



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE GUARULHOS
TECNÓLOGO EM GESTÃO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

JOYCE NERES DE ALMEIDA
MARCIO SILVA DE OLIVEIRA MARIANO

IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA **DMAIC** PARA OTIMIZAÇÃO DE
ESTOQUE DE PEÇAS DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

GUARULHOS - SP, 2026

JOYCE NERES DE ALMEIDA - RA: 1670772213040
MARCIO SILVA DE OLIVEIRA MARIANO - RA: 1670772213036

**IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA OTIMIZAÇÃO DE
ESTOQUE DE PEÇAS DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA FARMACÊUTICA**

Projeto apresentado na grade curricular:
Trabalho de Graduação, do Curso Tecnólogo
em Gestão da Produção Industrial, com
requisito parcial para a obtenção de nota.

Orientador: Dr. Marco Antonio Batista da Silva

GUARULHOS - SP, 2026

Autorizado a reprodução total e divulgação parcial deste trabalho por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa desde que citada a fonte.

“A simplicidade é o
último grau de sofisticação.”

- Leonardo da Vinci

RESUMO

O presente estudo de caso revelou que a aplicação correta da metodologia DMAIC melhora a gestão e a qualidade dos processos. Para os resultados obtidos, os autores realizaram a implementação de ferramentas *Lean* no processo de gerenciamento de estoque de peças de manutenção, nos quais se sobressaíram positivamente. A adoção da metodologia, surgiu após uma análise interna que revelou falhas no gerenciamento de estoque gerando custo elevado e consequentemente ocasionando prejuízos financeiros para organização. Com a implantação, houve uma melhor coordenação das atividades, redução de espaço físico, otimização de tempo, transparência e comunicação entre as equipes e retorno financeiro para a instituição. Notáveis resultados incluíram a diminuição de 33% do estoque, redução de falha na inclusão de um código em ordens de serviço, confiabilidade dos dados e facilidade no rastreamento dos itens.

Palavras-chave: DMAIC. *Lean Six Sigma*. Eficiência. Qualidade dos processos. Estoque de manutenção. Melhoria contínua.

ABSTRACT

This case study revealed that the correct application of the DMAIC methodology improves the management and quality of processes. For the results obtained, the authors implemented Lean tools in the inventory management process for maintenance parts, in which they excelled positively. The adoption of the methodology arose after an internal analysis that revealed flaws in inventory management, generating high costs and causing financial losses for the organization. With the implementation, there was better coordination of activities, reduction of physical space, optimization of time, transparency and communication between teams, and financial return for the institution. Notable results included a 33% decrease in inventory, reduction of errors in code inclusion in service orders, data reliability, and ease of item tracking.

Keywords: DMAIC. Lean Six Sigma. Efficiency. Process Quality. Maintenance Stock. Continuous Improvement.

DIAGRAMA

FLUXO 1: Modelos de Gestão

TABELAS

TABELA 1: Defeitos por milhão

ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Gráfico Curva ABC

FIGURA 2: Ciclo DMAIC

FIGURA 3: Princípio de Pareto

FIGURA 4: Mapeamento do processo

FIGURA 5: Curva ABC (Princípio de Pareto)

FIGURA 6: Cadastros com divergências

FIGURA 7: Carta de controle

FIGURA 8: Capacidade do processo

FIGURA 9: Diagrama de Ishikawa

FIGURA 10: Matriz de impacto e esforço

FIGURA 11: Matriz B.A.S.I.C.O

FIGURA 12: Carta de controle (depois)

FIGURA 13: Gestão à vista monitoramento

FIGURA 14: Lista técnica de peças (BOM - Bill of Materials)

ABREVIATÓES:

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

BOM: Bill of Materials (Lista técnica de peças)

CTQs: Critical to Quality (Críticos para a Qualidade)

DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve e Control (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar)

DOE: Planejamento de experimentos

KPIs: Indicadores (ou Indicadores de desempenho)

MPS: Planejamento de consumo/serviços em manutenção

MRO: Maintenance, Repair and Operations (Peças e suprimentos de manutenção, reparo e operação)

MRP: Material Requirements Planning

MSA: Validação do sistema de medição

SPC: Cartas/gráficos de controle.

