

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

Faculdade de Tecnologia de Mauá

Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica

Maria Clara Domingos de Siqueira

Matheus Fernandes dos Santos

Rodrigo Souza Dias

**Estudo de caso da funcionabilidade de uma máquina de serigrafia industrial:
Melhoria da confiabilidade operacional por meio da aplicação de ferramentas
da qualidade**

Mauá

2026

Maria Clara Domingos de Siqueira
Matheus Fernandes dos Santos
Rodrigo Souza Dias

**Estudo de caso da funcionabilidade de uma máquina de serigrafia industrial:
Melhoria da confiabilidade operacional por meio da aplicação de ferramentas
da qualidade**

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Mauá, como exigência
parcial para obtenção do título de
Tecnólogo em Fabricação Mecânica, sob a
orientação do Prof. Dr. Ronaldo Câmara
Cozza.

Mauá
2026

Autorizo a reprodução e a divulgação deste trabalho, no todo ou em parte, por qualquer meio convencional ou eletrônico, exclusivamente para fins de estudo e pesquisa, desde que a fonte seja citada.

Catálogo-na-Publicação – Biblioteca Fatec Mauá

658.202

S618e Siqueira, Maria Clara Domingos de.

Estudo de caso da funcionabilidade de uma máquina de serigrafia industrial : melhoria da confiabilidade operacional por meio da aplicação de ferramentas da qualidade / Maria Clara Domingos de Siqueira ; Matheus Fernandes dos Santos ; Rodrigo Souza Dias. – 2026. – 53 p. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Câmara Cozza.

Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica) – Faculdade de Tecnologia de Mauá.

Referências: p. 52-53.

1. Manutenção industrial. 2. WCM (*World Class Manufacturing*). 3. Ferramentas de qualidade. 4. Melhoria contínua. 5. Produtividade. 6. Serigrafia industrial. I. Santos, Matheus Fernandes dos. II. Dias, Rodrigo Souza. III. Cozza, Ronaldo Câmara. IV. Título.

CDD 23. : Manutenção: administração 658.202
Elaborada por Tatiana Sambinelli CRB-8 SP-011003/O

Maria Clara Domingos de Siqueira

Matheus Fernandes dos Santos

Rodrigo Souza Dias

**Estudo de caso da funcionabilidade de uma máquina de serigrafia industrial:
Melhoria da confiabilidade operacional por meio da aplicação de ferramentas
da qualidade**

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Mauá, como exigência
parcial para obtenção do título de
Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Aprovação em: ____/____/____

Banca examinadora ou pareceristas:

Prof. Dr. Ronaldo Câmara Cozza
Orientador
FATEC Mauá

Prof. Dr. Carlos Fernandes da Silva
Avaliador
FATEC Mauá

Prof. Alessandra Fernandes dos Santos
Avaliador
FATEC Mauá

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expressamos nossa gratidão a todos que tornaram possível a realização deste trabalho e a conclusão desta etapa tão importante em nossas vidas. Agradecemos, de forma especial, às nossas famílias, pelo apoio, incentivo constante e por acreditarem em nosso potencial, mesmo nos momentos mais desafiadores. Aos nossos amigos, pela compreensão nas ausências e pelo companheirismo ao longo dessa jornada, nosso sincero reconhecimento.

Aos professores do curso, que compartilharam seus conhecimentos e contribuíram significativamente para nossa formação acadêmica e pessoal, deixamos nossa admiração e respeito.

Em especial, registramos nosso agradecimento ao professor Ronaldo Câmara Cozza, pela orientação, paciência e comprometimento durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A crescente competitividade industrial tem levado as organizações a buscarem métodos capazes de aumentar a produtividade, reduzir desperdícios e melhorar continuamente seus processos produtivos. Nesse contexto, a manutenção industrial passou a assumir um papel estratégico dentro das empresas, contribuindo diretamente para a confiabilidade, disponibilidade e eficiência operacional dos equipamentos. O presente trabalho teve como objetivo analisar a importância das ferramentas do *World Class Manufacturing* (WCM) aplicadas à manutenção industrial como estratégia para o aumento da produtividade. A metodologia utilizada baseou-se em pesquisa bibliográfica, estudo de caso, observação direta e análise qualitativa e quantitativa dos resultados obtidos após a aplicação de um evento Kaizen em uma máquina de serigrafia industrial. Durante o desenvolvimento do estudo, foram aplicadas ferramentas como Kaizen, 5S, Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês e Ciclo *Plan Do Check Act* (PDCA), visando identificar as causas das falhas operacionais e implementar melhorias no sistema pneumático e mecânico do equipamento. Os resultados demonstraram redução das falhas operacionais, aumento da estabilidade da máquina, melhoria da confiabilidade do equipamento e redução das paradas não programadas. Além disso, verificou-se maior integração entre os setores de manutenção e operação, fortalecendo a cultura de melhoria contínua dentro da organização. Conclui-se que a aplicação das ferramentas WCM na manutenção industrial contribui significativamente para o aumento da eficiência operacional, redução de perdas produtivas e fortalecimento da competitividade industrial.

Palavras-chave: Manutenção Industrial; WCM – World Class Manufacturing; Ferramentas de Qualidade; Melhoria Contínua; Produtividade; Serigrafia Industrial.

ABSTRACT

The increasing industrial competitiveness has led organizations to seek methods capable of increasing productivity, reducing waste, and continuously improving their production processes. In this context, industrial maintenance has assumed a strategic role within companies, directly contributing to the reliability, availability, and operational efficiency of equipment. This study aimed to analyze the importance of World Class Manufacturing (WCM) tools applied to industrial maintenance as a strategy for increasing productivity. The methodology used was based on bibliographic research, case study, direct observation, and qualitative and quantitative analysis of the results obtained after the application of a Kaizen event on an industrial screen printing machine. During the development of the study, tools such as Kaizen, 5S, Ishikawa Diagram, 5 Whys, and Plan Do Check Act (PDCA) Cycle were applied, aiming to identify the causes of operational failures and implement improvements in the pneumatic and mechanical systems of the equipment. The results demonstrated a reduction in operational failures, increased machine stability, improved equipment reliability, and a reduction in unscheduled downtime. Furthermore, greater integration between the maintenance and operations sectors was observed, strengthening the culture of continuous improvement within the organization. It is concluded that the application of WCM tools in industrial maintenance contributes significantly to increased operational efficiency, reduced production losses, and strengthened industrial competitiveness.

Keywords: Industrial Maintenance; WCM – World Class Manufacturing; Quality Tools; Continuous Improvement; Productivity; Industrial Screen Printing.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - SISTEMA PNEUMÁTICO INICIAL.
- FIGURA 2 - MUDANÇAS NO SISTEMA DE VÁCUO.
- FIGURA 3 - RESULTADO DAS MODIFICAÇÕES NO SISTEMA DE VÁCUO.
- FIGURA 4 - DEPOIS DA MUDANÇA NO SISTEMA DE VÁCUO.
- FIGURA 5 - SUPORTES CONFECCIONADOS PARA CONEXÃO PNEUMÁTICA.
- FIGURA 6 - ACOPLAMNETO DO EIXO X.
- FIGURA 7 - AINHAMNETO DA MESA DE PINTURA.
- FIGURA 8 - FIXAÇÃO DOS FUSOS DE AJUSTES COM CONTRAPORCAS.
- FIGURA 9 - COMPARAÇÃO DOS TOPS ANTIGOS PARA OS NOVOS COM MODIFICAÇÕES.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ANTES E DEPOIS DA APLICAÇÃO DO KAIZEN.

LISTA DE SIGLAS

<i>ABNT</i>	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
<i>AACR2</i>	<i>Anglo-American Cataloguing Rules, 2nd Edition</i>
<i>CDD</i>	<i>Classificação Decimal de Dewey</i>
<i>CDU</i>	<i>Classificação Decimal Universal</i>
<i>CFB</i>	<i>Conselho Federal de Biblioteconomia</i>
<i>CIP</i>	<i>Catálogo na Publicação</i>
<i>ISDB</i>	<i>International Standard Bibliographic Description</i>
<i>MTBF</i>	<i>Mean Time Between Failures</i>
<i>MTTR</i>	<i>Mean Time To Repair</i>
<i>OEE</i>	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
<i>PDCA</i>	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
<i>RDA</i>	<i>Resource Description and Access</i>
<i>TQC</i>	<i>Total Quality Control</i>
<i>TPM</i>	<i>Total Productive Maintenance</i>
<i>WCM</i>	<i>World Class Manufacturing</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Problema de Pesquisa	12
1.2 Objetivos	13
1.3 Justificativa	13
1.4 Delimitação	14
1.5 Estruturação	14
2 DESENVOLVIMENTO	16
2.1 World Class Manufacturing (WCM)	16
2.2 Pilares do WCM	17
2.2.1 Segurança	17
2.2.2 Qualidade	17
2.2.3 Logística	18
2.2.4 Custos	18
2.2.5 Manutenção Profissional	18
2.2.6 Melhoria Focada	19
2.2.7 Manutenção Autônoma	19
2.3 Manutenção Industrial	19
2.3.1 Manutenção Corretiva	20
2.3.2 Manutenção Preventiva	20
2.3.3 Manutenção Preditiva	20
2.3.4 Manutenção Detectiva	21
2.4 Ferramentas WCM Aplicadas na Manutenção	21
2.4.1 Kaizen	21
2.4.2 Ferramenta 5S	22
2.4.3 Ciclo PDCA	23
2.4.4 Diagrama de Ishikawa	23
2.4.5 Ferramenta dos 5 Porquês	23
2.5 Indicadores de Performance na Manutenção	23
2.5.1 MTBF – Mean Time Between Failures	24
3 METODOLOGIA	26
3.1 Natureza da Pesquisa	26
3.2 Abordagem da Pesquisa	26
3.3 Objetivos da Pesquisa	27

