfico 2 mostra que 35% dos colaboradores afirmaram que ele é aplicado integralmente, 29% disseram que é seguido parcialmente, 24% indicaram que não existe e 12% não souberam informar. Isso evidencia a falta de padronização e de acompanhamento sistemático das ações preventivas.

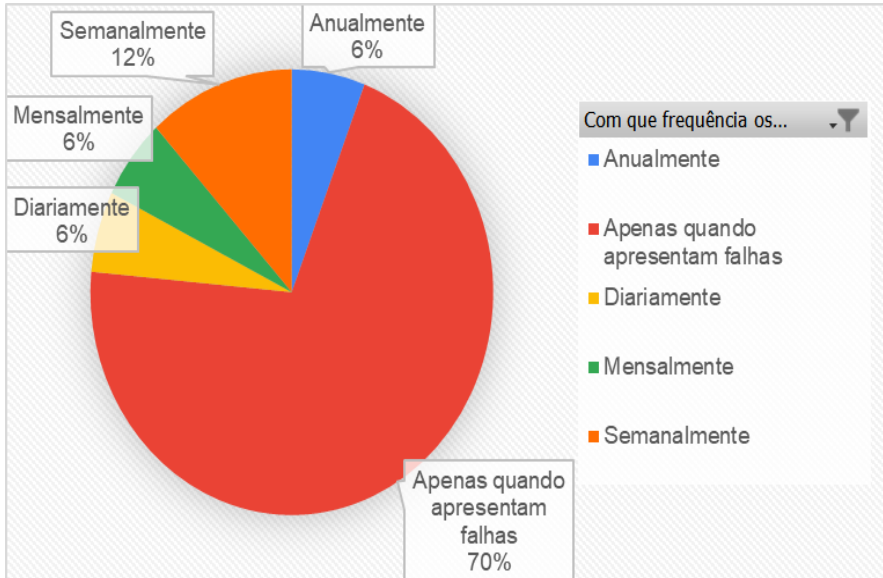
Gráfico 2 – Percepção dos colaboradores sobre a existência de um plano de manutenção preventiva



Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

No que se refere à frequência de inspeções dos equipamentos, o Gráfico 3 revela que 6% afirmaram que são inspecionadas anualmente, 70% apenas quando apresenta falhas nos equipamentos, 6% disseram ocorrem inspeções diariamente, outros 6% que ocorrem inspeções mensalmente e 12% que as inspeções ocorrem semanalmente. A falta de constância nas inspeções reforça a carência de um controle sistemático sobre os ativos.

Gráfico 3 – Frequência de inspeção dos equipamentos



Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

Dando continuidade à análise, buscou-se compreender os principais desafios enfrentados pelo setor de manutenção. Conforme o levantamento, 47% dos colaboradores apontaram o planejamento ineficaz como principal obstáculo, 29% a falta de mão de obra qualificada e 18% a ausência de peças sobressalentes, enquanto 6% não souberam informar. Esses dados reforçam a necessidade de uma gestão mais estruturada, com foco em planejamento eficiente, capacitação e disponibilidade de recursos.

Em relação à eficiência do sistema de manutenção, 70% dos respondentes o consideram parcialmente eficiente, 18% o classificam como eficiente e 12% o veem como ineficiente. Esse cenário demonstra que, embora existam avanços pontuais, o sistema ainda carece de melhorias estruturais relacionadas ao planejamento, controle e padronização das atividades.

Sobre a redução do tempo de parada dos equipamentos, 59% dos colaboradores afirmaram que houve melhora, mas ainda há ajustes necessários; 23% disseram não perceber mudanças e 18% relataram redução significativa. Esses resultados indicam que as ações adotadas vêm gerando impactos positivos, porém ainda insuficientes para garantir estabilidade e eficiência contínuas.

Na questão aberta sobre possíveis melhorias no sistema de manutenção, 9 dos 17 colaboradores (53%) apresentaram sugestões agrupadas em seis temas principais: manutenção preventiva e cronogramas definidos (22%), treinamentos e capacitação (22%), melhoria na comunicação entre setores (22%), checklists diários (11%), aperfeiçoamento dos sistemas de informação (11%) e modernização de ferramentas e processos (11%). As respostas demonstram consciência da equipe quanto à importância do planejamento, da qualificação profissional e da inovação tecnológica.

De forma geral, os resultados confirmam que a Esmetal possui práticas de manutenção já estruturadas, mas ainda marcadas por ações corretivas e planejamento limitado. A consolidação de um Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) robusto, aliado à capacitação contínua e à integração entre setores, é essencial para elevar a confiabilidade dos equipamentos e a eficiência operacional da empresa.

### **3.3 Discussão**

A análise dos resultados evidencia que o sistema de manutenção da Esmetal Indústria Mecânica de Transformação apresenta avanços pontuais, mas ainda se encontra em um estágio predominantemente corretivo. Essa característica impacta diretamente a confiabilidade dos equipamentos e a eficiência produtiva, confirmando a percepção dos colaboradores de que o planejamento é ineficaz e pouco sistematizado. A predominância de ações reativas, apontada por 71% dos respondentes, reforça a ausência de um Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) estruturado, conforme destacado por

Azevedo et al. (2024), que relacionam a falta de planejamento à elevação dos custos e à redução da vida útil dos ativos.

Os indicadores de desempenho analisados nos equipamentos críticos Mandrilhadora Zocca e Ponte Rolante revelam contrastes importantes. A Mandrilhadora apresentou MTBF elevado (9.195,4 horas) e disponibilidade de 99,72%, sugerindo confiabilidade satisfatória, embora o tempo médio de reparo (25h34min) indique necessidade de maior padronização de procedimentos e capacitação técnica para reduzir o impacto das falhas. Já a Ponte Rolante demonstrou desempenho ainda mais favorável, com MTBF de 4.620 horas, MTTR de apenas 7h32min e disponibilidade de 99,84%. Esses resultados confirmam que, quando há maior controle sobre as intervenções, a confiabilidade operacional é ampliada. Contudo, mesmo nesses casos, a predominância de manutenções corretivas evidencia fragilidade na gestão preventiva e preditiva.

Os dados do questionário complementam essa análise ao revelar lacunas estruturais e humanas. A percepção de que apenas 35% dos colaboradores reconhecem a existência de um plano preventivo aplicado integralmente, somada à constatação de que 47% apontam o planejamento ineficaz como principal obstáculo, confirma a necessidade de fortalecer o PCM como ferramenta estratégica. Além disso, a carência de mão de obra qualificada (29%) e a ausência de peças sobressalentes (18%) demonstram que os desafios não se limitam ao planejamento, mas envolvem também recursos humanos e logísticos, em consonância com Formigoni et al. (2024), que destacam a importância da capacitação e da integração tecnológica para a eficácia da manutenção preditiva.

As sugestões apresentadas pelos colaboradores como cronogramas preventivos, treinamentos, melhoria da comunicação entre setores e modernização de ferramentas, reforçam a relevância de uma abordagem participativa na gestão da manutenção. Tais propostas evidenciam que a equipe reconhece os pontos críticos e está disposta a contribuir para o aprimoramento do sistema, o que se alinha à perspectiva de Bedeschi et al. (2023), segundo a qual os planos de

manutenção devem refletir a estratégia organizacional e integrar diferentes áreas da empresa.

De forma geral, os resultados confirmam que a Esmetal possui uma base de práticas operacionais que podem ser aprimoradas por meio da consolidação de um PCM robusto, sustentado em indicadores de desempenho e rotinas padronizadas. A adoção de práticas preventivas e preditivas, aliada à capacitação contínua e à integração entre setores, permitirá reduzir a frequência de falhas, aumentar a disponibilidade dos equipamentos e elevar a confiabilidade operacional. Assim, o fortalecimento da cultura de manutenção preventiva emerge como caminho essencial para a evolução da eficiência produtiva e competitiva da empresa.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo realizado permitiu compreender de forma ampla a eficiência do sistema de manutenção da Esmetal Indústria Mecânica de Transformação, evidenciando avanços pontuais, mas também fragilidades estruturais que comprometem a confiabilidade dos ativos e a produtividade da empresa. A predominância de ações corretivas, associada à ausência de um Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) robusto, confirma que o setor ainda opera de maneira reativa, elevando custos e reduzindo a previsibilidade das operações.

A análise dos indicadores de desempenho dos equipamentos críticos Mandrilhadora Zocca e Ponte Rolante, demonstrou que, embora haja resultados positivos em termos de disponibilidade e confiabilidade, o tempo médio de reparo (MTTR) ainda revela necessidade de maior padronização de procedimentos e capacitação técnica. Esses dados reforçam que a eficiência não depende apenas da execução das manutenções, mas da integração de práticas preventivas e preditivas sustentadas por indicadores consistentes.

As percepções dos colaboradores complementam essa análise ao apontar como principais desafios o planejamento ineficaz, a carência de mão de obra qualificada e a falta de peças sobressalentes. As

sugestões apresentadas como cronogramas preventivos, treinamentos, melhoria da comunicação entre setores e modernização de ferramentas, demonstram consciência da equipe sobre os pontos críticos e indicam caminhos viáveis para o fortalecimento da cultura preventiva.

Diante desse cenário, conclui-se que a consolidação de um PCM estruturado, aliado ao uso sistemático de indicadores de desempenho e à capacitação contínua da equipe, é essencial para reduzir o tempo de parada, aumentar a confiabilidade dos ativos e elevar a competitividade da empresa. Além de contribuir para o aprimoramento interno da Esmetal, este trabalho oferece subsídios práticos e acadêmicos para outras indústrias do setor metalmeccânico que enfrentam desafios semelhantes, reforçando a manutenção industrial como instrumento estratégico de gestão, produtividade e sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

AZAMBUJA, Lilian Gonçalves da Silva de; GARBIN, Fernanda Gobbi de Boer; ALBANO, Cláudio Sonáglio; CARVALHO, Maurício Nunes Macedo de. **Análise e documentação do processo de planejamento e controle da manutenção em uma usina termoeletrica: um estudo de caso.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 44., 2024, Porto Alegre. Anais.... Porto Alegre: ABEPRO, 2024.

AZEVEDO, T. C. de et al. **Engenharia de manutenção: uma revisão de indicadores de manutenção e suas inter-relações.** Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 5, n. 2, p. 1–10, 2024.

BEDESCHI, G. J. de A. et al. **Planejamento e controle de manutenção em uma cabine de jato de areia em uma metalúrgica.** Serra/ES: Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX, 2023.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786581334192/>. Acesso em: 6 abr. 2025.

FORMIGONI, J. W. et al. **A importância da manutenção preditiva na continuidade operacional: revisão bibliográfica dos impactos nos**

**processos de produção.** Prospectus – FATEC Itapira, v. 6, n. 1, p. 161–195, 2024.

GREGÓRIO, José da Silva. **Manutenção industrial: conceitos, indicadores e gestão.** São Paulo: Érica, 2018.

MARSON, Michel Deliberali. **A evolução da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil: Dedini e Romi, entre 1920 e 1960.** Nova Economia, Belo Horizonte, v. 24, n. 3, p. 685-710, set./dez. 2014.

MATIAS-PEREIRA, José. **Manual de metodologia da pesquisa científica.** 4. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2016. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597008821/>. Acesso em: 6 abr. 2025.

PEREIRA, André Luiz. **Gestão de indicadores de manutenção: uma abordagem estratégica.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2023.

SAMPIERI, Roberto H.; COLLADO, Carlos F.; LUCIO, María D. P. B. **Metodologia de pesquisa.** 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788565848367/>. Acesso em: 6 abr. 2025.

SOUZA, Ricardo Pires de; ALENCAR, Flaviano Samel Pinheiro. **Revisão da literatura sobre a manutenção centrada em confiabilidade (MCC).** Revista Foco, v. 17, n. 11, p. 1-15, 2024.

## **APÊNDICE A - Questionário – Análise da eficiência do sistema de manutenção em uma indústria de transformação mecânica**

Este apêndice apresenta o instrumento de coleta de dados aplicado aos colaboradores da empresa objeto deste estudo. As perguntas foram organizadas em blocos temáticos: dados pessoais/perfil, estrutura e organização da manutenção, indicadores de eficiência, melhoria contínua e gestão.

1. E-mail.
2. Cargo atual na empresa.
3. Tipo de manutenção mais utilizado na empresa.
4. Tempo de atuação na empresa.
5. Existe um plano de manutenção preventiva estruturado e seguido regularmente?
6. Com que frequência os equipamentos são inspecionados?
7. A manutenção tem conseguido reduzir o tempo de parada dos equipamentos?
8. A produção é frequentemente impactada por falhas em equipamentos?
9. A equipe de manutenção possui capacitação adequada para lidar com os equipamentos atuais?
10. Com que frequência a equipe de manutenção recebe treinamentos?
11. A manutenção participa de reuniões de melhoria contínua ou de análise de falhas?
12. Quais os maiores desafios enfrentados pelo setor de manutenção atualmente?
13. Você acredita que o sistema de manutenção atual é eficiente?
14. Na sua opinião, o que poderia ser feito para melhorar a eficiência do sistema de manutenção da empresa?

**ANEXO A – Relatório de Manutenção Ponte Rolante**

Esmetal Ltda.		SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE ESMETAL			
TÍTULO					
MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MÁQUINAS OPERATRIZES					
Data	Tipo de Manutenção	Duração	Executante	Descrição	
25/04/23	prevent.	0:30	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
12/06/23	prevent.	0:30	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
30/08/23	prevent.	4:00	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica, Troca das lonas do freio de elevação.	
19/10/23	prevent.	0:30	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
22/12/23	prevent.	0:30	marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
12/02/24	prevent.	0:30	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
24/04/24	prevent.	0:30	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica, regular freio de elevação	
23/06/23	prevent.	0:30	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
11/07/23	corret.	20:00	Luciano Marcos	Troca dos rolamentos das rodas de tração, Troca do anel elástico, ajuste lubrificação.	
18/08/23	prevent.	1:00	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
20/10/23	prevent.	1:00	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
18/12/23	prevent.	1:00	marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
08/01/24	prevent.	4:00	Luciano Marcos	Troca do motor de elevação.	
26/02/24	corret.	4:00	Luciano Marcos	Troca de motor de elevação e troca de controladores LC1DBM2.	
19/04/24	prevent.	0:30	marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
21/06/24	prevent.	4:30	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica, Troca dos pinos do eixo de translação do carrinho, Troca das lonas do freio do moitão.	
11/07/24	corret.	12:00	Luciano Marcos	Troca do motor de elevação.	

SQE Sistema de Gestão da Qualidade Esmetal - Manutenção Preventiva de Máquinas Operatrizes - Formulário F9 05/2019/002

Esmetal Ltda.		SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE ESMETAL			
TÍTULO					
MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MÁQUINAS OPERATRIZES					
Data	Tipo de Manutenção	Duração	Executante	Descrição	
16/02/25	prevent.	1:00	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
11/10/24	corret.	1:00	Luciano Marcos	Regular freio do moitão.	
02/03/25	prevent.	1:00	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
03/04/25	corretiva	3:00	marcos	Troca dos controladores de transição LC1DBM2	
20/10/25	prevent.	1:00	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	
18/06/25	corret.	5:00	Luciano Marcos	Troca do motor de elevação.	
23/08/25	prevent.	1:00	Luciano Marcos	Revisão elétrica e mecânica.	

SQE Sistema de Gestão da Qualidade Esmetal - Manutenção Preventiva de Máquinas Operatrizes - Formulário F9 05/2019/002



## CAPÍTULO 4

### ANÁLISE DO PROCESSO DE COMPRAS DA CONSTRUTORA LIMAC

#### *ANALYSIS OF THE PURCHASING PROCESS OF CONSTRUTORA LIMAC*

**Daniele Souza Azevedo**

Rede de Ensino Doctum

João Monlevade - MG

aluno.daniele.azevedo@doctum.edu.br

**Raíssa Monteiro dos Santos Ferreira**

Rede de Ensino Doctum

João Monlevade - MG

raissa.monteiro2021@gmail.com

**Bráulio Frances Barcelos**

Rede de Ensino Doctum

João Monlevade - MG

ORCID: 0009-0009-4632-3925

braulio.barcelos@yahoo.com

**Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum

João Monlevade - MG

<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>

brenomonlevade@gmail.com

## RESUMO

A gestão de compras constitui um dos elementos mais estratégicos da construção civil, por impactar diretamente nos custos, nos prazos e na qualidade das obras. Este trabalho teve como objetivo analisar o processo de compras da Construtora Limac, identificando suas práticas, falhas e potencialidades, a fim de propor melhorias que contribuam para a eficiência e a sustentabilidade da organização. Para tanto, foi adotada uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e caráter exploratório, desenvolvida por meio de um estudo de caso. Foram

utilizadas pesquisa bibliográfica, documental e entrevistas semiestruturadas com colaboradores da empresa. Os resultados revelaram que, embora o processo de compras da empresa seja funcional, ainda apresenta limitações relacionadas à dependência de fornecedores, ausência de indicadores de desempenho, baixa integração intersetorial e pouca utilização de ferramentas digitais.

**Palavras-chave:** gestão de compras; construção civil; sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

Purchasing management is one of the most strategic elements in the construction industry, as it directly impacts project costs, deadlines, and quality. This study aimed to analyze the purchasing process of Construtora Limac, identifying its practices, shortcomings, and potential, in order to propose improvements that contribute to the organization's efficiency and sustainability. To achieve this, an applied research approach with a qualitative and exploratory nature was adopted, developed through a case study. Bibliographic and documentary research methods, as well as semi-structured interviews with company employees, were used. The results revealed that, although the company's purchasing process is functional, it still presents limitations related to supplier dependency, lack of performance indicators, low interdepartmental integration, and limited use of digital tools.

**Keywords:** purchasing management; construction industry; sustainability.

## **1 INTRODUÇÃO**

A gestão de compras tem se consolidado como um dos elementos mais estratégicos para o sucesso das organizações, especialmente em setores de alta competitividade, como a construção civil. Nesse segmento, a aquisição de materiais e serviços representa uma parcela significativa dos custos de produção e impacta diretamente na qualidade das obras e no cumprimento dos prazos estabelecidos.

Dessa forma, compreender e aprimorar os processos de compras torna-se fundamental para garantir eficiência operacional e sustentabilidade financeira. Além disso, o setor da construção civil desempenha papel central no desenvolvimento econômico e social, aumentando a relevância de pesquisas que busquem soluções para sua modernização e otimização.

Historicamente, a área de compras foi vista como uma função meramente operacional, voltada ao simples abastecimento de insumos. Contudo, nas últimas décadas, sua importância cresceu, integrando o núcleo da estratégia empresarial, com influência direta na competitividade, na relação com fornecedores e na geração de valor para os clientes (Rodrigues; Pereira; Martins, 2020). No caso das construtoras, a gestão de suprimentos está associada não apenas ao controle de custos, mas também à sustentabilidade das operações, uma vez que falhas nesse setor podem acarretar atrasos, aumento de desperdícios e perda de credibilidade perante o mercado (Lima, 2025).

A Construtora Limac, objeto deste estudo, atua na execução de empreendimentos habitacionais e comerciais e enfrenta os desafios típicos do setor, como oscilações de preços de insumos, dependência de fornecedores estratégicos e necessidade de manter padrões de qualidade. Nesse contexto, analisar criticamente o processo de compras da empresa se apresenta como uma oportunidade de identificar gargalos e propor melhorias que contribuam para a eficiência da gestão, a redução de custos e a maior integração com práticas inovadoras e sustentáveis.

O problema de pesquisa é quais melhorias podem ser implementadas no processo de compras da Construtora Limac para torná-lo mais eficiente e alinhado às demandas do mercado atual?

Para responder a essa questão, este estudo tem como objetivo geral analisar o processo de compras da Construtora Limac, identificando suas práticas, desafios e oportunidades de melhoria. Especificamente, busca-se: mapear as etapas do processo de compras da empresa, avaliando seus fluxos e atores envolvidos; verificar a eficiência das ferramentas e métodos utilizados; e propor alternativas

de aperfeiçoamento, considerando aspectos de sustentabilidade, inovação tecnológica e gestão estratégica de fornecedores.

A justificativa para o desenvolvimento desta pesquisa reside na importância do setor de compras como elemento-chave da competitividade organizacional. No ambiente da construção civil, onde margens de lucro muitas vezes são estreitas e os prazos rígidos, uma gestão ineficiente pode resultar em sérios prejuízos econômicos e reputacionais (Anselmo; Sousa Junior, 2021). Além disso, a crescente pressão por práticas sustentáveis e pela adoção de tecnologias digitais torna indispensável a revisão dos processos tradicionais, adaptando-os a novas exigências do mercado (Sajid; Aftab; Ullah, 2024). Assim, este trabalho contribui tanto para a literatura acadêmica, ao aprofundar a discussão sobre gestão de suprimentos em construtoras, quanto para a prática empresarial, ao oferecer recomendações aplicáveis ao caso estudado.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: após esta introdução, a seção 2 apresenta o referencial teórico, abordando conceitos e estudos recentes sobre gestão de compras, tecnologia, sustentabilidade e integração intersetorial. A seção 3 caracteriza a Construtora Limac, destacando sua história, estrutura e processos. Na seção 4, descreve-se a metodologia utilizada, seguido dos resultados obtidos e a discussão dos dados em comparação com a literatura. Por fim, apresentam-se as conclusões, recomendações e sugestões para futuras pesquisas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Gestão de compras e suprimentos**

A gestão de compras e suprimentos é essencial para garantir a disponibilidade de materiais e serviços nas organizações. Com a globalização e o avanço tecnológico, essa área deixou de ser somente operacional e passou a ocupar um papel estratégico, contribuindo

diretamente para a competitividade e redução de custos (Silva et al., 2021; Rodrigues; Pereira; Martins, 2020).

Uma gestão de compras bem estruturada aumenta a eficiência, melhora o relacionamento com fornecedores e permite decisões baseadas em dados (Anselmo; Sousa Junior, 2021). A integração com setores como produção, logística e finanças é fundamental para evitar rupturas e otimizar recursos (Oliveira; Souza, 2020).

A qualificação dos profissionais também é crucial, exigindo habilidades técnicas e visão estratégica (Gil, 2019). Na construção civil, onde os materiais representam grande parte do orçamento, uma gestão moderna e integrada ajuda a reduzir desperdícios e garantir eficiência (Cerkunvis, 2023).

## **2.2 Gestão de compras na construção civil**

Na construção civil, a gestão de compras é ainda mais desafiadora pela diversidade de insumos e pela complexidade das obras. Oscilações de preços, atrasos logísticos e dependência de fornecedores especializados tornam o processo crítico (Borges, 2025).

Planejamento cuidadoso e negociações estratégicas são essenciais para evitar atrasos e elevar a qualidade (Cerkunvis, 2023). A gestão inadequada da cadeia de suprimentos gera desperdícios e reduz a sustentabilidade das obras (Lima, 2025).

Indicadores de custos e ferramentas de controle são indispensáveis para o planejamento e a tomada de decisão (Araújo, 2022). O relacionamento colaborativo com fornecedores melhora prazos e qualidade, fortalecendo as parcerias (Krainer; Krainer; Romano, 2024).

## **2.3 Tecnologia e inovação no processo de compras**

A digitalização transformou a área de suprimentos, especialmente na construção civil. Sistemas ERP integram setores e

aumentam a confiabilidade das informações, reduzindo erros e melhorando decisões (Rodrigues; Pereira; Martins, 2020).

Ferramentas de BI e *dashboards* facilitam o planejamento, enquanto o *e-procurement* torna os processos mais ágeis e transparentes (Gomes; Lima, 2019; Anselmo; Sousa Junior, 2021). Marketplaces digitais também facilitam a comparação de preços e a busca por insumos sustentáveis.

A tecnologia também favorece a sustentabilidade e a economia circular, ao permitir rastreamento de resíduos e reaproveitamento de materiais (Sajid; Aftab; Ullah, 2024). Com IA e RPA, é possível prever preços, sugerir fornecedores e automatizar processos (Vieira, 2025), aumentando a eficiência em um setor de alta complexidade.

## **2.4 Sustentabilidade na gestão de suprimentos**

A sustentabilidade tornou-se um requisito essencial, especialmente na construção civil, devido à pressão legal e social (Lima, 2025). Compras sustentáveis consideram aspectos ambientais, sociais e éticos, com foco em todo o ciclo de vida dos produtos (Sajid; Aftab; Ullah, 2024).

Selecionar fornecedores ambientalmente responsáveis fortalece a cadeia de suprimentos e melhora a imagem da empresa (Junior et al., 2024). A gestão verde contribui para a competitividade e conformidade legal (Krainer; Krainer; Romano, 2024).

## **2.5 Relacionamento e integração intersetorial**

A integração entre setores internos e com fornecedores é vital para a eficácia da gestão de compras (Oliveira; Souza, 2020). Na construção civil, a falta de comunicação pode gerar atrasos e duplicidades (Cerkunvis, 2023).

Parcerias baseadas em confiança garantem estabilidade e acesso à inovação (Krainer; Krainer; Romano, 2024). A tecnologia fortalece essa integração, permitindo compartilhamento de informações

em tempo real e decisões mais rápidas (Rodrigues; Pereira; Martins, 2020).

A integração intersetorial aumenta a coordenação entre áreas, melhora a qualidade das entregas e eleva a satisfação dos clientes (Junior et al., 2024).

### **3 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO**

Fundada em 2011, em João Monlevade, a Construtora Limac surgiu com o propósito de atuar no mercado imobiliário voltado ao segmento econômico, oferecendo moradias acessíveis e de qualidade. Desde o início, destacou-se pela pontualidade nas entregas e condições de pagamento facilitadas, fatores que contribuíram para sua rápida consolidação regional.

Inicialmente focada em empreendimentos residenciais de pequeno e médio porte, a empresa cresceu de forma sustentável, ampliando seu portfólio e adotando novos métodos construtivos que permitiram entregar mais de mil unidades habitacionais.

A busca por inovação sempre esteve presente, com a adoção de técnicas modernas que aliam agilidade e qualidade, além de melhorias contínuas nos processos internos. A empresa também construiu uma cultura organizacional baseada na responsabilidade social, respeito ao cliente e valorização dos colaboradores, fortalecendo sua reputação como agente de transformação social (Borges, 2025).

### **4 METODOLOGIA**

A metodologia adotada neste trabalho foi planejada de forma a garantir a coerência entre os objetivos propostos e os procedimentos de investigação. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, uma vez que busca oferecer soluções práticas para um problema específico enfrentado pela Construtora Limac, relacionado à eficiência do processo de compras. Segundo Gil (2019), as pesquisas aplicadas têm

como finalidade gerar conhecimentos voltados à aplicação prática, dirigidos à solução de problemas concretos. Nesse caso, a análise do processo de suprimentos da empresa pretende não apenas identificar falhas, mas também propor alternativas de melhoria que possam ser efetivamente implementadas.

A abordagem escolhida é qualitativa, por permitir compreender em profundidade os fenômenos estudados a partir da interpretação de informações não numéricas, como percepções, experiências e práticas organizacionais. De acordo com Minayo (2017), a pesquisa qualitativa possibilita analisar realidades complexas, valorizando significados e relações sociais, o que se mostra adequado ao estudo de processos de gestão em empresas. A pesquisa também apresenta caráter exploratório, busca proporcionar maior familiaridade com o problema, permitindo torná-lo mais explícito e contribuir para a formulação de hipóteses de melhoria.

Para alcançar os objetivos estabelecidos, foi utilizada a estratégia de estudo de caso, aplicada à Construtora Limac. Conforme Yin (2015), o estudo de caso é recomendado quando se deseja investigar fenômenos contemporâneos em profundidade e dentro de seu contexto real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o ambiente não estão claramente definidos. A escolha desse método possibilitou compreender as especificidades do processo de compras da empresa, considerando fatores internos, como sua estrutura organizacional, e externos, como a relação com fornecedores e as condições do mercado de insumos da construção civil.

Os procedimentos técnicos adotados incluíram a pesquisa bibliográfica, baseada em livros, artigos científicos e trabalhos acadêmicos recentes que abordam gestão de compras, cadeia de suprimentos e construção civil. Esse levantamento teórico foi fundamental para embasar o estudo e fornecer parâmetros de comparação com a realidade observada. Além disso, foi realizada pesquisa documental, por meio da análise de documentos internos da empresa, como fluxogramas de compras, contratos de fornecimento, relatórios de acompanhamento de obras e registros financeiros. Esse

material possibilitou identificar práticas e fluxos adotados pela construtora, fornecendo uma visão detalhada de seu funcionamento.

Outro recurso metodológico utilizado foi a realização de entrevistas semiestruturadas com os compradores, financeiro e engenharia diretamente envolvidos no processo de compras. Essa técnica permitiu obter informações relevantes sobre as percepções dos profissionais, os desafios enfrentados e as possíveis oportunidades de aprimoramento do setor. A flexibilidade do roteiro de entrevistas foi importante para explorar aspectos não contemplados previamente, garantindo maior riqueza de dados.

A análise dos dados coletados foi conduzida a partir da técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (2016), que possibilita categorizar informações qualitativas e interpretá-las de forma sistemática. As categorias de análise definidas neste estudo foram: eficiência dos processos, custos envolvidos, uso de tecnologias de apoio, relacionamento com fornecedores e sustentabilidade das práticas. Esse procedimento analítico permitiu que os dados fossem organizados de maneira a identificar padrões, lacunas e oportunidades de melhoria.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Diagnóstico do Processo Atual De Compras da Empresa**

O processo de compras da Construtora Limac apresenta um fluxo estruturado, porém marcado por desafios que refletem tanto as particularidades do setor da construção civil quanto limitações específicas da própria organização. A análise documental e as entrevistas realizadas evidenciaram que o procedimento inicia-se com a identificação das necessidades de materiais e serviços pelas equipes de engenharia ou de produção. Em seguida, tais demandas são encaminhadas ao setor de suprimentos, que realiza cotações junto a fornecedores cadastrados, avalia propostas, negocia condições comerciais e, após aprovação da diretoria, formaliza a aquisição.

Esse diagnóstico demonstra que a empresa possui um processo relativamente bem definido, mas ainda fortemente dependente de práticas manuais e da experiência dos profissionais envolvidos. De acordo com Rodrigues; Pereira; Martins (2020), a ausência de ferramentas digitais integradas no setor de compras pode comprometer a rastreabilidade das informações e dificultar a análise em tempo real, aumentando a vulnerabilidade a erros e atrasos. Essa realidade foi confirmada na Limac, onde grande parte das cotações e registros ainda ocorre por meio de planilhas eletrônicas pouco padronizadas.

Outro ponto observado refere-se à dependência de fornecedores específicos em algumas categorias de insumos, como cimento, aço e acabamentos. Embora a empresa mantenha relacionamento estável com determinados parceiros, essa concentração eleva os riscos de atrasos e aumenta a exposição a oscilações de preços. Segundo Krainer; Krainer; Romano (2024), a construção de parcerias colaborativas de longo prazo é essencial, mas deve ser acompanhada pela diversificação da base de fornecedores, a fim de reduzir vulnerabilidades.

No que se refere aos custos, verificou-se que a empresa enfrenta dificuldades em monitorar com precisão o impacto financeiro das aquisições em cada obra. Araújo (2022) ressalta que a criação de indicadores específicos de custos na construção civil é fundamental para que gestores possam identificar pontos de desperdício e planejar ajustes. Na Limac, embora haja relatórios periódicos, a ausência de métricas padronizadas limita a análise comparativa entre projetos.

As entrevistas também revelaram que os profissionais percebem falhas na comunicação entre os setores de compras, financeiro e logística. Oliveira; Souza (2020) defendem que a integração intersetorial é indispensável para evitar retrabalhos e garantir maior confiabilidade nos processos. No caso da Limac, a falta de uma plataforma única de gestão ainda gera atrasos e inconsistências nos fluxos de informação, impactando diretamente na eficiência operacional.

Apesar desses desafios, o diagnóstico evidenciou pontos positivos, como o compromisso da empresa em cumprir prazos de

entrega e manter padrões de qualidade em seus empreendimentos. Cerkunvis (2023) observa que construtoras que priorizam a agilidade e a confiabilidade em suas entregas conseguem fortalecer sua reputação junto ao mercado, e esse é um dos diferenciais da Limac. Ainda que o setor de compras careça de maior modernização, o histórico da empresa demonstra resiliência e capacidade de adaptação a cenários adversos.

## **5.2 Pontos fortes, falhas e gargalos identificados**

A análise do processo de compras da Construtora Limac permitiu identificar tanto aspectos positivos que fortalecem sua atuação quanto fragilidades que comprometem sua eficiência e competitividade. Esse diagnóstico é fundamental para compreender o posicionamento atual da empresa e direcionar propostas de melhoria consistentes.

Entre os pontos fortes, destaca-se o compromisso da empresa com o cumprimento de prazos e a manutenção da qualidade nos empreendimentos entregues. Essa característica tem sido um dos principais diferenciais da construtora, assegurando sua credibilidade no mercado regional e contribuindo para a fidelização dos clientes (Cerkunvis, 2023). Outro aspecto positivo é o relacionamento consolidado com determinados fornecedores estratégicos, que garante um nível razoável de previsibilidade no abastecimento e reduz riscos de rupturas imediatas. Além disso, a empresa demonstra empenho em alinhar suas práticas à política da qualidade e à sustentabilidade, adotando iniciativas como reaproveitamento de materiais e destinação adequada de resíduos, reforçando sua imagem institucional (Lima, 2025).

No entanto, as falhas e os gargalos identificados evidenciam limitações que precisam ser superadas. O primeiro ponto refere-se à dependência excessiva de poucos fornecedores em categorias críticas, como aço e cimento. Essa concentração eleva a vulnerabilidade da empresa a variações de preços e atrasos logísticos, comprometendo a previsibilidade das obras. Conforme Krainer; Krainer; Romano (2024),

a diversificação da base de fornecedores é essencial para reduzir riscos e aumentar a competitividade.

Outra fragilidade relevante é a carência de ferramentas digitais integradas. Grande parte do processo de compras ainda é realizado manualmente ou por meio de planilhas pouco padronizadas, dificultando a rastreabilidade das informações, aumentando a probabilidade de erros e reduzindo a agilidade das decisões. Rodrigues; Pereira; Martins (2020) defendem que a adoção de sistemas ERP e plataformas de *Business Intelligence* é um passo fundamental para transformar o setor de suprimentos em uma área estratégica e menos suscetível a falhas.

Também foram observados problemas de comunicação intersetorial. As entrevistas com colaboradores revelaram que, em diversas ocasiões, informações entre engenharia, financeiro e logística não são repassadas de forma ágil ou padronizada, o que gera retrabalhos e atrasos. Oliveira; Souza (2020) argumentam que a integração entre setores é indispensável para garantir eficiência, sendo a falta dessa prática um dos gargalos mais recorrentes em empresas de médio porte.