ERP: Enterprise Resource Planning (Planejamento de Recursos Empresariais)

FMEA: Failure Mode and Effects Analysis (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos)

SIPOC: Supplier, Input, Process, Output, Customer (Fornecedor, Entrada, Processo, Saída, Cliente)

SKU: Stock Keeping Unit (Unidade de Manutenção de Estoque)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVO GERAL.....	3
1.1.1	Objetivos Específicos	3
1.2	Justificativa para Estudo do Tema	3
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1	Gestão de estoques	5
2.2	Lean Six Sigma	9
2.3	Metodologia DMAIC	10
3	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	13
3.1	Abordagem de Pesquisa	13
3.2	Delimitação do estudo	14
3.3	Método de Pesquisa.....	14
3.4	Estratégia de Coleta de Dados	15
3.5	Estratégia de Análise de Dados.....	15
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	16
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
6	REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário de crescente competitividade e constantes mudanças no ambiente organizacional, as empresas buscam continuamente estratégias que permitam melhorar seus processos, reduzir custos e aumentar a qualidade dos produtos e serviços oferecidos, fatores essenciais para a obtenção de vantagem competitiva no mercado (Porter, 1985). Nesse contexto, metodologias de melhoria contínua têm sido amplamente adotadas pelas organizações como forma de elevar a eficiência operacional, aprimorar a gestão de recursos e fortalecer a competitividade organizacional.

Entre essas abordagens, destaca-se o *Lean Manufacturing*, filosofia de gestão originada no Toyota Production System, cujo principal objetivo é eliminar desperdícios ao longo dos processos produtivos e maximizar o valor entregue ao cliente. De acordo com Womack e Jones (2004), a aplicação dos princípios *Lean* permite identificar atividades que não agregam valor ao processo, como estoques excessivos, tempos de espera e retrabalho, contribuindo para processos mais eficientes e enxutos.

Complementarmente, o *Lean Six Sigma* integra os princípios do Lean com as ferramentas analíticas do *Six Sigma*, com o objetivo de reduzir desperdícios e variabilidade nos processos organizacionais. Segundo George (2002), essa abordagem permite melhorar simultaneamente a velocidade e a qualidade dos processos, tornando-se uma estratégia amplamente utilizada em projetos de melhoria contínua.

Nesse contexto, uma das principais ferramentas utilizadas no *Lean Six Sigma* é o DMAIC, método estruturado composto pelas etapas definir, medir, analisar, melhorar e controlar. De acordo com Keller (2014), o DMAIC orienta a identificação de problemas, a análise de causas raízes e a implementação de soluções baseadas em dados, contribuindo para melhorias sustentáveis nos processos organizacionais.

No contexto industrial, a gestão eficiente do estoque de peças de manutenção é fundamental para garantir a disponibilidade de equipamentos e a continuidade das operações produtivas. Entretanto, a presença de materiais com baixo giro ou longos períodos sem movimentação pode gerar custos elevados de armazenagem, capital imobilizado e riscos de obsolescência. Segundo Bowersox *et al* (2014), uma gestão eficiente de estoques é essencial para equilibrar disponibilidade de materiais e

controle de custos dentro da cadeia de suprimentos.

Diante desse cenário, considerando a necessidade de otimização dos processos logísticos e de redução de desperdícios nos estoques de manutenção, o presente estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: **como a metodologia DMAIC pode contribuir para a otimização do estoque de peças de manutenção?**

A gestão eficiente de estoques é um fator estratégico para as organizações, especialmente em ambientes industriais onde a disponibilidade de peças de manutenção influencia diretamente a continuidade das operações e a confiabilidade dos equipamentos. Entretanto, quando não há um controle adequado, os estoques podem apresentar materiais com baixo giro ou longos períodos sem movimentação, resultando em custos elevados de armazenagem, capital imobilizado e risco de obsolescência (Bowersox *et al.*, 2014).

Nesse contexto, a aplicação de metodologias estruturadas de melhoria de processos torna-se fundamental para identificar oportunidades de otimização e propor soluções eficazes. O Lean Six Sigma, ao integrar os princípios do Lean Manufacturing com as ferramentas analíticas do Six Sigma, possibilita a identificação sistemática de desperdícios e variabilidades nos processos organizacionais, contribuindo para melhorias sustentáveis no desempenho operacional (George, 2002).

Entre as ferramentas utilizadas nessa abordagem destaca-se o DMAIC, que fornece uma estrutura lógica para condução de projetos de melhoria por meio das etapas de definição do problema, mensuração do desempenho atual, análise das causas raízes, implementação de melhorias e controle dos resultados obtidos.