3.4 Procedimentos Técnicos	27
3.5 Coleta de Dados	28
3.6 Ferramentas Utilizadas na Pesquisa	29
3.7 Etapas do Desenvolvimento do Kaizen	29
3.8 Análise dos Resultados	30
4 ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DE KAIZEN EM UMA MÁQUINA DE SERIGRAFIA	31
4.1 Caracterização da Empresa	31
4.2 Situação Inicial do Problema	32
4.3.1 Planejamento do Kaizen	34
4.3.2 Ferramentas WCM Utilizadas	34
4.4 Execução das Melhorias	37
4.4.1 Redimensionamento da Alimentação de Ar Comprimido	37
4.4.3 Individualização das Válvulas de Vácuo	38
4.4.4 Fixação das Conexões Pneumáticas	38
4.4.5 Acoplamento do Eixo X	39
4.4.6 Usinagem das Placas	40
4.4.7 Alinhamento da Mesa de Pintura	40
4.5 Resultados Obtidos	43
4.6 Discussão dos Resultados	44
4.7 Padronização das Melhorias	44
4.8 Considerações Finais do Estudo de Caso	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5.1 Resultados Obtidos Após a Aplicação do Kaizen	46
5.2 Impactos na Manutenção Industrial	46
5.3 Redução de Falhas Operacionais	47
5.4 Ganhos de Produtividade	47
5.6 Dificuldades Encontradas	49
5.7 Considerações Sobre os Resultados	49
6 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da competitividade industrial e o aumento das exigências do mercado, as organizações passaram a buscar estratégias capazes de elevar a produtividade, reduzir desperdícios e garantir maior eficiência em seus processos produtivos. Nesse contexto, a manutenção industrial deixou de atuar apenas de forma corretiva e passou a assumir uma função estratégica dentro das empresas, contribuindo diretamente para a confiabilidade, disponibilidade e desempenho dos equipamentos, além da continuidade operacional dos sistemas produtivos.

A crescente competitividade entre as indústrias exige processos cada vez mais eficientes, seguros e padronizados. Dessa forma, falhas em máquinas e equipamentos podem provocar impactos significativos, como paradas não programadas, perdas produtivas, aumento dos custos operacionais, atrasos nas entregas, desperdício de matéria-prima e riscos à segurança dos colaboradores. Diante desse cenário, torna-se essencial a adoção de metodologias e ferramentas voltadas à melhoria contínua e à eliminação de perdas nos ambientes industriais.

Nesse sentido, o WCM destaca-se como uma importante metodologia de gestão industrial voltada à excelência operacional. O WCM tem como principal objetivo promover a melhoria contínua dos processos por meio da eliminação sistemática de desperdícios, redução de falhas, aumento da qualidade e otimização da eficiência produtiva, utilizando ferramentas técnicas e gerenciais aplicadas em diferentes áreas da organização.

O sistema WCM é amplamente aplicado em grandes indústrias, especialmente no setor automobilístico, e está estruturado em pilares técnicos e gerenciais que buscam desenvolver melhorias contínuas relacionadas à segurança, qualidade, logística, custos e manutenção. Entre esses pilares, a manutenção profissional possui papel fundamental, pois atua diretamente na prevenção de falhas, aumento da vida útil dos equipamentos, redução de paradas e melhoria da confiabilidade operacional, contribuindo significativamente para o aumento da produtividade industrial.

Além disso, ferramentas de melhoria contínua como Kaizen, 5S, Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês e Ciclo PDCA auxiliam na identificação de problemas, análise de causas e implementação de ações corretivas e preventivas dentro da manutenção industrial. A utilização dessas ferramentas favorece a padronização

dos processos, o desenvolvimento da cultura organizacional, a redução de desperdícios e a melhoria dos indicadores de desempenho produtivo.

Dessa forma, compreender a importância da gestão da manutenção industrial associada às ferramentas do WCM torna-se essencial para analisar como a aplicação dessas metodologias pode contribuir para o aumento da produtividade, redução de perdas, melhoria da eficiência operacional e fortalecimento da competitividade das empresas no cenário industrial contemporâneo.

1.1 Problema de Pesquisa

Com o aumento da competitividade industrial e da necessidade de processos cada vez mais eficientes, as organizações passaram a enfrentar desafios relacionados à elevada ocorrência de falhas em equipamentos, baixa disponibilidade das máquinas, aumento dos custos de manutenção e perdas no processo produtivo. Esses fatores impactam diretamente a produtividade, a qualidade dos produtos e a competitividade das empresas no mercado.

Além disso, em muitas indústrias, a ausência de métodos padronizados de manutenção e de ferramentas voltadas à melhoria contínua compromete o desempenho operacional, dificultando a identificação das causas das falhas e a implementação de ações preventivas e corretivas eficazes. Nesse contexto, a manutenção industrial deixa de ser apenas uma atividade corretiva e passa a assumir um papel estratégico dentro das organizações.

Diante desse cenário, destaca-se a importância do WCM (World Class Manufacturing) como uma metodologia capaz de promover a melhoria contínua dos processos industriais, contribuindo para a redução de desperdícios, aumento da confiabilidade dos equipamentos, melhoria da eficiência operacional e elevação da produtividade.

Assim, o presente trabalho busca responder ao seguinte problema de pesquisa:

Como as ferramentas do WCM podem contribuir para a melhoria da manutenção industrial, redução de falhas nos equipamentos e aumento da produtividade nos processos produtivos?

1.2 Objetivos

Analisar a importância das ferramentas do WCM (World Class Manufacturing) na manutenção industrial, identificando seus impactos na melhoria dos processos produtivos, na redução de falhas e no aumento da eficiência operacional.

- Identificar as principais ferramentas do WCM aplicadas na manutenção industrial;
- Compreender a função do pilar de Manutenção Profissional dentro da metodologia WCM;
- Avaliar os benefícios da aplicação das ferramentas de melhoria contínua nos processos industriais;
- Analisar os impactos das ferramentas WCM na redução de falhas e perdas produtivas;
- Verificar a contribuição das ferramentas WCM para o aumento da produtividade e da confiabilidade dos equipamentos.

1.3 Justificativa

A escolha do tema justifica-se pela crescente necessidade das indústrias em aprimorar seus processos produtivos, reduzir desperdícios e aumentar a eficiência operacional diante da elevada competitividade do mercado. Nesse contexto, a manutenção industrial desempenha um papel fundamental na garantia da continuidade da produção, sendo diretamente responsável pela disponibilidade, confiabilidade e desempenho dos equipamentos.

Com o avanço das exigências industriais, torna-se cada vez mais necessária a adoção de metodologias voltadas à melhoria contínua e à eliminação de perdas nos processos produtivos. Dessa forma, o WCM (World Class Manufacturing) destaca-se como uma importante estratégia de gestão industrial, capaz de auxiliar as organizações na busca pela excelência operacional por meio da aplicação de ferramentas que promovem padronização, organização, identificação de falhas, redução de desperdícios e otimização dos processos.

Além da relevância no ambiente industrial, o tema apresenta significativa importância acadêmica, pois possibilita o aprofundamento dos conhecimentos

relacionados à manutenção industrial, gestão da produção e ferramentas da qualidade. Assim, o desenvolvimento deste trabalho contribui para a formação profissional e técnica na área de Engenharia de Produção, ampliando a compreensão sobre a aplicação das ferramentas WCM como estratégia para o aumento da produtividade e melhoria do desempenho operacional nas indústrias.

1.4 Delimitação

O presente trabalho será desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica, utilizando livros, artigos científicos, normas técnicas, estudos de caso e materiais acadêmicos relacionados ao WCM (World Class Manufacturing), à manutenção industrial e às ferramentas da qualidade.

A pesquisa possui caráter qualitativo e exploratório, buscando compreender os impactos da aplicação das ferramentas WCM nos processos produtivos, especialmente nos indicadores de manutenção, confiabilidade dos equipamentos, redução de falhas e aumento da eficiência operacional.

Dessa forma, o estudo delimita-se à análise teórica das ferramentas e metodologias aplicadas à manutenção industrial, com foco na contribuição do WCM para a melhoria contínua e para o aumento da produtividade nas organizações industriais.