Além disso, a ausência de indicadores padronizados de desempenho no setor de suprimentos impede que os gestores acompanhem com precisão os custos e a eficiência das aquisições em cada obra. Araújo (2022) salienta que a utilização de métricas específicas para a construção civil permite identificar desperdícios e otimizar recursos, tornando o processo de compras mais transparente e eficiente.

### **5.3 Propostas de Melhorias**

A análise realizada no processo de compras da Construtora Limac, associada ao confronto com a literatura, permite sugerir um conjunto de propostas de melhoria voltadas para a modernização, eficiência e sustentabilidade do setor de suprimentos. Essas propostas foram estruturadas de acordo com os principais gargalos identificados:

dependência de fornecedores, carência de ferramentas digitais, ausência de indicadores de desempenho e falhas de comunicação intersetorial.

A primeira proposta refere-se à diversificação da base de fornecedores, com o objetivo de reduzir riscos de desabastecimento e maior exposição a oscilações de preços. Conforme Krainer; Krainer; Romano (2024), a adoção de uma política de múltiplos fornecedores fortalece a resiliência organizacional e amplia a competitividade no processo de negociação. Para a Limac, isso significa prospectar novos parceiros comerciais, estabelecer contratos flexíveis e avaliar fornecedores não somente pelo preço, mas também por critérios de qualidade, prazo de entrega e compromisso com a sustentabilidade.

A segunda medida está relacionada à adoção de ferramentas tecnológicas integradas, como sistemas ERP e plataformas de *Business Intelligence*. Segundo Rodrigues; Pereira; Martins (2020), a utilização desses recursos possibilita maior rastreabilidade, agilidade e confiabilidade nas informações, transformando o setor de suprimentos em uma área estratégica. Silveira (2021) acrescenta que a digitalização das compras aumenta a capacidade analítica e confere vantagem competitiva às empresas, o que seria decisivo para que a Limac se mantenha competitiva em um mercado dinâmico e de margens reduzidas.

Outra proposta fundamental é a implementação de indicadores de desempenho (KPIs) específicos para o setor de compras, voltados ao monitoramento de custos, prazos, qualidade dos insumos e sustentabilidade. Araújo (2022) argumenta que a criação de métricas claras permite identificar desperdícios e otimizar o uso de recursos, garantindo maior eficiência. Para a Limac, a utilização de KPIs traria maior previsibilidade na gestão financeira, além de permitir comparações entre obras e a detecção de falhas recorrentes.

No que se refere à integração intersetorial, recomenda-se criar fluxos de informação mais sistematizados entre os setores de compras, engenharia, financeiro e logística. Oliveira; Souza (2020) destacam que a integração organizacional evita retrabalhos e melhora a confiabilidade dos processos. A Limac poderia adotar reuniões periódicas de

alinhamento entre setores, plataformas de comunicação compartilhadas e fluxos digitais que assegurem a atualização de todos os envolvidos em tempo real.

Além dessas propostas, é recomendável que a empresa fortaleça sua política de sustentabilidade no processo de compras. A adoção de critérios de green procurement e práticas de economia circular, conforme defendem Sajid; Aftab; Ullah (2024), pode contribuir para reduzir impactos ambientais e reforçar a imagem institucional da empresa. Isso inclui priorizar fornecedores comprometidos com práticas sustentáveis, ampliar o reaproveitamento de resíduos de obra e investir em tecnologias que reduzam o consumo de recursos naturais.

Por fim, sugere-se a capacitação contínua da equipe de compras, visando ao desenvolvimento de competências técnicas e estratégicas. Gil (2019) salienta que o preparo dos profissionais é determinante para o sucesso de qualquer processo de gestão. Na Limac, a capacitação deve contemplar habilidades de negociação, uso de ferramentas digitais, gestão de indicadores e práticas sustentáveis, de modo que o setor esteja alinhado às exigências contemporâneas do mercado.

## **6. CONCLUSÃO**

A gestão de compras na construção civil representa um dos fatores mais determinantes para a competitividade das organizações, uma vez que influencia diretamente os custos, os prazos e a qualidade das obras. O presente estudo teve como objetivo analisar o processo de compras da Construtora Limac, identificando suas práticas, desafios e oportunidades de melhoria, de modo a propor soluções aplicáveis que contribuam para o fortalecimento de sua atuação no mercado.

O diagnóstico realizado evidenciou que o setor de suprimentos da empresa possui um fluxo estruturado, baseado em etapas de identificação de necessidades, cotações, negociações e aprovações. Entretanto, foram identificadas fragilidades relevantes, como a dependência de poucos fornecedores estratégicos, a ausência de

indicadores padronizados de desempenho, o uso limitado de ferramentas digitais e falhas na comunicação intersetorial. Esses elementos comprometem a previsibilidade dos processos e aumentam os riscos de atrasos e elevação de custos, características recorrentes em empresas de médio porte do setor.

Por outro lado, o estudo também destacou pontos fortes da Limac, como o cumprimento rigoroso de prazos, a manutenção da qualidade dos empreendimentos entregues e o esforço em adotar práticas sustentáveis, ainda que em estágio inicial. Esses fatores consolidam a credibilidade da empresa junto ao mercado e criam uma base favorável para a implementação de melhorias estratégicas.

O confronto com a literatura demonstrou que os desafios enfrentados pela Limac estão em consonância com as dificuldades amplamente documentadas em estudos sobre gestão de suprimentos na construção civil. Autores como Rodrigues; Pereira; Martins (2020), Araújo (2022) e Krainer; Romano (2024) confirmam que a digitalização, a criação de indicadores de desempenho e a diversificação de fornecedores são medidas indispensáveis para modernizar o setor e reduzir vulnerabilidades.

Com base nessa análise, foram propostas melhorias como a diversificação da base de fornecedores, a adoção de sistemas ERP e ferramentas de *Business Intelligence*, a implementação de indicadores de desempenho específicos, o fortalecimento da integração intersetorial e a incorporação de critérios de sustentabilidade no processo de compras. Também foi recomendada a capacitação contínua da equipe de suprimentos, a fim de preparar os profissionais para os desafios contemporâneos do setor.

As implicações dessas propostas são significativas: em curto prazo, demandam investimentos financeiros e mudanças culturais, mas em médio e longo prazo oferecem ganhos em eficiência, transparência, sustentabilidade e competitividade. Para a Limac, a implementação gradual dessas medidas poderá representar um avanço estratégico, posicionando-a como uma construtora inovadora e preparada para atender às exigências de um mercado cada vez mais complexo e dinâmico.

Por fim, este trabalho contribui tanto para a prática empresarial quanto para a literatura acadêmica, ao oferecer uma análise aplicada sobre o processo de compras em uma construtora de porte regional. Recomenda-se que pesquisas futuras ampliem o escopo de estudo, comparando diferentes empresas do setor, de modo a identificar padrões comuns e estratégias diferenciadas que possam fortalecer ainda mais a gestão de suprimentos na construção civil.

## REFERÊNCIAS

ANSELMO, Amauri; SOUSA JUNIOR, Marco Antônio Alves de Gestão de compras: estratégias usadas como forma reduzir custos. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 1, p. 697-709, 2021.

ARAÚJO, João Bernardo Dias de. **Estratégia para a geração de indicadores de custos na construção**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2022.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BORGES, Luan Barbosa. **Planejamento e controle de suprimentos e logística para redução do custo de construção**. 2025.

CERKUNVIS, Maria Vitória dos Santos. **Gestão de compras na construção civil: estudo de caso**. 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOMES, J. F.; LIMA, M. T. **O impacto da ausência de processos no setor de compras em uma construtora**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário ABC, 2019.

JUNIOR, João Ricardo Socca *et al.* **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: impactos na competitividade organizacional e desafios na implementação**. *Revista Tópicos*, v. 2, n. 13, p. 1-13, 2024.

KRAINER, Jefferson Augusto; KRAINER, Christiane Wagner Mainardes; ROMANO, Cezar Augusto. **Relacionamento interorganizacional entre construtoras e fornecedores: uma revisão de escopo**.

*Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, v. 20, p. 1-15, 2024.

LIMA, Fábio José Pereira. **Impacto de uma gestão inadequada da cadeia de suprimentos no fator sustentabilidade**. *Lumen et Virtus*, v. 16, n. 46, p. 2445-2455, 2025.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2017.

OLIVEIRA, L. H.; SOUZA, T. R. **Integração entre áreas e os benefícios no setor de compras**. *Revista Brasileira de Administração e Negócios*, v. 12, n. 4, p. 101-115, 2020.

RODRIGUES, F. A.; PEREIRA, C. S.; MARTINS, A. L. **Tecnologias digitais no setor de suprimentos: uma análise sobre o uso de BI e dashboards**. *Revista Gestão e Inovação*, v. 8, n. 2, p. 5-18, 2020.

SAJID, Zeerak Waryam; AFTAB, Usman; ULLAH, Fahim. **Barriers to adopting circular procurement in the construction industry: the way forward**. *Sustainable Futures*, v. 8, p. 100244, 2024.

SILVA, R. M. *et al.* **Análise do processo de decisão de compras: uma abordagem estratégica**. In: CONGRESSO DA SOBER, 39., 2021, Brasília. *Anais...* Brasília: SOBER, 2021. p. 1-18.

SILVEIRA, André Buono. **Tecnologia como vantagem competitiva na gestão estratégica de compras**. *RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar*, v. 2, n. 5, p. e25392, 2021.

VIEIRA, Jemiffer Karol Rodrigues. **Proposta de planejamento estratégico com aplicação do *Balanced Scorecard*: estudo de caso em uma construtora**. 2025.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

## CAPÍTULO 5

### **LOCALIZAÇÃO ESTRATÉGICA, OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA E CUSTOS OPERACIONAIS: Estudo de Caso Centro de Distribuição Cajamar-SP**

*STRATEGIC LOCATION, LOGISTICS OPTIMIZATION AND OPERATIONAL  
COSTS: Case Study Cajamar-SP Distribution Center*

**Caio Mateus Gomes de Oliveira**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - Minas Gerais  
senhorcaio97@hotmail.com

**Cristiano de Souza Aguiar**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - Minas Gerais  
cristaguilar@hotmail.com

**Davi Henrique Machado Valadares**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - Minas Gerais  
davihenrique110503@gmail.com

**Bráulio Frances Barcelos**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - Minas Gerais  
ORCID: 0009-0009-4632-3925  
braulio.barcelos@yahoo.com.br

**Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>  
brenomonlevade@gmail.com

## RESUMO

O estudo tem como objetivo analisar os fatores logísticos envolvidos no planejamento e implantação de um Centro de Distribuição (CD), considerando localização estratégica, otimização logística e custos operacionais, com foco no caso do CD dos Correios em Cajamar-SP. A problemática que norteia a pesquisa é: quais fatores logísticos devem ser considerados no planejamento e implantação de um Centro de Distribuição? Para responder a essa questão, foram definidos os seguintes objetivos específicos: identificar os principais critérios de localização e infraestrutura que influenciam a viabilidade de CDs; avaliar práticas e tecnologias aplicadas à otimização logística; analisar os impactos da automação e da gestão de estoques nos custos operacionais; e propor estratégias de melhorias alinhadas à eficiência e competitividade empresarial. A pesquisa adota abordagem qualitativa, de natureza aplicada e caráter exploratório. Utilizou-se revisão bibliográfica para fundamentar o estudo e estudo de caso para examinar as particularidades do CD em Cajamar, considerando sua infraestrutura, posição geográfica e relevância logística. O estudo evidenciou que a localização estratégica do CD de Cajamar, próxima às principais rodovias, centros urbanos e modais de transporte, contribui para a redução de custos logísticos e aumento da eficiência operacional. A automação dos processos, a conectividade multimodal e o uso de tecnologias avançadas de triagem e gestão de estoques potencializam a capacidade de atendimento, especialmente em períodos de alta demanda. Conclui-se que a correta escolha da localização e a otimização logística de centros de distribuição são determinantes para a competitividade empresarial, permitindo maior agilidade na entrega, redução de custos operacionais e maior satisfação do cliente.

**Palavras-chave:** Localização estratégica; Logística; Custos operacionais; Centros de distribuição; Otimização.

## ABSTRACT

This study aims to analyze the logistical factors involved in the planning and implementation of a Distribution Center (DC), considering strategic location, logistical optimization, and operational costs, with a focus on the case of the Correios DC in Cajamar-SP, Brazil. The research

problem guiding this study is: what logistical factors should be considered in the planning and implementation of a Distribution Center? To address this question, the following specific objectives were defined: to identify the main location and infrastructure criteria that influence the feasibility of DCs; to evaluate practices and technologies applied to logistics optimization; to analyze the impacts of automation and inventory management on operational costs; and to propose improvement strategies aligned with efficiency and business competitiveness. The research adopts a qualitative approach, with an applied nature and exploratory character. A literature review was conducted to provide the theoretical foundation, and a case study was applied to examine the specific features of the Cajamar DC, considering its infrastructure, geographical position, and logistical relevance. The study revealed that the strategic location of the Cajamar DC, close to major highways, urban centers, and transport modes, contributes to reducing logistics costs and increasing operational efficiency. Process automation, multimodal connectivity, and the use of advanced sorting and inventory management technologies enhance service capacity, especially during periods of high demand. The study concludes that the proper choice of location and logistics optimization of distribution centers are crucial for business competitiveness, enabling faster deliveries, reduced operational costs, and greater customer satisfaction.

**Keywords:** Strategic location; Logistics; Operational costs; Distribution centers; Optimization.

## 1. INTRODUÇÃO

A logística empresarial desempenha um papel fundamental na eficiência das operações e na competitividade das organizações. Em um cenário no qual a globalização e o avanço do comércio eletrônico aumentam a complexidade das cadeias de suprimentos, a implantação de Centros de Distribuição (CDs) torna-se essencial para garantir a fluidez do abastecimento e a redução de custos operacionais. A localização estratégica desses centros e a otimização de processos

logísticos são fatores determinantes para a agilidade na entrega de produtos e para a satisfação dos clientes.

O problema de pesquisa que norteia este trabalho é: quais fatores logísticos devem ser considerados no planejamento e implantação de um Centro de Distribuição? Apesar da crescente necessidade de CDs bem estruturados, muitas empresas enfrentam dificuldades na escolha da melhor localização, no equilíbrio entre custos e eficiência e na definição das melhores estratégias logísticas para otimizar operações. A ausência de uma análise aprofundada desses fatores pode comprometer o desempenho da cadeia de suprimentos, resultando em altos custos operacionais, prazos de entrega inadequados e baixa satisfação do cliente.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo propor e avaliar estratégias de aprimoramento logístico para Centros de Distribuição, tomando como base o estudo de caso de Cajamar-SP e considerando aspectos de localização estratégica, otimização de processos e redução de custos operacionais. Para atingir tal finalidade, busca-se analisar criticamente os resultados obtidos no Centro de Distribuição em questão, identificando seus pontos fortes e fragilidades, além de desenvolver propostas de melhorias aplicáveis envolvendo tecnologias, processos e infraestrutura. Também se pretende avaliar os impactos potenciais dessas propostas na eficiência operacional, nos custos logísticos e na satisfação do cliente, fornecendo uma visão integrada entre teoria e prática.

A justificativa para este estudo reside na importância da correta localização e da otimização logística para a viabilidade de um Centro de Distribuição. Um planejamento eficaz não somente reduz custos, mas também melhora o tempo de resposta ao mercado, aumenta a eficiência operacional e impulsiona a competitividade das empresas. Além disso, a pesquisa contribui tanto para a literatura acadêmica quanto para o setor empresarial, oferecendo uma abordagem prática e teórica para a escolha da localização e estruturação de CDs.

Dessa forma, este artigo busca apresentar uma análise fundamentada, estruturada em introdução, referencial teórico, procedimentos metodológicos, resultados e discussão, considerações

finais e referências, a fim de esclarecer os aspectos centrais da localização estratégica, da otimização logística e dos custos operacionais em Centros de Distribuição.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão de literatura é essencial para compreender o estado atual do conhecimento sobre localização estratégica, otimização logística e custos operacionais, bem como identificar as lacunas que justificam a realização desta pesquisa. Nesta seção, são abordados os principais conceitos e teorias que embasam o estudo, destacando-se aspectos relacionados à gestão de estoques, ferramentas e técnicas de logística, localização de Centros de Distribuição (CDs), critérios de escolha de local, além da aplicação prática do Problema do Caixeiro Viajante (TSP) no contexto da roteirização e otimização.

### 2.1 Gestão de Estoques e Controle Operacional

O controle de estoques é uma atividade essencial nas empresas porque influencia diretamente o funcionamento das operações e os resultados financeiros. Segundo *Slack et al. (2020)*, uma gestão eficiente de estoques permite alinhar capacidade, demanda e recursos, evitando excessos e rupturas, melhorando o desempenho operacional e financeiro das organizações. *Kotler e Keller (2019)* reforçam que o estoque está diretamente relacionado à logística e ao marketing, especialmente em empresas que atuam em diferentes canais de venda, exigindo planejamento eficaz para manter o fluxo de produtos de forma ágil e organizada.

No cenário contemporâneo, empresas utilizam tecnologias como o WMS (*Warehouse Management Systems*) e o ERP (*Enterprise Resource Planning*), que permitem acompanhar os produtos em tempo real, otimizando o controle e o rastreamento de mercadorias (*Christopher, 2016*). Além dessas ferramentas, destacam-se métodos como *Kanban*, *cross-docking*, *Just-in-Time* e *EOQ (Economic Order*

*Quantity*), os quais auxiliam na redução de incertezas e no equilíbrio entre custos de pedido e armazenagem (Chopra; Meindl, 2019; Handfield et al., 2019).

## **2.2 Otimização Logística e Práticas Modernas**

A adoção do sistema Just-in-Time, de acordo com Slack et al. (2020), elimina estoques desnecessários e promove a entrega de produtos no momento exato em que são necessários, reduzindo custos e melhorando a organização produtiva. Já o modelo *demand-driven*, defendido por Handfield et al. (2019), permite que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças de consumo, utilizando dados da demanda real para alinhar a produção. Chopra e Meindl (2019) complementam que a previsão de demanda associada à análise de big data fortalece a tomada de decisão estratégica e evita problemas com excesso ou falta de produtos.

## **2.3 Importância da Localização Estratégica**

A escolha da localização de Centros de Distribuição impacta diretamente a eficiência logística, os custos de transporte e o tempo de entrega. Segundo Ait Mamoun et al. (2021), a aplicação de modelos matemáticos e abordagens geométricas possibilita decisões mais precisas sobre o número, a localização e a capacidade operacional de instalações logísticas. Neubert et al. (2018) destacam que a proximidade dos mercados consumidores, a acessibilidade a rodovias, portos e aeroportos, bem como a integração tecnológica, são fatores decisivos para garantir redes logísticas ágeis e resilientes. Já Simchi-Levi et al. (2021) reforçam que a localização estratégica aumenta a cobertura de áreas de distribuição com menor custo.

## 2.4 Critérios para Escolha da Localização

Entre os principais critérios para a escolha da localização de um Centro de Distribuição, destacam-se a proximidade dos mercados-alvo, a infraestrutura de transporte, os custos logísticos e a disponibilidade de mão de obra (AIT Mamoun et al., 2021; Neubert et al., 2018; Simchi-Levi et al., 2021). Além disso, fatores como conectividade multimodal e integração tecnológica são cada vez mais relevantes, sobretudo em cadeias de suprimentos complexas.

## 2.5 O Problema do Caixeiro Viajante (TSP)

O *Travelling Salesman Problem (TSP)* é amplamente aplicado na roteirização de entregas e otimização logística. O problema consiste em determinar a rota mais curta que permita a um veículo visitar todos os pontos de entrega somente uma vez e retornar ao ponto de origem. Silver, Pyke e Peterson (2016) explicam que, para resolver o TSP, são utilizados algoritmos heurísticos, como o *nearest neighbor* (vizinho mais próximo), além de métodos mais sofisticados, como algoritmos genéticos e *simulated annealing*, que buscam soluções mais eficientes ao evitar aprisionamento em ótimos locais.

Esse tipo de otimização é essencial para empresas de distribuição, ao impactar diretamente nos custos de transporte e nos prazos de entrega. A aplicação prática do TSP em centros de distribuição modernos demonstra sua relevância para a eficiência logística.

## 2.6 O Centro de Distribuição dos Correios em Cajamar-SP

O Centro de Distribuição dos Correios em Cajamar é um exemplo prático da aplicação de conceitos de localização estratégica e otimização logística. Segundo os Correios (2023), a unidade funciona 24 horas por dia, com mais de 50 mil metros quadrados, processando milhões de encomendas diariamente por meio de sistemas

automatizados de alta precisão. A MFarina Engenharia (2018) explica que a planta foi projetada para garantir rapidez na movimentação de mercadorias e integração com diferentes modais, como rodovias, ferrovias e aeroportos. A escolha de Cajamar como localização foi estratégica devido à proximidade com São Paulo e grandes centros consumidores, reduzindo custos e aumenta a eficiência logística.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Procedimentos Metodológicos

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho foi qualitativa e exploratória, visando compreender os fatores relacionados à localização estratégica de Centros de Distribuição (CDs), seus custos operacionais e práticas de otimização logística. O estudo de caso do Centro de Distribuição dos Correios, localizado em Cajamar-SP, foi selecionado por se tratar de um dos maiores e mais modernos polos logísticos do país, possuindo forte relevância para a cadeia de suprimentos nacional.

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, uma vez que busca oferecer soluções práticas para o setor empresarial por meio da análise de fatores logísticos essenciais (Pereira et al., 2018). A abordagem qualitativa foi escolhida por possibilitar a compreensão mais subjetiva do contexto, envolvendo aspectos como custos, infraestrutura e impactos operacionais (Leão, 2016). Além disso, o caráter exploratório do estudo permitiu identificar e discutir os principais fatores que influenciam a escolha de localização e a eficiência logística em CDs (Creswell; Poth, 2018).

Foram utilizadas duas técnicas principais:

**Pesquisa bibliográfica**, que ofereceu fundamentação teórica sobre logística, custos operacionais, critérios de localização e práticas de gestão de estoques (Chopra; Meindl, 2019; Slack et al., 2020; Simchi-Levi et al., 2021).

**Estudo de caso**, aplicado à cidade de Cajamar-SP e ao Centro de Distribuição dos Correios, permitindo analisar de forma prática os impactos da localização estratégica e do uso de tecnologias no desempenho logístico (Yin, 2016).

A escolha de Cajamar-SP justifica-se por sua posição privilegiada entre São Paulo, Campinas e outras grandes cidades da região Sudeste, oferecendo fácil acesso a rodovias, proximidade com aeroportos e conexões ferroviárias. Além disso, a presença de empresas de grande porte consolida a região como polo logístico nacional, o que a torna adequada para a análise.

### 3.2 Resultados

A análise realizada evidenciou que a localização estratégica é um dos principais fatores que contribuem para a eficiência de um Centro de Distribuição. No caso de Cajamar-SP, a proximidade com importantes rodovias, como a Anhanguera e o Rodoanel Mário Covas, possibilita maior agilidade no transporte de mercadorias e melhor cobertura de áreas urbanas densamente povoadas. Essa característica reduz significativamente os custos de transporte e prazos de entrega.

Outro resultado relevante foi a importância da tecnologia e da automação nos processos logísticos. O CD dos Correios em Cajamar conta com sistemas de triagem automatizada e softwares como WMS e ERP, que permitem maior rastreabilidade e precisão nas operações. Esse fator, aliado ao uso de técnicas de gestão de estoques, como *Just-in-Time* e *cross-docking*, contribui para a redução de custos operacionais e para o aumento da eficiência.

Além disso, os dados analisados evidenciaram que a capacidade operacional do CD é robusta, processando milhões de encomendas diariamente. Essa escala elevada só é possível devido à combinação entre localização estratégica, investimentos em infraestrutura e utilização de sistemas avançados de gestão (Correios, 2023; MFarina, 2018).

### 3.3 Discussão

Os resultados obtidos neste estudo confirmam a literatura revisada, evidenciando que a eficiência logística depende da combinação entre fatores estratégicos, tecnológicos e operacionais.

Quanto à gestão de estoques e controle operacional, observou-se que o uso de tecnologias como WMS e ERP no CD dos Correios em Cajamar está em conformidade com Christopher (2016) e Chopra e Meindl (2019), que destacam a relevância desses sistemas para o rastreamento e a precisão das operações. A aplicação de métodos como *Just-in-Time*, *cross-docking* e EOQ, defendidos por Slack et al. (2020), Handfield et al. (2019) e Chopra e Meindl (2019), foi observada de forma prática na redução de estoques desnecessários e na agilidade dos fluxos internos, confirmando a efetividade dessas técnicas no ambiente analisado.

No que se refere à otimização logística, os resultados evidenciaram que a integração de tecnologias e a automação garantem maior flexibilidade e velocidade nas entregas. Isso vai ao encontro da proposta de Slack et al. (2020) sobre o *Just-in-Time* e da visão de Handfield et al. (2019) em relação ao modelo *demand-driven*, que permite rápida adaptação às variações de demanda. Além disso, a utilização de dados em tempo real, apontada por Chopra e Meindl (2019) como fundamental para previsão de demanda e tomada de decisão, está presente nas práticas adotadas pelo CD de Cajamar, reforçando a ligação entre teoria e prática.

A localização estratégica de Cajamar-SP, próxima a importantes rodovias, aeroportos e centros consumidores, confirma as análises de Ait Mamoun et al. (2021), Neubert et al. (2018) e Simchi-Levi et al. (2021), que destacam a escolha da localização como um dos fatores mais determinantes para a eficiência logística. O caso estudado comprova que a proximidade com o mercado consumidor reduz custos de transporte e prazos de entrega, consolidando Cajamar como um polo logístico de relevância nacional.

Quanto aos critérios de localização, verificou-se que, além da proximidade de mercados e infraestrutura de transporte, o CD dos

Correios também atende aos fatores de conectividade multimodal e integração tecnológica, conforme defendido por Neubert et al. (2018) e Simchi-Levi et al. (2021). Essa decisão estratégica de implantação demonstra como a teoria orienta práticas resultando em vantagens competitivas.

No tocante à aplicação do Problema do Caixeiro Viajante (TSP), observa-se que o CD estudado usa sistemas avançados de roteirização e algoritmos para otimizar entregas em grande escala, evitando percursos redundantes e reduzindo custos de transporte. Silver, Pyke e Peterson (2016) destacam que o uso de heurísticas e métodos como algoritmos genéticos e *simulated annealing* possibilita soluções mais eficientes, algo que se reflete no alto desempenho da unidade de Cajamar, onde milhões de encomendas são processadas diariamente com rotas otimizadas.

A análise do caso prático do Centro de Distribuição dos Correios em Cajamar-SP confirma que os conceitos teóricos abordados na literatura, como localização estratégica, uso de tecnologias, automação, gestão de estoques e roteirização eficiente, são determinantes para a competitividade logística. Assim como defendido por Guimarães (2014), a correta estruturação de um Centro de Distribuição não somente reduz custos, mas fortalece a competitividade organizacional, consolidando-o como elemento essencial para a fluidez da cadeia de suprimentos.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo teve como objetivo analisar os principais fatores logísticos envolvidos no planejamento e implantação de Centros de Distribuição (CDs), com ênfase na localização estratégica, na otimização logística e nos custos operacionais. Para tanto, foi utilizado como referência o Centro de Distribuição dos Correios em Cajamar-SP, um dos maiores e mais modernos do país, cuja estrutura logística possibilita compreender de forma prática a importância de uma escolha adequada de localização e do uso de tecnologias na gestão.

A análise realizada permitiu constatar que a localização estratégica de um CD impacta diretamente na eficiência das operações, na redução dos custos de transporte e na agilidade das entregas. A proximidade com rodovias, aeroportos e centros consumidores, como no caso de Cajamar, fortalece a competitividade empresarial e melhora os níveis de serviço. Além disso, a incorporação de tecnologias como WMS e ERP, bem como a aplicação de práticas logísticas como *Just-in-Time*, *cross-docking* e *demand-driven*, se mostraram essenciais para a otimização das operações e redução de ineficiências.

Os resultados obtidos confirmam a literatura revisada, demonstrando que a correta estruturação e gestão de um Centro de Distribuição contribuem para a competitividade organizacional, especialmente em um cenário de crescente complexidade das cadeias de suprimentos. Ressalta-se que, além da redução de custos, a correta gestão logística aumenta a capacidade de resposta ao mercado, ampliando a satisfação do cliente.

Como limitações do estudo, destaca-se o foco em um único caso, restringindo a generalização dos resultados. Dessa forma, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem a análise para outros centros de distribuição e setores econômicos, de modo a comparar práticas e identificar novas estratégias de localização e otimização logística.

Conclui-se, portanto, que a correta escolha da localização, aliada à adoção de tecnologias avançadas e práticas modernas de gestão de estoques e transporte, é determinante para o sucesso de Centros de Distribuição. Esse alinhamento entre teoria e prática fortalece o papel da logística como fator estratégico para a competitividade empresarial no Brasil.

## REFERÊNCIAS

Ait Mamoun, L.; El Hilali, A.; Yacoubi, C. **Location-allocation models for multi-echelon supply chain network design under uncertainty: A review.** International Journal of Production Research, v. 59, n. 11,

p. 3415–3437, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1897035>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Chopra, S.; Meindl, P. **Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation**. 7. ed. Boston: Pearson, 2019. Disponível em: <https://www.pearson.com/store/p/supply-chain-management/P100000777845>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Christopher, M. **Logistics and Supply Chain Management**. 5. ed. Harlow: Pearson Education, 2016. Disponível em: <https://www.pearson.com/store/p/logistics-and-supply-chain-management/P100000697074>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Empresa Brasileira De Correios e Telégrafos. **Centro de Distribuição Cajamar (SP)**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.correios.com.br>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Guimarães, A. L. **A logística e sua importância estratégica para a competitividade empresarial**. Revista Produção Online, v. 14, n. 1, p. 198–228, 2014. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/3910/3866>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Handfield, R. B.; Monczka, R. M.; Giunipero, L. C.; Patterson, J. L. **Sourcing and Supply Chain Management**. 6. ed. Boston: Cengage Learning, 2019. Disponível em: <https://www.cengage.com/c/sourcing-and-supply-chain-management-6e-handfield>. Acesso em: 29 abr. 2025.

IMAGENS DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DOS CORREIOS EM CAJAMAR. **Correios investem R\$ 720 milhões em triagem automatizada**. 2019. Disponível em: <https://blog.correios.com.br/2019/10/22/correios-investem-r-720-milhoes-em-triagem-automatizada/>. Acesso em: 29 abr. 2025.

IMAGENS DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DOS CORREIOS EM CAJAMAR. **CTE Cajamar – Correios – Unidade de Tratamento em Cajamar-SP**. Disponível em: <https://www.pontosbr.com/construcoes/empresas-publicas/cte-cajamar-correios-unidade-de-tratamento-em-cajamar-sp/>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Kotler, P.; Keller, K. L. **Administração de Marketing**. 15. ed. São Paulo: Pearson Education, 2019. Disponível em: <https://www.pearson.com.br/store/p/administracao-de-marketing/P100000777823>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Leão, R. A. **Gestão logística estratégica: localização e transporte**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 2, n. 4,

2016. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/logistica/gestao-logistica>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MFarina Engenharia. **Projetos: Centro de Distribuição dos Correios – Cajamar/SP**. 2018. Disponível em: <https://www.mfarina.com.br/single-post/projetos-correios-cajamar>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Neubert, G. et al. **Advanced supply chain planning: strategies, practices, and emerging trends**. Supply Chain Forum: An International Journal, v. 19, n. 2, p. 96–111, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/16258312.2018.1469853>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Pereira, A. P. L. et al. **Localização estratégica de centros de distribuição: análise para a logística empresarial**. Revista Gestão e Planejamento, v. 19, p. 105–122, 2018. Disponível em: <https://www.revistagestaoempresarial.org>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Silver, E. A.; Pyke, D. F.; Peterson, R. **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2016. Disponível em: <https://www.wiley.com/en-us/Inventory+Management+and+Production+Planning+and+Scheduling%2C+4th+Edition-p-9781118992351>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Simchi-Levi, D.; Kaminsky, P.; Simchi-Levi, E. **Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies**. 4. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2021. Disponível em: <https://www.mheducation.com/highered/product/designing-managing-supply-chain-simchi-levi-kaminsky/M9781260238907.html>. Acesso em: 9 jun. 2025.

Slack, N.; Brandon-Jones, A.; Johnston, R. **Operations Management**. 9. ed. Harlow: Pearson Education, 2020. Disponível em: <https://www.pearson.com/store/p/operations-management/P100000689292>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Yin, R. K. **Case Study Research and Applications: Design and Methods**. 6. ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2016. Disponível em: <https://us.sagepub.com/en-us/nam/case-study-research-and-applications/book250150>. Acesso em: 9 jun. 2025.

## CAPÍTULO 6

### **USO DE SENSORES PARA MONITORAMENTO DE ATIVOS: um estudo de caso em uma mineradora no Estado de Minas Gerais**

*USE OF SENSORS FOR ASSET MONITORING: A Case Study at a Mining Company in the State of Minas Gerais*

**Eduardo Frederico Zingler de Oliveira**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - Minas Gerais  
eduardozingler@gmail.com

**Iano Costa Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - Minas Gerais  
lanocsilva@icloud.com

**Junio Gustavo Botelho**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - Minas Gerais  
juniobotelho@yahoo.com.br

**Bráulio Frances Barcelos**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - Minas Gerais  
braulio.barcelos@yahoo.com.br  
<https://orcid.org/0009-0009-4632-3925>

**Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>  
brenomonlevade@gmail.com

## RESUMO

Este trabalho analisa a aplicação de sensores de vibração e temperatura no monitoramento em tempo real de equipamentos críticos na mineração, integrando tecnologias da Indústria 4.0, como Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA). A pesquisa, de natureza aplicada e abordagem qualitativa, utilizou revisão bibliográfica, análise documental e entrevistas com profissionais de manutenção de uma mineradora em Minas Gerais. Os resultados mostram que o uso de sensores inteligentes possibilita a detecção precoce de falhas, redução de paradas não programadas e otimização da manutenção preditiva. Verificou-se ainda melhora na tomada de decisões, aumento da confiabilidade dos ativos e redução de custos operacionais. Entre as limitações, destacam-se questões técnicas e resistência inicial das equipes. Conclui-se que o monitoramento em tempo real é essencial para a eficiência, segurança e competitividade das operações mineradoras.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0; IoT; Manutenção Preditiva; Sensores de Vibração; Mineração.