Segundo Keller (2014), a aplicação do DMAIC permite que as organizações desenvolvam soluções baseadas em dados, reduzindo incertezas na tomada de decisão e aumentando a efetividade das ações de melhoria. Assim, este trabalho busca-se identificar as principais causas relacionadas ao longo tempo de permanência dos materiais em estoque, analisar os fatores que influenciam este cenário e propor ações de melhoria que contribuam para uma gestão mais eficiente dos recursos disponíveis. Dessa forma, espera-se que os resultados deste estudo contribuam para a melhoria da gestão de estoques de manutenção, promovendo maior eficiência operacional, redução de desperdícios e melhor utilização dos recursos organizacionais, além de evidenciar a importância da aplicação de

metodologias de melhoria contínua no contexto da gestão da cadeia de suprimentos.

Diante desse contexto, o presente estudo justifica-se pela necessidade de aprimorar a gestão de estoques de manutenção, por meio da aplicação de metodologias estruturadas de melhoria contínua, visando reduzir desperdícios, otimizar recursos e gerar valor para a organização.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar de que forma a aplicação da metodologia DMAIC contribui para a otimização do estoque de peças de manutenção em um ambiente industrial.

1.1.1 Objetivos Específicos

1. Identificar os principais desperdícios presentes no processo de gestão de estoque de peças de manutenção em uma indústria farmacêutica.
2. Mapear as melhorias no estoque de manutenção a partir da implementação de práticas *Lean Six Sigma*.
3. Avaliar a eficácia do *DMAIC*, na melhoria do processo de gestão de estoque.

1.2 Justificativa para Estudo do Tema

A aplicação dos princípios *DMAIC* visa definir o problema e atuar nas causas-raiz na gestão de estoque, proporcionando uma abordagem estruturada para resolver os problemas, melhorando a eficiência e, consequentemente, acelerando e potencializando o crescimento do processo.

O presente estudo é justificado pela identificação de deficiências na gestão de estoque de peças de manutenção em uma indústria farmacêutica, especialmente no que se refere à limitada visibilidade sobre a utilização de materiais de alto custo armazenados. A ausência de um acompanhamento estruturado desses itens pode resultar em longos períodos sem movimentação, aumento do capital imobilizado e elevação dos custos de armazenagem, impactando diretamente a eficiência da gestão de estoques e a competitividade organizacional, e correndo o risco de conter no estoque inúmeros itens sobressalentes.

Além disso, a gestão inadequada de estoques de manutenção pode comprometer a confiabilidade operacional e a eficiência dos processos produtivos, uma vez que a disponibilidade adequada de peças é fundamental para garantir a continuidade das operações industriais (Bowersox *et al.*, 2014).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com base no tema da presente pesquisa, em conjunto com seus objetivos, esse capítulo abordará uma breve introdução dos fundamentos apresentados para alcance de um resultado esperado.

2.1 Gestão de estoques

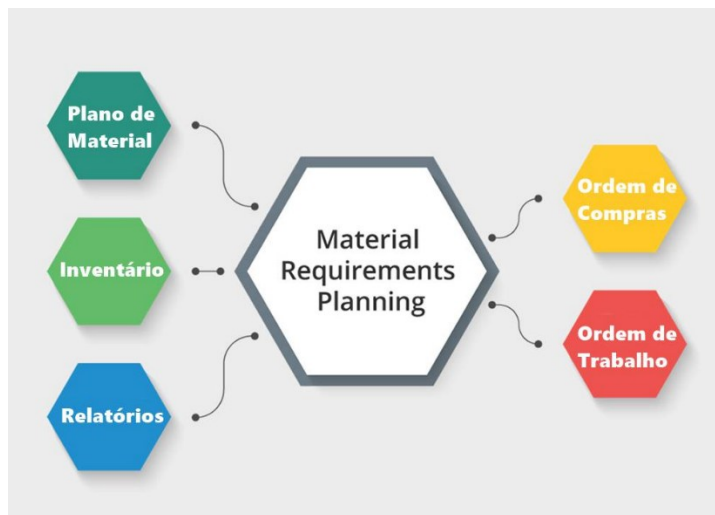
A gestão de estoques possui papel estratégico por influenciar diretamente o nível de serviço ao cliente interno (disponibilidade) e o custo total associado ao armazenamento. Em termos práticos, o desafio central consiste em equilibrar o risco de falta (que pode provocar atrasos e paradas) e o risco de excesso (que eleva custos de armazenagem, deterioração, obsolescência e capital imobilizado). Assim, a administração adequada dos estoques contribui para garantir o abastecimento das operações e, simultaneamente, reduzir desperdícios relacionados ao excesso ou à falta de materiais (Ballou, 2004).