1.5 Estruturação

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução, contendo o problema de pesquisa, os objetivos, a justificativa e a delimitação do estudo.

O segundo capítulo aborda a fundamentação teórica, apresentando conceitos relacionados à manutenção industrial, ao WCM (World Class Manufacturing), aos pilares da manutenção profissional e às principais ferramentas de melhoria contínua aplicadas no ambiente industrial.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia da pesquisa, descrevendo os métodos utilizados para o desenvolvimento do estudo, sua classificação e os procedimentos adotados na coleta das informações.

O quarto capítulo contempla a análise e discussão dos resultados, destacando os impactos das ferramentas WCM na manutenção industrial, na redução de falhas e no aumento da produtividade.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as considerações finais do trabalho, contendo as conclusões obtidas, limitações da pesquisa e sugestões para estudos futuros.

2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho apresenta os conceitos teóricos e as análises necessárias para a compreensão do tema estudado. Nesta etapa, são abordados os fundamentos relacionados à manutenção industrial e à filosofia Kaizen, bem como a aplicação prática das ferramentas de melhoria contínua no ambiente organizacional. Além disso, são apresentados os procedimentos adotados, os resultados obtidos e as discussões pertinentes, visando demonstrar a contribuição das ações implementadas para o aumento da eficiência e da produtividade dos processos analisados.

2.1 World Class Manufacturing (WCM)

O World Class Manufacturing (WCM), traduzido como “Manufatura de Classe Mundial”, consiste em uma metodologia de gestão industrial voltada à excelência operacional, tendo como principal objetivo a eliminação de desperdícios, redução de perdas produtivas e melhoria contínua dos processos industriais. O modelo busca aumentar a competitividade das organizações por meio da padronização de processos, aumento da produtividade, redução de custos e melhoria da qualidade dos produtos e serviços.

Segundo Yamashina (2007), o WCM é estruturado por pilares técnicos e gerenciais que atuam de forma integrada na eliminação de perdas industriais e no fortalecimento da cultura de melhoria contínua. A metodologia possui forte influência do Lean Manufacturing e do Sistema Toyota de Produção, priorizando práticas voltadas à eficiência operacional, redução de desperdícios e maximização dos resultados produtivos.

De acordo com Schonberger (1986), a manufatura de classe mundial está diretamente relacionada à capacidade das organizações em alcançar elevados níveis de desempenho por meio da melhoria contínua, padronização operacional e desenvolvimento das equipes. Nesse contexto, o WCM tornou-se uma importante estratégia competitiva para empresas industriais que buscam excelência em seus processos produtivos.

Além disso, a metodologia promove maior integração entre os setores produtivos, manutenção e gestão industrial, contribuindo para o aumento da confiabilidade dos equipamentos e redução das perdas operacionais.

2.2 Pilares do WCM

A metodologia WCM é composta por pilares técnicos e gerenciais responsáveis por direcionar as ações de melhoria contínua dentro das organizações industriais. Esses pilares atuam de forma integrada, buscando eliminar desperdícios, reduzir falhas operacionais e aumentar a eficiência produtiva.

Segundo Yamashina (2007), os pilares técnicos do WCM possuem papel fundamental no desenvolvimento da excelência operacional, promovendo melhorias relacionadas à segurança, qualidade, logística, manutenção e produtividade.

2.2.1 Segurança

O pilar de segurança possui como principal objetivo garantir a integridade física dos colaboradores e promover condições seguras dentro do ambiente industrial. No WCM, a segurança é considerada prioridade absoluta, sendo aplicada através da identificação de riscos, eliminação de condições inseguras e desenvolvimento de ações preventivas.

Segundo Campos (2004), ambientes seguros contribuem diretamente para o aumento da produtividade e redução de perdas relacionadas a acidentes de trabalho.

2.2.2 Qualidade

O pilar da qualidade é responsável por garantir a conformidade dos processos produtivos e reduzir a ocorrência de defeitos nos produtos fabricados. Através da padronização operacional e análise das causas de falhas, busca-se aumentar a confiabilidade dos processos e melhorar a satisfação dos clientes.

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), a melhoria contínua da qualidade contribui diretamente para redução de desperdícios, retrabalhos e custos produtivos.

2.2.3 Logística

O pilar logístico está relacionado à otimização do fluxo de materiais e informações dentro do processo produtivo. Seu objetivo é reduzir desperdícios relacionados ao transporte, movimentação excessiva e estoques desnecessários.

Segundo Ballou (2006), uma gestão logística eficiente contribui para maior organização dos processos e melhor aproveitamento dos recursos produtivos.

2.2.4 Custos

O pilar de custos busca reduzir perdas financeiras através da eliminação de desperdícios e melhoria da eficiência dos processos produtivos. Dentro do WCM, toda perda operacional representa um custo para a empresa, tornando essencial o desenvolvimento de ações voltadas à melhoria contínua.

Segundo Martins e Laugeni (2005), a gestão eficiente dos custos industriais contribui diretamente para o fortalecimento da competitividade organizacional.

2.2.5 Manutenção Profissional

O pilar de manutenção profissional possui grande importância dentro do WCM, sendo responsável por garantir a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos industriais. Seu principal objetivo é reduzir falhas, aumentar a vida útil das máquinas e melhorar o desempenho operacional dos equipamentos.

Segundo Kardec e Nascif (2019), a manutenção deixou de ser apenas corretiva e passou a assumir papel estratégico dentro das organizações, contribuindo diretamente para o aumento da produtividade e redução das perdas produtivas.

Esse pilar atua através da aplicação de técnicas preventivas, preditivas e corretivas, buscando reduzir paradas não programadas e aumentar a estabilidade dos processos produtivos.

2.2.6 Melhoria Focada

A melhoria focada consiste na identificação e eliminação das principais perdas existentes no processo produtivo. Esse pilar utiliza ferramentas da qualidade e metodologias de análise para promover melhorias contínuas e aumentar a eficiência operacional.

Segundo Imai (1994), a melhoria contínua deve ser desenvolvida diariamente dentro das organizações através da participação ativa das equipes na solução de problemas.

2.2.7 Manutenção Autônoma

A manutenção autônoma busca envolver os operadores nas atividades básicas de conservação dos equipamentos, como limpeza, inspeção e identificação de anomalias.

Segundo Nakajima (1989), a manutenção autônoma contribui para fortalecimento da integração entre operação e manutenção, promovendo maior conservação dos equipamentos e prevenção de falhas.

2.3 Manutenção Industrial

A manutenção industrial possui papel estratégico dentro das organizações, sendo responsável por garantir o funcionamento adequado dos equipamentos e a continuidade dos processos produtivos.

Segundo Kardec e Nascif (2019), a manutenção industrial pode ser definida como o conjunto de ações técnicas e administrativas destinadas a manter ou recolocar um equipamento em condições adequadas de funcionamento.

A evolução da manutenção industrial ocorreu devido à necessidade das empresas em aumentar a confiabilidade dos equipamentos, reduzir perdas produtivas e melhorar a eficiência operacional.

2.3.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de falhas ou defeitos nos equipamentos, tendo como objetivo restabelecer suas condições normais de funcionamento.

Segundo a ABNT NBR 5462 (1994), a manutenção corretiva é definida como a manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha, visando recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Esse tipo de manutenção pode ser planejado ou não planejado, dependendo da criticidade do equipamento e do impacto da falha no processo produtivo.

2.3.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva consiste em atividades realizadas de forma periódica e planejada com o objetivo de evitar falhas e aumentar a confiabilidade dos equipamentos.

Segundo a ABNT NBR 5462 (1994), a manutenção preventiva é definida como a manutenção efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de um item.

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), a manutenção preventiva contribui significativamente para redução de paradas inesperadas e aumento da disponibilidade operacional.

2.3.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva baseia-se no monitoramento contínuo das condições de funcionamento dos equipamentos, permitindo identificar possíveis falhas antes que elas ocorram.

Segundo Kardec e Nascif (2019), esse tipo de manutenção utiliza técnicas de análise e acompanhamento do desempenho operacional para determinar o momento ideal das intervenções.

Entre as principais técnicas utilizadas destacam-se análise de vibração, termografia, ultrassom e análise de óleo.

2.3.4 Manutenção Detectiva

A manutenção detectiva possui como objetivo identificar falhas ocultas em sistemas de proteção e controle que não apresentam sinais evidentes durante o funcionamento normal.

Segundo a ABNT NBR 5462 (1994), esse tipo de manutenção é realizado através de testes e inspeções periódicas, garantindo maior segurança e confiabilidade operacional.

2.4 Ferramentas WCM Aplicadas na Manutenção

As ferramentas do WCM possuem papel fundamental na melhoria dos processos industriais, contribuindo para eliminação de desperdícios, redução de falhas e aumento da produtividade.

2.4.1 Kaizen

O Kaizen é uma filosofia de gestão de origem japonesa cujo significado é “mudança para melhor” ou “melhoria contínua”. Desenvolvido no Japão após a Segunda Guerra Mundial, o método ganhou destaque por meio de sua aplicação em grandes indústrias, especialmente na indústria automobilística. Seu principal objetivo é promover melhorias constantes nos processos, produtos e serviços, por meio da participação de todos os colaboradores da organização, desde a alta administração até os operadores da linha de produção.