## ABSTRACT

This study analyzes the application of vibration and temperature sensors for real-time monitoring of critical mining equipment, integrating Industry 4.0 technologies such as the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI). The research, applied in nature and qualitative in approach, involved a literature review, document analysis, and interviews with maintenance professionals from a mining company in Minas Gerais, Brazil. The results show that the use of smart sensors enables early fault detection, reduction of unplanned downtime, and optimization of predictive maintenance. Improvements were also observed in decision-making, asset reliability, and operational cost reduction. Technical issues and initial resistance from teams were identified as limitations. It is concluded that real-time monitoring is essential for the efficiency, safety, and competitiveness of mining operations.

**Keywords:** Industry 4.0; IoT; Predictive Maintenance; Vibration Sensors; Mining.

## 1. INTRODUÇÃO

Indústria 4.0 tem impulsionado transformações significativas em diversos setores industriais por meio da integração de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), sensores inteligentes e inteligência artificial (IA). No setor de mineração, essas inovações são especialmente relevantes diante da necessidade de aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e melhorar a segurança das operações. Neste contexto, destaca-se o monitoramento de ativos críticos por meio de sensores de vibração, que permite detectar falhas em tempo real e realizar manutenções preditivas mais eficazes.

Na mineração, a manutenção corretiva é realizada somente com a ocorrência de falha do equipamento e ainda é uma prática comum em muitas operações. No entanto, esse modelo reativo gera uma série de prejuízos significativos, como paradas não programadas na produção, altos custos com reparos emergenciais, redução da vida útil de máquinas e riscos elevados à segurança dos trabalhadores. Além disso, falhas inesperadas em equipamentos críticos como britadores e transportadores, podem comprometer toda a cadeia produtiva, impactando diretamente a produtividade e a lucratividade da empresa. Nesse cenário, o uso de sensores de vibração conectados via Internet das Coisas (IoT) tem se mostrado uma solução eficaz para antecipar falhas mecânicas por meio do monitoramento contínuo das condições dos equipamentos. Com esses sensores, é possível detectar alterações anormais nos padrões de vibração, permitindo a realização de manutenções preditivas, redução de paradas acidentais e maior controle sobre o desempenho operacional das máquinas, contribuindo para uma operação mais segura, eficiente e econômica.

Diante desse contexto, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão: como o monitoramento em tempo real por meio de sensores de vibração pode contribuir para a otimização da manutenção preditiva e a redução de falhas em equipamentos críticos na indústria de mineração?

O objetivo geral foi analisar como a coleta e interpretação de dados de vibração podem contribuir para a otimização da manutenção preditiva, aumento da vida útil dos equipamentos e melhoria da tomada de decisões em tempo real. Este estudo investigou a aplicação de sensores de vibração em equipamentos utilizados na mineração, com foco em ativos como motores e redutores, visando compreender seu impacto na confiabilidade operacional e na redução de paradas não programadas.

O objetivo específico busca compreender como o monitoramento em tempo real, por meio de sensores, pode contribuir para a redução de custos operacionais, apoiar estratégias de manutenção preditiva e reduzir o lucro cessante.

A mineração é um setor estratégico que enfrenta desafios operacionais significativos, como falhas em equipamentos críticos, altos custos de manutenção e demanda por maior eficiência. Este estudo se justifica ao abordar, de forma aplicada, o uso de sensores de vibração no monitoramento de ativos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Internet das Coisas (IoT)**

A Internet das Coisas (IoT) refere-se à conexão de dispositivos físicos ao ambiente digital, possibilitando a coleta e troca de dados em tempo real, transformando os processos produtivos. Almeida (2019) destaca que a IoT é fundamental para a indústria 4.0, ao proporcionar maior eficiência, automação e monitoramento remoto das operações. Segundo Barbosa e Silva (2020), a IoT amplia a capacidade de inspeção e controle de equipamentos, reduzindo falhas e otimizando recursos, além de permitir uma gestão preditiva, essencial para a competitividade do setor industrial.

## **2.2 Inteligência Artificial (IA)**

A Inteligência Artificial (IA) é aplicada na indústria para análise de dados e automação de decisões, especialmente na manutenção preditiva. Potencializando a IoT, a IA consegue identificar padrões e sinais de falha com maior precisão. Segundo Almeida (2019), a IA permite a automação das análises de grandes volumes de dados provenientes de sensores, facilitando ações preditivas e melhorando a eficiência operacional. Já Simeón (2008) destaca que as técnicas de IA, como aprendizado de máquina, têm se mostrado essenciais para prever falhas e automatizar a manutenção, reduzindo custos operacionais.

## **2.3 Custos Operacionais**

A gestão eficaz dos custos operacionais é vital para a sustentabilidade financeira das indústrias. Segundo Souza (2011), reforça que a implementação de estratégias baseadas em IoT e manutenção preditiva diminui o desperdício de recursos, otimiza o uso de equipamentos e contribui para a redução geral dos custos operacionais, promovendo maior competitividade empresarial.

## **2.4 Lucro Cessante**

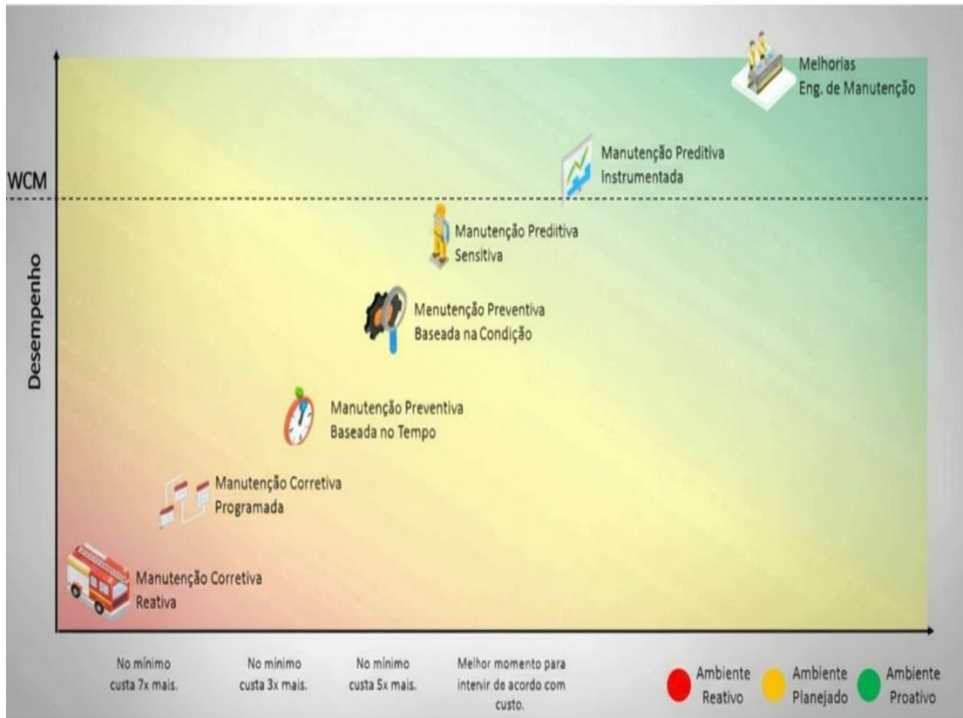
Nas empresas, especialmente nas indústrias e setores produtivos, as paradas de manutenção e operação, quando não planejadas ou resultantes de falhas, podem gerar significativas perdas econômicas associadas ao lucro cessante. Esse prejuízo decorre da interrupção do ciclo produtivo e da consequente impossibilidade de gerar receitas durante o período de inatividade. De acordo com Zappa Hoog (2021), o lucro cessante corresponde ao “quantum que a parte deixou de auferir com a paralisação de suas atividades, considerando-se o histórico econômico da empresa e sua capacidade de geração de resultados em condições normais”. Assim, é fundamental que as

empresas implementem estratégias de gestão de riscos operacionais e manutenção preventiva, a fim de minimizar os impactos financeiros causados por paradas que, além de comprometerem a produtividade, podem demandar complexas apurações periciais em disputas judiciais ou securitárias.

## **2.5 Tipos de Manutenção**

Existem diversos tipos de manutenção, cada um adequado a diferentes situações e necessidades da produção. Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção corretiva não planejada ou emergencial atua somente após a falha, ocasionando altos custos e indisponibilidade de máquinas. A manutenção corretiva planejada é realizada após previsão ou diagnóstico, visando reduzir impactos. A manutenção preventiva é realizada de forma periódica e planejada para evitar falhas, sendo eficiente na redução do envelhecimento dos equipamentos. A manutenção preditiva, por sua vez, monitora a condição do equipamento em tempo real e realiza intervenções somente quando necessário, por meio do uso de sensores e análise de dados. Por último, a manutenção detectiva envolve inspeções e testes específicos para detectar falhas que ainda não ocasionaram incapacidades completas dos equipamentos. Segundo Loureiro et al. (2003), a combinação dessas estratégias (conforme a Fig. 1) possibilita uma gestão mais eficiente, sendo que a preditiva se destaca por sua capacidade de reduzir custos e aumentar a vida útil dos ativos.

Figura 1: Estratégias de manutenção



Fonte: Teles (2019)

## 2.6 Estratégias de Manutenção Preditiva

As estratégias de manutenção preditiva baseiam-se na coleta contínua de dados por sensores e na análise desses dados com o auxílio de IA permitindo previsão de falhas antes que elas ocorram. Segundo Tonaco (2008), a implementação de sistemas de monitoramento, como análise de assinatura de corrente, vibração ou temperatura, possibilita identificar anomalias e planejar intervenções eficientemente. Loureiro et al. (2003) reforçam que a união entre sensores inteligentes, redes de comunicação sem fio e análise de dados é essencial para a realização de manutenção preditiva, que reduz o tempo de parada, aumenta a vida útil dos equipamentos e diminui os custos totais de manutenção. Assim, a manutenção preditiva

representa uma estratégia altamente alinhada às exigências da indústria 4.0, promovendo maior eficiência e competitividade.

## **2.7 Teoria da Vibração**

A teoria da vibração é essencial para compreender as oscilações que ocorrem em componentes mecânicos em funcionamento, possibilitando a identificação de falhas precocemente por meio da análise do comportamento dinâmico de máquinas. Segundo Rao (2008), a vibração pode ser entendida como uma resposta de um sistema às forças aplicadas, que podem ser internas ou externas, e seu estudo permite prever possíveis falhas estruturais ou de componentes rotativos antes que estas causem danos maiores.

De acordo com Souza (2013), a análise de vibração envolve técnicas de espectroscopia de frequência, como a transformada de Fourier, que identificam padrões normais e anômalos no sinal vibratório. Esse método facilita a detecção de falhas por meio da observação de alterações nos espectros de vibração, permitindo uma manutenção preditiva eficaz e reduzindo custos de parada não planejada.

Por sua vez, Cyrino (2017) destaca que o estudo das vibrações em equipamentos rotativos é particularmente crítico, pois sinais de vibração fora do padrão normal podem indicar desgaste em rolamentos, desalinhamento ou folgas, que podem evoluir para falhas catastróficas. Assim, a análise espectral e de ondas fornece informações detalhadas sobre as condições do sistema, contribuindo para a tomada de decisão na manutenção proativa dessas máquinas.

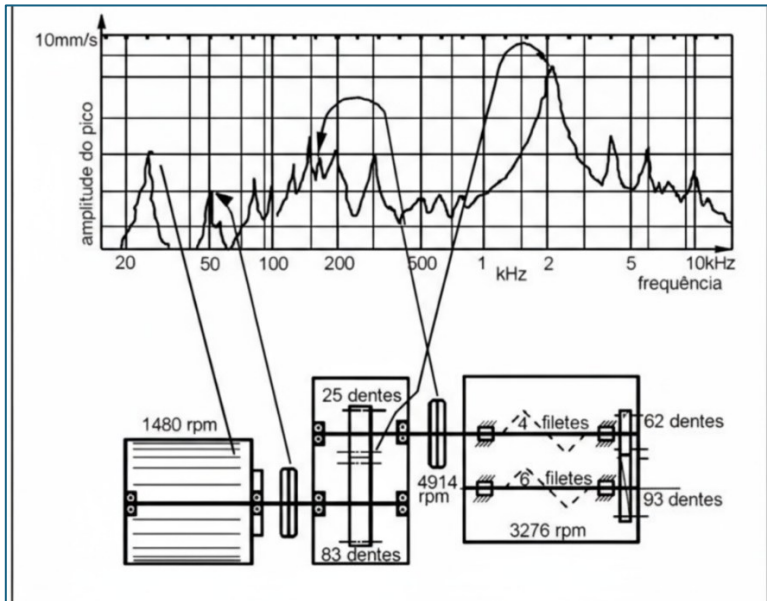
Dessa forma, a teoria da vibração, apoiada por Rao, Souza e Cyrino, constitui um fundamento científico vital para monitoramento, diagnóstico e otimização da manutenção industrial.

## **2.8 Técnica de análise de vibração**

A análise de vibração é uma técnica fundamental na manutenção preditiva de equipamentos industriais, permitindo a

detecção precoce de falhas por meio do monitoramento das oscilações de máquinas em operação. Essa técnica consiste na coleta de sinais vibratórios de equipamentos, que refletem o estado dinâmico de suas componentes, como rolamentos, engrenagens e eixos. Uma das ferramentas matemáticas mais importantes na análise de vibração é a transformada de Fourier. Essa técnica converte sinais do domínio do tempo para o domínio da frequência, decompondo o sinal complexo em uma soma de ondas senoidais de diferentes frequências, amplitudes e fases. Assim, a transformada de Fourier identifica as componentes espectrais presentes no sinal vibratório, destacando frequências específicas que podem estar associadas a defeitos ou irregularidades. No funcionamento, ela analisa a função temporal do sinal e, por meio de cálculos matemáticos, gera um espectro de frequência que revela picos e padrões característicos de falhas, facilitando o diagnóstico preciso e o monitoramento contínuo das condições de equipamentos rotativos. Segundo Souza (2013) e Cyrino (2017), a transformada de Fourier é amplamente utilizada na detecção de falhas mecânicas e é uma ferramenta essencial para a análise espectral de vibrações, contribuindo significativamente para a eficácia na manutenção preditiva. Com isso, a análise de vibração apoiada pela transformada de Fourier se torna uma ferramenta poderosa para a manutenção preditiva eficaz e a garantia de operação segura e confiável de máquinas industriais. Os resultados da Transformada de Fourier demonstram a amplitude de diversos componentes de frequência constantes no sinal elétrico, permitindo a análise por meio de gráfico, onde o eixo horizontal traz a frequência e o eixo vertical, a amplitude, como pode ser visto na figura abaixo:

Figura 2: Análise espectral de frequência (Transformada de Fourier)



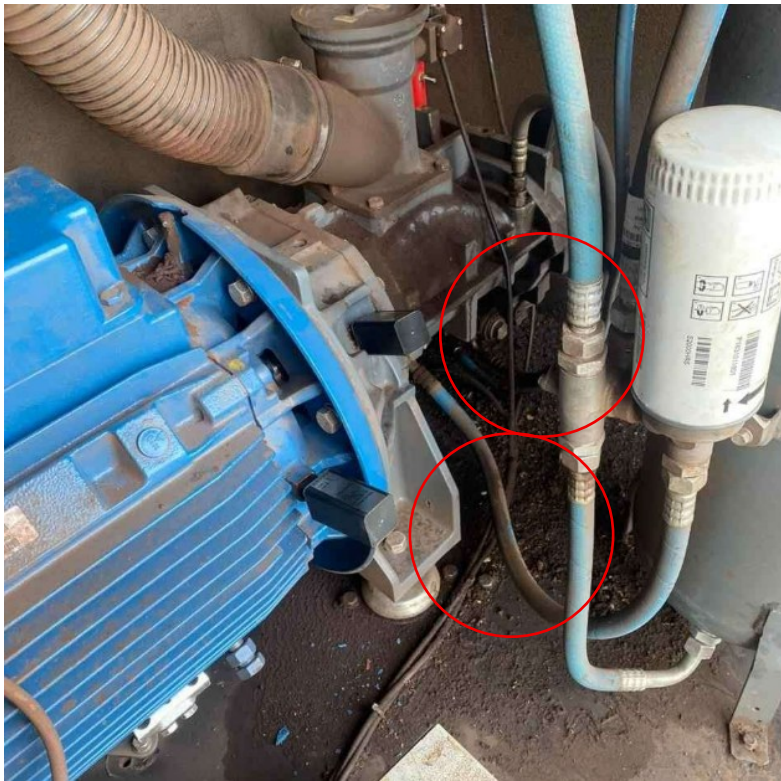
Fonte: Senai (2008)

## 2.9 Uso de sensores para monitoramento em tempo real.

A presente pesquisa se propõe a investigar o uso de sensores de vibração em um ambiente real de mineração, com foco na eficiência da manutenção preditiva, na redução de falhas e na tomada de decisão em tempo real. Ao explorar diretamente a viabilidade técnica, os benefícios operacionais e os requisitos de implantação, o estudo busca preencher essas lacunas, oferecendo uma contribuição prática e relevante para o setor. Para alcançar esses objetivos, a pesquisa adota uma abordagem exploratória e qualitativa, combinando revisão bibliográfica, pesquisa documental e levantamento técnico com profissionais atuantes na área de manutenção e automação. Essa metodologia permite compreender tanto os aspectos tecnológicos quanto os contextuais da aplicação dos sensores, resultando em uma análise mais abrangente, alinhada à realidade operacional da mineração. Dessa forma, o estudo não somente avança o

conhecimento acadêmico, mas também oferece subsídios para a implementação efetiva de tecnologias da Indústria 4.0 em um setor estratégico da economia (Fabrício, 2018).

Figura 3 - Equipamento com sensor (detalhe) instalado para monitoramento online



Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

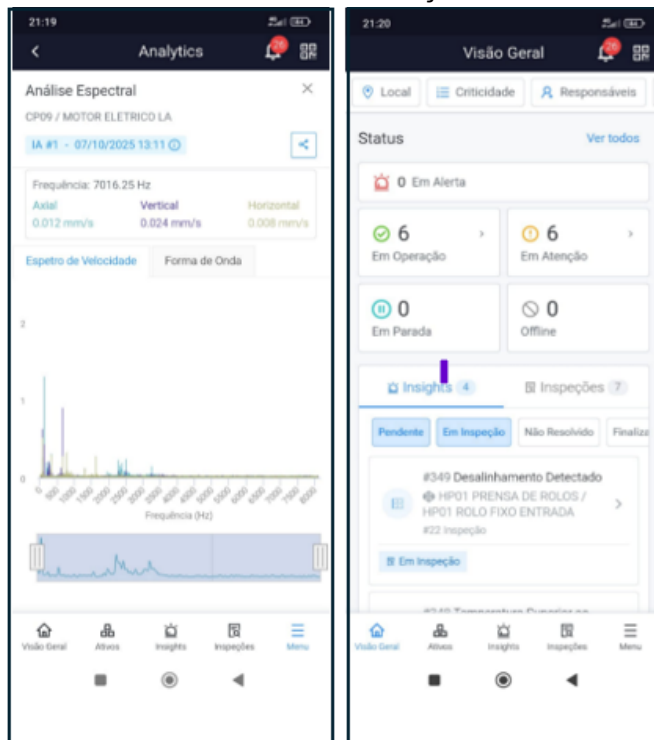
### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada nesta pesquisa foi delineada para proporcionar uma análise sobre o uso de sensores de vibração e temperatura no monitoramento de ativos em operações de mineração, com foco na aplicação da manutenção preditiva. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, abordagem qualitativa e pesquisa

exploratória, que visa compreender, interpretar e descrever fenômenos, especialmente no contexto da Indústria 4.0 aplicada à mineração.

A pesquisa fundamenta-se em três procedimentos técnicos: a pesquisa bibliográfica, a pesquisa documental e a pesquisa de campo. A pesquisa bibliográfica foi conduzida por meio da revisão de literatura científica, com a seleção de artigos acadêmicos, livros e publicações atualizadas que tratam de sensores, Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e manutenção preditiva. A pesquisa documental consistiu na análise de materiais técnicos fornecidos por fabricantes de sensores e empresas do setor mineral, conforme demonstram as figuras 4 e 5.

Figuras: 4 e 5: Telas de interface com o sistema Tractian para monitoramento de vibração



Fonte: Acervo da empresa (2025)

Foram examinados manuais e relatórios de inspeções preditivas, estudos de caso de empresas que já implementaram sistemas semelhantes. Esses documentos forneceram informações práticas sobre os requisitos técnicos e os padrões de vibração observados em diferentes tipos de máquinas industriais, como motores elétricos, redutores, britadores e bombas centrífugas.

Na pesquisa qualitativa, foram realizadas entrevistas com profissionais da área de manutenção industrial. Participaram da coleta de dados: um técnico de manutenção preditiva, um técnico de automação, um analista de manutenção, um técnico de instrumentação, um inspetor de manutenção e um supervisor de automação; todos envolvidos em projetos de inovação tecnológica. Os entrevistados são colaboradores de uma mineradora localizada no estado de Minas Gerais, selecionados com base na relevância de suas funções na operação.

As entrevistas tiveram como objetivo compreender as práticas atuais de monitoramento de ativos, o nível de maturidade tecnológica da operação, as percepções sobre a aplicabilidade de sensores inteligentes e os principais desafios enfrentados na implementação de soluções de manutenção preditiva em campo. O quadro com as respostas foi apresentado na área de resultados.

Para a análise dos dados, foi utilizada a técnica de análise de conteúdo, conforme proposta por Bardin (2011). As respostas foram organizadas em categorias temáticas pré-definidas, relacionadas aos objetivos da pesquisa: benefícios percebidos, limitações técnicas, viabilidade de implantação, capacidade de integração com sistemas de armazenamento em nuvem, e impacto na tomada de decisões operacionais. Esse método permitiu a identificação de padrões, recorrências e divergências entre os participantes, possibilitando uma interpretação sistemática das informações qualitativas. Já os dados documentais foram organizados em matrizes comparativas para confrontar as informações operacionais com as referências bibliográficas e evidenciar pontos de convergência e contradição.

### 3.2 Resultados

Os resultados obtidos ao longo do levantamento técnico e da análise documental revelaram um panorama sobre o uso de sensores de vibração e temperatura em operações de mineração. Constatou-se que a maioria dos entrevistados reconhece o potencial do monitoramento em tempo real para detectar falhas iniciais, como desgaste de rolamentos, desalinhamentos e sobrecargas em equipamentos. Os relatos apontam que, antes da adoção de sensores inteligentes, a manutenção era predominantemente corretiva ou, no máximo, baseada em inspeções periódicas, o que resultava em falhas não previstas e interrupções não planejadas na produção.

Com a introdução de sensores com tecnologia conectada e integrados à nuvem, operando com recursos da Internet das Coisas (IoT), houve uma mudança significativa na forma como os ativos são monitorados. A análise de dados em tempo real permitiu a antecipação de falhas críticas, reduzindo a frequência de paradas emergenciais e promovendo intervenções programadas com maior precisão. Um dos achados foi a identificação de padrões típicos de vibração associados a condições normais de operação, o que serviu como referência para estabelecer limites de alarme mais realistas e adaptados à realidade da planta.

Com base nas entrevistas realizadas com seis profissionais da área de manutenção industrial de uma mineradora em Minas Gerais, foram identificadas percepções relevantes sobre a adoção de sensores de vibração para monitoramento de ativos. Os benefícios percebidos pelos entrevistados incluem reduzir falhas inesperadas, melhoria no planejamento das manutenções, aumento da confiabilidade operacional e redução de custos com paradas corretivas. Todos os profissionais destacaram que o monitoramento em tempo real contribui para decisões mais precisas, sobretudo quando aliado a sistemas em nuvem.

No entanto, também foram relatadas limitações técnicas, como problemas de calibração dos sensores, interferências elétricas, incompatibilidade com equipamentos antigos e dificuldades de

comunicação em áreas remotas. Além disso, o Supervisor de Manutenção mencionou a resistência inicial da equipe como um desafio relevante. A viabilidade de implementação do sistema foi considerada positiva por todos os entrevistados, desde que acompanhada de investimento tecnológico, treinamento e infraestrutura adequada. A integração com o sistema de nuvem foi apontada como um avanço, permitindo acesso remoto aos dados e maior agilidade na análise.

Por fim, todos os profissionais concordaram que o uso de sensores e a análise em tempo real influenciam diretamente na tomada de decisões, tanto no nível técnico quanto na gestão estratégica da manutenção.

Quadro 1: Resumo simplificado das entrevistas sobre sensores de vibração

Entrevistado	Quais os benefícios percebidos?	Quais as limitações técnicas você pode citar?	É viável implementar?	Como foi a integração com nuvem?	O sistema influencia na tomada de decisões?
Técnico de Preditiva	Menos falhas e manutenção mais planejada.	Problemas de calibração e ruídos nos dados.	Sim, especialmente em máquinas críticas.	Funcionou, mas precisou ajustes.	Sim, ajuda a saber a hora certa de agir.
Técnico de Automação	Monitoramento em tempo real e mais controle.	Equipamentos antigos dificultam a conexão.	Sim, com adaptações.	Boa, usa protocolo MQTT.	Sim, acelera respostas e ações.
Analista de Manutenção	Melhora na disponibilidade e confiabilidade.	Sinal fraco em áreas remotas.	Sim, se tiver investimento.	Facilitou o controle e acesso remoto.	Sim, apoia decisões estratégicas.
Técnico de Instrumentação	Ajuda a identificar falhas antes que piorem.	Poeira e umidade afetam os sensores.	Sim, com sensores adequados.	Boa, após configurações.	Sim, prioriza o que precisa de atenção.
Inspetor de Manutenção	Mostra sinais de problemas antes da quebra.	Sensor mal posicionado dá leitura errada.	Sim, com treinamento.	Visualização na nuvem foi útil.	Sim, melhora as decisões no dia a dia.
Supervisor de Manutenção	Redução de custos e paradas inesperadas.	Equipe teve resistência no começo.	Sim, é um avanço importante.	Acesso fácil e seguro aos dados.	Sim, impacta manutenção e produção.

Fonte: Os Autores (2025)

### **3.3 Discussão**

Os resultados obtidos neste estudo confirmam e ampliam diversos achados presentes na literatura sobre o uso de sensores inteligentes e manutenção preditiva no setor industrial. Pesquisas como as de Schnitzler (2019) e Souza & Silva (2024), já apontavam os benefícios da integração de sensores com tecnologias como IoT e inteligência artificial para o diagnóstico precoce de falhas em equipamentos críticos. Os dados desta pesquisa corroboram essas evidências ao demonstrar, na prática, a efetividade do monitoramento por sensores de vibração e temperatura na redução de paradas não programadas, no aumento da vida útil dos ativos e na tomada de decisões operacionais mais rápidas e embasadas.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em relação aos objetivos específicos, verificou-se que o monitoramento em tempo real dos ativos impacta positivamente na redução de custos operacionais e paradas emergenciais. O uso contínuo dos dados gerados por sensores possibilita uma leitura mais precisa do estado dos equipamentos, permitindo decisões técnicas mais assertivas e fundamentadas. Assim, confirma-se a importância da análise de dados para o suporte à gestão da manutenção e à melhoria do desempenho operacional.

Através da análise prática, o estudo evidenciou que a integração entre sensores, IoT e sistemas de automação representa não somente uma inovação tecnológica, mas também uma mudança na cultura organizacional e nos processos de tomada de decisão. Para obter bons resultados, destaca-se a importância de uma equipe multidisciplinar na implementação eficaz dessas soluções, envolvendo áreas como manutenção, automação, engenharia e tecnologia da informação.

Como contribuição prática, o trabalho oferece subsídios importantes para empresas mineradoras que buscam aumentar sua competitividade por meio da digitalização e do uso estratégico de

dados. A experiência relatada pode servir como referência para outras organizações do setor, evidenciando tanto os benefícios quanto os desafios envolvidos na adoção dessas tecnologias.

Apesar dos avanços observados, é necessário reconhecer algumas limitações do presente estudo. A principal delas refere-se ao tamanho da amostra, que foi limitada a uma única mineradora e a um número reduzido de profissionais. Isso pode restringir a generalização dos resultados para outras realidades organizacionais. Além disso, por se tratar de uma abordagem qualitativa e exploratória, os dados não foram quantificados, limitando possibilidade de mensuração estatística do impacto da tecnologia na redução de custos ou na disponibilidade dos ativos. Outra limitação está relacionada à maturidade digital da empresa estudada, que já apresentava certa estrutura tecnológica prévia, podendo não refletir o cenário de outras mineradoras com menor nível de automação.

Diante dessas limitações, recomenda-se que futuras pesquisas adotem abordagens mistas, combinando métodos qualitativos e quantitativos para permitir análises mais amplas e precisas. Estudos de caso comparativos entre diferentes empresas e setores da mineração também podem contribuir para identificar padrões, boas práticas e obstáculos comuns. Além disso, é importante explorar com maior profundidade os impactos organizacionais da adoção de tecnologias preditivas, como a mudança na cultura de manutenção, a adaptação das equipes e os requisitos de infraestrutura tecnológica. Investigações que analisem o custo-benefício da implementação de sensores em diferentes escalas produtivas também podem oferecer dados valiosos para gestores e tomadores de decisão.

Assim, esta pesquisa abre caminho para novas reflexões e contribuições, tanto acadêmicas quanto práticas, sobre a transformação digital na mineração e o papel estratégico do monitoramento inteligente de ativos para a competitividade e sustentabilidade das operações industriais.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. S. Indústria 4.0: Princípios Básicos, Aplicabilidade e Implantação na Área Industrial. 1º. ed. São Paulo: Érica, 2019. 136 p. ISBN 978-85-365-3045-1.
- BARBOSA, Arthur M.; SILVA, Rodrigo César Fonseca da. Aplicações de redes de sensores sem fio. Departamento de Física, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Patos –Paraíba, 2020.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- CYRINO, L. Diagnóstico de falhas das vibrações. 18 de julho de 2017.
- FABRÍCIO, M. A. Monitoramento de equipamentos elétricos industriais utilizando IoT. 2018. 73 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de redes em telecomunicações) — Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2018.
- KARDEC, C. M.; Nascif, S. N. Diagnóstico de falhas em motores elétricos por análise de assinatura de corrente. *Revista: Manutenção & Desenvolvimento*, v. 9, n. 2, p. 45-52, 2009.
- LOUREIRO, Antonio AF et al. Redes de sensores sem fio. In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC). sn, 2003. p. 179-226.
- RAO, S. S. *Vibrações Mecânicas*. 4ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice-Hal, 2008.
- SCHNITZLER, T. M. Transformação Digital e Manutenção Inteligente: A influência da Indústria 4.0 na gestão de ativos. *Revista de Engenharia e Tecnologia Industrial*, v. 7, n. 1, p. 19–33, 2019.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL - SENAI. CFP “Alvimar Carneiro de Rezende”. Curso técnico mecânico – Manutenção Industrial. Contagem: SENAI, MG, 2008 (Apostila para curso de treinamento e desenvolvimento).
- SIMEÓN, E. J. A. Aplicação de técnicas de inteligência artificial no desenvolvimento de um sistema de manutenção baseada em condição. 2008. 172 p. Dissertação (Sistemas mecatrônicos) — Universidade de Brasília. Faculdade de tecnologia.
- SOUZA, A. L.; SILVA, R. M. Aplicações de sensores MEMS em ambientes industriais severos: um estudo de caso na mineração. *Revista Brasileira de Tecnologia Industrial*, v. 10, n. 1, p. 44–60, 2024.

SOUZA, V. C. de. Organização e Gerenciamento da Manutenção: Programa e Controle de Manutenção. 4<sup>a</sup>. ed. São Paulo: All Print Editora, 2011.

SOUZA, Valdir Cardoso. Organização e Gerência da Manutenção. 5. ed. São Paulo: All Print, 2013.

TELES, Jhonata. *Bíblia do RCM: O guia completo e definitivo da manutenção centrada na confiabilidade na era da Indústria 4.0*. Brasília: Engeteles Editora, 2019.

TONACO, R. P. Metodologia para desenvolvimento de base de conhecimento aplicada à manutenção baseada em condições de usinas Hidrelétricas. 2008. 167 p. Dissertação (Sistemas mecatrônicos) — Universidade de Brasília. Faculdade de tecnologia.

ZAPPA HOOG, Wilson Alberto. *Perdas, danos e lucros cessantes em perícias judiciais*. 7. ed. Curitiba: Juruá, 2021.

## CAPÍTULO 7

### **ERGONOMIA NA INDÚSTRIA: Redução de Lesões e Aumento da Eficiência**

*ERGONOMICS IN INDUSTRY: Reducing Injuries and Increasing Efficiency*

**Débora Martins Pessoa**  
Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade-MG  
deboramartins.pessoa@gmail.com

**Maria Thereza Silva Ferreira**  
Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade-MG  
tehsilvaf2@gmail.com

**Bráulio Frances Barcelos**  
Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0009-0009-4632-3925>  
braulio.barcelos@yahoo.com.br

**Breno Eustáquio da Silva**  
Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>  
brenomonlevade@gmail.com

#### **RESUMO**

Analisar como a aplicação de princípios ergonômicos contribui para a redução de lesões ocupacionais e o aumento da eficiência produtiva em uma indústria siderúrgica de grande porte. A pesquisa possui natureza aplicada, abordagem qualitativa e tem como objetivo ser exploratória, desenvolvida por meio de estudo de caso numa siderúrgica da cidade de João Monlevade-MG. Foram utilizadas observações de campo, entrevistas semiestruturadas e análise documental dos registros de

saúde ocupacional e desempenho produtivo. Constatou-se que cerca de 65% dos postos de trabalho apresentavam riscos ergonômicos elevados. Após a implementação de melhorias, como ferramentas adaptadas, plataformas ajustáveis e pausas programadas, houve redução de 48% nos afastamentos por LER/DORT e aumento de 28% na produtividade. As práticas ergonômicas mostraram-se eficazes na promoção da saúde e segurança dos trabalhadores e na otimização da produção, consolidando a ergonomia como investimento estratégico para a sustentabilidade e competitividade industrial.

**Palavras-chave:** Ergonomia; Saúde ocupacional; Produtividade; Indústria siderúrgica; Prevenção de lesões.

## **ABSTRACT**

This study aims to analyze how the application of ergonomic principles contributes to the reduction of occupational injuries and the increase of productive efficiency in a large-scale steel industry. The research has an applied nature, a qualitative approach, and an exploratory objective, developed through a case study in a steel plant located in João Monlevade, Minas Gerais, Brazil. Field observations, semi-structured interviews, and document analysis of occupational health and productivity records were employed. It was found that approximately 65% of workstations presented high ergonomic risks. After the implementation of improvements such as adapted tools, adjustable platforms, and scheduled breaks, there was a 48% reduction in absences due to RSI/WMSDs and a 28% increase in productivity. Ergonomic practices proved effective in promoting workers' health and safety and in optimizing production, consolidating ergonomics as a strategic investment for industrial sustainability and competitiveness.