No ambiente industrial, um tipo de estoque que demanda atenção especial é o de peças e suprimentos de manutenção, reparo e operação (MRO – *Maintenance, Repair and Operations*). Esses itens não compõem diretamente o produto final, porém são críticos para a confiabilidade dos equipamentos e para a continuidade do processo produtivo. Quando a gestão é inadequada, observa-se acúmulo de materiais com baixo giro e longos períodos sem movimentação, elevando o capital imobilizado e os custos associados, além de aumentar o risco de perdas por obsolescência (Bowersox *et al.*, 2014). Nesse cenário, ferramentas de planejamento e controle tornam-se relevantes para dimensionar necessidades e organizar reposições, como o MRP (*Material Requirements Planning*), amplamente difundido em ambientes de manufatura e integrado a sistemas ERP.

Conforme a figura 1, o MRP pode ser entendido como um fluxo de entradas, processamento e saídas que converte dados de demanda e estoque em recomendações de reposição. Como entradas, utiliza o MPS (ou planejamento de consumo/serviços em manutenção), a BOM e os registros de estoque (saldos, pedidos em aberto, estoque de segurança e *lead time*). A partir do cálculo das necessidades brutas e do abatimento do disponível e dos recebimentos programados, obtêm-se as necessidades líquidas, gerando saídas como ordens planejadas, liberações de compra e reprogramações. Assim, a confiabilidade dos

cadastros e das movimentações aumenta a aderência do MRP e reduz excessos e rupturas no estoque MRO (Orlicky, 1975; Slack; Chambers; Johnston, 2009).

Fluxo 1 - Diagrama de Funcionamento do MRP.



Fonte: Labone (2021).

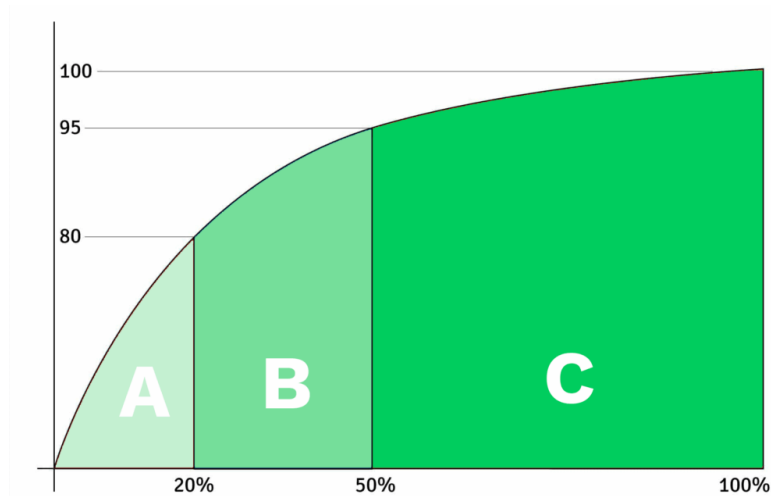
Dessa forma, torna-se essencial que as organizações adotem práticas e metodologias que possibilitem melhorar a gestão dos estoques de manutenção, buscando reduzir desperdícios, otimizar recursos e aumentar a eficiência dos processos logísticos e produtivos.

2.1.1 Classificação de estoques

A gestão eficiente de estoques exige a utilização de ferramentas e métodos que permitam analisar o comportamento dos materiais armazenados, possibilitando melhor controle e tomada de decisões. Nesse contexto, uma das técnicas mais utilizadas é a classificação de estoques, que permite priorizar os itens de acordo com sua importância estratégica ou impacto financeiro para a organização.

Uma das ferramentas mais conhecidas para esse tipo de análise é a **Curva ABC**, baseada no princípio de Pareto, conforme figura 1 abaixo.

Figura 1 – Gráfico da Curva ABC



Fonte: Sankhya (2025).