A filosofia Kaizen baseia-se na ideia de que sempre é possível melhorar algum aspecto do trabalho, mesmo que as mudanças sejam pequenas e realizadas de forma gradual. Diferentemente de grandes investimentos ou mudanças radicais, o Kaizen busca resultados sustentáveis por meio de melhorias contínuas e permanentes. Dessa forma, a metodologia contribui para o aumento

da produtividade, redução de desperdícios, melhoria da qualidade, aumento da segurança e diminuição dos custos operacionais.

A aplicação do Kaizen envolve a identificação de problemas, análise das causas, desenvolvimento de soluções, implementação das melhorias e acompanhamento dos resultados obtidos. Para isso, são frequentemente utilizadas ferramentas da qualidade, como o Ciclo PDCA, Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês, Brainstorming e o programa 5S. Essas ferramentas auxiliam na identificação das causas dos problemas e na definição de ações corretivas mais eficientes.

Outro aspecto importante do Kaizen é a eliminação de desperdícios presentes nos processos produtivos. Atividades que não agregam valor ao produto ou serviço são analisadas e reduzidas, permitindo maior eficiência operacional. Além disso, a metodologia incentiva o trabalho em equipe, a participação ativa dos colaboradores e a busca constante por soluções para os problemas encontrados no ambiente de trabalho.

No contexto da manutenção industrial, o Kaizen é amplamente utilizado para reduzir falhas em equipamentos, aumentar a confiabilidade operacional, melhorar a disponibilidade das máquinas e diminuir as paradas não programadas. A aplicação dessa metodologia possibilita identificar as causas raízes dos problemas e implementar melhorias permanentes, contribuindo para o aumento da produtividade e da eficiência dos processos industriais.

Segundo Imai (1994), o Kaizen representa uma filosofia voltada para a melhoria contínua em todos os níveis da organização, promovendo mudanças constantes que resultam em ganhos significativos de desempenho ao longo do tempo. Dessa forma, a metodologia tornou-se uma importante ferramenta para empresas que buscam excelência operacional, competitividade e desenvolvimento sustentável de seus processos produtivos.

2.4.2 Ferramenta 5S

O programa 5S é uma metodologia de organização e padronização do ambiente de trabalho desenvolvida no Japão.

Segundo Osada (1992), o 5S constitui uma das bases para implementação da melhoria contínua dentro das organizações, contribuindo para aumento da produtividade, segurança e organização dos processos.

2.4.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma ferramenta utilizada para controle e melhoria contínua dos processos organizacionais.

Segundo Campos (2004), o método é composto pelas etapas de planejamento, execução, verificação e ação corretiva, sendo amplamente utilizado na solução de problemas industriais.

2.4.4 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito, é utilizado para identificar as possíveis causas de um problema.

Segundo Ishikawa (1993), a ferramenta auxilia na análise detalhada das falhas, permitindo identificar suas causas raízes e desenvolver ações corretivas mais eficientes.

2.4.5 Ferramenta dos 5 Porquês

A ferramenta dos 5 Porquês consiste na realização de questionamentos sucessivos para identificar a causa raiz de um problema.

Segundo Ohno (1997), essa metodologia contribui para eliminação definitiva das falhas e fortalecimento da melhoria contínua dentro das organizações.

2.5 Indicadores de Performance na Manutenção

Os indicadores de performance são ferramentas fundamentais para o acompanhamento do desempenho dos processos industriais e das atividades de manutenção.

Segundo Kardec e Nascif (2019), os indicadores transformam dados operacionais em informações relevantes para tomada de decisões e desenvolvimento de melhorias contínuas.

2.5.1 MTBF – Mean Time Between Failures

O MTBF representa o Tempo Médio Entre Falhas de um equipamento, sendo utilizado para medir sua confiabilidade operacional, (Equação 1).

$$MTBF = \frac{\text{Tempo Total de Operação}}{\text{Número de Falhas}} \quad (1)$$

Quanto maior o MTBF, maior tende a ser a confiabilidade operacional do equipamento.

2.5.2 MTTR – Mean Time To Repair

O MTTR corresponde ao Tempo Médio para Reparo, utilizado para medir o tempo necessário para realização das manutenções corretivas, (Equação 2).

$$MTTR = \frac{\text{Tempo Total de Manutenção}}{\text{Número de Reparos}} \quad (2)$$

A redução do MTTR contribui diretamente para aumento da disponibilidade operacional.

2.5.3 Disponibilidade Operacional

A disponibilidade operacional mede o percentual de tempo em que o equipamento permanece disponível para produção, (Equação 3).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad (3)$$

Esse indicador permite avaliar a eficiência da manutenção e o impacto das falhas no processo produtivo.

2.5.4 OEE – Overall Equipment Effectiveness

O OEE é utilizado para medir a eficiência global dos equipamentos produtivos, considerando disponibilidade, performance e qualidade.

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (4)$$

Segundo Hansen (2006), o OEE é um dos principais indicadores utilizados em sistemas de manufatura enxuta e melhoria contínua.

2.6 Benefícios do WCM na Manutenção Industrial

A aplicação das ferramentas WCM na manutenção industrial proporciona benefícios relacionados à redução de falhas operacionais, aumento da produtividade, melhoria da confiabilidade dos equipamentos e redução dos custos produtivos.

Além disso, a metodologia contribui para fortalecimento da cultura de melhoria contínua, aumento da segurança operacional e desenvolvimento de processos mais eficientes e padronizados.

Dessa forma, o WCM torna-se uma importante estratégia competitiva para empresas que buscam excelência operacional e melhores resultados no cenário industrial atual.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho tem como objetivo apresentar os procedimentos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa e obtenção dos resultados. Para isso, foram definidos os métodos de coleta e análise de dados, bem como as etapas necessárias para a aplicação prática do estudo. A escolha da metodologia buscou garantir a confiabilidade das informações e a adequada avaliação dos resultados obtidos, permitindo que os objetivos propostos fossem alcançados de forma consistente e fundamentada.

3.1 Natureza da Pesquisa

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois tem como finalidade gerar conhecimentos voltados à solução de problemas práticos encontrados no ambiente industrial, especialmente relacionados à manutenção industrial e à melhoria contínua dos processos produtivos.

Segundo Gil (2008), a pesquisa aplicada possui como principal objetivo produzir conhecimentos destinados à solução de problemas específicos, contribuindo diretamente para o desenvolvimento de aplicações práticas no contexto organizacional.

Neste estudo, a aplicação prática ocorreu por meio da utilização das ferramentas do World Class Manufacturing (WCM) em uma máquina de serigrafia industrial, visando à redução de falhas operacionais, aumento da confiabilidade do equipamento e melhoria da eficiência produtiva.

3.2 Abordagem da Pesquisa

A pesquisa possui abordagem qualitativa, uma vez que busca compreender os impactos da aplicação das ferramentas WCM na manutenção industrial, analisando as melhorias implementadas no equipamento e os resultados obtidos após a realização do evento Kaizen.

Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa qualitativa permite analisar fenômenos de forma mais aprofundada, considerando aspectos relacionados ao

comportamento organizacional, processos operacionais e desenvolvimento das melhorias contínuas.

Além disso, o trabalho também apresenta características quantitativas, devido à utilização de indicadores de manutenção e análises comparativas relacionadas ao desempenho operacional do equipamento antes e após a implementação das melhorias.

3.3 Objetivos da Pesquisa

Quanto aos objetivos, a pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva.

A pesquisa exploratória foi utilizada para proporcionar maior compreensão sobre as ferramentas do WCM aplicadas na manutenção industrial, permitindo aprofundamento teórico sobre melhoria contínua, manutenção profissional, redução de perdas produtivas e aumento da eficiência operacional.

De acordo com Gil (2008), a pesquisa exploratória possui como finalidade proporcionar maior familiaridade com o problema estudado, tornando-o mais compreensível e facilitando o desenvolvimento da pesquisa.

Já a pesquisa descritiva foi empregada para descrever as características do processo analisado, as falhas identificadas na máquina de serigrafia e as melhorias implementadas durante a realização do Kaizen.

3.4 Procedimentos Técnicos

Os procedimentos técnicos utilizados no desenvolvimento deste trabalho envolveram pesquisa bibliográfica, estudo de caso, análise documental e observação direta do processo produtivo.

A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio da utilização de livros, artigos científicos, normas técnicas e materiais acadêmicos relacionados aos temas:

- World Class Manufacturing (WCM);
- manutenção industrial;
- melhoria contínua;
- Kaizen;
- ferramentas da qualidade;

- indicadores de manutenção.

Segundo Lakatos e Marconi (2010), a pesquisa bibliográfica permite ao pesquisador estabelecer contato direto com produções científicas já publicadas sobre o tema estudado, contribuindo para fundamentação teórica do trabalho.