**Keywords:** Ergonomics; Occupational health; Productivity; Steel industry; Injury prevention.

## **1. INTRODUÇÃO**

A implementação de práticas ergonômicas nos setores industriais configura-se como um fator estratégico na atualidade, sobretudo diante das transformações no ambiente de trabalho e da busca contínua por

maior eficiência produtiva. No setor siderúrgico, onde os trabalhadores lidam com jornadas extensas, esforço físico intenso e posturas inadequadas, a ergonomia apresenta-se como elemento essencial para a redução de lesões ocupacionais e para a melhoria do desempenho operacional. A crescente automação e a complexidade dos processos industriais impõem desafios adicionais à saúde ocupacional, o que torna imprescindível a adoção de medidas que aliem produtividade ao bem-estar dos trabalhadores.

Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da Organização Internacional do Trabalho (OIT) indicam que as lesões musculoesqueléticas e outras doenças ocupacionais continuam figurando entre as principais causas de afastamentos e perdas de eficiência no setor industrial. Nesse contexto, observa-se que a ergonomia contribui não apenas para a prevenção de acidentes e a promoção da saúde, mas também para ganhos diretos às empresas, como a redução de custos com afastamentos, o aumento da motivação das equipes e a otimização dos processos produtivos.

Embora a literatura reconheça a importância da ergonomia no ambiente de trabalho, identificam-se lacunas em estudos que analisem sua aplicação prática no setor siderúrgico, especialmente aqueles que considerem, de forma simultânea, aspectos relacionados à saúde ocupacional e à produtividade. Tal constatação justifica a realização do presente estudo e reforça sua relevância teórica e prática.

Neste cenário, de que forma a aplicação de princípios ergonômicos pode contribuir para a redução de lesões ocupacionais e para o aumento da eficiência produtiva em uma indústria siderúrgica de grande porte? Buscamos identificar as principais lesões associadas às condições ergonômicas inadequadas, avaliar os impactos da ergonomia sobre a saúde e o desempenho dos trabalhadores, bem como propor melhorias que tornem o ambiente de trabalho mais seguro, saudável e produtivo.

A pesquisa desenvolve-se por meio de um estudo de caso, com abordagem qualitativa, realizado em uma indústria siderúrgica de grande porte. Utilizam-se observações sistemáticas em campo,

entrevistas semiestruturadas com trabalhadores e análise documental referente aos registros de saúde ocupacional e desempenho produtivo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A ergonomia, como campo de estudo dedicado às interações entre o ser humano e o trabalho, tem se constituído como um componente essencial para a promoção da saúde ocupacional e da eficiência produtiva nas organizações industriais contemporâneas. Segundo Silva (2019), o conceito de ergonomia surgiu no contexto da Revolução Industrial, como reação ao aumento de acidentes e doenças ocupacionais causados por tarefas repetitivas e condições inadequadas de trabalho. Desde então, sua evolução consolidou-a como uma ciência multidisciplinar, cujo objetivo principal é adaptar o trabalho às características e limitações do ser humano, incluindo aspectos físicos, cognitivos e organizacionais.

Dul e Weerdmeester (2012) categorizam a ergonomia em três grandes dimensões: física, cognitiva e organizacional. A ergonomia física está relacionada aos aspectos biomecânicos e antropométricos, englobando o design de mobiliários, ferramentas e postos de trabalho que busquem minimizar os esforços físicos e as posturas inadequadas, prevenindo lesões e fadiga muscular. Por outro lado, a ergonomia cognitiva foca nos processos mentais, tais como percepção, atenção e tomada de decisão, com o intuito de evitar sobrecargas cognitivas e falhas humanas que possam comprometer a segurança e a eficiência (FERREIRA, 2025). Na esfera organizacional, ou macroergonomia, investigam-se as estruturas e processos sociais do trabalho, com ênfase nas relações entre cultura organizacional, comunicação, motivação e produtividade (TONIOLO, 2024). A integração das três dimensões configura uma abordagem sistêmica que busca conciliar o bem-estar do trabalhador com a eficiência do sistema produtivo. No contexto da indústria siderúrgica, a aplicação da ergonomia assume contornos específicos, dado que o setor é caracterizado por atividades que envolvem altas temperaturas, manipulação de cargas pesadas e ritmo de trabalho intenso. Essas condições exigem avaliações

ergonômicas rigorosas para prevenir lesões e aumentar a eficiência dos processos produtivos (SILVA, 2019). De fato, as usinas siderúrgicas necessitam de análises constantes do ambiente físico e organizacional para identificar riscos ocupacionais e minimizar custos com afastamentos decorrentes de doenças do trabalho.

Os efeitos adversos das condições ergonômicas inadequadas sobre a saúde do trabalhador são amplamente confirmados pela literatura. Wachowicz (2018) destaca que movimentos repetitivos, levantamento de cargas e posturas forçadas são responsáveis pelos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) e lesões por esforços repetitivos (LER). Ferreira (2025) acrescenta que essas condições impactam negativamente fatores subjetivos, tais como a motivação e a percepção de conforto no ambiente laboral, influenciando diretamente o desempenho do trabalhador. Dessa forma, a ergonomia desempenha um papel preventivo essencial, promovendo ambientes de trabalho mais saudáveis e equilibrados, que reduzam a incidência de acidentes e enfermidades, além de contribuir para a satisfação e engajamento dos colaboradores.

A relação entre ergonomia e produtividade é direta e comprovada por múltiplos estudos. Brandão et al. (2008) demonstram que a otimização ergonômica nos postos de trabalho proporciona redução do absenteísmo e aumento da eficiência operacional, resultando em benefícios econômicos e organizacionais. Ferreira e Macêdo (2021) complementam essa visão ao afirmar que ambientes planejados segundo os princípios ergonômicos favorecem a melhor utilização do tempo e reduzem desperdícios, impulsionando o desempenho coletivo e individual. O *Journal of Urban Technology and Sustainability* (2025) reforça que empresas com práticas ergonômicas eficazes registram ganhos de produtividade de até 10%, evidenciando a relação direta entre conforto físico e rendimento das equipes. Assim, investir em ergonomia constitui uma estratégia não só de saúde ocupacional, mas também de competitividade e sustentabilidade industrial.

Com o avanço da Indústria 4.0, novos paradigmas impactam o campo da ergonomia industrial. Carmo (2024) destaca que a integração

homem-máquina, mediada por tecnologias digitais, sensores e sistemas inteligentes, transforma a abordagem ergonômica, que passa a considerar as interações entre trabalhadores e dispositivos automatizados. Toniolo (2024) ressalta a importância da ergonomia cognitiva no desenvolvimento de sistemas que acompanhem as mudanças nas funções cognitivas exigidas pela digitalização do trabalho. Além disso, a sustentabilidade emerge como uma dimensão contemporânea da ergonomia, pois ambientes produtivos saudáveis e inclusivos promovem o bem-estar coletivo e a longevidade profissional, fatores essenciais para a continuidade das atividades industriais (FERREIRA, 2025).

O método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) é uma ferramenta amplamente utilizada na avaliação ergonômica do trabalho, voltada para a análise rápida das posturas adotadas pelos membros superiores durante a execução das tarefas laborais. Desenvolvido por McAtamney e Corlett em 1993, o RULA permite identificar e quantificar os níveis de carga postural, considerando fatores como posicionamento dos braços, punhos, pescoço e tronco, além da força aplicada e repetitividade dos movimentos. Essa avaliação é especialmente útil em ambientes industriais e de serviços, onde as atividades frequentemente envolvem posturas estáticas, movimentos repetitivos e manipulação de cargas, situações que podem gerar riscos ergonômicos para os trabalhadores. Assim, o método oferece uma base objetiva para a identificação de posturas críticas que potencializam o desenvolvimento de distúrbios osteomusculares, orientando intervenções ergonômicas eficazes com o objetivo de prevenir lesões e promover a saúde ocupacional.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Procedimentos Metodológicos**

O estudo se caracteriza como uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa e natureza exploratória, pois busca compreender de forma aprofundada os impactos da ergonomia em uma siderúrgica de grande porte. São utilizados três procedimentos principais: pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso.

Na pesquisa bibliográfica, analisam-se livros, artigos científicos e teses que tratam de ergonomia, saúde ocupacional e produtividade, conforme recomendam Kroemer (2011) e Dul e Weyts (2005). Na pesquisa documental, avaliam-se relatórios internos da empresa, registros de acidentes e treinamentos realizados, em consonância com Hignett e Mackie (2000), que destacam a importância desse recurso para análises organizacionais.

O estudo de caso se conduz numa companhia siderúrgica localizada em João Monlevade-MG, por meio de observações de campo, entrevistas com trabalhadores e gestores e aplicação do método RULA, que permite avaliar posturas e riscos ergonômicos. Esses procedimentos permitem a replicabilidade da pesquisa, uma vez que o desenho metodológico descreve os instrumentos, os sujeitos e as técnicas de análise utilizadas. Além disso, respeitam-se as considerações éticas, assegurando o sigilo das informações e a preservação da identidade dos trabalhadores envolvidos.

### **a. Resultados**

A empresa siderúrgica localizada em João Monlevade identificou inicialmente um problema significativo relacionado aos riscos ergonômicos enfrentados por seus colaboradores. A partir da avaliação ergonômica realizada em uma amostra de 200 trabalhadores, foi constatado que aproximadamente 65% dos postos de trabalho apresentavam riscos ergonômicos altos ou muito altos, relacionados principalmente a posturas inadequadas durante a operação de equipamentos, manipulação manual de cargas e ausência de ajustes ergonômicos em bancadas.

Diante desse cenário, a empresa adotou, um conjunto de práticas de melhoria ergonômica fundamentadas no método RULA

(Rapid Upper Limb Assessment), que permite analisar de forma rápida e precisa as posturas dos membros superiores dos trabalhadores. As intervenções ocorreram diretamente nos setores que apresentavam maior grau de risco e contemplaram a introdução de ferramentas adaptadas, instalação de plataformas ajustáveis para bancadas e a implementação de pausas programadas para reduzir a fadiga dos operadores. Essas ações foram conduzidas com o objetivo de reduzir os riscos ergonômicos identificados e promover um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

Após a implantação das melhorias ergonômicas, a empresa realizou a medição dos indicadores relacionados à saúde ocupacional e produtividade. Os dados revelaram uma redução de aproximadamente 48% nos afastamentos por Lesões por Esforços Repetitivos ou Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (LER/DORT), o que representa uma diminuição significativa entre 76 e 116 trabalhadores da amostra inicial. Além disso, verificou-se que cerca de 28% dos colaboradores entrevistados relataram aumento da produtividade após as intervenções, correspondendo a um intervalo entre 36 e 76 trabalhadores.

Para compreender a eficácia das medidas adotadas, as pesquisadoras conduziram entrevistas com os trabalhadores afetados pelas intervenções, coletando informações qualitativas sobre a percepção dos colaboradores em relação às mudanças implementadas. Os relatos confirmaram que as melhorias ergonômicas contribuíram para maior conforto, redução da fadiga e melhor desempenho nas atividades diárias.

Por fim, foi realizada uma checagem dos dados através da confrontação entre os registros administrativos da empresa e as informações obtidas nas entrevistas, garantindo a consistência e confiabilidade dos resultados apresentados. Essa verificação reforçou a importância das intervenções ergonômicas como estratégia eficaz para a promoção da saúde, segurança e produtividade na siderúrgica estudada.

## **b. Discussão**

Ao comparar os resultados obtidos com a literatura especializada, observa-se consonância com os estudos de Gauthier e Bédard (2007), que defendem a ergonomia como um importante fator promotora do bem-estar dos trabalhadores e, conseqüentemente, da produtividade organizacional. A redução significativa dos afastamentos por LER/DORT e o relato de aumento na produtividade entre os colaboradores avaliados indicam benefícios concretos decorrentes das práticas ergonômicas implementadas na siderúrgica de João Monlevade, reforçando a visão de que ambientes de trabalho adequados promovem maior satisfação e engajamento dos empregados.

Além disso, os achados corroboram as conclusões de Kilbourne (2000), que associa as melhorias ergonômicas à diminuição das falhas operacionais e ao incremento da eficiência nos processos produtivos. O uso do método RULA para identificar posturas críticas e orientar intervenções revela-se eficaz na prevenção de distúrbios osteomusculares, o que impacta diretamente na redução dos custos relacionados a afastamentos e benefícios previdenciários.

No que tange às implicações práticas, o estudo evidencia que programas ergonômicos estruturados podem representar uma importante estratégia para reduzir custos operacionais, melhorar o clima organizacional e fortalecer a competitividade industrial. A implementação gradual e participativa das intervenções, envolvendo ferramentas adaptadas, ajustes nos postos de trabalho e pausas programadas, reforça o papel da ergonomia não apenas como um requisito legal ou normativo, mas como um investimento estratégico para a sustentabilidade e saúde do ambiente laboral.

Sob o ponto de vista teórico, esta pesquisa contribui ao demonstrar que a ergonomia pode ser aplicada de maneira sistemática mesmo em ambientes de alta complexidade, como uma siderúrgica, consolidando sua aplicabilidade multidimensional. O envolvimento dos trabalhadores no processo de avaliação e a re Checagem dos dados fortalecem a validade dos resultados, além de

indicar que a participação ativa dos colaboradores é fundamental para o sucesso das intervenções ergonômicas. Assim, reforça-se a importância da ergonomia como ciência integradora que articula saúde, segurança e produtividade por meio de abordagens interdisciplinares (Dul; Weerdmeester, 2012).

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo demonstrou a importância estratégica da ergonomia no setor siderúrgico, evidenciando sua capacidade de transformar tanto as condições de trabalho quanto os resultados operacionais. A experiência realizada na siderúrgica de João Monlevade confirmou que intervenções ergonômicas bem planejadas e executadas geram benefícios multidimensionais: reduzem afastamentos por lesões ocupacionais, aumentam a produtividade e elevam a qualidade de vida dos trabalhadores. Pode-se afirmar que parte significativa do problema identificado inicialmente foi resolvida, e que os objetivos geral e específicos do trabalho foram alcançados ao comprovar a eficácia das medidas adotadas.

Os resultados alcançados - 48% de redução nos afastamentos por LER/DORT e 28% de aumento na produtividade - demonstram que a ergonomia não deve ser vista como um custo, mas sim como um investimento estratégico que agrega valor tanto para a empresa quanto para os colaboradores. A análise preliminar que apontava 65% dos postos de trabalho com riscos ergonômicos elevados reforça a relevância das intervenções implementadas.

O caso analisado também evidenciou que o sucesso das ações ergonômicas depende de três fatores críticos: uma abordagem multidisciplinar, o envolvimento ativo dos trabalhadores e a manutenção de um sistema contínuo de monitoramento e aprimoramento. A implementação gradual das intervenções mostrou-se eficaz, permitindo ajustes progressivos e a consolidação sustentável das melhorias.

Em um setor competitivo como o industrial siderúrgico, onde os ganhos de produtividade são cada vez mais difíceis, a ergonomia se revela diferencial estratégico. Ela possibilita a conciliação de dois

objetivos essenciais: a preservação da saúde e segurança dos trabalhadores e o aumento da eficiência operacional. Os resultados sugerem que investimentos em ergonomia devem ocupar lugar central nas estratégias de gestão da indústria pesada, consolidando-se como elemento fundamental para operações mais humanizadas, sustentáveis e competitivas.

Reconhecem-se, entretanto, algumas limitações no estudo, como o foco restrito a uma única unidade industrial e a setores específicos da produção. Assim, sugere-se que futuras pesquisas ampliem a amostra para diferentes plantas siderúrgicas e explorem outros segmentos industriais correlatos. Também é recomendada a incorporação de metodologias quantitativas adicionais que permitam mensurar com maior precisão os impactos ergonômicos, assim como estudos longitudinais que avaliem a sustentabilidade dos benefícios ergonômicos ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS

BRANDÃO, C. M. et al. **Otimização ergonômica e produtividade em ambientes industriais**. Revista Brasileira de Engenharia de Produção, v. 10, n. 3, p. 45-60, 2008.

CARMO, L. R. **A ergonomia e a integração homem-máquina na Indústria 4.0**. Revista Tecnologia e Inovação, v. 15, n. 2, p. 112-129, 2024.

DE LIMA, A. F.; GUSMÃO, A. P. **Ergonomia aplicada: práticas e soluções em ambientes industriais**. São Paulo: Editora Acadêmica, 2006.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomics for beginners: a quick reference guide**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2012.

DUL, J.; WEYTS, K. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2005.

FERREIRA, J. M. **Impactos da ergonomia cognitiva na saúde e desempenho laboral**. Revista de Saúde Ocupacional, v. 19, n. 1, p. 88-104, 2025.

FERREIRA, J. M.; MACÊDO, R. M. **Planejamento ergonômico e eficiência produtiva**: um estudo de caso. Revista de Engenharia Industrial, v. 7, n. 2, p. 33- 50, 2021.

GAUTHIER, S.; BÉDARD, P. **A eficácia das práticas ergonômicas no aumento da produtividade industrial**. Revista Brasileira de Ergonomia, v. 2, n. 3, p. 45-53, 2007.

HIGNETT, S.; MACKIE, J. **Workplace ergonomics: promoting health and safety in the workplace**. London: Taylor & Francis, 2000.

JOURNAL OF URBAN TECHNOLOGY AND SUSTAINABILITY. **Ergonomia como fator de aumento da produtividade industrial**. Journal of Urban Technology and Sustainability, v. 11, n. 4, p. 72-85, 2025.

KILBOURNE, R. **Ergonomics and productivity in industrial settings**. Journal of Industrial Health, v. 10, n. 2, p. 112-118, 2000.

KROEMER, K. H. E. **Ergonomia**: teoria e prática. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2011.

SANTOS, A. L.; ALMEIDA, M. G.; SOUSA, P. A. **Estudos ergonômicos e sua importância nas indústrias**: tendências e práticas. Rio de Janeiro: Editora Técnica, 2012.

SILVA, R. **Ergonomia**: histórico, conceitos e aplicações industriais. Revista Brasileira de Saúde e Segurança no Trabalho, v. 14, n. 1, p. 21-35, 2019.

TONIOLO, P. **Ergonomia organizacional e novos desafios na indústria contemporânea**. Revista de Gestão Organizacional, v. 18, n. 3, p. 145-160, 2024.

WACHOWICZ, T. **Distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho**: causas e prevenção. Saúde e Trabalho, v. 12, n. 2, p. 50-66, 2018.

## CAPÍTULO 8

### **TECNOLOGIAS AVANÇADAS NO MONITORAMENTO DE BARRAGENS: o papel de sensores, drones e inteligência artificial na prevenção de falhas estruturais**

*ADVANCED TECHNOLOGIES IN DAM MONITORING: the role of sensors, drones and artificial intelligence in the prevention of structural failures*

**Ana Carolina Carvalho de Souza**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
aluno.ana.souza10@doctum.edu.br

**Dercio Henrique Lúcio**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
aluno.dercio.lucio@doctum.edu.br

**Fernanda Cristina da Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
aluno.fernanda.cristina@doctum.edu.br

**Patrick Ferreira Santos**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
prof.patrick@doctum.edu.br

**Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>  
E-mail: brenomonlevade@gmail.com

## **RESUMO**

O estudo analisa o uso de tecnologias avançadas no monitoramento de barragens de rejeitos, com foco na aplicação de sensores inteligentes, drones e inteligência artificial como instrumentos para a prevenção de

falhas estruturais. A pesquisa é de natureza aplicada, abordagem qualitativa e caráter exploratório, fundamentando-se em revisão bibliográfica, documental e no estudo de caso da Barragem do Doutor, localizada em Ouro Preto, Minas Gerais. Os resultados indicam que, embora o sistema de monitoramento da barragem apresente avanços significativos em termos de governança e segurança operacional, ainda há limitações relacionadas à ausência de monitoramento em tempo real e à dependência de inspeções presenciais. As tecnologias analisadas demonstram potencial para ampliar a precisão das análises, antecipar riscos e reduzir a exposição humana a áreas críticas. Conclui-se que a integração entre sensores, drones e inteligência artificial constitui um caminho promissor para fortalecer a gestão preventiva e garantir maior segurança estrutural e socioambiental nas barragens de rejeitos brasileiras.

**Palavras-chave:** Barragens de rejeitos; sensores inteligentes; Drones; Inteligência artificial; Monitoramento estrutural.

## **ABSTRACT**

The study analyzes the use of advanced technologies in tailings dam monitoring, focusing on the application of smart sensors, drones, and artificial intelligence as tools for preventing structural failures. The research is applied in nature, with a qualitative and exploratory approach, based on bibliographic and documentary review, as well as a case study of the Barragem do Doutor, located in Ouro Preto, Minas Gerais. The results indicate that although the dam's monitoring system shows significant progress in terms of governance and operational safety, there are still limitations related to the absence of real-time monitoring and the dependence on on-site inspections. The analyzed technologies demonstrate potential to enhance analytical precision, anticipate risks, and reduce human exposure to critical areas. It is concluded that the integration of sensors, drones, and artificial intelligence represents a promising path to strengthen preventive management and ensure greater structural and socio-environmental safety in Brazilian tailings dams.

**Keywords:** Tailings dams; Smart sensors; Drones; Artificial intelligence; Structural monitoring.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos têm promovido transformações profundas em diferentes áreas da engenharia, estabelecendo novas possibilidades para a concepção, manutenção e monitoramento de grandes estruturas. O setor de mineração, em especial, passou a demandar soluções inovadoras após os impactos de acidentes envolvendo barragens de rejeitos, que colocaram em evidência as fragilidades dos métodos convencionais de vigilância e controle. Diante desse cenário, a necessidade de modernização tornou-se imperativa, não apenas para atender a requisitos técnicos, mas também para garantir maior segurança ambiental e social.

Entre as alternativas emergentes, o uso de sensores inteligentes, drones e inteligência artificial (IA) tem se destacado como ferramentas capazes de suprir limitações dos procedimentos tradicionais. Enquanto os sensores permitem acompanhar parâmetros internos da estrutura com elevado grau de precisão, os drones ampliam o alcance das inspeções visuais e mapeamentos topográficos, reduzindo a exposição humana a áreas de risco. Já a inteligência artificial, associada ao processamento de grandes volumes de dados, possibilita identificar padrões e antecipar potenciais falhas, oferecendo uma perspectiva preditiva antes inacessível com técnicas convencionais.

Essas tecnologias, quando aplicadas de forma integrada, permitem alcançar um patamar superior de monitoramento, caracterizado pela coleta contínua de informações, pela análise em tempo real e pela geração de respostas mais rápidas e eficazes. Além de aumentar a confiabilidade da gestão das barragens, essa abordagem contribui para reduzir custos operacionais, otimizar recursos e, sobretudo, minimizar riscos de desastres ambientais, sociais e econômicos. Assim, o avanço tecnológico não deve ser visto apenas como uma inovação instrumental, mas como parte de um movimento mais amplo de transformação cultural na engenharia, no qual a segurança e a sustentabilidade passam a ocupar posição central.

O presente estudo tem como problema central a questão: como as tecnologias avançadas, como sensores inteligentes, drones e inteligência artificial, podem contribuir para a prevenção de falhas estruturais no monitoramento de barragens?

Assim, este trabalho tem como objetivo geral analisar as tecnologias de monitoramento de barragens atualmente utilizadas, com foco em sensores, drones e inteligência artificial, avaliando sua eficácia na prevenção de falhas estruturais e acidentes. De forma específica, busca-se descrever o papel dos sensores no monitoramento de barragens e sua eficácia na detecção de anomalias estruturais, investigar o uso de drones na inspeção e acompanhamento das barragens, destacando suas vantagens e limitações, e avaliar a aplicação de inteligência artificial na previsão de falhas e na otimização das seguranças estruturais dessas obras.

O estudo se justifica pela crescente demanda por sistemas de monitoramento mais eficientes e inteligentes, especialmente diante dos acidentes envolvendo barragens no Brasil, que mostraram os impactos devastadores de falhas estruturais. A adoção dessas tecnologias emergentes representa uma oportunidade de modernizar processos, aumentar a confiabilidade das análises, reduzir custos operacionais e, principalmente, proteger vidas humanas e o meio ambiente. Além disso, esta pesquisa é relevante não apenas para o setor de monitoramento de barragens, mas também para a comunidade acadêmica e industrial, ao propor um modelo de aplicação tecnológica que pode ser adaptado a outras estruturas críticas, contribuindo para a inovação, a sustentabilidade e a segurança na engenharia.

Para alcançar os objetivos propostos, este trabalho adota uma abordagem metodológica de caráter aplicado, qualitativo e exploratório, fundamentada em pesquisa bibliográfica, documental e no estudo de caso da Barragem do Doutor, localizada em Ouro Preto (MG). A análise dessa estrutura em processo de descaracterização permite relacionar a literatura científica às práticas efetivamente utilizadas no setor, avaliando como tecnologias avançadas, como sensores inteligentes, drones e inteligência artificial, contribuem para aprimorar o

monitoramento de barragens de rejeitos e oferecer novas perspectivas para a engenharia de produção no Brasil.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O referencial teórico deste estudo fundamenta-se em uma análise crítica da literatura sobre o monitoramento de barragens, buscando compreender tanto os métodos tradicionais quanto as tecnologias emergentes aplicadas ao setor.

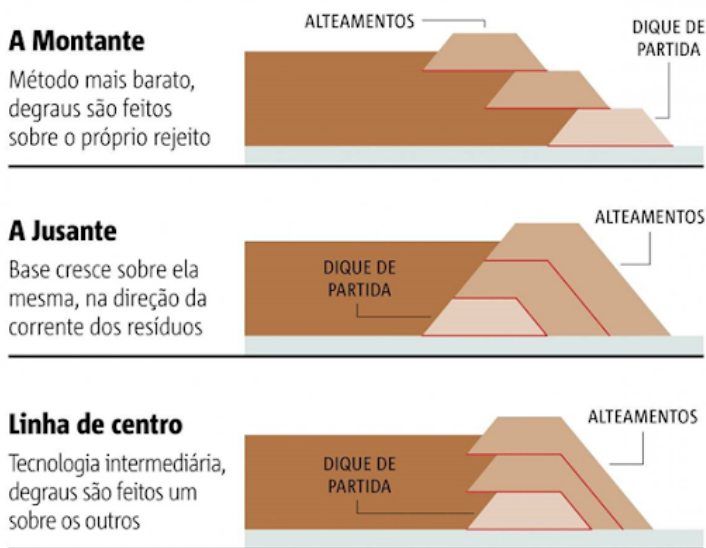
### **2.1. Característica das Barragens de Retenção de Rejeitos**

As barragens de retenção de rejeitos configuram-se como estruturas essenciais no setor de mineração, uma vez que são responsáveis pelo armazenamento dos resíduos sólidos oriundos do processamento mineral. Sua função transcende o aspecto operacional, assumindo um papel de controle ambiental ao evitar que esses rejeitos alcancem o solo e os corpos hídricos, reduzindo, assim, os impactos ambientais e sociais associados às atividades extrativas (Pereira; Santos, 2020; Silva, 2023). Por isso, são classificadas como infraestruturas críticas, cuja falha pode acarretar consequências de larga escala, exigindo sistemas de gestão e monitoramento cada vez mais rigorosos.

A concepção estrutural dessas barragens varia de acordo com o método construtivo adotado. Entre os modelos mais comuns estão as barragens de montante, erguidas com base no próprio rejeito previamente depositado, e as barragens de jusante, que utilizam material externo, como solos compactados e rochas, para dar sustentação ao maciço.

Entre os modelos construtivos mais empregados destacam-se os métodos de alteamento a montante, a jusante e por linha de centro, cujas principais diferenças estruturais estão representadas na Figura 1.

Figura 1 - Métodos construtivos de barragens de rejeitos: montante, jusante e linha de centro



Fonte: Zhu (2020)

A escolha do método depende de fatores como o tipo de rejeito, as características geotécnicas do terreno e o custo operacional. Contudo, independentemente da técnica adotada, a estabilidade final da estrutura está relacionada diretamente à qualidade dos materiais empregados, ao rigor do processo construtivo e à adequação da geometria do projeto (Sequeira, 2024; Dhonatan, 2019).

A complexidade dessas estruturas exige uma compreensão aprofundada de seus riscos e vulnerabilidades. Entre os problemas mais críticos, destaca-se o risco de rompimento, que pode ser desencadeado por instabilidade geotécnica, falhas no sistema de drenagem, infiltração descontrolada de água ou processos erosivos. Esse tipo de falha estrutural não apenas compromete a integridade física da barragem, mas também desencadeia uma série de consequências ambientais, sociais e econômicas, como a contaminação de cursos d'água, destruição de ecossistemas,

deslocamento de populações e prejuízos irreparáveis à saúde pública (Araújo, 2025; Silva; Silva; Rabbani, 2025).

Os desastres ocorridos no Brasil nas últimas décadas ilustram de forma contundente a magnitude desses riscos, em especial o rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana no ano de 2015, e da Barragem da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho (2019), ambos em Minas Gerais, que resultaram em centenas de mortes, destruição ambiental em larga escala e repercussões sociais e econômicas de longo prazo.

Além dos riscos intrínsecos à engenharia dessas obras, a própria dinâmica de acumulação de rejeitos contribui para aumentar a complexidade da gestão. O acúmulo progressivo modifica o comportamento geotécnico do maciço e pode gerar pressões internas que comprometem sua estabilidade. Esse cenário torna indispensável a adoção de medidas preventivas e corretivas contínuas, bem como a implementação de protocolos rígidos de segurança e auditorias técnicas regulares. O monitoramento sistemático, portanto, não se limita a uma medida operacional, mas constitui requisito vital para a longevidade e segurança das barragens (Freire, 2025).

Historicamente, os métodos tradicionais de monitoramento dessas estruturas baseiam-se em inspeções visuais, sondagens geotécnicas e levantamentos topográficos. Embora forneçam informações importantes, tais estratégias apresentam limitações, especialmente em relação à precisão, à cobertura espacial e à periodicidade das avaliações. Inspeções visuais, por exemplo, podem falhar na detecção de anomalias em estágios iniciais, enquanto sondagens e mapeamentos demandam recursos elevados e oferecem apenas recortes pontuais da realidade da barragem (Santos; Oliveira, 2022; Silva, 2023). Isso cria lacunas significativas na capacidade de antecipação de falhas.

Essas limitações tornam evidente a necessidade de modernizar as práticas de acompanhamento e reforçam a importância da integração de tecnologias emergentes, como sensores inteligentes, drones e inteligência artificial. Tais recursos complementam os métodos tradicionais ao ampliar a precisão das medições, permitir o

monitoramento em tempo real e oferecer análises preditivas com base em grandes volumes de dados. Dessa forma, o estudo das características das barragens de rejeitos deve ser compreendido em um duplo eixo: de um lado, a análise crítica de sua concepção e vulnerabilidades; de outro, a busca constante por inovação no monitoramento, de modo a garantir maior segurança e reduzir os riscos de acidentes de grande escala (Araújo, 2025; Oliveira, 2024).

## **2.2 Tecnologias Avançadas para Monitoramento de Barragens de Rejeitos**

A incorporação de tecnologias avançadas ao monitoramento de barragens de rejeitos tem se consolidado como uma estratégia indispensável para elevar os níveis de segurança e confiabilidade dessas estruturas. Diferentemente dos métodos tradicionais, que se limitam a inspeções pontuais e avaliações periódicas, essas soluções inovadoras permitem o acompanhamento contínuo e em tempo real, fornecendo dados mais precisos e abrangentes para a tomada de decisão. Tal avanço representa um marco no setor, uma vez que amplia a capacidade preditiva das análises e reduz a dependência exclusiva da observação humana, frequentemente sujeita a falhas (França; Conceição; Silva, 2023; Araújo, 2025).

Entre as inovações mais relevantes destacam-se os sensores inteligentes, projetados para medir deformações, pressões internas, vibrações e deslocamentos estruturais. Esses dispositivos possibilitam a detecção precoce de alterações imperceptíveis a olho nu, como microfissuras ou variações de pressão que podem indicar instabilidade. Além de monitorarem continuamente parâmetros críticos, os sensores oferecem respostas quase instantâneas, permitindo que os engenheiros identifiquem e tratem problemas ainda em fase inicial. Essa capacidade de antecipação fortalece a segurança operacional e reduz significativamente os riscos de colapso (Sequeira, 2024; Dhonatan, 2019).

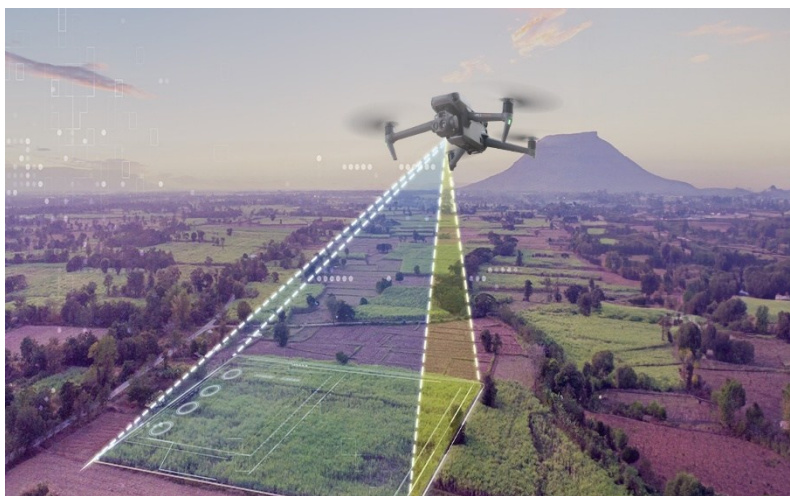
O uso de drones e técnicas de sensoriamento remoto também tem transformado o acompanhamento das barragens, especialmente

em áreas de difícil acesso, como taludes e cristas. Equipados com câmeras de alta resolução, sensores de termografia e sistemas LiDAR, esses equipamentos viabilizam a geração de modelos tridimensionais detalhados, além de mapeamentos topográficos de alta precisão.

O LiDAR (*Light Detection and Ranging*) funciona por meio da emissão de pulsos de laser e da medição do tempo de retorno da luz, permitindo a criação de nuvens de pontos tridimensionais que representam com elevado grau de detalhe a superfície analisada. Essa técnica possibilita detectar deformações milimétricas, variações geomorfológicas e áreas suscetíveis a processos erosivos, superando as limitações do mapeamento topográfico tradicional. Ao reduzir a exposição de equipes a condições de risco e ampliar a área de cobertura, os drones otimizam recursos e elevam a qualidade das inspeções (Oliveira, 2024; Silva; Silva; Rabbani, 2025).