A Curva ABC configura-se como uma das metodologias mais eficazes para a priorização de recursos, se fundamentando diretamente no Princípio de Pareto. Este princípio, também conhecido como a regra 80/20, identifica que, em muitos casos aproximadamente 80% dos efeitos provêm de apenas 20% das causas. Com estoque essa lógica revela que uma pequena parcela dos itens armazenados costuma ser responsável pela maior parte do valor financeiro movimentado. A técnica identifica o inventário em três classes, tendo como base o critério de criticidade financeira ou volume de consumo:

Classe A: Compreende os itens de maior valor e importância estratégica. Geralmente, representam cerca de 20% do total de itens, mas respondem por aproximadamente 80% do valor total do estoque. Exigem controle rigoroso, inventários com maior frequência de conferência e negociações estreitas com fornecedores.

Classe B: Itens de importância intermediária. Representam cerca de 30% dos itens em estoque e tem aproximadamente 15% do valor financeiro. O controle pode ser moderado.

Classe C: Representa a maior parte do volume físico, cerca de 50% dos itens, porém com o menor impacto financeiro, correspondendo a apenas 5% do valor total. Para estes, o controle acaba sendo mais simples para reduzir custos operacionais e administrativos.

De acordo com Ballou (2004), essa classificação é vital para que a gestão não disperse esforços de forma igualitária entre itens de pesos financeiros distintos, concentrando o foco onde o retorno sobre o capital investido é mais significativo.

A implementação conjunta da Curva ABC e do Diagrama de Pareto permite uma visualização gráfica da concentração de valor. Como aponta Bowersox (2014), essa segmentação não apenas otimiza os níveis de estoque e a acuracidade dos dados, mas também orienta as políticas de armazenamento e os prazos de reposição. Ao priorizar a Classe A, a organização reduz o risco de ruptura nos itens essenciais e minimiza o capital imobilizado em itens de baixa rotatividade (Classe C), promovendo uma gestão de recursos financeiros e operacionais significativamente mais eficiente.

Além da análise baseada no valor de consumo, outra abordagem relevante é a classificação de materiais quanto à frequência de movimentação, que permite identificar itens com baixo giro ou longos períodos sem utilização. Esses materiais são frequentemente classificados como “*slow Moving*”, ou seja, itens com baixa rotatividade no estoque. De acordo com Christopher (2016), a presença de itens de baixo giro pode resultar em capital imobilizado, aumento dos custos de armazenagem e maior risco de obsolescência.

No contexto da gestão de peças de manutenção, esse problema pode ser ainda mais significativo, pois muitos materiais possuem alto valor unitário e são mantidos em estoque para garantir a disponibilidade em caso de falhas ou manutenções emergenciais. Entretanto, a falta de visibilidade sobre o consumo desses materiais pode levar ao acúmulo de peças sem movimentação por longos períodos, comprometendo a eficiência da gestão de estoques.

Dessa forma, a utilização de ferramentas de análise e metodologias estruturadas de melhoria de processos torna-se essencial para identificar causas relacionadas ao baixo giro dos materiais e propor soluções que permitam otimizar a gestão do estoque de peças de manutenção. Nesse sentido, metodologias como o Lean Six Sigma e o DMAIC podem contribuir para a identificação das causas-raiz do problema e para a implementação de melhorias sustentáveis na gestão de estoques.

A utilização da Curva ABC no contexto torna-se essencial para direcionar esforços gerenciais aos itens de maior impacto financeiro, evitando a dispersão de recursos e contribuindo para decisões mais assertivas na gestão de estoques.

2.2 Lean Six Sigma

O *Lean Six Sigma* é uma metodologia estruturada, baseada em práticas sistemáticas, que surgiu na década de 1980 com o objetivo de promover a melhoria contínua dos processos e a redução de defeitos. De acordo com sua abordagem, os defeitos são compreendidos como não conformidades entre os produtos ou serviços e as especificações estabelecidas, sejam elas internas ou externas. Nesse sentido, a metodologia também enfatiza a importância de que tais especificações estejam alinhadas às necessidades e expectativas dos clientes (Ferreira, 2018).

O termo *sigma* (σ) refere-se ao desvio padrão em relação à média de um processo, sendo amplamente utilizado para medir e controlar sua variabilidade. A aplicação desse conceito permite uma gestão mais eficiente dos processos, contribuindo para a redução de custos associados a retrabalhos, perdas e falhas operacionais. Assim, o *Six Sigma* possibilita a avaliação da capacidade de um processo em atingir níveis elevados de qualidade, com uma meta de desempenho correspondente a 99,9997% de conformidade, o que equivale a aproximadamente 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, conforme apresentado na Tabela 1 (Trad; Maximiano, 2009).