O estudo de caso foi desenvolvido em uma máquina de serigrafia pertencente ao ambiente industrial analisado, onde foram aplicadas ferramentas do WCM com o objetivo de reduzir falhas operacionais e melhorar o desempenho do equipamento.

Além disso, foi realizada análise documental por meio da utilização de registros internos da manutenção, apresentações técnicas, relatórios operacionais e documentos relacionados às melhorias executadas durante o Kaizen.

Também foi utilizada observação direta do equipamento durante seu funcionamento operacional, permitindo identificar anomalias, falhas pneumáticas e dificuldades operacionais existentes no processo produtivo.

3.5 Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada através de observações no equipamento, acompanhamento das atividades de manutenção, registros fotográficos, análise das falhas operacionais e levantamento das melhorias implementadas durante o desenvolvimento do Kaizen.

Durante o estudo, foram analisadas informações relacionadas:

- ao sistema pneumático;
- ao sistema de vácuo;
- às condições operacionais do equipamento;
- às ocorrências de falhas;
- às paradas não programadas;
- às melhorias executadas.

Além disso, foram utilizados registros internos e materiais técnicos fornecidos pela empresa para acompanhamento das ações realizadas durante o processo de melhoria contínua.

3.6 Ferramentas Utilizadas na Pesquisa

Durante o desenvolvimento do trabalho, foram aplicadas ferramentas do World Class Manufacturing (WCM) voltadas à análise de falhas, padronização operacional e melhoria contínua dos processos industriais.

As principais ferramentas utilizadas foram:

5S: Aplicado para organização do ambiente de trabalho, padronização das atividades e melhoria das condições operacionais do equipamento.

Kaizen: Utilizado como metodologia principal para desenvolvimento das melhorias contínuas aplicadas na máquina de serigrafia.

Diagrama de Ishikawa: Empregado para identificação das possíveis causas relacionadas às falhas operacionais do equipamento.

5 Porquês: Aplicado para identificação das causas raízes dos problemas encontrados durante o funcionamento da máquina.

Ciclo PDCA: Utilizado para planejamento, execução, verificação e padronização das melhorias implementadas.

Identificação de Anomalias: Ferramenta utilizada para levantamento visual das irregularidades existentes no equipamento e identificação de oportunidades de melhoria.

3.7 Etapas do Desenvolvimento do Kaizen

O desenvolvimento do Kaizen ocorreu em etapas estruturadas, permitindo maior controle das atividades e melhor acompanhamento das melhorias implementadas no equipamento.

As principais etapas desenvolvidas foram:

1. Identificação das falhas operacionais;
2. Levantamento das causas dos problemas;
3. Análise do sistema pneumático e do sistema de vácuo;

4. Aplicação das ferramentas WCM;
5. Desenvolvimento do plano de ação;
6. Implementação das melhorias;
7. Realização de testes operacionais;
8. Avaliação dos resultados obtidos;
9. Padronização das melhorias implementadas.

A execução estruturada dessas etapas permitiu reduzir falhas operacionais, aumentar a estabilidade do equipamento e melhorar a eficiência do processo produtivo.

3.8 Análise dos Resultados

A análise dos resultados foi realizada através da comparação das condições operacionais da máquina antes e após a implementação das melhorias.

Foram avaliados aspectos relacionados:

- à redução das falhas pneumáticas;
- à estabilidade operacional;
- ao funcionamento do sistema de vácuo;
- à redução das paradas não programadas;
- à melhoria da confiabilidade do equipamento;
- ao aumento da eficiência operacional.

Os resultados obtidos foram analisados com base nos conceitos apresentados na fundamentação teórica, buscando verificar a contribuição das ferramentas WCM para a melhoria da manutenção industrial e aumento da produtividade no ambiente produtivo.

4 ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DE KAIZEN EM UMA MÁQUINA DE SERIGRAFIA

Este capítulo apresenta o estudo de caso desenvolvido para aplicação prática dos conceitos abordados ao longo do trabalho. Inicialmente, é realizada a caracterização da empresa e do processo analisado, seguida da identificação do problema e das oportunidades de melhoria. Posteriormente, são descritas as ações implementadas, os métodos utilizados e os resultados obtidos, permitindo avaliar a eficácia das soluções propostas e sua contribuição para a otimização do processo estudado

4.1 Caracterização da Empresa

O presente estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa do setor industrial que utiliza equipamentos automatizados em sua linha produtiva, com foco em processos de serigrafia e movimentação pneumática. A organização possui um setor de manutenção responsável pelas atividades corretivas, preventivas, preditivas e de melhoria contínua, atuando diretamente na confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos industriais.

Dentro do processo produtivo analisado, a máquina de serigrafia possui elevada importância operacional, sendo responsável por etapas fundamentais da produção. Entretanto, devido à alta demanda produtiva, desgaste dos componentes e limitações do sistema original da máquina, o equipamento apresentava falhas recorrentes que impactavam diretamente a estabilidade operacional.

As principais ocorrências estavam relacionadas ao sistema pneumático, de vácuo da máquina, ocasionando falhas no acionamento das ventosas, baixa eficiência na sucção, instabilidade no funcionamento e constantes paradas não programadas, e no sistema de centragem da máquina, mais precisamente nos top's de centragem.

Diante desse cenário, surgiu a necessidade de aplicação de um evento Kaizen voltado à melhoria contínua do equipamento, utilizando ferramentas do World Class Manufacturing (WCM) para identificação das causas raízes dos problemas e desenvolvimento de soluções técnicas permanentes.

4.2 Situação Inicial do Problema

Antes da realização do Kaizen, a máquina de serigrafia apresentava elevado índice de falhas relacionadas ao sistema pneumático, sistema de vácuo e centragem.

Durante o funcionamento do equipamento, foram identificados problemas como:

- Baixa vazão de ar comprimido;
- Distribuição inadequada de ar nos circuitos pneumáticos;
- Falhas no sistema de vácuo;
- Dificuldades no acionamento das ventosas;
- Instabilidade operacional;
- Desalinhamento mecânico;
- Fixações inadequadas;
- Desgaste de componentes mecânicos.

Essas falhas ocasionavam:

- Aumento das paradas não programadas;
- Necessidade constante de manutenção corretiva;
- Perda de produtividade;
- Instabilidade no processo produtivo;
- Aumento do tempo de setup e ajustes operacionais;
- Dificuldades no funcionamento do equipamento.

Além disso, observou-se que o sistema pneumático original da máquina possuía limitações relacionadas ao dimensionamento das linhas de ar comprimido e ao sistema de distribuição pneumática, comprometendo diretamente a eficiência operacional do equipamento.

A Figura 1, apresentam a condição inicial observada no sistema pneumáticos antes da implementação das melhorias.

Figura 1 – Sistema pneumático inicial.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.3 Aplicação do Kaizen

Com o objetivo de eliminar as falhas recorrentes e aumentar a estabilidade operacional da máquina, foi desenvolvido um evento Kaizen envolvendo a equipe de manutenção e operação.

O Kaizen teve como foco principal a otimização do sistema pneumático e mecânico da máquina de serigrafia, buscando:

- Reduzir falhas operacionais;
- Aumentar a confiabilidade do equipamento;
- Melhorar o sistema de vácuo;
- Reduzir perdas produtivas;
- Melhorar a estabilidade operacional;
- Aumentar a eficiência pneumática.

Durante o evento, foram realizadas análises técnicas do equipamento, identificação de anomalias, levantamento das causas das falhas e desenvolvimento de ações corretivas voltadas à melhoria contínua do processo.

A participação conjunta da manutenção e operação foi fundamental para identificação dos problemas e implementação das melhorias técnicas.

4.3.1 Planejamento do Kaizen

O planejamento do Kaizen iniciou-se através da análise das principais falhas apresentadas pela máquina de serigrafia.

Inicialmente, foram realizados:

- Levantamento das ocorrências operacionais;
- Análise das falhas pneumáticas;
- Identificação de componentes críticos;
- Inspeção visual do equipamento;
- Análise do sistema de vácuo;
- Verificação das condições das tubulações pneumáticas.

Após a identificação dos problemas, foi elaborado um plano de ação contendo:

- Melhorias necessárias;
- Responsáveis pelas atividades;
- Definição das prioridades;
- Cronograma de execução;
- Materiais necessários;
- Etapas de implementação.

Além disso, foram estabelecidos os principais objetivos do Kaizen:

- Reduzir falhas pneumáticas;
- Estabilidade no sistema de centragem
- Aumentar a estabilidade operacional;
- Melhorar a distribuição de ar comprimido;
- Aumentar a eficiência do sistema de vácuo;
- Reduzir paradas não programadas.

4.3.2 Ferramentas WCM Utilizadas

Durante o desenvolvimento do Kaizen, foram utilizadas ferramentas do World Class Manufacturing (WCM) voltadas à análise de falhas e melhoria contínua:

5S

A metodologia 5S foi aplicada para organização do ambiente de trabalho, identificação de materiais desnecessários e melhoria das condições operacionais da área de manutenção.

Sua aplicação contribuiu para:

- Melhor organização dos componentes pneumáticos;
- Redução de desperdícios;
- Melhoria da identificação de ferramentas;
- Padronização do ambiente de trabalho.