A Figura 2 exemplifica a aplicação da tecnologia LiDAR em operações com drones, demonstrando como a varredura a laser permite a obtenção de modelos digitais de terreno com alto nível de detalhamento e precisão geométrica.

Figura 2 - Mapeamento por drone com modelo digital de terreno (LiDAR)



Fonte: DJI (2024)

A inteligência artificial, por sua vez, tem se mostrado um dos instrumentos mais promissores na análise preditiva do comportamento das barragens. Por meio de algoritmos de aprendizado de máquina, é possível processar grandes volumes de dados provenientes de sensores e drones, identificando padrões e tendências que escapariam a análises convencionais. Essa capacidade de previsão confere às equipes de monitoramento uma ferramenta estratégica para agir preventivamente, minimizando a probabilidade de falhas e otimizando os planos de manutenção. Além disso, a integração da IA ao conceito de Big Data amplia a confiabilidade dos diagnósticos, tornando-os mais robustos e alinhados à complexidade das variáveis envolvidas (Araújo, 2025; França; Conceição; Silva, 2023).

Outro avanço importante está na criação de sistemas integrados de monitoramento remoto. Essas plataformas digitais centralizam as informações coletadas por sensores, drones e *softwares* de análise, disponibilizando-as em tempo real para engenheiros e gestores. Com isso, a supervisão das barragens deixa de estar restrita ao espaço físico, permitindo que equipes acompanhem as condições estruturais de qualquer local, de forma ágil e precisa. A integração dos dados em um ambiente único favorece análises mais rápidas e decisões baseadas em evidências sólidas, além de reduzir o tempo de resposta em situações de emergência (Sequeira, 2024; Silva, 2023).

### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois busca gerar conhecimentos que tenham aplicação prática, especialmente na melhoria dos processos de monitoramento de barragens por meio da utilização de tecnologias avançadas, como sensores inteligentes, drones e inteligência artificial (Gil, 2019). Quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa, uma vez que analisa fenômenos de natureza complexa, focando na compreensão dos processos, das tecnologias e das práticas adotadas no monitoramento de barragens, sem se apoiar em dados estatísticos ou

mensurações numéricas, mas sim na interpretação de informações, documentos e estudos de caso (Creswell; Creswell, 2018).

Com relação aos seus objetivos, configura-se como uma pesquisa exploratória, já que busca proporcionar maior familiaridade com o tema, ampliar o entendimento sobre as tecnologias emergentes no monitoramento de barragens e investigar como essas ferramentas estão sendo aplicadas na prática (Vergara, 2016). Este tipo de pesquisa é indicado quando há necessidade de aprofundamento teórico e prático sobre um fenômeno ainda pouco discutido no campo da engenharia de produção, especialmente no contexto brasileiro.

No que se refere aos procedimentos técnicos, foram utilizados três métodos complementares:

- **Pesquisa bibliográfica**, fundamentada na análise de livros, artigos científicos, teses, dissertações e materiais acadêmicos que abordem os conceitos de monitoramento de barragens, segurança estrutural e uso de tecnologias emergentes (Marconi; Lakatos, 2017).
- **Pesquisa documental**, baseada na análise de documentos oficiais, relatórios técnicos, normas regulamentadoras, diretrizes de órgãos fiscalizadores e materiais disponibilizados por empresas do setor de mineração e monitoramento de estruturas (Thiolent, 2017).
- **Estudo de caso**, que consiste na análise da Barragem do Doutor, localizada em Ouro Preto, Minas Gerais, atualmente em processo de descaracterização pela mineradora Vale. Este caso é utilizado como referência empírica para compreender as práticas de monitoramento em andamento e avaliar de que forma tecnologias avançadas, como sensores inteligentes, drones e inteligência artificial, podem contribuir para aumentar a eficácia e a segurança estrutural dessa barragem (Gil, 2019).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção dedica-se à análise dos resultados obtidos a partir do estudo de caso da Barragem do Doutor, localizada em Ouro Preto, Minas Gerais, e atualmente em processo de descaracterização. A escolha desse caso permite observar, de forma prática, como os

métodos tradicionais de monitoramento têm sido aplicados e quais são suas limitações diante dos desafios contemporâneos de segurança e sustentabilidade.

Paralelamente, busca-se discutir o potencial de aplicação das tecnologias avançadas, como sensores inteligentes, drones e inteligência artificial, como alternativas capazes de aprimorar a detecção de anomalias estruturais, ampliar a confiabilidade das informações e antecipar falhas que poderiam gerar consequências ambientais, sociais e econômicas severas. Dessa forma, a seção articula teoria e prática, permitindo avaliar de que maneira a integração entre inovação tecnológica e gestão eficiente pode redefinir os parâmetros de monitoramento de barragens no Brasil.

#### **4.1 A Barragem do Doutor**

A Barragem do Doutor, localizada no distrito de Antônio Pereira, no município de Ouro Preto (MG), foi construída em 2001 para armazenar rejeitos de flotação e lama provenientes da Usina de Timbopeba, com capacidade estimada em cerca de 35 milhões de metros cúbicos (Vale, 2020). Operada pela Vale S.A., essa estrutura, classificada como barragem a montante, segue um método de alteamento criticado pela literatura técnica pela alta vulnerabilidade à liquefação, como evidenciado nos desastres de Mariana e Brumadinho (Araújo, 2025).

A Figura 3 apresenta uma vista aérea da Barragem do Doutor, evidenciando sua configuração estrutural e a área em processo de descaracterização conduzida pela Vale S.A.

Figura 3 - Vista aérea da Barragem do Doutor, em processo de descaracterização (Ouro Preto/MG)



Fonte: Camilo (2023)

No contexto regulatório, a barragem passou por mudança de classificação de risco em abril de 2020, quando o nível de emergência aumentou de 1 para 2, motivando a evacuação compulsória de famílias residentes em sua Zona de Autossalvamento (ZAS) (MPMG, 2020). Em seguida, houve redução para o nível 1 em maio de 2021, após a adoção de medidas corretivas como bombeamento de água e reforço estrutural em áreas críticas (Vale, 2021).

O processo de descaracterização da Barragem do Doutor está em andamento e possui previsão de conclusão em 2029, segundo relatórios do Ministério Público de Minas Gerais e da própria mineradora (MPMG, 2023; Vale, 2023). Até 2023, o processo já alcançava cerca de 45% de execução, o que permitiu a redução de mais de 15% na mancha de inundação estimada para a barragem (EM, 2022).

A descaracterização consiste na eliminação definitiva das características de barragem de rejeitos, transformando a estrutura em uma área estável e integrada ao relevo natural. Esse procedimento envolve etapas como a remoção ou realocação do material

armazenado, a drenagem e tratamento da água presente, o reforço ou reconfiguração dos taludes e, por fim, a revegetação e recuperação ambiental da área. Trata-se de um processo complexo e de longa duração, que busca reduzir de forma permanente os riscos de rompimento e minimizar os impactos socioambientais associados, garantindo maior segurança às comunidades vizinhas e ao meio ambiente (ANM, 2024; Vale, 2025).

As informações disponíveis indicam uma resposta institucional às pressões sociais e legais: sirenes foram instaladas na região, planos de ação emergencial (PAEBM) acionados e remoções residenciais executadas com suporte da defesa civil, assegurando alojamento e assistência à população (Vale, 2020; MPMG, 2023). Contudo, persistem tensões entre comunidade e mineradora, com denúncias de falta de transparência e critérios imprecisos nos processos de remoção, bem como ausência de participação efetiva dos atingidos nas decisões (Brasil de Fato, 2020; Brasil de Fato, 2025).

Do ponto de vista da mineração brasileira, a Barragem do Doutor se configura como um caso emblemático: por estar inserida no Quadrilátero Ferrífero, região que concentra diversas estruturas de alto risco, sua análise permite compreender o impacto das decisões tecnológicas e regulatórias sobre a segurança de comunidades vulneráveis. Ademais, sua condição de barragem a montante em descomissionamento oferece oportunidade singular para avaliar como tecnologias avançadas podem contribuir para elevar os padrões de monitoramento e segurança (Freire, 2025; Sequeira, 2024).

#### **4.2 Diagnóstico do monitoramento atual**

Os relatórios técnicos divulgados pela Vale, especialmente os dedicados à descaracterização da Barragem do Doutor, evidenciam um sistema estruturado de monitoramento regular, com periodicidade semestral ou trimestral. A mineradora publica com transparência os relatórios técnicos (Relatório Doutor), em cumprimento ao Termo de Compromisso firmado com órgãos reguladores e o Ministério Público, e reforça o empenho contínuo nas etapas de controle (Vale, 2025).

No plano regulatório, o monitoramento obedece aos preceitos da ANM, com diferenciação entre monitoramento ativo - que exige um período mínimo obrigatório de dois anos após desativação ativa - e o monitoramento passivo. Este segundo se estende ao período até o descadastramento definitivo da estrutura e inclui instrumentação e inspeções conforme definidos pelo projetista (ANM, 2024). Além disso, o cadastro e a classificação de risco da barragem são atualizados em tempo real, por meio do SIGBM Público da ANM (Boletim ANM, 2024).

Entre os pontos fortes do sistema atual destaca-se a interlocução clara entre a mineradora, os órgãos reguladores e o Ministério Público — refletida em inspeções, avaliações periódicas e relatórios sistemáticos. A estrutura de governança envolve ações coordenadas, como remoções assistidas, uso de sirenes de alerta e ampla divulgação de zonas de risco, o que demonstra capacidade de resposta emergencial (Vale, 2020; MPMG, 2023).

Entretanto, o diagnóstico revela limitações relevantes. O monitoramento ainda decorre, em boa parte, da modelagem tradicional, baseada em inspeções presenciais e relatórios técnicos, sem a abrangência do monitoramento em tempo real. A ausência de instrumentação contínua automática pode comprometer a detecção precoce de alterações estruturais sutis, como fissuras e movimentações internas inesperadas justamente onde tecnologias avançadas poderiam demonstrar maior eficácia.

Adicionalmente, a dependência de relatórios programados e a condução manual das inspeções expõem restrições operacionais. A necessidade de deslocamento das equipes, a periodicidade limitada das observações e a possível demora na divulgação de anomalias representam vulnerabilidades que implicam riscos elevados, sobretudo em estruturas classificadas como a montante, com histórico de risco elevado (ANM, 2024; Vale, 2025).

Essas lacunas reforçam a compatibilidade entre o referencial teórico, que defende a incorporação de sensores inteligentes, drones, análise preditiva por IA e sistemas de monitoramento remoto integrado, e as demandas reais da Barragem do Doutor. O diagnóstico atual indica que, apesar da solidez administrativa, há espaço para aumentar a

segurança e proatividade no acompanhamento estrutural, sobretudo em um contexto complexo como o de descomissionamento a montante.

### **4.3 Aplicação das tecnologias avançadas**

O estudo de caso da Barragem do Doutor evidencia a necessidade de modernizar os métodos de monitoramento, ampliando sua capacidade preditiva e a confiabilidade dos dados coletados em minas semelhantes. Nesse sentido, o potencial de aplicação das tecnologias avançadas se revela como um caminho estratégico para suprir as limitações identificadas nos sistemas atuais. A literatura científica já destaca a relevância de ferramentas inovadoras como sensores inteligentes, drones, inteligência artificial e sistemas integrados de monitoramento remoto, capazes de transformar a forma como a segurança de barragens é gerida (França; Conceição; Silva, 2023; Araújo, 2025).

Os sensores inteligentes observados neste estudo de caso, despontam como alternativa eficaz para detecção de anomalias estruturais em tempo real. Eles foram instalados em pontos estratégicos da estrutura da Mina de Doutor, o que permite monitorar variações de pressão interna, deformações do maciço e vibrações que indicam movimentações críticas. Diferentemente das inspeções visuais e sondagens convencionais, os sensores oferecem dados contínuos e de alta precisão, possibilitando identificar alterações antes que se tornem falhas graves (Sequeira, 2024; Dhonatan, 2019). No caso da Barragem do Doutor, em processo de descaracterização, a instrumentação com sensores apoia a estabilidade da estrutura durante as etapas de remoção e recomposição, reduzindo os riscos de incidentes.

Os drones e o sensoriamento remoto representam outro recurso que vem sendo usado para complementar as práticas tradicionais e que estão aplicadas na Mina de Doutor. Equipados com câmeras de alta resolução e sensores LiDAR, esses dispositivos permitem gerar modelos tridimensionais precisos e monitorar áreas de difícil acesso, como taludes e cristas da barragem (Oliveira, 2024; Silva; Silva;

Rabbani, 2025). Na prática, o uso de drones amplia a frequência das inspeções e reduz a exposição de trabalhadores a condições de risco, além de fornecer um banco de dados visual detalhado para comparar alterações ao longo do tempo. Na Barragem do Doutor, essa tecnologia é particularmente útil para acompanhar as mudanças geomorfológicas decorrentes da descaracterização.

A inteligência artificial associada ao Big Data amplia ainda mais as possibilidades de monitoramento. Por meio de algoritmos de aprendizado de máquina, grandes volumes de dados coletados por sensores e drones podem ser processados para identificar padrões de comportamento e prever falhas antes que elas ocorram (Araújo, 2025; França; Conceição; Silva, 2023). Essa abordagem possibilita antecipar problemas críticos, orientar planos de manutenção e oferecer maior embasamento para a tomada de decisões. No caso da Barragem do Doutor, a aplicação de IA, ainda em fase de implantação, contribui para reduzir incertezas sobre a evolução estrutural da obra durante a descaracterização, além de fortalecer a confiabilidade das análises perante órgãos fiscalizadores.

Outro aspecto relevante é a integração em plataformas digitais de monitoramento remoto, que centralizam as informações provenientes de diferentes fontes, tornando-as acessíveis em tempo real para engenheiros, gestores e autoridades regulatórias (Santos; Oliveira, 2022; Silva, 2023). A centralização dos dados, já aplicada na Mina de Doutor, favorece análises rápidas, aumenta a transparência e possibilita respostas emergenciais mais ágeis em caso de anomalias críticas. A adoção de tais plataformas no contexto deste estudo de caso, aumenta a confiança da comunidade local, uma vez que relatórios e dados poderiam ser disponibilizados de forma mais clara e acessível.

#### **4.4 Análise e Discussão**

A análise do estudo de caso da Barragem do Doutor evidencia diferenças marcantes entre os métodos tradicionais de monitoramento e as tecnologias emergentes discutidas na literatura. As práticas convencionais, como inspeções visuais e sondagens geotécnicas,

fornece dados pontuais, mas apresenta limitações em termos de frequência e abrangência espacial (Gil, 2019; Marconi; Lakatos, 2017). Em contrapartida, a aplicação de sensores, drones e inteligência artificial amplia a capacidade de acompanhar o comportamento da estrutura em tempo real, permitindo a identificação de anomalias de forma precoce e precisa (Sequeira, 2024; Araújo, 2025). Essa diferença reforça a necessidade de uma transição gradual, mas firme, rumo à modernização dos sistemas de vigilância de barragens no Brasil.

Os ganhos em segurança advindos da utilização dessas tecnologias são significativos. A instalação de sensores inteligentes permite captar pressões internas e microdeformações que dificilmente seriam observadas em inspeções presenciais, enquanto drones possibilitam acesso a áreas críticas sem exposição humana a riscos (Oliveira, 2024; Silva; Silva; Rabbani, 2025). Além disso, a inteligência artificial, ao processar grandes volumes de dados, oferece análises preditivas que podem antecipar cenários de falha, fortalecendo a confiabilidade das ações preventivas (Araújo, 2025; França; Conceição; Silva, 2023). Do ponto de vista da sustentabilidade, essas ferramentas também contribuem para otimizar recursos, reduzir custos de inspeções manuais recorrentes e minimizar impactos ambientais decorrentes de falhas estruturais.

Contudo, a adoção dessas tecnologias enfrenta limitações práticas que não podem ser negligenciadas. Custos elevados de aquisição e manutenção, necessidade de capacitação técnica especializada e barreiras institucionais à incorporação de inovações ainda representam entraves relevantes (Santos; Oliveira, 2022). Além disso, a aceitação institucional pode ser lenta, tanto por parte das empresas de mineração quanto dos órgãos reguladores, que tradicionalmente se apoiam em práticas já consolidadas. Esse cenário indica que a implementação de tecnologias emergentes precisa ser acompanhada de políticas públicas e incentivos que viabilizem sua integração de forma progressiva e sustentável.

As repercussões sociais da adoção de novas tecnologias também merecem destaque. Comunidades vizinhas a barragens, como as de Antônio Pereira no entorno da Barragem do Doutor, vivem sob

constante insegurança e desconfiança em relação às mineradoras e ao poder público. A aplicação de sistemas modernos de monitoramento pode não apenas aumentar a segurança objetiva da estrutura, mas também fortalecer a confiança da população, sobretudo se os dados forem disponibilizados em plataformas acessíveis e transparentes (Vale, 2023; MPMG, 2023). Do ponto de vista ambiental, a antecipação de falhas por meio de análises preditivas é essencial para evitar desastres de larga escala, como os ocorridos em Mariana e Brumadinho, cujos impactos ultrapassaram gerações.

Outro ponto relevante da discussão crítica é a aplicabilidade dessas tecnologias em outras barragens brasileiras. O país conta com centenas de estruturas de rejeitos, muitas delas em regiões de alta densidade populacional e em diferentes estágios de risco. A replicação de soluções tecnológicas testadas na Barragem do Doutor pode contribuir para a criação de protocolos padronizados de monitoramento avançado, ajustados às especificidades geotécnicas de cada estrutura (Sequeira, 2024; França; Conceição; Silva, 2023). Ao mesmo tempo, a diversidade de contextos exige flexibilidade para que sensores, drones e inteligência artificial sejam combinados de forma adaptativa, de acordo com os desafios de cada localidade.

## **5 CONCLUSÃO**

O presente estudo cumpriu o propósito de investigar como o uso de tecnologias avançadas (sensores inteligentes, drones e inteligência artificial) pode contribuir para o fortalecimento da segurança e da governança no monitoramento de barragens de rejeitos. O problema de pesquisa foi devidamente respondido, demonstrando que a incorporação dessas ferramentas, de forma integrada e sistematizada, representa uma evolução significativa frente aos métodos tradicionais de inspeção e acompanhamento estrutural. Tais tecnologias não apenas aumentam a precisão e a frequência das análises, mas também permitem a construção de sistemas preditivos que antecipam falhas

antes que estas se tornem eventos críticos, redefinindo o paradigma da segurança operacional no setor de mineração.

Os objetivos gerais e específicos foram plenamente alcançados. A pesquisa analisou o papel dos sensores inteligentes na detecção de variações internas e deformações do maciço, avaliou a utilização de drones como instrumentos de mapeamento aéreo e inspeção de áreas de difícil acesso, e discutiu o uso da inteligência artificial como ferramenta de processamento de dados e previsão de instabilidades. No contexto da Barragem do Doutor, observou-se que a integração entre essas tecnologias tem potencial para tornar o processo de descaracterização mais seguro, transparente e eficiente, especialmente por reduzir a exposição humana a áreas de risco e permitir o acompanhamento contínuo da estrutura. Assim, o estudo reafirma a importância da inovação tecnológica como instrumento de apoio à sustentabilidade e à mitigação de desastres socioambientais.

Contudo, o estudo reconhece limitações importantes. Primeiramente, a análise foi conduzida a partir de dados secundários, o que restringe a possibilidade de observação empírica direta dos sistemas de monitoramento implementados na Barragem do Doutor. Além disso, a ausência de dados em tempo real e a falta de uniformização nos relatórios técnicos divulgados pelas empresas mineradoras dificultam a comparação entre diferentes estruturas e contextos. Outro fator limitante está relacionado à heterogeneidade tecnológica existente no setor: nem todas as mineradoras dispõem de recursos ou capacitação técnica para adotar tecnologias de alto custo e complexidade, o que cria desigualdades na aplicação de práticas preventivas.

Essas limitações, entretanto, abrem espaço para o desenvolvimento de novas linhas de pesquisa. Recomenda-se que estudos futuros adotem metodologias de campo, com coleta direta de dados provenientes de sensores e sistemas de monitoramento remoto, de modo a permitir a análise comparativa entre barragens com diferentes níveis de risco e estágio de operação. Pesquisas que explorem a integração da Internet das Coisas (IoT) e do aprendizado de máquina (machine learning) no monitoramento automatizado podem

contribuir para o desenvolvimento de modelos preditivos nacionais, adequados às condições geotécnicas brasileiras. Sugere-se também a realização de estudos interdisciplinares que articulem as dimensões técnicas, ambientais e sociais do monitoramento de barragens, considerando a percepção das comunidades atingidas e o papel das políticas públicas de fiscalização e transparência de dados.

Por fim, conclui-se que o avanço tecnológico, aliado a uma gestão participativa e comprometida com a ética socioambiental, constitui o caminho mais promissor para transformar a gestão de barragens de rejeitos no Brasil. A experiência da Barragem do Doutor evidencia que a combinação entre inovação, governança e responsabilidade social é capaz de não apenas prevenir desastres, mas também de restabelecer a confiança da sociedade na capacidade do setor mineral de operar de forma segura, sustentável e transparente.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Relatório Trimestral de Barragens – Outubro 2024 (retificado em 15/10/2024)**. Brasília: ANM, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/report-trimestral-outubro-2024-retificado-em-15-10-24>. Acesso em: 5 set. 2025.

APOAN. **Descomissionamento de Barragens: Tudo o Que Você Precisa Saber**. Disponível em: <https://www.apoan.com.br/descomissionamento-de-barragens-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 06 out., 2025.

ARAÚJO, G. R. M. B. **Aplicação de inteligência artificial no monitoramento de estruturas geotécnicas**. 2025. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3145/tde-31012025-092404/publico/GabrielRayksonMatosBrasildeAraujoCorr25.pdf>. Acesso em: 13 maio 2025.

BRASIL DE FATO. Atingidos por barragem de Antônio Pereira (MG) lutam para manter assessoria técnica. **Brasil de Fato**, São Paulo, 15 abr. 2025. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2025/04/15/>

atingidos-por-barragem-de-antonio-pereira-mg-lutam-para-manter-assessoria-tecnica. Acesso em: 5 set. 2025.

BRASIL DE FATO. Famílias vivem sob risco de rompimento de barragem da Vale em Ouro Preto (MG). **Brasil de Fato**, São Paulo, 14 nov. 2020. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/11/14/familias-vivem-sob-risco-de-rompimento-de-barragem-da-vale-em-ouro-preto-mg>. Acesso em: 5 set. 2025.

CAMILO, José Vitor. **Ouro Preto é a cidade com maior número de barragens de rejeitos em risco do país**. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/cidades/ouro-preto-e-a-cidade-com-maior-numero-de-barragens-de-rejeitos-em-risco-do-pais-1.3289718>. Acesso em: 06 out., 2025.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 5. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2018.

DHONATAN, R. S. **Sensoriamento remoto com sensores de aeronaves não tripuladas para monitoramento ambiental**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2019. Disponível em: [https://ufr.edu.br/ppgta/wp-content/uploads/2020/09/Dhonatan\\_2019.pdf](https://ufr.edu.br/ppgta/wp-content/uploads/2020/09/Dhonatan_2019.pdf). Acesso em: 13 maio 2025.

DJI. **Drones para mapeamento: revolucionando a cartografia moderna**. Disponível em: <https://blog.lojadji.com.br/drones-para-mapeamento/>. Acesso em: 06 out., 2025.

EM. Vale anuncia redução da mancha de inundação em barragem de Ouro Preto. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 26 maio 2022. Disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2022/05/26/interna\\_gerais,1369273/vale-anuncia-reducao-da-mancha-de-inundacao-em-barragem-de-ouro-preto.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2022/05/26/interna_gerais,1369273/vale-anuncia-reducao-da-mancha-de-inundacao-em-barragem-de-ouro-preto.shtml). Acesso em: 5 set. 2025.

FRANÇA, J. V. M.; CONCEIÇÃO, L. R. da; SILVA, P. V. C. Inteligência artificial na produção: aplicações e benefícios. In: **Estudos em engenharia e inovação**, 2023, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Pascal, 2023. v. 4, p. 507-516. Disponível em: <https://editorapascal.com.br/wp-content/uploads/2025/03/ENGENHARIA-VOL.-04.pdf>. Acesso em: 13 maio 2025.

FREIRE, W. Mina subterrânea: desafios e soluções tecnológicas. **The Mine**, n. 114, p. 45-60, 2025. Disponível em: <https://williamfreire.com.br/wp-content/uploads/2025/04/Revista-InTheMine-edicao-114-Digital.pdf>. Acesso em: 13 maio 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS (MPMG). Ação Civil Pública – Complexo Timbopeba: Barragem do Doutor. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://www.mpmg.mp.br>. Acesso em: 5 set. 2025.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS (MPMG). Relatórios de descaracterização de barragens – Barragem do Doutor. Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://barragens.mpmg.mp.br/barragem-de-doutor/>. Acesso em: 5 set. 2025.

OLIVEIRA, M. R. de. **Desenvolvimento da tecnologia de drones para monitoramento de barragens**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024. Disponível em: [https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/357c1032-2c91-44b1-9b70-3a0121c66925/Oliveira\\_MarianaRosa\\_tcc.pdf](https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/357c1032-2c91-44b1-9b70-3a0121c66925/Oliveira_MarianaRosa_tcc.pdf). Acesso em: 13 maio 2025.

PEREIRA, M. J.; SANTOS, F. L. Uso de sensores inteligentes no monitoramento de barragens de rejeitos. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Civil**, 18., 2020, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: ABENC, 2020. v. 18, n. 2, p. 210-225.

ZHU, Viviane. **Barragens: finalidade, tipos, riscos e a nova lei**. Disponível em: <https://petcivil.blogspot.com/2020/10/barragens-finalidade-tipos-riscos-e.html>. Acesso em 06 out., 2025.

SANTOS, J. A. dos; OLIVEIRA, L. F. de. O impacto da Internet das Coisas (IoT), da Inteligência Artificial (IA) e da Realidade Virtual (RV) na segurança ocupacional. **Revista Controle**, v. 14, n. 2, p. 45-60, 2022.

SEQUEIRA, D. L. Aplicação de sensores inteligentes para o monitoramento de recursos naturais. In: **II Simpósio Internacional de Ciências e Inovação Tecnológica do IP-UJES**, 2024, Huambo. Anais [...]. Huambo: IP-UJES, 2024. p. 85-95. Disponível em: <https://id.scribd.com/document/842893947/Aplicacao-de-Sensores->

Inteligentes-Para-o-Monitoramento-de-Recurso-Naturais-Daniel-Leao-Sequeira. Acesso em: 13 maio 2025.

SILVA, D. M. B. da; SILVA, S. R. da; RABBANI, E. R. K. Utilização de sistemas de aeronaves não tripuladas na gestão de segurança de barragens – uma revisão sistemática de literatura. **Geofronter**, v. 11, p. 1-26, 2025. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/download/9219/6523/39078>. Acesso em: 13 maio 2025.

SILVA, J. M. **O sensoriamento remoto e os riscos naturais e antrópicos: uma abordagem integrada**. 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/287671/001242815.pdf>. Acesso em: 13 maio 2025.

THIOLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

VALE. **Programa de Descaracterização de Barragens**. Belo Horizonte: Vale S.A., 2025. Disponível em: <https://vale.com/esg/programa-de-descaracterizacao>. Acesso em: 5 set. 2025.

VALE. **Reduction of the emergency level of the Doutor Dam**. Belo Horizonte: Vale S.A., 2021. Disponível em: <https://vale.com/pt/w/reduction-of-the-emergency-level-of-the-doutor-dam>. Acesso em: 5 set. 2025.

VALE. **Relatórios de descaracterização de barragens – Barragem do Doutor**. Belo Horizonte: Vale S.A., 2023. Disponível em: <https://vale.com>. Acesso em: 5 set. 2025.

VALE. **Vale informa sobre ampliação da ZAS da Barragem Doutor**. Belo Horizonte: Vale S.A., 2020. Disponível em: <https://vale.com/pt/w/vale-informa-sobre-ampliacao-da-zas-da-barragem-doutor>. Acesso em: 5 set. 2025.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 17. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

## CAPÍTULO 9

### REDUÇÃO DAS DIFICULDADES OPERACIONAIS NO *PICKING* E DESTINAÇÃO DE MERCADORIAS

#### *REDUCTION OF OPERATIONAL DIFFICULTIES IN PICKING AND GOODS ALLOCATION*

##### **Adriene Inária Oliveira**

Rede de Ensino Doctum João Monlevade – Minas Gerais  
aluno.adriene.oliveira@doctum.edu.com.br

##### **Marcelo Augusto Carneiro**

Rede de Ensino Doctum João Monlevade – Minas Gerais  
aluno.marcelo.carneiro@doctum.edu.br

##### **Pablo Wannder Matos Silva**

Rede de Ensino Doctum João Monlevade – Minas Gerais  
aluno.pablo.matos@doctum.edu.br

##### **Vanessa Maria Assis Almeida**

Rede de Ensino Doctum João Monlevade – Minas Gerais  
aluno.vanessa.almeida1@doctum.edu.br

##### **Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>  
brenomonlevade@gmail.com

## RESUMO

O artigo tem como objetivo analisar as dificuldades operacionais enfrentadas no processo de *picking* e destinação de mercadorias, com o intuito de propor estratégias para a melhoria da eficiência logística. Foi realizada uma pesquisa qualitativa com coleta de dados por meio de entrevistas e observações diretas no armazém de uma empresa do setor de logística. As principais dificuldades encontradas incluem erros na separação de produtos, falhas no sistema de rastreamento e a falta

de comunicação entre equipes. Foi sugerido a implementação de sistemas automatizados de rastreamento e a reorganização do *layout* do armazém. O estudo contribui para a compreensão dos desafios logísticos e propõe soluções práticas que visam otimizar o fluxo de trabalho, melhorar a comunicação e a rastreabilidade, e reduzir erros operacionais.

**Palavras-chave:** Logística, *Picking*, Destinação de Mercadorias, Eficiência Operacional, Melhoria de Processos.

## **ABSTRACT**

This article aims to analyze the operational difficulties faced in the *picking* and goods allocation process, aiming to propose strategies for improving logistic efficiency. A qualitative research was conducted with data collection through interviews and direct observations in the warehouse of a logistics company. The main difficulties encountered include errors in product separation, failures in the tracking system, and lack of communication between teams. It was suggested to implement automated tracking systems and reorganize the warehouse *layout*. The study contributes to understanding logistic challenges and proposes practical solutions to optimize workflow, improve communication and traceability, and reduce operational errors.

**Keywords:** Logistics, *Picking*, Goods Allocation, Operational Efficiency, Process Improvement.

## **1. INTRODUÇÃO**

A eficiência nas atividades logísticas desempenha um papel fundamental para manter a competitividade e o bom desempenho das empresas que realizam armazenagem e distribuição de mercadorias. Nesse cenário, as etapas de *picking* e destinação dos produtos são particularmente importantes, pois influenciam diretamente o tempo de atendimento e a qualidade do serviço prestado aos clientes. No entanto, esses processos ainda apresentam desafios operacionais frequentes, como atrasos, erros na separação, falhas de rastreabilidade

e elevação dos custos, comprometendo a produtividade e a eficiência do sistema logístico.

Este estudo visa compreender essas dificuldades e propor soluções viáveis para a redução de erros e otimização do fluxo de trabalho. A pesquisa foi motivada pela constatação de que, apesar dos avanços tecnológicos e metodológicos, ainda existem pontos críticos que afetam a produtividade e a satisfação dos clientes, como o *layout* desorganizado do armazém, a comunicação ineficiente entre as equipes e a falta de sistemas adequados para o controle e rastreamento das mercadorias.

A separação de pedidos é o procedimento no qual as mercadorias são recolhidas nos armazéns dos centros de distribuições, onde a tarefa inicia com a transformação do pedido do cliente para uma lista de separação, no qual indica posições específicas para cada tipo de mercadoria, quantidade e ordem de coleta das mercadorias a serem recolhidas. Sendo a maior parte do tempo consumido pelos operadores nas movimentações de separação, é substancial para uma boa produtividade de um sistema de separação de pedidos a redução dos tempos de deslocamento ou movimentação (Ackerman, 1990).

A justificativa para esta pesquisa está no impacto direto que a melhoria dessas operações tem sobre a competitividade das empresas. Com a crescente demanda por serviços logísticos rápidos e eficientes, encontrar soluções para esses problemas pode representar uma vantagem estratégica. Além disso, o estudo pretende contribuir com práticas que possam ser aplicadas em outras empresas do setor, promovendo a inovação e o aumento da produtividade.

A metodologia adotada inclui a análise qualitativa das dificuldades operacionais enfrentadas, utilizando entrevistas com funcionários e observações diretas no armazém. O estudo busca identificar as principais falhas nos processos e, com base nessas informações, propor melhorias que possam ser implementadas para otimizar o processo de *picking* e destinação.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão de literatura apresenta os conceitos essenciais para a compreensão do processo de *picking* e sua importância dentro da cadeia logística. O *picking* é uma atividade que envolve a separação e organização de produtos com o objetivo de atender a pedidos específicos, sendo essencial para garantir a agilidade nas entregas e a satisfação dos clientes.

De acordo com Ballou (2005), a distribuição é um dos elementos do processo da logística empresarial. Para o autor a logística empresarial como a administração no sentido dos processos inter-relacionados de movimentação, transporte e armazenagem, em permutação a realização verdadeira de gerenciar esses processos isoladamente.

Para Kotler (2000), a logística de distribuição se adequa ao objetivo, à realização e ao movimento dos produtos entre os pontos origem e destino final, com o intuito de prestar os requisitos solicitados pelos clientes.

Ching (2001), determina como logística de distribuição os vínculos entre organização-consumidor, assumindo a responsabilidade pela distribuição física da mercadoria até o destino final, tendo a obrigação de confirmar que os pedidos sejam precisamente entregues na quantidade certa e no tempo pré-determinado.

Moura (2005), analisa como a finalidade principal de um armazém o de prover o produto correto, na quantidade correta e no local e instante correto. Onde vivem quatro processos fundamentais como parte da armazenagem: recebimento, estocagem, separação e expedição.

De acordo com Rezende (2016), a armazenagem engloba todos os processos em um espaço dedicado a retenção passageira e a distribuição de produtos. É um conglomerado de processos exercidos em almoxarifados, depósitos, galpões, armazéns ou Cds.