Diagrama de Ishikawa

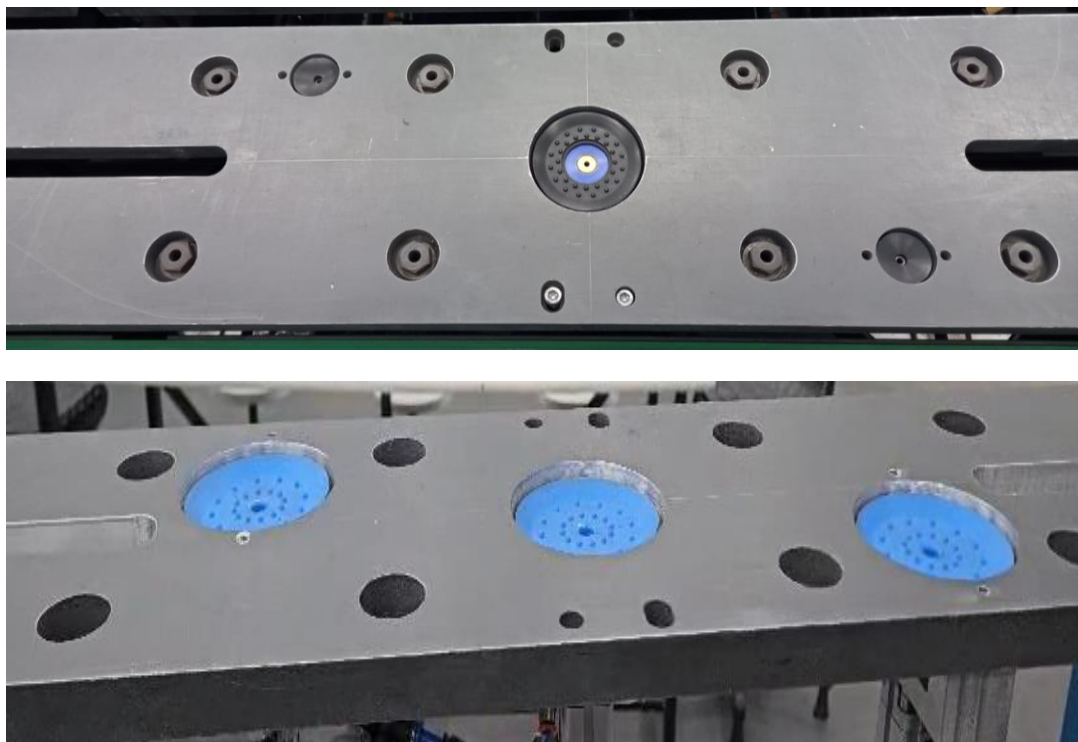
O Diagrama de Ishikawa foi utilizado para análise das possíveis causas relacionadas às falhas pneumáticas e operacionais da máquina.

A ferramenta permitiu identificar problemas relacionados a:

- Métodos;
- Máquinas;
- Materiais;
- Mão de obra;
- Meio ambiente;
- Medições

Durante a análise do equipamento, constatou-se que um dos principais problemas estava associado ao sistema de fixação do vidro por vácuo. Foi observado que a ventosa originalmente utilizada não fornecia capacidade de sucção suficiente para garantir a fixação adequada da peça, ocasionando instabilidades durante o processo produtivo. Para solucionar essa condição, foram instaladas duas ventosas adicionais, promovendo uma distribuição mais eficiente do vácuo e aumentando a segurança da fixação. Como resultado, observou-se maior estabilidade operacional e redução das falhas relacionadas ao posicionamento do vidro, como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2: Mudança no sistema de vácuo



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5 Porquês

A metodologia dos 5 Porquês foi utilizada para identificação das causas raízes das falhas recorrentes observadas no equipamento.

A aplicação da ferramenta possibilitou identificar problemas relacionados ao dimensionamento pneumático, falhas na distribuição de vácuo e problemas com os tops de centragem.

Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA foi aplicado durante todas as etapas do Kaizen:

- Planejamento das melhorias;
- Execução das modificações;
- Verificação dos resultados;
- Padronização das melhorias implementadas.

Identificação de Anomalias

Também foi utilizada a ferramenta de identificação de anomalias para levantamento visual das irregularidades presentes no equipamento.

As anomalias identificadas auxiliaram na priorização das ações corretivas realizadas durante o evento Kaizen.

4.4 Execução das Melhorias

Após a identificação das causas das falhas, foram implementadas diversas melhorias voltadas à otimização do sistema pneumático e mecânico da máquina de serigrafia.

As principais ações executadas foram:

4.4.1 Redimensionamento da Alimentação de Ar Comprimido

Foi realizado o redimensionamento do sistema de alimentação de ar comprimido da máquina, visando melhorar a vazão pneumática e garantir maior estabilidade operacional. Como pode – se observar na Figura 3.

Figura 3: Resultado das modificações no sistema de vácuo



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A melhoria permitiu:

- Aumento da eficiência do sistema pneumático;
- Melhoria da distribuição de ar;
- Redução das perdas de pressão;
- maior estabilidade operacional.

Foram realizadas adequações na distribuição do ar comprimido nos circuitos pneumáticos da máquina.

As alterações geraram os seguintes resultados:

- Melhor distribuição pneumática;

- Redução de oscilações;
- Maior estabilidade das ventosas;
- Melhoria do acionamento pneumático.

4.4.3 Individualização das Válvulas de Vácuo

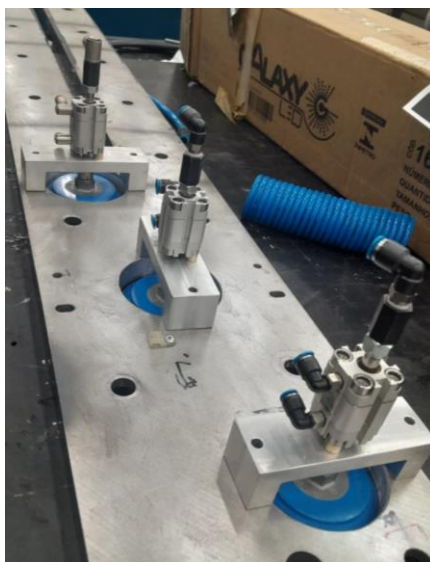
Uma das principais melhorias implementadas foi a individualização das válvulas de vácuo do sistema.

Anteriormente, o sistema apresentava dificuldades relacionadas à distribuição do vácuo, comprometendo o funcionamento das ventosas.

Após a modificação, cada ventosa passou a possuir controle individualizado, aumentando significativamente a eficiência operacional.

Além disso, foi instalado vacuostato com indicação individual por ventosa, permitindo melhor monitoramento do sistema e mais rapidez na identificação das falhas. Assim como aparece na Figura 4.

Figura 4: Depois da mudança no sistema de vácuo



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.4.4 Fixação das Conexões Pneumáticas

Foram confeccionados suportes específicos para fixação das conexões pneumáticas, como podemos ver na Figura 5. Essa melhoria contribuiu para:

- Aumento da estabilidade mecânica;
- Redução de vibrações;
- Prevenção de solturas;
- Melhoria da confiabilidade operacional.

Figura 5: Suportes confeccionados para conexão pneumática



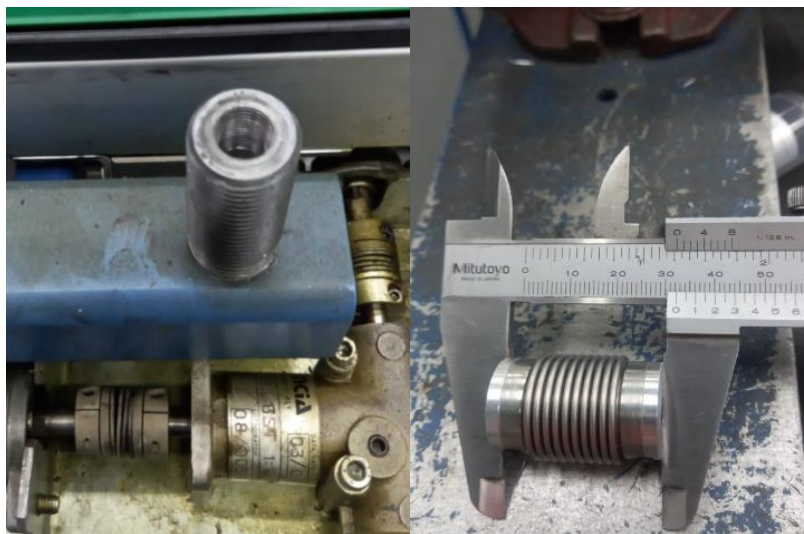
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.4.5 Acoplamento do Eixo X

Também foi realizada substituição e adequação do acoplamento do eixo X da máquina. A melhoria teve como objetivo:

- Aumentar a estabilidade do sistema;
- Reduzir desalinhamentos;
- Melhorar a movimentação do equipamento.