Posto que os estoques agregam valores de tempo ao produto, pois engloba a disponibilidade do produto armazenado ao cliente e a

atividade de armazenagem envolver fatores como localização, arranjo físico, equipamentos de movimentação e grande necessidade de recursos financeiros e humanos, as organizações estão optando cada vez mais pela utilização dos centros de distribuição com objetivo de garantia de entrega rápida e eficaz, conseqüentemente reduzir custos e combater desperdícios (Pozo, 2002).

De acordo com Reis (1996), a gerência de estoques de matérias primas e produtos acabados é essencial em todos os processos industriais e comerciais para o alcance de ciclos apropriados de produção e para acertar os níveis de serviços almejado pelos clientes. A administração física dos estoques é realizada pelo centro de distribuição (CD), cujas ações são: recebimento, armazenagem, estocagem, manuseio, embalagem protetora, processamento de pedidos, separação da mercadoria, distribuição (transportes) e administração de informações.

O CD forma um dos mais imprescindíveis ativos dos elos do abastecimento, das quais funções baseia-se em gerir o fluxo de materiais e informações, solidificando estoques e demandando pedidos para a distribuição física (Moura, 2000).

Diversos estudos apontam que a automação e o uso de tecnologias, como códigos de barras e RFID (identificação por radiofrequência), são práticas eficazes para reduzir os erros de separação e melhorar a rastreabilidade dos produtos. Além disso, a organização do *layout* do armazém é um ponto crítico, com vários pesquisadores destacando que um *layout* mal planejado pode aumentar o tempo de separação e o risco de erros.

O estudo também observa que a comunicação entre as equipes de *picking* e destinação é outro fator importante para garantir a eficiência do processo logístico. A falta de integração entre as equipes pode levar a falhas na coordenação e atrasos na entrega

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Procedimentos Metodológicos**

Para Gil (1999), o estudo de caso é um estudo empírico que explora um fato presente dentro de seu âmbito de realidade, no qual são aproveitadas várias fontes de destaque, quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são abertamente definidas, sendo mais frequentemente aplicadas em: explorar circunstâncias de vida real cujos limites não estão abertamente precisos, relatar a situação do contexto em que está sendo aplicada determinada investigação e instruir as variáveis causas de determinado fenômeno em circunstâncias complexas onde não há eventualidade de realizar investigação e experimentos.

A pesquisa foi conduzida por meio de uma abordagem qualitativa, com entrevistas e observações diretas no armazém de uma empresa de logística. Os participantes da pesquisa foram selecionados entre os colaboradores da área de *picking* e destinação de mercadorias. As entrevistas abordaram as principais dificuldades enfrentadas no processo de separação de pedidos e na destinação de mercadorias.

Foram observados os fluxos de trabalho no armazém, com destaque para a identificação dos gargalos operacionais. As técnicas de análise de dados incluem a análise descritiva das respostas das entrevistas e a interpretação das observações feitas diretamente no ambiente de trabalho.

#### **3.2 Resultados**

A pesquisa revelou que os principais problemas no processo de *picking* estão relacionados à sobrecarga de trabalho, desorganização e à falta de um sistema eficiente de rastreamento dos produtos. A

comunicação entre as equipes de *picking* e destinação também foi apontada como um ponto crítico, com falhas que resultam em erros de separação e atrasos na entrega.

A entrevista envolveu cinco colaboradores de diferentes setores, permitindo uma visão abrangente das principais dificuldades nas operações logísticas. A partir das informações coletadas, foram identificadas oportunidades de melhoria voltadas à otimização dos processos da CD Logística, com foco em tornar o fluxo de separação e destinação de mercadorias mais eficiente, organizado e apoiado por tecnologias adequadas.

Quadro 1: Pesquisa aplicada aos colaboradores CD Logística

<b>Funcionário</b>	<b>Cargo</b>	<b>Principais dificuldades</b>	<b>Sugestões de melhorias</b>	<b>Nível de satisfação</b>
1	Op. De <i>Picking</i>	Erros na separação dos produtos	Implantar sistema de leitura por código de barras/RFID para reduzir erros na separação	3
2	Supervisor	Falta de comunicação entre as equipes	Integrar equipes via sistema digital de gestão (ex: app interno)	4
3	Op. De Destinação	Falta de espaço para armazenamento	Reorganizar <i>layout</i> conforme fluxo de entrada e saída	3

4	Op. De <i>Picking</i>	Tempo excessivo para pegar os produtos	Automatizar processo de separação	2
5	Supervisor de Armazém	Problemas no sistema de rastreamento	Atualizar e integrar o sistema de rastreamento em tempo real com plataforma de entregas	4

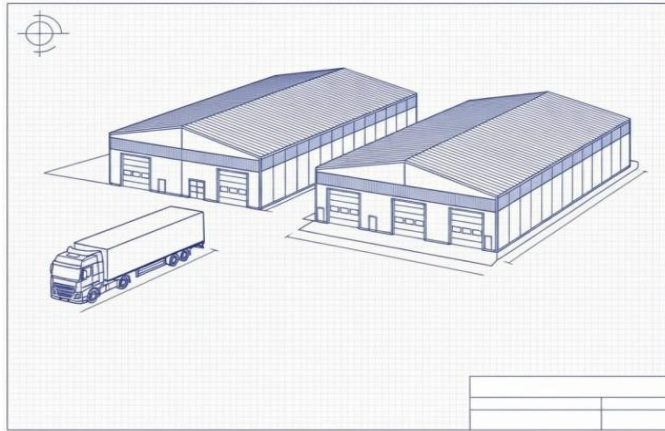
Fonte: Pesquisa aplicada (2025)

A empresa analisada atua no setor logístico, sendo responsável pela separação e expedição de produtos comercializados pela plataforma *Shopee*. Atualmente, a estrutura operacional é composta por dois galpões, representados nas figuras 1 e 2. Ambos os galpões possuem área destinada à recepção de caminhões e à separação de mercadorias, contudo, a disposição interna e o fluxo de trabalho apresentam desorganização significativa.

Observa-se que não há uma padronização clara na alocação de produtos e nem um sistema eficiente de endereçamento dos itens armazenados. O *layout* dos galpões permite a entrada e saída de veículos de carga, mas o espaço interno encontra-se ocupado de forma irregular, com materiais distribuídos sem critério lógico e com corredores parcialmente obstruídos. Essa falta de organização contribui diretamente para erros na separação de pedidos, retrabalhos e atrasos nas entregas, impactando a produtividade e a acurácia do processo logístico.

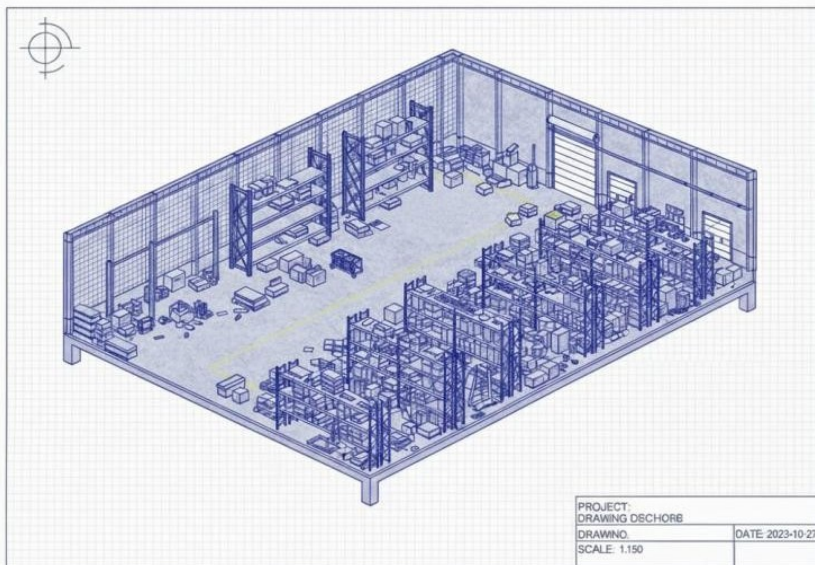
Além disso, a utilização simultânea dos dois galpões para atividades semelhantes recebimento, armazenamento e separação dificulta o controle operacional e a rastreabilidade dos produtos. Não há divisão clara entre áreas de recebimento, conferência e expedição, o que gera cruzamento de fluxos e aumenta a probabilidade de falhas humanas durante o manuseio das mercadorias.

Figura 1 – Vista externa dos galpões utilizados na operação logística



Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de Inteligência Artificial (2025)

Figura 2 – *Layout* interno do galpão de separação de produtos



Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de Inteligência Artificial (2025)

A proposta de melhoria do processo logístico consiste na reorganização estrutural dos dois galpões utilizados pela empresa, com o objetivo de reduzir erros na separação, aumentar a eficiência operacional e padronizar o fluxo interno das encomendas. Para isso, os galpões passam a ter funções distintas e complementares dentro da operação.

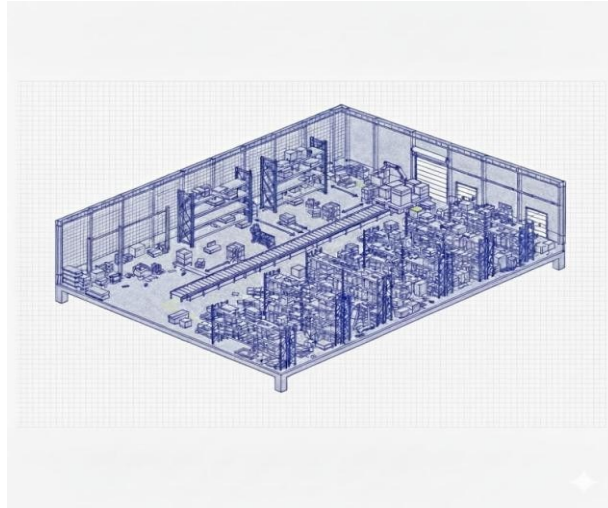
O Galpão 1 será destinado exclusivamente às atividades de chegada dos caminhões, descarregamento e separação inicial dos produtos. Para otimizar essa etapa, uma esteira transportadora será instalada no centro do galpão, funcionando como eixo principal do fluxo de triagem. As encomendas descarregadas são posicionadas na esteira e movidas gradualmente ao longo da linha, permitindo que os operadores realizem a separação por cidade de forma sequencial, padronizada e com menor deslocamento físico. Essa dinâmica garante melhor organização e reduz significativamente a probabilidade de erros humanos durante a triagem.

Ao final da esteira, cada grupo de produtos já estará organizado por cidade, sendo direcionado para um palete específico. Dessa forma, cada palete representa um conjunto consolidado de encomendas destinadas a uma mesma região. Essa padronização facilita a movimentação interna e elimina misturas indevidas de cargas. A etapa seguinte ocorre com o auxílio das empilhadeiras, que têm papel essencial na transferência rápida e segura dos paletes. Assim que um palete é completado no final da esteira, a empilhadeira realiza o transporte direto para o Galpão 2, área destinada exclusivamente à organização final e consolidação para coleta pelos entregadores. Nesse galpão, os paletes são posicionados em setores específicos previamente definidos, cada setor representando uma cidade ou rota de entrega.

Essa divisão clara entre os dois galpões — um dedicado ao recebimento e separação e o outro reservado à organização final por cidade — permite que os entregadores encontrem rapidamente as encomendas de sua rota, reduzindo o tempo de espera e aumentando a eficiência da distribuição. Além disso, a integração entre a esteira e as empilhadeiras cria um fluxo contínuo, ordenado e sem cruzamento de

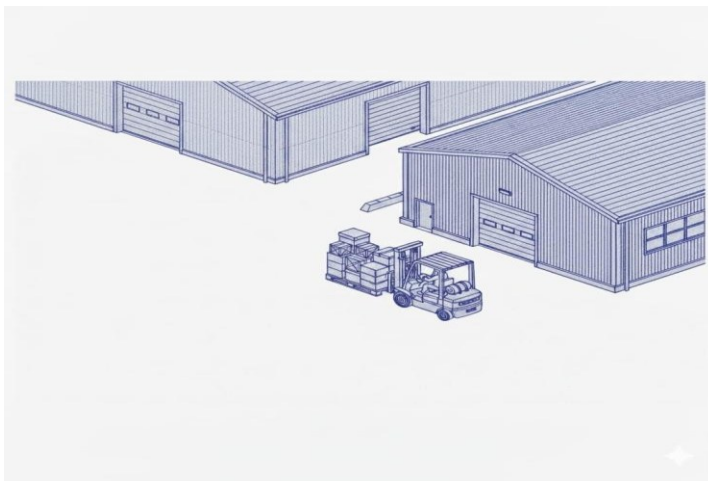
atividades, eliminando retrabalhos, minimizando erros e melhorando o desempenho geral da operação logística.

Figura 3 – Vista do Galpão 1 com a esteira central utilizada na separação inicial das encomendas



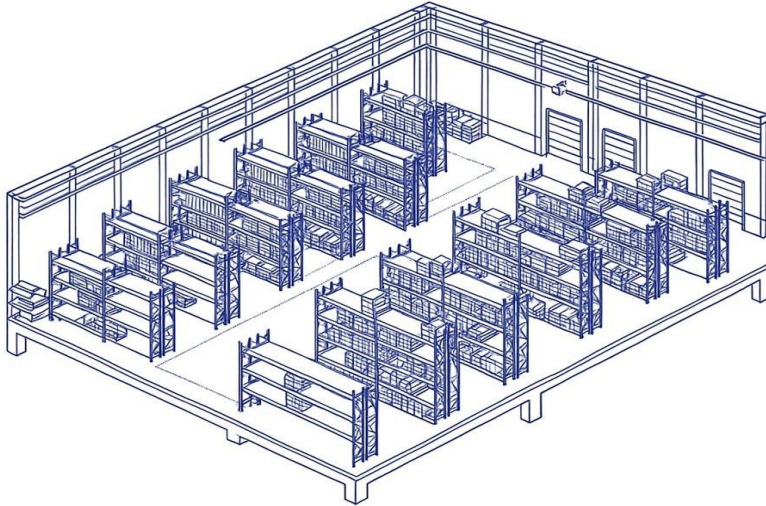
Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de Inteligência Artificial (2025)

Figura 4 – Movimentação e transferência de cargas para o galpão de consolidação.



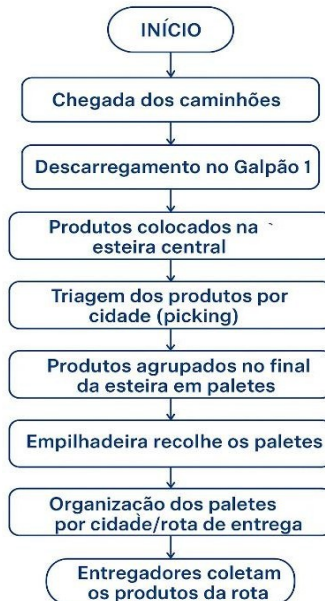
Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de Inteligência Artificial (2025)

Figura 5 - Proposta de reorganização interna do galpão 2 de triagem



Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de Inteligência Artificial (2025)

Figura 6 – Fluxograma do processo logístico proposto



Fonte: Os autores (2025)

O fluxograma apresentado demonstra o funcionamento do processo logístico proposto, iniciando pelo descarregamento dos caminhões no Galpão 1 e o envio dos produtos para a esteira central, onde ocorre a triagem por cidade. Ao final da esteira, as encomendas são agrupadas em paletes específicos e transportadas por empilhadeiras para o Galpão 2, onde são organizadas por rota para coleta pelos entregadores. Esse fluxo padronizado reduz erros na separação, diminui deslocamentos desnecessários e melhora a eficiência operacional entre os galpões.

### **3.3 Discussão**

A comparação dos resultados com a literatura mostra que as falhas no processo de *picking* são comuns em empresas que não adotam tecnologias de automação e sistemas de rastreamento em tempo real. A implementação de soluções tecnológicas, como RFID e a reorganização do *layout* do armazém, são estratégias amplamente discutidas por Adriene, Marcelo, Pablo e Vanessa, como formas de reduzir os erros operacionais e melhorar a eficiência logística.

Uma leitura geral dos resultados permite observar que a adoção de determinadas soluções tende a estar associada a melhorias operacionais, refletindo em maior produtividade e em experiências mais positivas para o cliente. Ao mesmo tempo, esse tipo de iniciativa costuma envolver desafios práticos, especialmente no que se refere ao processo de adaptação das equipes e aos investimentos necessários para a implementação, aspectos que podem influenciar o ritmo e a efetividade das mudanças.

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa identificou as principais dificuldades operacionais enfrentadas nos processos de *picking* e destinação de mercadorias na empresa CD Logística, e propôs soluções para otimizar essas

operações. A implementação de sistemas de rastreamento mais eficientes, a reorganização do *layout* do armazém e a melhoria da comunicação interna foram apontadas como estratégias viáveis para reduzir os erros operacionais e aumentar a eficiência logística.

As limitações do estudo incluem a amostra restrita e o tempo limitado de observação. Para futuras pesquisas, recomenda-se a realização de um estudo longitudinal que possa avaliar o impacto das soluções propostas ao longo do tempo e a comparação com outras empresas do setor.

A conclusão do estudo reforça a importância da integração de processos, pessoas e tecnologia para a melhoria contínua das operações logísticas, destacando a necessidade de constante adaptação às novas demandas do mercado e de evolução das práticas operacionais.

## REFERÊNCIAS

BALLOU, Ronald H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.

CHING, H. Y. Gestão de estoques na cadeia de logística integrada: supply chain. São Paulo: Atlas, 2001.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

KOTLER, Philip. Administração de marketing. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

MOURA, Reinaldo Aparecido. Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais. São Paulo: Imam, 2005.

MOURA, Reinaldo A. Logística: armazenagem, distribuição e trade marketing. São Paulo: IMAM, 2000.

POZO, Hamilton. Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

REIS, João José. Administração de materiais. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

REZENDE, José Reynaldo de Rezende. Armazenagem e estoques: conceitos, técnicas e práticas. [S.l.]: [s.n.], 2016.

## CAPÍTULO 10

### GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE JOÃO MONLEVADE

#### *SOLID WASTE MANAGEMENT IN THE MUNICIPALITY OF JOÃO MONLEVADE*

**Euler Lucas Rodrigues**

Rede de Ensino Doctum

João Monlevade - Minas Gerais

<https://orcid.org/0009-0004-7946-5042>

[eullerrodrigues2908@gmail.com](mailto:eullerrodrigues2908@gmail.com)

**Isac Victor Fonseca Oliveira da Silva**

Rede de Ensino Doctum

João Monlevade - Minas Gerais

<https://orcid.org/0009-0007-6198-0515>

[isacvictor@live.com](mailto:isacvictor@live.com)

**Kayo Henrique Gomes Bueno**

Rede de Ensino Doctum

João Monlevade - Minas Gerais

<https://orcid.org/0009-0006-8792-0775>

[kayobueno2011@gmail.com](mailto:kayobueno2011@gmail.com)

**Maria Alice de Barros Bramusse**

Rede de Ensino Doctum

João Monlevade - Minas Gerais

<https://orcid.org/0009-0005-9086-8915>

[bramussemariaalice@gmail.com](mailto:bramussemariaalice@gmail.com)

**Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum

João Monlevade - MG

<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>

E-mail: [brenomonlevade@gmail.com](mailto:brenomonlevade@gmail.com)

## RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar e propor melhorias no gerenciamento de resíduos recicláveis no município de João Monlevade. A pesquisa foi desenvolvida com base em uma abordagem mista, utilizando métodos qualitativos e quantitativos. Foram realizadas entrevistas com a tesoureira da Atlimarjom, associação responsável pela coleta e triagem dos resíduos recicláveis, e aplicado um questionário online a 99 moradores da cidade, com o intuito de avaliar a percepção da população sobre o sistema de coleta seletiva. Os resultados indicam que, apesar de João Monlevade possuir um sistema ativo de coleta seletiva, ainda existem limitações estruturais e logísticas, como a necessidade de ampliação do espaço físico, modernização dos equipamentos e aumento do apoio por parte do poder público. Verificou-se também que a conscientização da população quanto à separação correta dos resíduos ainda é insuficiente, comprometendo a eficiência do processo. Conclui-se que o aprimoramento da gestão dos resíduos recicláveis depende da integração entre o poder público, associações e cidadãos, além da revisão do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e do fortalecimento das ações de educação ambiental.

**Palavras-chave:** Gestão de resíduos; Coleta seletiva; Sustentabilidade; Educação ambiental.

## ABSTRACT

This article aims to analyze and propose improvements in the management of recyclable waste in the municipality of João Monlevade. The research was developed based on a mixed approach, using qualitative and quantitative methods. Interviews were conducted with the treasurer of Atlimarjom, the association responsible for collecting and sorting recyclable waste, and an online questionnaire was administered to 99 city residents to assess the population's perception of the selective collection system. The results indicate that, although João Monlevade has an active selective collection system, there are still structural and logistical limitations, such as the need to expand physical space, modernize equipment, and increase support from public authorities. It was also found that the population's awareness of the correct separation of waste is still insufficient, compromising the efficiency of the process. It is

concluded that the improvement of recyclable waste management depends on the integration between public authorities, associations, and citizens, in addition to the revision of the Solid Waste Management Plan and the strengthening of environmental education actions.

**Keywords:** Waste management; Selective collection; Sustainability; Environmental education.

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos é um dos principais desafios enfrentados pelos municípios brasileiros. O aumento populacional, o consumo excessivo e a falta de conscientização ambiental intensificam os impactos do descarte incorreto dos resíduos. Nesse contexto, a reciclagem e a coleta seletiva tornam-se instrumentos fundamentais para a sustentabilidade ambiental, contribuindo para reduzir a destinação inadequada de materiais e valorizar o trabalho de catadores e associações locais.

Em João Monlevade, a Atlimarjom – Associação dos Trabalhadores de Limpeza e Materiais Recicláveis de João Monlevade – exerce um papel essencial na coleta, triagem e comercialização dos resíduos recicláveis. Contudo, o sistema de gestão ainda apresenta limitações estruturais e operacionais que comprometem sua eficiência. Diante disso, o estudo busca responder à seguinte questão: como o município de João Monlevade pode aprimorar o gerenciamento de resíduos recicláveis?

O objetivo geral é aprimorar o gerenciamento de resíduos recicláveis do município. Para isso, definiram-se três objetivos específicos: analisar a necessidade de ampliar o espaço físico destinado à triagem e armazenamento, revisar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) e propor melhorias na logística de coleta dos recicláveis.

A pesquisa justifica-se pela relevância ambiental, econômica e social do tema, visto que o aprimoramento da gestão de resíduos contribui para a preservação ambiental, a redução dos impactos no solo e a valorização do trabalho das associações. Ainda há lacunas na

literatura e na prática municipal quanto à efetividade da coleta seletiva e à integração entre o poder público e as entidades de reciclagem, reforçando a importância deste estudo.

A metodologia adotada seguiu uma abordagem mista, com métodos qualitativos e quantitativos. Realizaram-se entrevistas com a tesoureira da Atlimarjom e questionários online aplicados a 99 moradores de João Monlevade. Os dados foram organizados em gráficos e analisados em um dashboard interativo, permitindo uma visão integrada dos principais resultados.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A revisão de literatura tem o objetivo de apresentar os principais conceitos e fundamentos relacionados à gestão de resíduos sólidos, coleta seletiva, educação ambiental e valorização dos catadores. Essa base teórica é essencial para compreender o contexto do gerenciamento de resíduos recicláveis no município de João Monlevade e identificar lacunas que justificam a realização desta pesquisa.

### **2.1 Gestão dos Resíduos Sólidos: Conceitos e Diretrizes**

A gestão dos resíduos sólidos abrange o conjunto de ações voltadas à coleta, transporte, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos materiais gerados nas atividades humanas, conforme os princípios de sustentabilidade e prevenção da poluição. No contexto brasileiro, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 10.936/2022, representa o principal marco normativo sobre o tema, consolidando diretrizes para a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos, bem como para a disposição final ambientalmente correta dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2025), a PNRS introduziu uma abordagem sistêmica que integra aspectos ambientais, sociais e econômicos, pautada em instrumentos como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos e a logística reversa. Essa política também reforça a necessidade de articulação entre os entes federativos, o setor privado e a sociedade civil, promovendo a corresponsabilidade na gestão dos resíduos urbanos e o fortalecimento da economia circular.

Entretanto, a implementação dessas diretrizes ainda enfrenta entraves em municípios de médio porte, devido à carência de infraestrutura, à ausência de planejamento contínuo e à limitação de recursos técnicos e financeiros. Em João Monlevade, tais desafios se refletem na execução parcial da coleta seletiva e na necessidade de revisão do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, a fim de ampliar a eficiência operacional e o envolvimento comunitário. Assim, a efetividade da PNRS no município depende da integração entre poder público, associações de catadores e população, assegurando práticas sustentáveis de manejo e valorização dos resíduos recicláveis.

## **2.2 Coleta Seletiva e Logística de Reciclagem**

A coleta seletiva constitui uma etapa essencial da gestão integrada de resíduos sólidos, pois permite a separação adequada dos materiais recicláveis e o seu reaproveitamento no ciclo produtivo (Revista Sustainability in Debate, 2023). A literatura destaca que a eficiência desse processo depende tanto do engajamento da população quanto da estrutura oferecida pelos municípios para garantir a triagem e o encaminhamento correto dos resíduos.

De acordo com dados divulgados pela Agência Brasil com base em levantamento da ABRELPE (2022), o índice médio de reciclagem no Brasil é de apenas 4%, o que evidencia um grande desafio para a efetivação das metas previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Essa limitação resulta da ausência de infraestrutura adequada,

da descontinuidade de programas públicos e da falta de integração entre poder público e cooperativas de reciclagem.

Estudo do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2022) aponta que a consolidação de sistemas de coleta seletiva exige planejamento logístico, investimentos em equipamentos e políticas permanentes de educação ambiental. Em João Monlevade, a associação responsável pela triagem e comercialização dos materiais recicláveis enfrenta obstáculos semelhantes, como a restrição de espaço físico e a carência de apoio técnico e operacional. Assim, o aprimoramento da coleta seletiva no município requer a modernização da estrutura existente e o fortalecimento da parceria entre a administração pública, as associações e a comunidade local, assegurando maior eficiência e sustentabilidade no gerenciamento dos resíduos recicláveis.

### **2.3 Educação Ambiental e Participação Social**

A educação ambiental revela-se como componente fundamental para a gestão sustentável dos resíduos sólidos, ao promover não apenas o entendimento técnico dos processos, mas também o engajamento ativo da população na mudança de padrões de consumo e descarte. Conforme o debate organizado no âmbito do “Conflitos Socioambientais, Educação Ambiental e Participação Social na Gestão Ambiental”, torna-se imperativo que a educação ambiental ultrapasse a mera transmissão de conteúdo e assuma uma dimensão dialógica-problematizadora, em que o sujeito seja reconhecido como agente de transformação (Saito et al., 2011). Nesse sentido, a participação social emerge como um eixo estruturante: mais do que participação meramente formal em instâncias decisórias, exige-se que os atores sociais questionem, reconfigurem e atuem sobre os processos que envolvem o uso e a gestão dos recursos e resíduos ambientais, o que demanda práticas educativas que problematizem as lógicas de poder, consumo e exclusão (Saito et al., 2011).

No município de João Monlevade, essa perspectiva lança luz sobre a necessidade de iniciativas educativas persistentes e

articuladas: embora o reconhecimento da importância da reciclagem possa estar presente, lacunas no conhecimento técnico e na prática cotidiana da separação e destinação de materiais indicam que a educação ambiental não pode se restringir a campanhas pontuais. É crucial, portanto, estruturar programas que favoreçam a conscientização crítica, a corresponsabilização social e a ação comunitária contínua, integrando escolas, poder público e sociedade civil, para promover um sistema de coleta seletiva mais eficaz e participativo – alinhado ao objetivo de aprimorar o gerenciamento de resíduos recicláveis no município.

## **2.4 Valorização dos Catadores e Sustentabilidade Social**

Os catadores de materiais recicláveis desempenham papel essencial na economia circular e na sustentabilidade urbana, contribuindo para a redução dos resíduos destinados a aterros e para o reaproveitamento de recursos naturais (Revista Saúde e Sociedade, 2021). Além de promover benefícios ambientais, essa atividade representa importante meio de inclusão social e geração de renda para populações em situação de vulnerabilidade.

Entretanto, estudos recentes apontam que as condições de trabalho dos catadores ainda são marcadas pela precarização, pela ausência de proteção social e pela falta de reconhecimento institucional, o que limita a consolidação das associações e cooperativas voltadas à reciclagem (Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 2022). A ausência de políticas públicas integradas e o baixo investimento em infraestrutura dificultam o fortalecimento desse segmento e reduzem sua capacidade de contribuição efetiva à gestão dos resíduos sólidos.

Conforme análise publicada na Revista de Direito Ambiental e Sustentabilidade (2023), a valorização dos catadores deve ser tratada como parte estruturante das políticas municipais de resíduos, incluindo ações de capacitação, inclusão social e apoio técnico. Em João Monlevade, a consolidação de parcerias entre poder público, associações e comunidade é indispensável para aprimorar o sistema

de coleta seletiva e promover justiça socioambiental, tornando a valorização dos catadores um componente essencial da sustentabilidade local.

## **2.5 Conclusão da Revisão**

A literatura evidencia que o aprimoramento da gestão de resíduos sólidos depende da integração entre infraestrutura adequada, planejamento logístico, políticas de educação ambiental e valorização dos catadores. Apesar dos avanços proporcionados pela PNRS, ainda existem lacunas significativas na aplicação prática das diretrizes em municípios de médio porte.

O caso de João Monlevade reflete esse cenário, mostrando que a eficiência do sistema de coleta seletiva requer tanto investimentos estruturais quanto o fortalecimento das ações educativas e institucionais. Assim, o presente estudo busca contribuir para o debate sobre a sustentabilidade municipal, propondo caminhos para o aprimoramento da gestão de resíduos recicláveis.

## **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Procedimentos Metodológicos**

O presente estudo foi desenvolvido com base em uma abordagem mista, envolvendo métodos qualitativos e quantitativos para compreender a realidade da gestão dos resíduos recicláveis no município de João Monlevade. Essa abordagem permitiu integrar a percepção da população com a análise das condições operacionais da Associação dos Trabalhadores de Limpeza e Materiais Recicláveis de João Monlevade (Atlimarjom).

A coleta de dados foi realizada em duas etapas complementares. A primeira consistiu em uma entrevista

semiestruturada com a tesoureira da Atlimarjom, Valdete Firmino Roza, responsável pela gestão administrativa da associação. A entrevista buscou compreender aspectos relacionados ao funcionamento da coleta seletiva, estrutura física, volume processado, dificuldades operacionais, parcerias com o poder público e perspectivas de melhoria. As respostas foram registradas e analisadas qualitativamente, possibilitando identificar pontos críticos e oportunidades de aprimoramento.

A segunda etapa correspondeu à aplicação de um questionário online elaborado no Google Forms, divulgado em redes sociais e grupos de mensagens para alcançar moradores de diferentes bairros da cidade. O questionário contou com cinco perguntas, sendo quatro de resposta única e uma de múltipla escolha, abordando a frequência da separação do lixo, percepção sobre a coleta seletiva, nível de conscientização da população e sugestões de melhorias para o sistema municipal. Ao todo, foram obtidas 99 respostas válidas.

Os dados quantitativos foram tratados e consolidados em um dashboard desenvolvido no Power BI, que possibilitou a construção de gráficos e indicadores visuais representando a opinião da população. Os resultados qualitativos da entrevista foram cruzados com os dados quantitativos da pesquisa, de modo a estabelecer uma análise comparativa e integrada.

As considerações éticas do estudo envolveram o respeito à confidencialidade das respostas dos participantes e o uso das informações coletadas exclusivamente para fins acadêmicos. Todos os dados foram tratados de forma anônima, garantindo sigilo e integridade das respostas.

### **3.2 Resultados**

Os resultados obtidos revelam uma visão ampla sobre os desafios e as potencialidades do sistema de coleta seletiva e reciclagem em João Monlevade.

### 3.2.1 Entrevista com a Atlimarjom

A Atlimarjom atua há 24 anos no município e conta atualmente com 35 trabalhadores. O volume médio de resíduos recicláveis processados varia entre 80 e 120 toneladas por mês, incluindo papel, plástico, vidro e metal. As principais atividades realizadas são a coleta porta a porta, a triagem manual dos materiais e a comercialização dos recicláveis para geração de renda.

Apesar do funcionamento consolidado, a gestora relatou dificuldades operacionais relacionadas à falta de equipamentos modernos, como a prensa horizontal, ainda em processo de aquisição, e a necessidade de ampliação do espaço físico. A frota de caminhões também é considerada insuficiente, o que limita a eficiência da coleta. Outro problema destacado é a falta de alinhamento com o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), o que evidencia a ausência de uma integração efetiva entre a associação e o poder público.

A gestora ressaltou, ainda, que a população não realiza a separação adequada dos resíduos, o que compromete a qualidade do material recebido e aumenta o retrabalho. Além disso, há carência de apoio financeiro e reconhecimento institucional por parte da prefeitura, apesar do papel ambiental e econômico desempenhado pela associação ao evitar o envio de grandes quantidades de resíduos aos aterros.

### 3.2.2 Resultados do Questionário

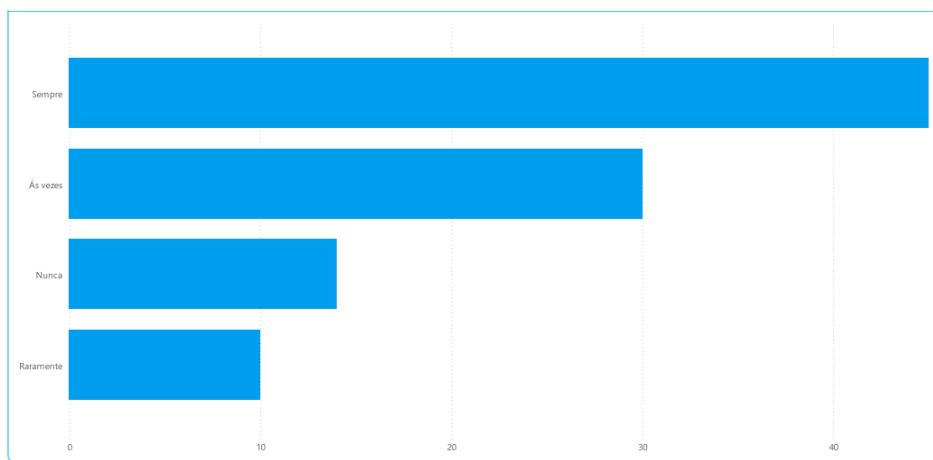
A pesquisa aplicada à população permitiu identificar o nível de engajamento e a percepção dos moradores em relação à coleta seletiva:

- Frequência de separação do lixo: 50% dos respondentes afirmam separar o lixo “sempre”, enquanto 40% o fazem “às vezes”.
- Frequência da coleta seletiva: 48% informaram que a coleta “funciona mais ou menos”, e 36% consideram que “funciona bem”.
- Nível de conscientização: A maioria dos entrevistados acredita que apenas “uma parte da população tem consciência ambiental”.

- Sugestões de melhoria: 40,6% sugeriram mais campanhas de orientação e divulgação, 31% pediram melhor estrutura e equipamentos para os catadores, e 27% indicaram a necessidade de mais dias e horários de coleta.

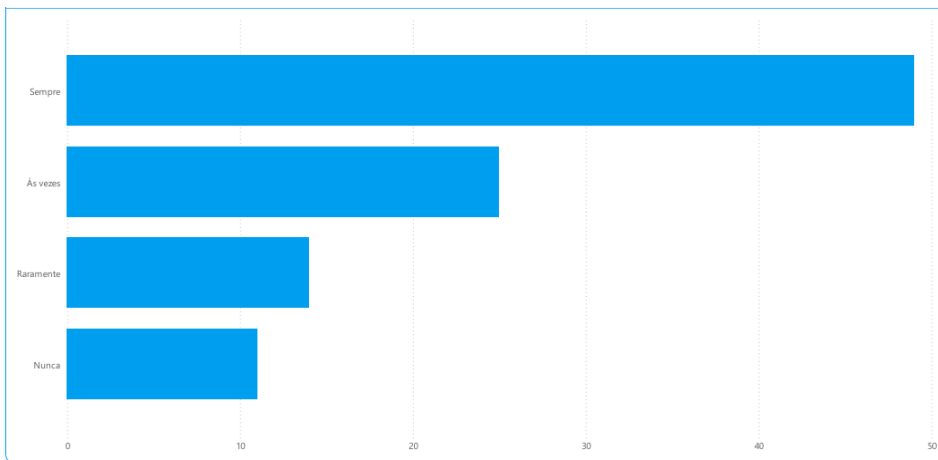
Os resultados obtidos na pesquisa foram sistematizados e representados graficamente por meio do Dashboard de Pesquisa sobre Coleta Seletiva em João Monlevade, desenvolvido na plataforma Power BI. Os gráficos, apresentados em anexo com suas respectivas legendas, ilustram de forma detalhada a frequência da coleta, a frequência de separação do lixo, o percentual de funcionamento da coleta seletiva, o nível de maturidade da população em relação à coleta e as principais sugestões de melhorias apontadas pelos participantes. Esses elementos visuais possibilitam uma análise mais clara e comparativa dos dados, contribuindo para a compreensão dos padrões de comportamento e das percepções da população acerca da coleta seletiva no município.

Gráfico 1 - Frequência de Coleta



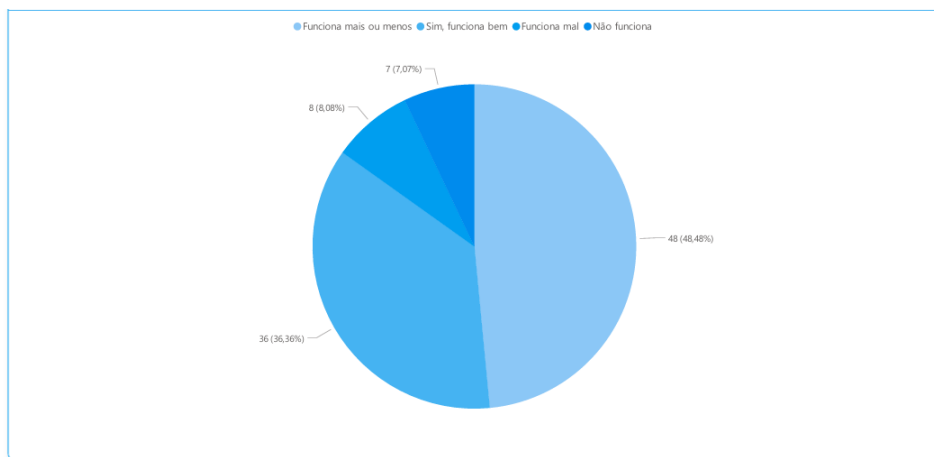
Fonte: Pesquisa Aplicada (2025)

Gráfico 2 - Frequência de Separação do Lixo



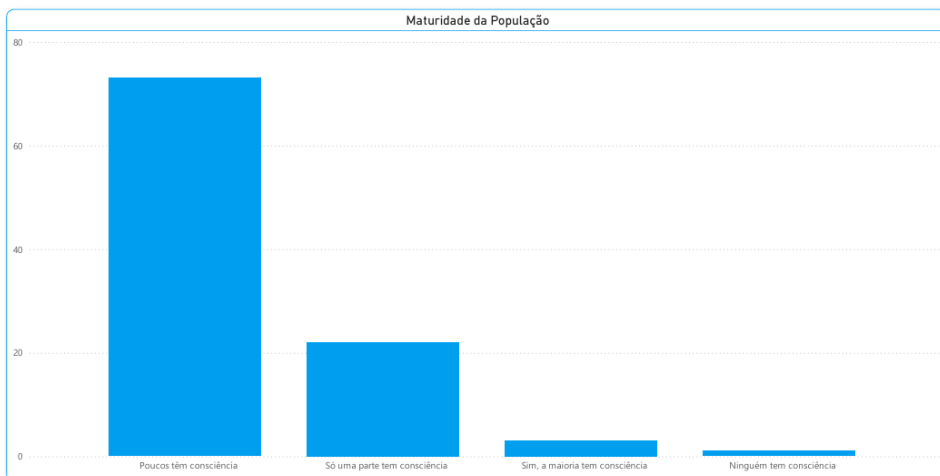
Fonte: Pesquisa Aplicada (2025)

Gráfico 3 - Percentual de Funcionamento da Coleta Seletiva



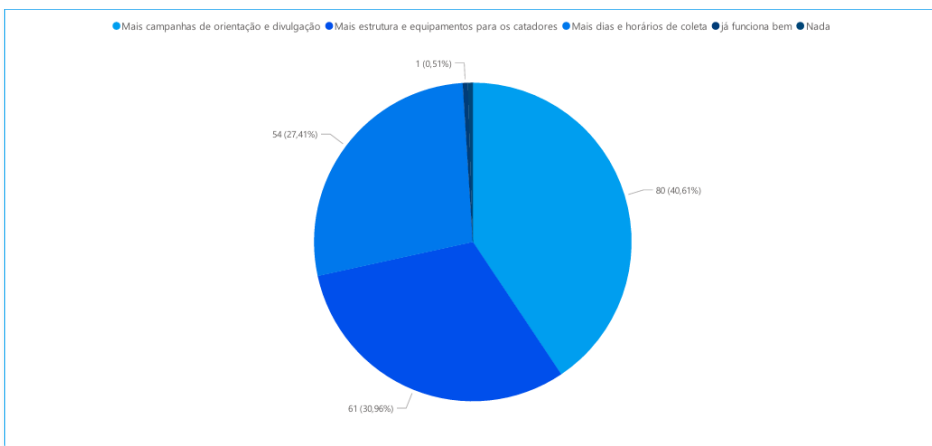
Fonte: Pesquisa Aplicada (2025)

Gráfico 4 - Maturidade da População em relação à coleta



Fonte: Pesquisa Aplicada (2025)

Gráfico 5 - Sugestões de melhorias da população



Fonte: Pesquisa Aplicada (2025)

### 3.3 Discussão dos Resultados

A análise conjunta da entrevista e do questionário evidencia consonância entre a percepção da população e as dificuldades operacionais enfrentadas pela Atlimarjom. Ambos os conjuntos de dados apontam que, embora João Monlevade possua um sistema ativo de coleta seletiva, persistem limitações estruturais e logísticas que comprometem a eficiência do processo e a ampliação da reciclagem no município.

Esses achados reforçam o que indicam estudos recentes da ABRELPE (2022) e do IPEA (2022), ao destacarem que a baixa taxa de reciclagem no Brasil decorre, principalmente, da carência de infraestrutura, da descontinuidade de programas públicos e da falta de integração entre o poder público, as cooperativas e a comunidade. Conforme discutido por Silva e Barbosa (2023) e pela ABRELPE (2024), a coleta seletiva somente alcança efetividade quando acompanhada de investimentos em logística, equipamentos e planejamento operacional contínuo.

No contexto local, observou-se que a conscientização ambiental da população é parcial: embora muitos moradores reconheçam a importância da separação dos resíduos, poucos a praticam de forma regular. Essa constatação vai ao encontro do que defende Saito et al. (2011), ao enfatizar que a educação ambiental deve promover a responsabilização e o engajamento crítico da sociedade na gestão dos resíduos, superando ações pontuais e informativas.

Dessa forma, o aprimoramento da coleta seletiva em João Monlevade depende de medidas integradas que envolvam a ampliação da estrutura física da Atlimarjom, a modernização de equipamentos, o fortalecimento das parcerias institucionais e o desenvolvimento de programas contínuos de educação ambiental. Somente com essa articulação entre poder público, associação e comunidade será possível consolidar um sistema de gestão de resíduos mais eficiente, participativo e sustentável.

Em termos práticos, os resultados sugerem que o município deve priorizar:

- A ampliação e modernização das instalações da Atlimarjom, com a aquisição de novos equipamentos e aumento da capacidade de triagem;
- O fortalecimento da parceria entre o poder público e a associação, garantindo financiamento, suporte técnico e logístico;
- A revisão do PGRS municipal, assegurando que a coleta seletiva seja tratada como parte essencial da política de gestão ambiental;
- A promoção de programas de conscientização, integrando escolas, empresas e comunidade, para melhorar a adesão à separação dos resíduos.

Como limitação, o estudo concentrou-se na percepção da população e na análise de uma única associação, não abrangendo dados financeiros ou comparativos com outros municípios. Pesquisas futuras podem aprofundar esses aspectos, além de avaliar o impacto de novas tecnologias e parcerias público-privadas na eficiência da gestão dos resíduos recicláveis.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo teve como objetivo analisar e propor melhorias para o gerenciamento de resíduos recicláveis em João Monlevade, destacando a importância da gestão adequada dos resíduos sólidos para a sustentabilidade ambiental e social. A pesquisa investigou a situação atual da coleta seletiva na cidade, as percepções da população e os desafios enfrentados pela associação responsável pela triagem e destinação dos materiais recicláveis.

Com base na análise dos dados obtidos por meio da entrevista com a gestora da Atlimarjom e do questionário aplicado à população, verificou-se que o município apresenta avanços significativos no funcionamento da coleta seletiva, mas ainda enfrenta limitações estruturais e operacionais. Entre os principais achados, destaca-se a necessidade de ampliar o espaço físico destinado à triagem, modernizar os equipamentos utilizados, e melhorar a logística de coleta e transporte. Além disso, observou-se que a falta de conscientização

da população quanto à separação correta dos resíduos é um dos fatores que mais comprometem a eficiência do sistema.

Os resultados evidenciaram também a importância de fortalecer a integração entre o poder público, a Atlimarjom e a comunidade local, de forma que as ações de coleta e reciclagem sejam planejadas de maneira conjunta. A revisão e atualização do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) mostraram-se fundamentais para orientar políticas públicas mais eficazes, assegurando investimentos e incentivos adequados à estrutura de reciclagem e à valorização dos catadores.

Sob os aspectos teórico e prático, o estudo contribui para o debate sobre a gestão de resíduos em municípios de médio porte, evidenciando que a eficiência da coleta seletiva depende de infraestrutura adequada, educação ambiental e engajamento social. Reforça, ainda, a necessidade de políticas públicas sustentáveis e de valorização dos catadores. Como limitação, aborda apenas a realidade de João Monlevade e uma associação, recomendando que futuras pesquisas incluam outros municípios e indicadores ambientais para avaliar os avanços na gestão dos resíduos recicláveis.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Índice de reciclagem no Brasil é de 4%, diz ABRELPE**. Agência Brasil, 30 jun. 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/indice-de-reciclagem-no-brasil-e-de-4-diz-abrelpe>. Acesso em: 27 out. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE – ABREMA. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/residuos-solidos-urbanos>. Acesso em: 27 out. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 27 out. 2025.

CAMPOS, M. et al. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/d52c091f-896a-4087-95d9-5e4cdf75a9d/content>. Acesso em: 27 out. 2025.

FARIAS, M. R.; SILVA, T. R. **A política nacional de resíduos sólidos e seus desafios**. Revista Direito Ambiental, v. 23, n. 2, 2021. Disponível em: <https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/9355>. Acesso em: 27 out. 2025.

FERREIRA, L. P.; ALMEIDA, R. C. **Gestão dos resíduos sólidos urbanos e sustentabilidade**. Revista Brasileira de Saúde e Sociedade, v. 10, n. 3, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc/a/Bg67vwpxrqpZwBWWgk4jT9t/?lang=pt>. Acesso em: 27 out. 2025.

MOREIRA, V. et al. **Análise da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Saúde e Sociedade, São Paulo, v. 15, n. 2, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/94NNYLb9dGZq6LPK8mwcCpj/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 27 out. 2025.

RIBEIRO, A. D.; LIMA, F. C. **Avaliação da sustentabilidade no manejo de resíduos sólidos urbanos**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, n. 41, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/6ZDTtyy4dJwSbMYmJj3YTpt/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 27 out. 2025.

UNESP. **Gestão de resíduos sólidos urbanos: Desafios para a sustentabilidade**. Universidade Estadual Paulista, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/cb1d58d7-d4bc-4b0c-9959-adc39397a271/content>. Acesso em: 27 out. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: MMA, s.d. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos.html>. Acesso em: 27 out. 2025

## CAPÍTULO 11

### MELHORIA DE FLUXOS E REDUÇÃO DE PROCESSOS INEFICIENTES DENTRO DA OFICINA DE ESTÉTICA AUTOMOTIVA ELI-CAR AUTOLAVAGEM

*IMPROVING FLOWS AND REDUCING INEFFICIENT PROCESSES WITHIN THE  
ELI-CAR AUTOWASH AUTOMOTIVE DETAILING WORKSHOP*

**Beatriz Barcelos Taveira**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
biataveira320@gmail.com

**Lorena Vitória de Aguiar Ferreira**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
lorenaguair.ferreira@gmail.com

**Lucas Fernandes Ribeiro**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
lucasfernandessribeiro@gmail.com

**Rafael Jonas Silva Siqueira**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
rafaeljonassilvasiqueira@gmail.com

**Suellem da Silva Verissimo**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
suellemverissimo4@gmail.com

**Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>  
brenomonlevade@gmail.com

## RESUMO

O artigo tem como objetivo redesenhar e otimizar os fluxos operacionais de uma oficina de estética automotiva, utilizando a modelagem BPMN, visando maximizar a eficiência, reduzir desperdícios e promover a sustentabilidade dos processos. Foi adotada uma abordagem qualitativa-quantitativa, a partir de observações diretas, entrevistas com colaboradores e análise de dados de consumo de água, insumos e tempos de execução. O estudo contemplou diagnóstico dos processos, proposição de melhorias, treinamento de equipe e implementação de sistemas digitais para controle de estoques. As intervenções permitiram identificar gargalos, padronizar procedimentos e reduzir significativamente o tempo e o custo operacional, além de promover o uso racional de água e produtos químicos. Houve ainda migração para controle digital de estoques, consolidando ganhos em produtividade e sustentabilidade. A aplicação de metodologias de engenharia possibilitou transformar a gestão da oficina, tornando-a mais eficiente e sustentável, além de servir como referência para outras empresas do setor de serviços automotivos.

**Palavras-chave:** Fluxograma; processos; eficiência; sustentabilidade; BPMN.

## ABSTRACT

The article aims to redesign and optimize the operational flows of an automotive detailing shop using BPMN modeling, seeking to maximize efficiency, reduce waste, and promote process sustainability. A qualitative-quantitative approach was adopted, including direct observations, interviews with staff, and analysis of data on water and supplies consumption and execution times. The study involved process diagnosis, proposal of improvements, staff training, and the implementation of digital inventory control systems. The interventions enabled the identification of bottlenecks, standardization of procedures, and significant reductions in operational time and costs, as well as the rational use of water and chemicals. The migration to digital inventory control also consolidated gains in productivity and sustainability. The application of engineering methodologies transformed the shop's management, making it

more efficient and sustainable and serving as a reference for other companies in the automotive service sector.

**Keywords:** Flowchart; processes; efficiency; sustainability; BPMN.

## 1. INTRODUÇÃO

A eficiência operacional consolidou-se como um dos pilares fundamentais para o sucesso e a sustentabilidade de oficinas automotivas, especialmente no segmento de estética e higienização de veículos. Esse conceito vai além da simples execução de tarefas, representando a capacidade da organização de entregar serviços com agilidade, qualidade e menor desperdício de recursos, como tempo, materiais e mão de obra. A busca por práticas operacionais mais eficazes reflete diretamente na satisfação e fidelização dos clientes, que valorizam serviços rápidos, padronizados e de alto valor percebido.

Apesar dos avanços na área de gestão de processos, observa-se que grande parte dos estudos ainda se concentra em ambientes fabris, deixando lacunas significativas quanto às particularidades do setor de serviços automotivos. Oficinas de estética automotiva enfrentam desafios recorrentes, como desperdício de água e produtos químicos, ausência de padronização nos procedimentos e controle manual de estoques, fatores que comprometem o desempenho global da operação. Nesse contexto, o uso de ferramentas de modelagem de processos, como o BPMN (*Business Process Model and Notation*), surge como alternativa eficaz para analisar fluxos de trabalho, identificar gargalos e propor melhorias sustentáveis e economicamente viáveis.

Este estudo tem como foco a oficina de estética automotiva Eli-Car Autolavagem e tem como objetivo geral entender como otimizar processos operacionais, mediante o mapeamento e a reestruturação das atividades da empresa. A pesquisa tem como objetivos específicos identificar etapas improdutivas e redundantes; reduzir o tempo de limpeza dos veículos e propor fluxos de trabalho otimizados, por meio do uso de fluxogramas e técnicas de modelagem de processos.

Durante a análise direta do processo produtivo da Eli-Car, foram identificadas diversas improdutividades e desperdícios de tempo e recursos. Um exemplo crítico é a demora excessiva na entrega de veículos após serviços simples de lavagem, que podem levar até três dias em casos de serviços mais detalhados. Além disso, constatou-se uma desorganização significativa no controle de estoque e nos agendamentos de clientes. Para entender melhor esses gargalos, foram realizados estudos de tempo e movimento, bem como diversos testes operacionais.

Essas ações permitiram levantar pontos de melhoria e embasar a implementação de soluções que visam otimizar os processos, reduzir desperdícios e garantir melhores resultados no futuro. Metodologicamente, o estudo adota uma abordagem qualiquantitativa, combinando observações, entrevistas e análise de dados para fundamentar suas propostas de melhoria. Assim, pretende contribuir tanto para o aperfeiçoamento prático das operações na oficina estudada quanto para o avanço do conhecimento sobre eficiência e sustentabilidade em pequenas empresas do setor automotivo.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A busca pela eficiência operacional constitui um dos pilares centrais da Engenharia de Produção, sendo essencial para garantir competitividade e sustentabilidade nas organizações modernas. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2018), a eficiência operacional está diretamente ligada à capacidade de transformar recursos em produtos e serviços de forma racional, reduzindo desperdícios e maximizando o valor entregue ao cliente. Corroborando essa visão, Corrêa e Corrêa (2012) destacam que a gestão eficaz de operações não se limita ao ambiente fabril, mas também se aplica ao setor de serviços, como oficinas automotivas, onde a padronização e o controle de processos são fundamentais para assegurar qualidade e produtividade.

A gestão de processos é um elemento-chave para atingir tal eficiência. Gonçalves (2000) enfatiza que as organizações devem ser compreendidas como um conjunto de processos interligados, e não como departamentos isolados. Nesse contexto, o uso de ferramentas de modelagem, como o *Business Process Model and Notation* (BPMN), possibilita representar graficamente os fluxos de trabalho, facilitando a identificação de gargalos e a implementação de melhorias. De acordo com o *Object Management Group* (2014), o BPMN oferece uma linguagem padronizada para o mapeamento de processos de negócio, promovendo a clareza na comunicação entre diferentes áreas da empresa.

A visão de Davenport (1993) e Hammer e Champy (1994) reforça a importância do redesenho de processos como instrumento de inovação organizacional. Para os autores, a reengenharia de processos busca eliminar atividades que não agregam valor, simplificando fluxos e aumentando a capacidade de resposta da empresa às demandas do mercado. Tais princípios foram aplicados neste estudo, com o objetivo de redesenhar o fluxo operacional da oficina analisada, otimizando tempos, recursos e etapas de trabalho.

Outro ponto relevante é a qualidade e a melhoria contínua, que compõem a base de qualquer processo produtivo eficiente. Segundo Deming (1990), a qualidade deve ser encarada como um compromisso de toda a organização, alcançada por meio do ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir). Já Juran (1992) argumenta que a melhoria contínua é essencial para o controle e a padronização dos processos, possibilitando ganhos sustentáveis de desempenho. Paladini (2012) complementa que a gestão da qualidade, quando aplicada a serviços, contribui para a fidelização do cliente e a redução de variabilidades no processo produtivo.

A sustentabilidade operacional surge como um eixo transversal neste estudo, uma vez que as práticas de racionalização do uso de água e insumos químicos se alinham às diretrizes da gestão ambiental moderna. Elkington (1999) introduz o conceito do *Triple Bottom Line*, segundo o qual o desempenho empresarial deve equilibrar resultados econômicos, ambientais e sociais. Nessa perspectiva, Barbieri e

Cajazeira (2009) destacam que a incorporação de práticas ambientais na rotina operacional representa não apenas uma exigência ética, mas também uma vantagem competitiva, ao reduzir custos e melhorar a imagem organizacional.

Por fim, a aplicação conjunta desses referenciais teóricos gestão de processos, eficiência operacional, qualidade e sustentabilidade sustenta a proposta desenvolvida neste projeto, que visa aprimorar a produtividade e a racionalidade dos recursos utilizados em uma oficina de estética automotiva. A integração entre a teoria e a prática evidencia o potencial da Engenharia de Produção em promover soluções inovadoras e sustentáveis para o setor de serviços.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para a pesquisa realizada na Eli-Car Autolavagem foram feitas medições de tempos e movimentos antes e depois da implementação de melhorias nos processos. Inicialmente, a empresa apresentava desorganização, falta de padronização e sobrecarga de funcionários. Com a adoção da modelagem BPMN, foi possível identificar gargalos, propor tarefas simultâneas e treinar os colaboradores conforme seus fluxos. Os resultados mostraram ganhos significativos em tempo e produtividade.

#### **3.1 Procedimentos Metodológicos**

A metodologia adotada neste estudo foi de natureza aplicada, orientada pela busca por soluções práticas para desafios operacionais na oficina de estética automotiva Eli-Car Autolavagem. Participaram da pesquisa colaboradores diretamente envolvidos na rotina de higienização, selecionados pela experiência prática acumulada nos serviços Geral Simples, Pente Fino e Guariba. O levantamento de dados foi realizado por meio de observação direta dos fluxos

produtivos, registros com cronômetro dos tempos e etapas de cada serviço, mensuração precisa da quantidade de água e produtos químicos utilizados, além da aplicação de entrevistas e questionários semiestruturados voltados à identificação de fatores críticos de desperdício e não padronização. Posteriormente, os dados brutos foram organizados em planilhas digitais para análise comparativa antes e depois das intervenções.

Quanto às ações implementadas, destacam-se o redesenho do layout operacional para redução de tempos ociosos, a introdução de padrões de diluição, e a proposição de um sistema digital de controle de estoques para automação da gestão de insumos.

Por meio de pesquisas de campo, entrevistas e acompanhamento dos tempos e movimentos da rotina dos colaboradores, foram coletados dados comparativos entre o cenário anterior e posterior às intervenções.

A Tabela 1 apresenta os dados referentes ao tempo gasto nas atividades antes das melhorias implementadas na Eli-car Autolavagem.

Tabela 1: Análise de tempo gasto por atividades antes

ATIVIDADES	SERVIÇO	TEMPO GASTO	TOTAL POR SERVIÇO
Limpeza de Chassi	Geral simples	02:00:00	04:50:00
Limpeza de Motor	Geral simples	00:30:00	
Lavagem externa	Geral simples	00:10:00	
Limpeza interna	Geral simples	01:30:00	
Acabamentos	Geral simples	00:20:00	
Desmontagem	Pente fino	00:15:00	07:00:00
Limpeza de Chassi	Pente fino	02:00:00	
Limpeza de Motor	Pente fino	00:30:00	
Lavagem externa	Pente fino	00:10:00	
Limpeza interna	Pente fino	02:40:00	
Limpeza de bancos	Pente fino	00:40:00	
Montagem	Pente fino	00:15:00	
Acabamentos	Pente fino	00:20:00	08:50:00
Limpeza de Chassi	Guariba	02:00:00	
Limpeza de Motor	Guariba	00:30:00	
Lavagem externa	Guariba	00:10:00	
Desmontagem	Guariba	00:30:00	
Lavagem externa	Guariba	00:10:00	
Limpeza interna	Guariba	02:40:00	
Limpeza de bancos	Guariba	00:40:00	
Limpeza de carpetes	Guariba	00:40:00	
Limpeza das carenagens	Guariba	00:20:00	
Montagem	Guariba	00:30:00	
Acabamentos	Guariba	00:20:00	

Fonte: Pesquisa Aplicada (2025)

### 3.2 Resultados

A análise do processo produtivo da Eli-Car revelou que o serviço Geral Simples, o mais frequente na oficina, era responsável pelo maior consumo de recursos. Serviços intermediários como o Pente Fino e mais complexos como o Guariba exigiam maior tempo e recursos devido à desmontagem interna e procedimentos detalhados.

Antes da implementação de melhorias, havia desperdício significativo de recursos, ausência de padronização nas diluições, execução linear das etapas que gerava tempos de espera e um controle

de estoque frágil, resultando em compras emergenciais e reposições ineficazes. Com a execução dos planos de ação, observou-se uma redução expressiva no consumo de água e insumos químicos, diminuição do tempo de execução dos serviços, padronização das rotinas operacionais e maior uniformidade na qualidade das entregas. O controle de estoque tornou-se mais eficiente, reduzindo pedidos emergenciais e perdas financeiras, o que consolidou ganhos importantes em sustentabilidade e gestão operacional.

Para resolver essa deficiência, foi implementado o uso de planilhas eletrônicas, conforme ilustrado na imagem 1, o que possibilitou maior organização.

Imagem 1: Dashboard de controle de estoque



Fonte: Pesquisa Aplicada (2025)

Com base nas pesquisas e na coleta de dados realizadas antes e depois da implementação dos fluxogramas e demais melhorias, foi feita uma nova medição que apresentou resultados expressivos em comparação aos dados anteriores. Conforme demonstrado na Tabela

2, é possível observar uma redução significativa no tempo de execução dos serviços, evidenciando ganhos relevantes em produtividade e eficiência.

Tabela 2: Análise de tempo gasto por atividades depois

ATIVIDADES	SERVIÇO	TEMPO GASTO	TOTAL POR SERVIÇO
Limpeza de Chassi	Geral simples	00:55:00	03:20:00
Limpeza de Motor	Geral simples	00:30:00	
Lavagem externa	Geral simples	00:10:00	
Limpeza interna	Geral simples	01:00:00	
Acabamentos	Geral simples	00:15:00	
Desmontagem	Pente fino	00:15:00	05:00:00
Limpeza de Chassi	Pente fino	01:15:00	
Limpeza de Motor	Pente fino	00:30:00	
Lavagem externa	Pente fino	00:10:00	
Limpeza interna	Pente fino	01:30:00	
Limpeza de bancos	Pente fino	00:30:00	
Montagem	Pente fino	00:15:00	
Acabamentos	Pente fino	00:15:00	
Limpeza de Chassi	Guariba	01:15:00	06:20:00
Limpeza de Motor	Guariba	00:30:00	
Lavagem externa	Guariba	00:10:00	
Desmontagem	Guariba	00:22:00	
Lavagem externa	Guariba	00:10:00	
Limpeza interna	Guariba	01:30:00	
Limpeza de bancos	Guariba	00:30:00	
Limpeza de carpetes	Guariba	00:30:00	
Limpeza das carenagens	Guariba	00:20:00	
Montagem	Guariba	00:15:00	
Acabamentos	Guariba	00:15:00	

Fonte: Pesquisa Aplicada (2025)

Os resultados obtidos com a implementação dos fluxogramas evidenciam a eficácia dos controles de processo dentro das empresas. O estudo realizado com base na metodologia BPMN (*Business Process*

*Model and Notation*) proporcionou ganhos expressivos em tempo de execução, conforme ilustrado na tabela 3, que apresenta os resultados quantitativos alcançados após as mudanças.

Tabela 3: Análise de antes e depois e diferença de tempo

TIPO DE SERVIÇO	ANTES	DEPOIS	DIFERENÇA
Geral simples	04:50:00	03:20:00	01:30:00
Pente fino	07:00:00	05:00:00	02:00:00
Guariba	08:50:00	06:20:00	02:30:00

Fonte: Pesquisa Aplicada (2025).

No entanto, por ter sido realizada em apenas uma oficina e em um período curto, os resultados não podem ser amplamente generalizados, o que abre espaço para futuras investigações em diferentes contextos e com acompanhamento de longo prazo para avaliar a sustentabilidade dos ganhos obtidos. A Imagem 3 apresenta o compilado dos dados coletados antes e depois das intervenções, oferecendo uma representação visual dos resultados obtidos com a pesquisa.

Imagem 2: Dashboard análise de antes e depois dos tempos



Fonte: Pesquisa Aplicada (2025)

### 3.3 Discussão

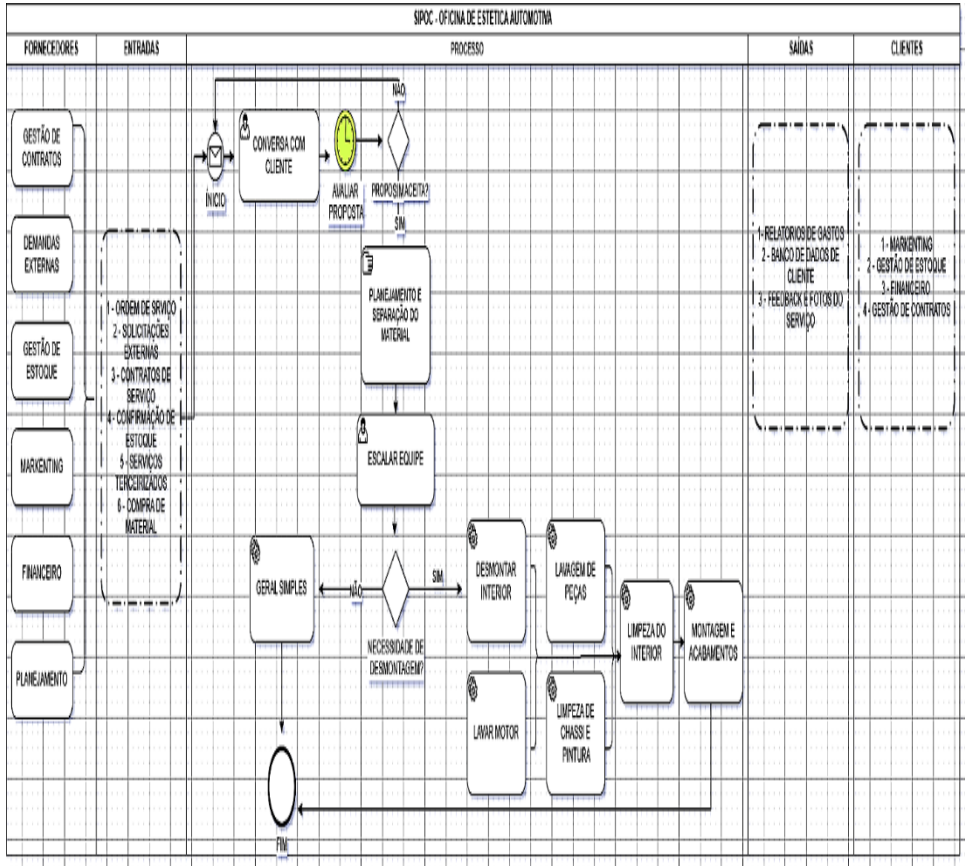
Os resultados corroboram evidências presentes na literatura sobre melhoria contínua e racionalização de processos em serviços,

notadamente em ambientes de pequeno porte. A adoção da modelagem de processos (BPMN) e de ferramentas de *Lean Service* mostraram ser viáveis, permitindo visualizar gargalos, eliminar redundâncias e direcionar intervenções de baixo custo e alto impacto operacional (Voncken; van der Aalst, 2020; Cardoso; Costa, 2019). Os dados reforçam que padronização, treinamento e o uso de controles digitais são estratégias acessíveis a pequenas oficinas e capazes de promover eficiência sem grandes investimentos.

O trabalho teórico de Silva et al. (2021) também é confirmado, pois destaca a relevância da implementação de BPMN e sistemas de controle para a maturidade organizacional das micro e pequenas empresas do setor automotivo. Entre as limitações, destaca-se que a realização da pesquisa em uma única oficina restringe a generalização dos resultados, além do acompanhamento em curto prazo que dificulta a avaliação de impactos a longo prazo (Yin, 2016). Sugere-se, portanto, como agenda para novas investigações, a replicação do estudo em outros contextos, aplicação de sistemas digitais evoluídos e análise longitudinal para mensurar a sustentabilidade dos ganhos obtidos.

Após o desenho do novo fluxo, todos os funcionários foram treinados conforme suas funções específicas dentro do processo. Isso resultou em ganhos significativos de tempo, melhoria na qualidade do trabalho e maior organização interna. Agora, cada colaborador sabe exatamente o que deve fazer e em que momento, conforme ilustrado na Imagem 3, que apresenta o fluxograma BPMN com as melhorias propostas e a situação atual da empresa.

Imagem 3: Fluxograma do estado atual



Fonte: Pesquisa Aplicada (2025)

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo confirmou que a aplicação de metodologias de engenharia e gestão de processos em pequenas empresas de serviços automotivos pode gerar ganhos substanciais em eficiência, qualidade e sustentabilidade das operações. As intervenções implementadas na Eli-Car Autolavagem permitiram reduzir significativamente o tempo e o custo operacional dos serviços de higienização, além de promover o uso mais racional de água e insumos

essenciais. Essa evolução evidencia a viabilidade das estratégias propostas para otimização de fluxos de trabalho e padronização de procedimentos em oficinas de estética automotiva, respondendo de maneira eficaz aos objetivos e hipóteses apresentados na introdução.