Figura 6: Acoplamento do eixo X



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.4.6 Usinagem das Placas

Durante o Kaizen, foram executadas atividades internas de usinagem das placas mecânicas utilizadas no equipamento. As modificações permitiram:

- Melhor ajuste mecânico;
- Aumento da precisão operacional;
- Melhoria da estabilidade da máquina.

4.4.7 Alinhamento da Mesa de Pintura

Foi realizado alinhamento da mesa de pintura da máquina de serigrafia, corrigindo desalinhamentos identificados durante as inspeções iniciais. Essa melhoria contribuiu para:

- Maior estabilidade operacional;
- Melhoria da qualidade do processo;
- Redução de falhas mecânicas.

Figura 7: Alinhamento da mesa de pintura



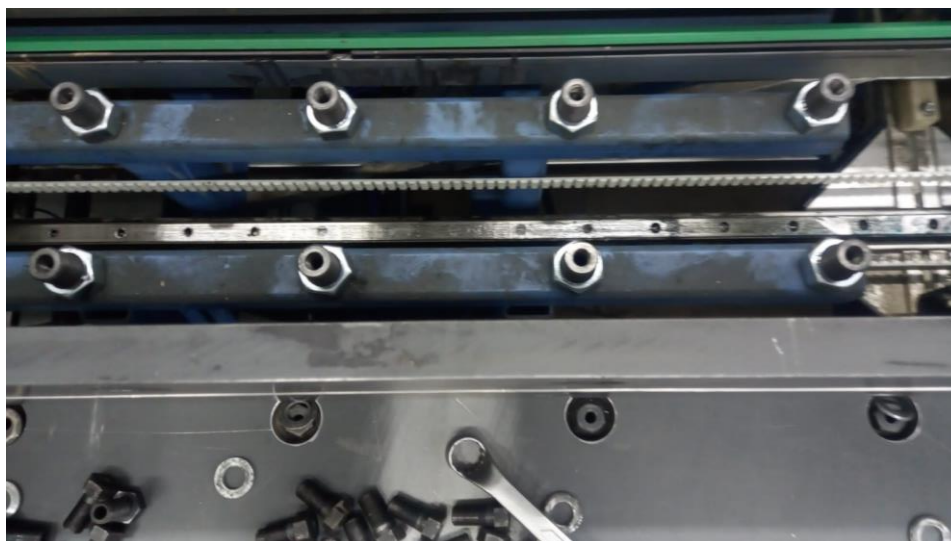
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.4.8 Fixação dos Fusos de Ajuste

Também foram realizadas melhorias relacionadas à fixação dos fusos de ajuste através da utilização de contraporcas. A ação teve como objetivo evitar:

- Folgas mecânicas;
- Desalinhamentos;
- Perda de regulação.

Figura 8: Fixação dos fusos de ajustes com contraporcas



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.4.9 Melhoria dos Tops Mecânicos

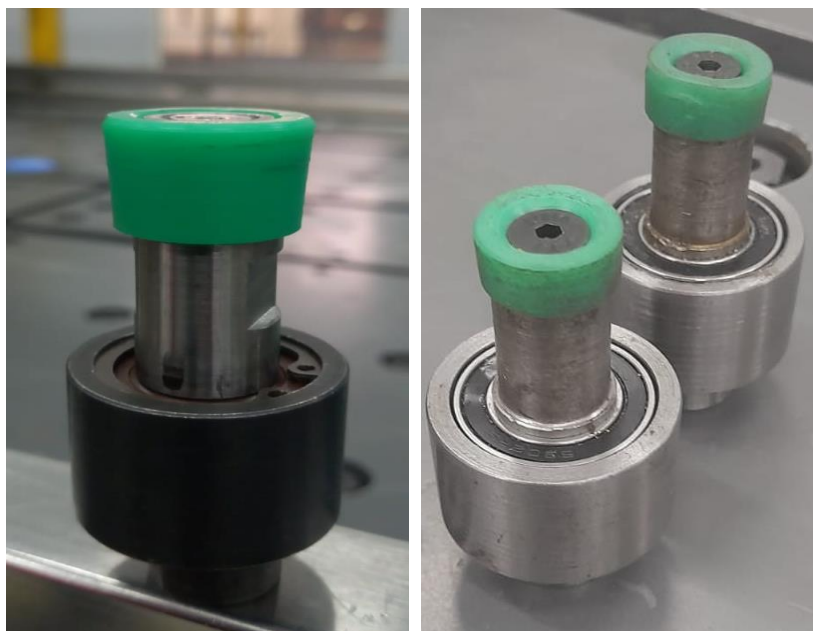
Os tops antigos possuíam diâmetro de 17 mm e não apresentavam rebaixo para chave fixa. Durante o Kaizen, foram desenvolvidos novos tops mecânicos com:

- Diâmetro aumentado para 24 mm;
- Formato cônico;
- Instalação de rolamentos;
- Maior altura operacional.

As melhorias contribuíram para:

- Aumento da resistência mecânica;
- Melhoria da regulagem;
- Maior estabilidade operacional;
- Redução de desgaste.

Figura 9: Comparação dos tops antigos para os novos com diferença de 7 mm a mais



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.5 Resultados Obtidos

Após a implementação das melhorias, foram observados ganhos significativos relacionados ao desempenho operacional da máquina. As ações implementadas contribuíram para:

- Redução das falhas pneumáticas;
- Melhoria do sistema de vácuo;
- Estabilidade no sistema de centragem;
- Aumento da estabilidade operacional;
- Redução das paradas não programadas;
- Aumento da confiabilidade do equipamento;
- Melhoria da eficiência produtiva;
- Melhoria da distribuição pneumática;
- Redução das intervenções corretivas.

Além disso, observou-se maior integração entre os setores de manutenção e operação, fortalecendo a cultura de melhoria contínua dentro da empresa.

4.5.1 Indicadores de Performance

Após a implementação do Kaizen, foram identificadas melhorias nos indicadores operacionais da máquina. A seguir veremos uma tabela comparativa com o antes e depois da conclusão do kaizen.

Quadro 1: Comparação de funcionamento da máquina antes e depois do kaizen

Indicador	Antes	Depois	Resultado
Falhas pneumáticas	60%	20%	Redução de 40%
Paradas não programadas	80%	20%	Redução de 60%
Disponibilidade do equipamento	15%	75%	Aumento de 60%
Tempo de manutenção corretiva	6 h	2 h	Redução de 66,7%
Estabilidade operacional	2 h	6 h	Aumento de 200%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os indicadores demonstram que a aplicação estruturada das ferramentas WCM contribuiu diretamente para melhoria da confiabilidade operacional e redução das perdas produtivas.

4.6 Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos demonstram que a aplicação das ferramentas WCM dentro da manutenção industrial contribui significativamente para melhoria da eficiência operacional e aumento da confiabilidade dos equipamentos.

A utilização do Kaizen permitiu identificar as principais causas das falhas pneumáticas existentes no equipamento, possibilitando o desenvolvimento de soluções técnicas permanentes.

Ferramentas como:

- Diagrama de Ishikawa;
- 5 Porquês;
- Ciclo PDCA;
- Identificação de Anomalias;
- 5S.

foram fundamentais para análise das falhas e desenvolvimento das ações corretivas implementadas.

Além disso, o estudo demonstrou que pequenas melhorias realizadas de forma estruturada podem gerar impactos significativos dentro da manutenção industrial.

Os resultados obtidos estão alinhados aos conceitos apresentados na fundamentação teórica, reforçando a importância da melhoria contínua e da manutenção profissional dentro do ambiente industrial.

4.7 Padronização das Melhorias

Após a implementação das melhorias, foram desenvolvidas ações voltadas à padronização e sustentação dos resultados obtidos.

Entre as principais ações realizadas destacam-se:

- Criação de padrões de inspeção;
- Monitoramento do sistema pneumático;
- Acompanhamento das condições das ventosas;
- Inspeções preventivas periódicas;
- Controle das condições operacionais;
- Monitoramento do sistema de vácuo.

A padronização das melhorias contribui para manutenção dos resultados obtidos e prevenção do retorno das falhas identificadas anteriormente.

4.8 Considerações Finais do Estudo de Caso

A aplicação do Kaizen demonstrou que a utilização das ferramentas WCM pode proporcionar melhorias significativas dentro da manutenção industrial.

As ações realizadas permitiram reduzir falhas operacionais, melhorar a estabilidade do equipamento e aumentar a eficiência produtiva da máquina de serigrafia.

Além dos ganhos técnicos, o estudo também evidenciou a importância do envolvimento das equipes de manutenção e operação durante o processo de melhoria contínua.

Dessa forma, conclui-se que a aplicação estruturada das metodologias WCM representa uma importante estratégia para redução de perdas produtivas, aumento da confiabilidade operacional e fortalecimento da excelência operacional dentro das organizações industriais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia proposta, bem como a análise e discussão das informações coletadas durante o desenvolvimento do estudo. Os dados apresentados permitem avaliar a eficácia das ações implementadas e sua contribuição para a melhoria dos processos analisados. Além disso, os resultados são comparados com os objetivos inicialmente estabelecidos, possibilitando a verificação dos benefícios alcançados e das oportunidades de aprimoramento identificadas.