Além da melhoria operacional, a pesquisa traz uma relevante contribuição teórica ao evidenciar que ferramentas consagradas de modelagem de processos e conceitos de *Lean Service* também podem ser adaptadas com êxito a realidades mais restritas em recursos, como a das micro e pequenas empresas do setor automotivo. A digitalização sugerida para o controle de estoques e a introdução de práticas sustentáveis, como a limpeza a seco e o uso de equipamentos de baixo consumo hídrico, mostraram-se eficazes e replicáveis, sinalizando caminhos viáveis para o avanço da eficiência produtiva e ambiental em outros contextos similares.

Entretanto, o estudo reconhece limitações associadas à sua realização em um único cenário e ao acompanhamento em curto prazo, o que restringe a generalização dos resultados. Esse aspecto ressalta a importância de futuras investigações que possam expandir o uso de sistemas digitais, acompanhar efeitos pós-implementação ao longo do tempo e incorporar novas etapas do serviço, como a pré-lavagem, ao escopo das práticas inovadoras.

## REFERÊNCIAS

BARBIERI, J. C.; CAJAZEIRA, J. E. R. *Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos*. São Paulo: Saraiva, 2009.

BARBIERI, J. C.; SILVA, D. O. *Gestão ambiental empresarial*. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CARDOSO, A. M.; COSTA, A. A. *Gestão de processos para pequenas empresas de serviços*. RAI Revista de Administração e Inovação, v. 16, n. 2, 2019.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração da Produção e Operações: Manufatura e Serviços*. São Paulo: Atlas, 2012.

DAVENPORT, T. H. *Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology*. Boston: Harvard Business Press, 1993.

DEMING, W. E. *Qualidade: A Revolução da Administração*. São Paulo: Marques Saraiva, 1990.

ELKINGTON, J. *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford: Capstone, 1999.

GONÇALVES, J. E. L. As empresas são grandes coleções de processos. *Revista de Administração de Empresas*, v. 40, n. 1, p. 6–19, 2000.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. *Reengenharia: Revolucionando a Empresa em Função dos Clientes, da Concorrência e das Grandes Mudanças do Mercado*. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

JURAN, J. M. *Juran na Liderança pela Qualidade*. São Paulo: Pioneira, 1992.

OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0 Specification*. Needham, MA, 2014.

PALADINI, E. P. *Gestão da Qualidade: Teoria e Prática*. São Paulo: Atlas, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

VONCKEN, E.; VAN DER AALST, W. *Business process management: principles and applications*. Cham: Springer, 2020.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 6. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

## CAPÍTULO 12

### **ESTRATÉGIAS DE GESTÃO ORÇAMENTÁRIA EM OBRAS PÚBLICAS: ANÁLISE DE RISCO DE PARALISAÇÃO EM PROJETO DE CALÇAMENTO E DRENAGEM EM BELA VISTA DE MINAS/MG**

*BUDGET MANAGEMENT STRATEGIES IN PUBLIC WORKS: RISK ANALYSIS OF WORK STOPPAGE IN A PAVING AND DRAINAGE PROJECT IN BELA VISTA DE MINAS, MG*

**Emerson Carlos da Silva Afonso**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
aluno.emerson.afonso@doctum.edu.br

**Fernando Tales de Castro**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
talesfernando.cec14@gmail.com

**Pedro Henrique Lúcio**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade – Minas Gerais  
luciopedro040@gmail.com

**Breno Eustáquio da Silva**

Rede de Ensino Doctum  
João Monlevade - MG  
<https://orcid.org/0000-0003-3101-0589>  
E-mail: brenomonlevade@gmail.com

## **RESUMO**

O presente artigo científico analisa a problemática da descontinuidade de obras públicas decorrente da escassez de recursos financeiros, utilizando como estudo de caso a obra de Calçamento e Drenagem da Rua José Raimundo da Silva, no Bairro JK, em Bela Vista de Minas/MG. Com base na documentação do projeto (Contrato de Repasse CR

1074.486-45, valor base de R\$ 608.265,27), o estudo detalha os aspectos técnicos e orçamentários e identifica os riscos inerentes à paralisação após o trecho já executado (300,00 m de Rede Pluvial DN 600). A pesquisa, de natureza aplicada, qualitativa e exploratória, utilizou o método de estudo de caso e análise documental para examinar as inconsistências entre o planejamento orçamentário e a execução física. Os resultados apontam que a paralisação gera prejuízos como deterioração da infraestrutura já implantada e risco de perda do investimento. O estudo propõe cinco eixos estratégicos: otimização e realocação de recursos, diversificação das fontes de financiamento, monitoramento contínuo, fortalecimento da governança e mitigação de riscos, visando garantir a conclusão da infraestrutura essencial e mitigar impactos socioeconômicos negativos.

**Palavras-chave:** Obras públicas; Gestão orçamentária; Escassez de recursos. Drenagem pluvial; Bela Vista de Minas.

## **ABSTRACT**

This scientific article analyzes the issue of discontinuity in public works resulting from the scarcity of financial resources, using as a case study the paving and drainage project on José Raimundo da Silva Street, located in the JK neighborhood of Bela Vista de Minas, MG. Based on the project documentation (Grant Agreement CR 1074.486-45, with a baseline value of R\$ 608,265.27), the study details the technical and budgetary aspects and identifies the risks inherent to the work stoppage after the portion already completed (300.00 m of DN 600 stormwater drainage network). This applied, qualitative, and exploratory research employed the case study method and documentary analysis to examine inconsistencies between budget planning and physical execution. The results indicate that the work stoppage leads to losses such as deterioration of the infrastructure already implemented and the risk of investment loss. The study proposes five strategic axes: resource optimization and reallocation, diversification of funding sources, continuous monitoring, strengthened governance, and risk mitigation, aiming to ensure the completion of essential infrastructure and reduce negative socioeconomic impacts.

**Keywords:** Public works; Budget management; Resource scarcity; Stormwater drainage; Bela Vista de Minas.

## 1. INTRODUÇÃO

A execução de obras públicas constitui um dos pilares do desenvolvimento socioeconômico local, uma vez que amplia a infraestrutura urbana, melhora a mobilidade e promove benefícios diretos à população. Entretanto, a literatura especializada evidencia que a descontinuidade dessas obras, frequentemente ocasionada pela escassez de recursos financeiros, representa um dos principais desafios para a administração pública municipal (OLIVEIRA; SANTOS, 2021; TCU, 2023). Estudos apontam que falhas no planejamento orçamentário, ausência de reservas de contingência, dependência excessiva de repasses externos e fragilidades na gestão de riscos estão entre as causas recorrentes de paralisações, produzindo impactos técnicos, econômicos e sociais significativos (MARTINS, 2020; SILVA; PEREIRA, 2021). Apesar da ampla discussão sobre gestão financeira em obras públicas, Persistem lacunas relacionadas à aplicação prática dessas estratégias em contextos municipais específicos, sobretudo quando envolve contratos de repasse com etapas já parcialmente concluídas.

Nesse cenário, insere-se o caso da obra de calçamento e drenagem da Rua José Raimundo da Silva, no município de Bela Vista de Minas/MG, vinculada ao Contrato de Repasse CR 1074.486-45. Embora a fase de drenagem pluvial – uma etapa estrutural e de alto custo – tenha sido concluída, a execução da pavimentação permanece paralisada devido à insuficiência de recursos financeiros. Tal situação gera riscos de deterioração da infraestrutura executada, aumenta a probabilidade de retrabalho e compromete a funcionalidade da via, configurando um problema de gestão orçamentária que carece de análise técnica aprofundada.

A relevância deste estudo reside justamente na necessidade de compreender, à luz da literatura e da realidade documentada, como

inconsistências no planejamento físico-financeiro contribuem para a paralisação de obras e quais estratégias podem ser adotadas para mitigar esses efeitos. A abordagem deste caso permite preencher uma lacuna prática: a ausência de estudos que integrem análise técnica, orçamentária e de risco em obras de pequeno porte financiadas por repasses federais — um cenário frequente em municípios de médio e pequeno porte.

Assim, o presente trabalho tem como problema de pesquisa investigar de que forma a gestão orçamentária influenciou a paralisação da obra e quais estratégias podem garantir sua continuidade. O objetivo geral consiste em analisar estratégias viáveis para assegurar a conclusão da obra diante da escassez de recursos financeiros. Especificamente, busca-se: (i) identificar as causas da paralisação relacionadas à gestão dos recursos; (ii) avaliar alternativas de financiamento e captação de verbas; e (iii) propor um plano de otimização e realocação orçamentária que minimize riscos futuros.

A metodologia adotada, de natureza aplicada, qualitativa e exploratória, fundamenta-se no método de estudo de caso (YIN, 2018), permitindo a análise detalhada da obra por meio de documentos técnicos, orçamentários e registros de execução (As-Built). A investigação também emprega análise documental e comparação entre o planejamento previsto e a execução real, buscando evidenciar inconsistências e compreender seus desdobramentos.

Ao apresentar um diagnóstico técnico e propor estratégias concretas, este estudo contribui tanto para o aprimoramento da gestão pública municipal quanto para o campo da Engenharia de Produção, ao oferecer subsídios que podem orientar futuras decisões sobre planejamento financeiro e continuidade de obras públicas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Gestão Financeira na Construção Civil e Obras Públicas**

A gestão financeira constitui um eixo fundamental no planejamento e execução de obras públicas, uma vez que envolve o controle sistemático dos recursos econômicos e a avaliação contínua da viabilidade do empreendimento. Segundo Martins (2020), a gestão financeira eficiente exige equilíbrio entre previsão orçamentária, monitoramento de custos e tomada de decisão baseada em evidências. No âmbito da Engenharia de Produção, esse processo torna-se ainda mais relevante, pois interfere diretamente no desempenho operacional e na entrega dos resultados à população.

No setor da construção civil, o gerenciamento envolve o acompanhamento do fluxo de caixa, a análise de custos diretos e indiretos, a definição de reservas de contingência e o uso de ferramentas de controle físico-financeiro (Kerzner, 2017). Instrumentos como planilhas orçamentárias, sistemas informatizados e o Gerenciamento do Valor Agregado (EVM) tornam possível avaliar simultaneamente o andamento físico da obra e o consumo de recursos (PMI, 2021).

A literatura evidencia, contudo, lacunas importantes relacionadas à aplicação dessas ferramentas no contexto de obras públicas municipais. Poucos estudos analisam de forma integrada como falhas na estimativa de custos, atrasos nos repasses e ausência de previsões orçamentárias específicas afetam obras de pequeno e médio porte, especialmente aquelas vinculadas a contratos de repasse (Silva; Pereira, 2021). Esse cenário reforça a necessidade de pesquisas que articulem teoria e prática, identificando como a gestão financeira interfere no risco de paralisação, como ocorre no projeto de Bela Vista de Minas/MG.

## **2.2 Causas e Consequências da Paralisação de Obras**

A paralisação de obras públicas configura um problema multifatorial, resultante da interação entre elementos técnicos, administrativos e financeiros. O Tribunal de Contas da União (TCU, 2023) destaca como principais causas a insuficiência de recursos, a má gestão orçamentária, a fragilidade dos cronogramas físico-financeiros,

a ausência de planejamento prévio e falhas nos processos licitatórios. Entraves legais, atrasos nos repasses federais e problemas contratuais também estão entre os fatores recorrentes.

As consequências da interrupção são amplas e vão desde a deterioração das estruturas parcialmente executadas até o aumento significativo dos custos de retomada. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) aponta que cerca de 38% das obras municipais apresentam algum grau de paralisação, majoritariamente devido à escassez de recursos. Esses impactos comprometem o erário, reduzem a confiança pública e limitam o acesso da população aos benefícios previstos.

Apesar da vasta literatura sobre motivos da paralisação, observa-se uma lacuna referente à avaliação objetiva dos riscos técnicos originados pela interrupção em fases intermediárias (como ocorre quando a drenagem é concluída, mas a pavimentação não é executada). Poucos estudos examinam a interdependência estrutural entre essas etapas e os danos potenciais ao investimento já realizado. Essa lacuna evidencia a relevância da análise do caso da Rua José Raimundo da Silva, cuja interrupção após a conclusão da drenagem DN 600 criou riscos diretos de deterioração e perda parcial do investimento público.

## **2.3 Estratégias e Fontes de Financiamento**

A sustentabilidade financeira de obras públicas depende da diversificação das fontes de recursos e da capacidade do gestor de formular estratégias que reduzam a dependência de um único fluxo de financiamento. Conforme Martins (2020), a combinação de recursos próprios, convênios federais, emendas parlamentares e parcerias interinstitucionais representa um caminho cada vez mais necessário para garantir a continuidade de projetos públicos.

Entre as principais modalidades de financiamento estão:

- a) recursos próprios municipais ou estaduais;
- b) convênios e contratos de repasse — categoria à qual pertence o objeto deste estudo;

- c) emendas parlamentares individuais ou de bancada;
- d) parcerias público-privadas (PPP);
- e) consórcios intermunicipais;
- f) linhas de crédito subsidiadas, como as do BNDES e da Caixa Econômica Federal.

Entretanto, a literatura ainda é limitada no que se refere à análise de estratégias financeiras específicas para obras de pequeno porte, que muitas vezes dependem exclusivamente de convênios federais para sua execução. Essa dependência cria vulnerabilidade e aumenta o risco de paralisação quando ocorrem atrasos no cronograma de desembolso. Estudos voltados ao uso integrado das diversas fontes de financiamento são raros e geralmente não abordam situações com etapas parcialmente concluídas — uma lacuna que o presente estudo se propõe a preencher.

## **2.4 Planejamento, Otimização e Boas Práticas de Gestão**

O planejamento integrado de obras públicas envolve a articulação entre os planos estratégico, operacional e financeiro, permitindo a previsão de riscos e o uso racional dos recursos disponíveis. Segundo o PMBOK (PMI, 2021), boas práticas de gestão exigem a elaboração de cronogramas físicos realistas, definição de margens de contingência, estabelecimento de indicadores de desempenho e revisão periódica das metas e dos custos do projeto.

Ferramentas como o BIM 5D, sistemas de controle físico-financeiro e metodologias de otimização - especialmente aquelas derivadas da *Lean Construction* - auxiliam na redução de desperdícios e na melhora da eficiência (Lean Construction Institute, 2020). Paralelamente, Kerzner (2017) enfatiza a importância da integração entre as fases de planejamento, execução e controle, bem como o uso sistemático de indicadores como o Índice de Desempenho de Custo (IDC) e o Índice de Desempenho de Prazo (IDP).

Apesar desses avanços, persiste uma lacuna na literatura acerca da aplicabilidade dessas práticas no contexto de obras públicas municipais de baixa complexidade, mas de alto impacto local. Poucos

trabalhos analisam como falhas no planejamento integrado — especialmente no alinhamento entre o avanço físico e a execução orçamentária — geram riscos de descontinuidade. Assim, o estudo do caso de Bela Vista de Minas torna-se relevante para demonstrar como a ausência de práticas robustas de gestão contribui para a paralisação de obras essenciais ao desenvolvimento urbano.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 Tipo e Abordagem da Pesquisa**

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e caráter exploratório. A pesquisa aplicada visa a obtenção de conhecimentos para a aplicação prática e resolução de problemas específicos, enquanto a abordagem qualitativa permite a interpretação contextualizada dos dados, priorizando o significado das informações técnicas e orçamentárias. O caráter exploratório busca proporcionar maior familiaridade com o problema da paralisação de obras, tornando-o mais explícito e possibilitando a construção de interpretações fundamentadas (GIL, 2019).

#### **3.2 Método de Pesquisa**

O método empregado é o Estudo de Caso, conforme a definição de YIN (2018). Essa escolha metodológica é justificada pela necessidade de examinar em profundidade a obra pública específica (Rua José Raimundo da Silva), permitindo compreender de que forma fatores financeiros, administrativos e técnicos se articulam para influenciar a paralisação do projeto. O estudo de caso é o método mais adequado para revelar as nuances da gestão orçamentária em situações reais e complexas.

### **3.3 Delimitação e Fontes de Coleta de Dados**

A pesquisa foi conduzida no município de Bela Vista de Minas/MG, analisando a obra de Calçamento e Drenagem Pluvial. O recorte temporal abrange o período desde a elaboração do projeto executivo até a execução parcial dos serviços e a paralisação por escassez de recursos. Essa delimitação permite a compreensão das etapas críticas do ciclo orçamentário da obra. Foram utilizados dados primários e secundários. Os dados primários consistem em documentos técnicos e orçamentários oficiais, a saber: a) Planilha Orçamentária Base para Licitação (PO), com valor total de R\$ 608.265,27; b) Projetos Executivos de Drenagem Pluvial, Calçamento e Sinalização; e c) Projeto As-Built de Drenagem Pluvial (Trecho Executado), que comprova o andamento físico. Esses materiais foram coletados junto aos órgãos públicos responsáveis. As fontes secundárias incluíram referenciais teóricos, normas técnicas e literatura especializada em gestão orçamentária pública, como os relatórios do TCU (2023) e dados do IBGE (2022).

### **3.4 Procedimentos de Análise dos Dados e Limitações**

A análise foi conduzida mediante técnicas de análise documental e comparativa, buscando identificar inconsistências e desvios entre o planejamento orçamentário e a execução real dos serviços. O procedimento envolveu a organização cronológica dos documentos e a comparação entre os valores previstos (PO) e os quantitativos executados (*As-Built*). A interpretação foi sustentada pela Análise de Conteúdo, conforme proposta por Bardin (2016), que possibilitou a categorização das causas de paralisação em dimensões como gestão financeira, planejamento técnico e execução contratual. Essa abordagem integrativa favoreceu o confronto entre dados empíricos e o referencial teórico. Reconhece-se como limitação a disponibilidade restrita de dados atualizados e completos nos portais de transparência, o que impôs a necessidade de inferências baseadas em

evidências parciais. Contudo, a triangulação entre documentos técnicos, literatura especializada e análise interpretativa assegurou a consistência e confiabilidade das conclusões.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Detalhamento Técnico-Orçamentário e Status da Execução**

A obra de calçamento e drenagem da Rua José Raimundo da Silva, é financiada pelo Contrato de Repasse CR 1074.486-45, com valor base de licitação de R\$ 608.265,27. Os principais componentes da obra, conforme os projetos executivos e a memória de cálculo da Associação dos Municípios da Microrregião do Médio Piracicaba (Amepe, 2025), são: Drenagem Pluvial (Executada): Instalação de 300,00m de Rede Pluvial DN 600 em concreto armado (CA-1) e 62,26 m de ramais DN 400. Inclui 1.044,73 m<sup>3</sup> de escavação e 873,07 m<sup>3</sup> de reaterro de vala, atestado pelo Projeto As-Built (2023). Pavimentação e Sinalização (Inacabada): Previsão de 1.665,89m<sup>2</sup> de calçamento em bloquetes, 737,32 m de meio-fio e 647,32m de sarjeta. O Projeto As-Built confirma a execução integral da drenagem. No entanto, a obra foi interrompida neste estágio intermediário sem a execução da infraestrutura de superfície.

### **4.2 Inconsistências Orçamentárias e Falhas na Gestão de Riscos**

A interrupção da obra após a conclusão da drenagem DN 600 demonstra uma falha na gestão orçamentária, caracterizada pela ausência de um plano de contingência para o fluxo de repasses. A dependência exclusiva dos recursos federais, sem a previsão de capital próprio para cobrir o custo da fase de pavimentação, é um risco que a gestão pública deve endereçar (TCU, 2023). As inconsistências mais relevantes estão ligadas à desarticulação entre a execução física e a financeira: o capital foi aplicado integralmente na infraestrutura subterrânea (drenagem), mas a falta de recursos para a pavimentação

de superfície (calçamento) compromete a usabilidade e a segurança da drenagem concluída. A análise comparativa revelou que, apesar da execução dos 300,00 m da rede, não foi garantida a alocação do valor remanescente de R\$ 608.265,27 para a etapa seguinte.

### **4.3 Riscos Decorrentes da Paralisação**

A paralisação da obra neste estágio gera riscos triplos e graves para a administração municipal e para a população:

- a) Dano ao Investimento (Risco Técnico e Financeiro): O valor investido na infraestrutura subterrânea fica exposto à intempérie e à ação do tempo. A paralisação prolongada pode exigir a reexecução de serviços de compactação do subleito e proteção da tubulação, invalidando o uso do R\$ 608.265,27 já orçado para esta fase. Projetos de drenagem e pavimentação possuem uma interdependência crítica, onde a degradação acelerada de uma etapa impacta a outra.
- b) Risco Socioeconômico e de Mobilidade: A via não pode ser utilizada plenamente sem o calçamento (1.665,89 m<sup>2</sup> pendentes). A ausência de pavimentação, meio-fio (737,32 m pendentes) e sarjetas (647,32 m pendentes) gera transtornos de poeira ou lama, compromete a segurança viária e o acesso dos pedestres (rampas de acessibilidade pendentes). A infraestrutura de drenagem, embora essencial, é apenas funcional quando protegida pela superfície.
- c) Comprometimento Institucional e Contratual: A paralisação impede o cumprimento integral das metas do Contrato de Repasse CR 1074.486-45, que exige a entrega completa da infraestrutura. Isso pode resultar na necessidade de devolução de recursos não aplicados ou na rescisão do contrato, gerando penalidades e restrições para novos convênios.

### **4.4 Estratégias para a continuidade da obra**

A partir da análise de riscos e dos princípios da Engenharia de Produção, foram definidas estratégias que visam garantir a

continuidade da obra e proteger o investimento público já realizado. A primeira ação consiste em priorizar a conclusão da infraestrutura de superfície, destinando os recursos remanescentes à pavimentação prevista, medida essencial para assegurar a funcionalidade mínima da via e evitar a deterioração da drenagem concluída. Paralelamente, recomenda-se a reavaliação do cronograma físico-financeiro, realocando verbas de itens não essenciais para atividades de maior impacto estrutural, como meio-fio e calçamento, com as devidas adequações contratuais previstas na legislação vigente.

Para ampliar a capacidade financeira do município e reduzir o risco de novas interrupções, torna-se necessária a diversificação das fontes de financiamento. Isso inclui a captação de emendas parlamentares, a utilização de recursos próprios ou linhas de crédito subsidiadas, bem como a articulação com instituições regionais, como a Amepi, para viabilizar parcerias técnicas ou novos convênios. A adoção de um planejamento dinâmico e de mecanismos permanentes de monitoramento também é imprescindível, por meio da revisão contínua do cronograma, da implantação de painéis de acompanhamento físico-financeiro e da ampliação da transparência junto à sociedade.

A continuidade do projeto depende ainda do fortalecimento da governança pública, envolvendo a criação de um comitê técnico intersetorial, a capacitação da equipe responsável e a melhoria dos fluxos de comunicação interna, medidas que contribuem para decisões mais ágeis e fundamentadas. Por fim, recomenda-se a implementação de práticas de gestão de riscos, com identificação prévia de ameaças, definição de reservas de contingência e elaboração de um plano de manutenção pós-entrega, de modo a assegurar a sustentabilidade técnica, operacional e financeira da obra no longo prazo.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise do projeto de calçamento e drenagem da Rua José Raimundo da Silva, em Bela Vista de Minas/MG, permitiu compreender

de forma objetiva como a escassez de recursos financeiros compromete a continuidade e a efetividade das políticas públicas de infraestrutura urbana. Confirmou-se que, embora a etapa de drenagem pluvial - correspondente à execução dos 300 metros de tubulação DN 600 - tenha sido concluída, a ausência de pavimentação resultou em riscos econômicos, técnicos e sociais significativos. Esse cenário evidencia que a paralisação não decorre apenas da falta de recursos, mas, sobretudo, de fragilidades no planejamento orçamentário e na gestão de riscos associados ao projeto.

Os resultados obtidos demonstraram que a dependência exclusiva de repasses federais, sem a existência de estratégias financeiras complementares ou de mecanismos preventivos de contingência, expôs o município a vulnerabilidades que dificultaram a continuidade da obra. A falta de um planejamento financeiro robusto e proativo limitou a capacidade de reação frente a imprevistos, contribuindo para a interrupção do empreendimento antes da execução dos 1.665,89 m<sup>2</sup> de pavimentação prevista.

As estratégias propostas (que incluem a otimização e realocação de recursos, a diversificação das fontes de financiamento, o fortalecimento da governança e a mitigação sistemática de riscos) configuram um modelo de gestão replicável e aplicável a diferentes contextos municipais. Tais estratégias demonstram potencial para viabilizar a conclusão da obra analisada, além de aprimorar práticas de planejamento, execução e controle em obras públicas similares, ampliando a eficiência e a transparência no uso dos recursos públicos.

Do ponto de vista teórico, o estudo contribui ao evidenciar a importância da integração entre gestão financeira, gestão de riscos e Engenharia de Produção na continuidade de obras públicas de pequeno e médio porte. Em termos práticos, oferece um conjunto de diretrizes que podem ser incorporadas por administrações municipais para prevenir paralisações e maximizar o retorno social dos investimentos em infraestrutura.

Conclui-se que a continuidade de obras públicas depende essencialmente de planejamento estratégico, governança eficiente e comprometimento institucional. A experiência de Bela Vista de Minas

reforça que, com gestão proativa, planejamento adequado e tomada de decisão baseada em evidências, é possível transformar limitações orçamentárias em oportunidades de aperfeiçoamento da gestão pública.

Por fim, recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a análise sobre modelos de financiamento alternativo para obras municipais, explorem métodos de previsão de riscos associados a contratos de repasse e investiguem a aplicação de ferramentas de Engenharia de Produção, como BIM 5D e indicadores avançados de desempenho, em contextos semelhantes. Esses estudos poderão ampliar o entendimento sobre a continuidade de obras públicas e apoiar a formulação de políticas mais eficazes.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA MICRO-REGIÃO DO MÉDIO RIO PIRACICABA (AMEPI). **Memória de cálculo: Obra de Calçamento e Drenagem na Rua José Raimundo da Silva – Bairro JK.** João Monlevade, 2025.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** São Paulo: Edições 70, 2016.

BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal e institui normas para licitações e contratos da Administração Pública. *Diário Oficial da União*, Brasília, 22 jun. 1993.

BRASIL. **Manual de Convênios e Contratos de Repasse da Caixa Econômica Federal.** Brasília: Caixa Econômica Federal, 2023. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de obras públicas: diagnóstico da infraestrutura municipal brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 out. 2025.

KERZNER, H. **Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling.** 12. ed. New York: Wiley, 2017.

LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE. **Lean Construction Principles**. 2020. Disponível em: <https://www.leanconstruction.org>. Acesso em: 25 out. 2025.

MARTINS, C. **Gestão financeira em obras públicas**. São Paulo: Atlas, 2020.

MUNICÍPIO DE BELA VISTA DE MINAS. **Planilha Orçamentária Base para Licitação – OGU. Contrato de Repasse CR 1074.486-45**. Bela Vista de Minas, 2022.

MUNICÍPIO DE BELA VISTA DE MINAS. **Projeto de Calçamento e Drenagem Pluvial: Rua José Raimundo da Silva – Bairro JK**. Bela Vista de Minas, 2022.

OLIVEIRA, R.; SANTOS, A. P. **Impactos da paralisação de obras públicas no desenvolvimento urbano**. Belo Horizonte: UFMG, 2021.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Guia PMBOK: gerenciamento de projetos em ambiente governamental**. 7. ed. Newtown Square, PA: PMI, 2021.

SILVA, F.; PEREIRA, J. **Fatores críticos na execução de obras públicas no Brasil**. *Revista Brasileira de Administração Pública*, v. 55, n. 2, p. 321-340, 2021.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Relatório sobre obras públicas municipais**. Brasília: TCU, 2023.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 201

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**



**Breno Eustáquio da Silva**

Doutor em Ciências da Educação. Mestre em Administração. Especialista em Metodologia do Ensino de História e Geografia, em Gestão Organizacional e em Criação e Produção em Mídia Eletrônica - Rádio e TV. Graduado em Comunicação Social - Habilitação em Jornalismo; em Administração e Licenciatura em Geografia. Atualmente cursa Pedagogia. Coordena os cursos Gerenciais da Faculdade Doctum de João Monlevade (Rede de Ensino Doctum), onde também atua como professor de cursos presenciais e à distância (mantidos pelo Centro Universitário UniDoctum). Também coordena os cursos de Tecnologia de Gestão de Marketing, Tecnologia de Gestão Financeira e Licenciatura em Geografia do UniDoctum. Atuou como Professor Bolsista (orientador de TCCs de pós-graduação) na Universidade Federal de Ouro Preto na Escola de Gestores da Educação Básica. É professor efetivo da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) - Unidade João Monlevade, atuando nos cursos de Engenharia. Atuou como jornalista por 14 anos. Tem experiência nas áreas de Comunicação, Gestão e Educação. Expertise em orientações de TCC, sendo certificado ABNT.



**Mayara Roberta de Castro**

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais da UNIFEI-MG, com mestrado em Engenharia Mecânica pela PUC Minas e graduação em Engenharia Civil pela mesma instituição. Atua como docente na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) e no Instituto Ensinar Brasil (Rede de Ensino Doctum), onde coordena os cursos de Engenharias Civil, Elétrica e de Produção na unidade de João Monlevade.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Análise, 13, 19, 20, 21, 29, 37,  
60, 62, 80, 81, 104, 112, 143,  
181, 188, 190, 205, 210

### B

Barragens de rejeitos, 127, 129,  
131, 132, 134, 145, 147, 148,  
149

### C

Centro de Distribuição, 82, 85,  
87, 88, 89, 90, 92, 93, 94  
Coleta seletiva, 166, 167, 168,  
169, 171, 172, 173, 174, 175,  
178, 179, 180  
Construção civil, 6, 14, 65, 66,  
68, 69, 70, 72, 73, 74, 76, 78,  
79, 80, 201  
Cultura organizacional, 32, 37,  
39, 40, 41, 46, 71, 111, 118

### D

Destinação de mercadorias, 151,  
156, 157, 163

### E

Eficiência operacional, 13, 14,  
15, 21, 30, 32, 38, 41, 45, 57,  
67, 74, 83, 85, 98, 99, 119,  
125, 160, 163, 169, 184, 185,  
187

Engenharia, 46, 47, 72, 73, 76,  
77, 111, 129, 130, 131, 133,  
137, 148, 183, 194

Equipamentos críticos, 43, 58,  
59, 96, 98, 99, 110

Ergonomia, 116, 117, 118, 119,  
120, 121, 123, 124, 125

### F

Fluxos operacionais, 183

### G

Gestão de compras, 65, 66, 68,  
69, 70, 72, 78

Gestão de pessoas, 32, 33, 34,  
37, 38, 39, 40, 41

Gestão dos resíduos, 166, 168,  
169, 171, 172, 178, 179, 180

### I

Indicadores de desempenho,  
13, 25, 29, 43, 46, 48, 58, 59,  
60, 66, 76, 77, 79, 203

Indústria siderúrgica, 6, 12, 14,  
28, 115, 117, 118

Inteligência Artificial, 97, 99, 149,  
159, 161, 162

Internet das Coisas, 97, 98, 99,  
106, 108, 146, 149

### L

Lesões ocupacionais, 115, 117,  
124

Logística, 35, 69, 74, 76, 77, 80,  
83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90,

91, 92, 93, 94, 95, 151, 154,  
156, 159, 161, 163, 164, 167,  
169, 178, 179

## M

Manutenção preventiva, 6, 12,  
13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24,  
25, 26, 28, 29, 49, 54, 55, 57,  
59, 62, 100, 101

MASP, 13, 19, 21, 22, 29

Mineração, 32, 33, 34, 35, 36,  
37, 39, 40, 41, 96, 98, 99, 104,  
106, 108, 112, 113, 129, 131,  
137, 140, 144, 146

Modelagem BPMN, 183, 187

Monitoramento, 6, 17, 21, 24,  
30, 46, 77, 96, 98, 99, 102,  
103, 104, 105, 106, 107, 108,  
109, 110, 111, 112, 124, 127,  
129, 130, 131, 133, 134, 136,  
137, 138, 140, 141, 142, 143,  
145, 146, 147, 148, 149, 198,  
201, 208

## O

Obras públicas, 197, 199, 200,  
201, 202, 203, 204, 209, 210,  
211

## P

*Picking*, 151, 152, 153, 154, 155,  
156, 163

Planejamento e Controle da  
Manutenção, 17, 43, 46, 47,  
50, 57, 59

Planejamento e Controle da  
Produção, 12, 14, 16, 17, 28

Políticas de diversidade de  
gênero, 32

Práticas ergonômicas, 116, 119,  
123, 126

Processo de compras, 6, 65, 67,  
69, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78,  
79

## R

Redução de custos, 13, 18, 22,  
25, 48, 67, 68, 83, 84, 85, 90,  
93, 97, 99, 109, 111, 117

Resíduos recicláveis, 165, 167,  
168, 169, 170, 171, 172, 173,  
179, 180

## S

Sensores, 29, 46, 96, 98, 99,  
101, 102, 104, 106, 108, 109,  
110, 111, 112, 113, 120, 127,  
128, 129, 130, 133, 134, 135,  
136, 137, 138, 141, 142, 143,  
144, 145, 146, 148, 149

Sensores de vibração e  
temperatura, 96, 106, 108, 110

Serviços automotivos, 183, 184,  
194

Setores industriais, 35, 40, 46,  
97, 116

Sinergia, 32, 33, 34, 35, 37, 38,  
39, 40

Sinergia organizacional, 32, 38

Sistema de manutenção, 42, 45,  
51, 56, 57, 59, 62, 113

Sustentabilidade, 6, 13, 14, 18,  
24, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 39,  
40, 45, 60, 65, 66, 67, 68, 69,  
70, 73, 75, 76, 77, 79, 80, 100,  
112, 116, 119, 120, 123, 125,  
129, 130, 138, 144, 146, 167,  
168, 170, 171, 172, 179, 181,

183, 184, 185, 186, 187, 189,  
191, 193, 194, 202, 208

**T**

Tecnologias, 6, 29, 46, 68, 73,  
78, 83, 85, 86, 89, 90, 91, 92,  
93, 96, 97, 105, 110, 111, 112,  
120, 127, 129, 130, 131, 133,

134, 136, 137, 138, 140, 141,  
142, 143, 144, 145, 146, 155,  
157, 163, 179

Tecnologias avançadas, 46, 83,  
93, 127, 130, 134, 136, 137,  
138, 140, 141, 142, 145

Torres de resfriamento, 12, 14,  
15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24,  
25, 26, 28, 29

ISBN 978-65-5388-362-8



9 786553 883628 >