5.1 Resultados Obtidos Após a Aplicação do Kaizen

Após a realização do evento Kaizen e implementação das melhorias no sistema pneumático da máquina de serigrafia, foram observados resultados positivos relacionados à estabilidade operacional, desempenho produtivo e redução das falhas recorrentes do equipamento.

As ações implantadas contribuíram diretamente para melhoria do funcionamento do sistema de vácuo, aumento da eficiência pneumática e redução das interrupções durante o processo produtivo. A substituição e adequação das tubulações pneumáticas, juntamente com os ajustes realizados nas válvulas e ventosas, permitiram maior estabilidade operacional da máquina.

Além disso, verificou-se redução da necessidade de intervenções corretivas por parte da equipe de manutenção, contribuindo para maior disponibilidade do equipamento e melhoria da continuidade produtiva.

Outro resultado importante observado foi a melhoria na organização das atividades de manutenção, proporcionando maior controle operacional e padronização das ações realizadas no equipamento.

5.2 Impactos na Manutenção Industrial

A aplicação das ferramentas do World Class Manufacturing (WCM) proporcionou impactos significativos dentro da manutenção industrial, principalmente em relação à redução de falhas e aumento da confiabilidade operacional.

Antes da realização do Kaizen, a máquina apresentava falhas frequentes relacionadas ao sistema pneumático, ocasionando perdas produtivas, aumento do tempo de parada e necessidade constante de manutenção corretiva. Após a implementação das melhorias, observou-se maior estabilidade do equipamento e redução das ocorrências operacionais.

As melhorias implantadas também contribuíram para fortalecimento da manutenção preventiva e melhoria da identificação de anomalias, permitindo maior controle das condições operacionais da máquina.

Além disso, a utilização das ferramentas de análise de falhas possibilitou melhor entendimento das causas dos problemas, permitindo a implementação de ações corretivas mais eficientes e permanentes.

5.3 Redução de Falhas Operacionais

Um dos principais resultados obtidos com a aplicação do Kaizen foi a redução das falhas operacionais relacionadas ao funcionamento pneumático da máquina de serigrafia.

As alterações realizadas no sistema de vácuo e nas tubulações pneumáticas contribuíram para estabilização do fluxo de ar comprimido e melhoria do acionamento das ventosas, reduzindo significativamente as falhas que anteriormente comprometiam o processo produtivo.

A eliminação das principais causas raízes dos problemas permitiu maior estabilidade operacional do equipamento e redução das paradas não programadas, fatores que impactaram diretamente na produtividade do setor.

Além disso, a melhoria das condições operacionais da máquina contribuiu para redução do desgaste dos componentes e aumento da confiabilidade do equipamento.

5.4 Ganhos de Produtividade

Com a redução das falhas e melhoria do funcionamento do equipamento, foram observados ganhos relacionados à produtividade e eficiência operacional do processo produtivo.

A maior estabilidade da máquina proporcionou redução das interrupções durante a produção, permitindo melhor aproveitamento do tempo operacional e aumento da continuidade do processo.

Além disso, a redução das manutenções corretivas contribuiu para diminuição das perdas produtivas e melhor utilização da equipe de manutenção, possibilitando maior foco em ações preventivas e melhorias contínuas.

Outro fator importante observado foi a melhoria na integração entre os setores de manutenção e operação, fortalecendo o desenvolvimento de ações conjuntas voltadas à otimização do processo produtivo.

5.5 Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos demonstram que a aplicação das ferramentas WCM dentro da manutenção industrial pode contribuir significativamente para melhoria da eficiência operacional e redução de perdas produtivas.

A utilização do Kaizen como metodologia de melhoria contínua possibilitou identificar as principais causas das falhas existentes no equipamento e implementar ações corretivas voltadas à estabilização operacional da máquina de serigrafia.

Ferramentas como Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês e Ciclo PDCA foram fundamentais para análise das falhas e desenvolvimento das soluções aplicadas durante o estudo de caso.

Os resultados observados no presente trabalho estão alinhados aos conceitos apresentados na fundamentação teórica, demonstrando que a melhoria contínua e a manutenção profissional exercem papel estratégico dentro das organizações industriais.

Além disso, o estudo evidenciou a importância da participação da equipe operacional e da manutenção durante o desenvolvimento das melhorias, fator essencial para fortalecimento da cultura organizacional voltada à excelência operacional.

5.6 Dificuldades Encontradas

Durante o desenvolvimento do Kaizen, algumas dificuldades foram identificadas, principalmente relacionadas à adaptação das melhorias e análise das falhas do equipamento.

Entre as principais dificuldades encontradas destacam-se:

- identificação das causas raízes das falhas pneumáticas;
- necessidade de adequação dos componentes do sistema;
- tempo necessário para execução das melhorias;
- ajustes operacionais após as modificações realizadas.

Apesar das dificuldades encontradas, a aplicação das ferramentas WCM permitiu o desenvolvimento de soluções eficientes para os problemas identificados, contribuindo para melhoria do desempenho operacional da máquina.

5.7 Considerações Sobre os Resultados

A aplicação do Kaizen demonstrou que pequenas melhorias realizadas de forma estruturada podem gerar impactos significativos dentro da manutenção industrial.

Os resultados obtidos reforçam a importância da utilização das ferramentas WCM como estratégia para redução de perdas, aumento da produtividade e melhoria da confiabilidade operacional dos equipamentos industriais.

Dessa forma, o estudo evidencia que a melhoria contínua deve ser considerada um fator essencial para o desenvolvimento da eficiência operacional e competitividade das organizações industriais.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a importância das ferramentas do World Class Manufacturing (WCM) dentro da manutenção industrial, destacando seus impactos na melhoria dos processos produtivos, redução de falhas operacionais e aumento da eficiência dos equipamentos.

A partir da fundamentação teórica desenvolvida, foi possível compreender que o WCM representa uma importante metodologia voltada à excelência operacional, utilizando ferramentas de melhoria contínua para eliminação de desperdícios, aumento da produtividade e redução de perdas industriais. Dentro desse contexto, a manutenção industrial assume papel estratégico nas organizações, sendo responsável por garantir a confiabilidade, disponibilidade e estabilidade operacional dos equipamentos.

O estudo de caso realizado através da aplicação de um Kaizen em uma máquina de serigrafia permitiu analisar, de forma prática, os benefícios proporcionados pela utilização das ferramentas WCM na manutenção industrial. Durante o desenvolvimento do Kaizen, foram identificadas falhas relacionadas ao sistema pneumático do equipamento, como baixa vazão de ar comprimido, falhas no sistema de vácuo e dificuldades no acionamento das ventosas, problemas que impactavam diretamente a produtividade do processo.

A aplicação das melhorias possibilitou a implementação de ações corretivas voltadas à estabilização operacional da máquina, incluindo adequações em tubulações pneumáticas, melhorias no sistema de vácuo, ajustes mecânicos e alterações em componentes pneumáticos. As ações realizadas contribuíram para redução das falhas operacionais, aumento da confiabilidade do equipamento e melhoria da eficiência produtiva.

Além dos ganhos técnicos, o Kaizen também promoveu maior integração entre os setores de manutenção e operação, fortalecendo a cultura de melhoria contínua dentro do ambiente industrial. A utilização de ferramentas como Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês, Ciclo PDCA e identificação de anomalias demonstrou a importância da análise estruturada de problemas para desenvolvimento de soluções eficientes e permanentes.

Os resultados obtidos permitiram concluir que a aplicação das ferramentas WCM dentro da manutenção industrial contribui significativamente para redução

de perdas produtivas, aumento da disponibilidade dos equipamentos e melhoria da eficiência operacional. Dessa forma, a hipótese apresentada no início do trabalho foi confirmada, evidenciando que a melhoria contínua e a manutenção profissional possuem papel fundamental no desenvolvimento da competitividade industrial.

Por fim, conclui-se que a utilização das metodologias WCM e Kaizen representa uma importante estratégia para empresas que buscam excelência operacional, redução de custos e aumento da produtividade. Recomenda-se, para trabalhos futuros, a ampliação da aplicação dessas ferramentas em outros setores industriais, bem como a análise quantitativa dos indicadores de desempenho obtidos após a implementação das melhorias.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: **confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total no estilo japonês**. 8. ed. Nova Lima: INDG, 2004.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HANSEN, Robert C. **Overall equipment effectiveness (OEE): a powerful production/maintenance tool for increased profits**. New York: Industrial Press, 2006.
- IMAI, Masaaki. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. São Paulo: IMAM, 1994.
- ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM: total productive maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- OSADA, Takashi. **Housekeeping: 5S's: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke**. São Paulo: IMAM, 1992.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- SCHONBERGER, Richard J. **World class manufacturing: the lessons of simplicity applied**. New York: Free Press, 1986.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

YAMASHINA, Hajime. **Manufacturing excellence and World Class Manufacturing**. Kyoto: Kyoto University, 2007.