Tabela 1 – Defeitos por milhão

SIGMA: DEFEITOS POR MILHÃO

1 Sigma	690.000
2 Sigma	308.537
3 Sigma	66.807
4 Sigma	6.210
5 Sigma	233
6 Sigma	3,4

Fonte: Pande (2001).

De acordo com Trad e Maximiano (2009), o *Six Sigma* é considerado a metodologia do novo século e visa aumentar expressivamente a lucratividade. Para alcançar esse objetivo, os autores destacam que a responsabilidade pelo sucesso do

método deve ser compartilhada por todos, abrangendo desde a liderança até o nível operacional.

Um dos pilares centrais do *Lean Six Sigma* é a tomada de decisão orientada por dados, característica herdada do *Six Sigma*. Segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2001), a utilização de métricas e análises estatísticas permite que as melhorias sejam baseadas em fatos, e não em suposições ou percepções subjetivas.

Nesse contexto, ferramentas como análise de capacidade de processo, histogramas, cartas de controle e testes estatísticos são fundamentais para identificar a variabilidade e suas causas. Montgomery (2009) destaca que a redução da variabilidade é essencial para aumentar a previsibilidade e a qualidade dos processos, sendo um dos principais objetivos do *Six Sigma*.

Dessa forma, a gestão baseada em dados contribui diretamente para a melhoria do desempenho operacional, redução de custos e aumento da confiabilidade do sistema de suprimentos.

2.3 Metodologia DMAIC

O DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) é um método estruturado de melhoria contínua, amplamente utilizado em projetos de *Lean Six Sigma* para aprimorar processos já existentes, com foco na redução de variação, eliminação de desperdícios e geração de resultados sustentáveis. Trata-se de um roteiro disciplinado e orientado por dados, no qual cada fase possui objetivos, entregáveis e ferramentas específicas, reduzindo decisões baseadas apenas em percepção e aumentando a efetividade das ações de melhoria (Pyzdek; Keller, 2014; George, 2002).

Em processos logísticos e de gestão de estoques, o DMAIC contribui para identificar gargalos e causas raiz de perdas (ex.: excesso de estoque, rupturas, erros de cadastro e baixa acuracidade), estabelecendo uma linha de base de desempenho e priorizando intervenções com base em evidências. Ao transformar o problema em métricas o método permite selecionar soluções com maior impacto e, sobretudo, criar mecanismos de controle para evitar regressões após a implementação (Pyzdek; Keller, 2014; George, 2002).

De modo geral, o DMAIC é composto por cinco fases sequenciais (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) e busca garantir que a equipe não avance para as etapas seguintes sem antes validar dados, hipóteses e decisões. Essa lógica evita

a implementação de ações pontuais que não atacam a causa-raiz e fortalece a sustentabilidade dos ganhos obtidos, característica central dos projetos *Six Sigma* (Pyzdek; Keller, 2014). A seguir, apresentam-se as principais atividades, entregáveis e ferramentas usuais em cada fase, mantendo a nomenclatura original em inglês e a adaptação para o português.

Na figura 2 conceitual a seguir, sintetizam-se as fases do DMAIC e exemplos de ferramentas frequentemente empregada conforme figura abaixo:

Figura 2 – Ciclo DMAIC



Fonte: Adaptado de Blog da Qualidade (2018).

Definir (Define): delimita o problema, o objetivo (meta) e o escopo do projeto, além de identificar clientes (internos/externos) e requisitos críticos. Entregáveis típicos: *Project Charter* (contrato do projeto), definição de CTQs (*Critical to Quality*), análise de *stakeholders* e visão macro do processo (ex.: SIPOC). (ASQ, 2026; Pyzdek; Keller, 2014).

Medir (Measure): descreve o processo atual estabelece a linha de base de desempenho por meio de dados confiáveis. Entregáveis típicos: mapa detalhado do processo, plano de coleta de dados, validação do sistema de medição (MSA) e indicadores (KPIs) definidos. Ferramentas como gráfico de Pareto podem apoiar a priorização de problemas mais frequentes/impactantes. (ASQ, 2026; Pyzdek; Keller, 2014).

Analisar (Analyze): identifica e comprova causas-raiz, buscando explicar a variação e o mau desempenho do processo. Ferramentas usuais: análise de causa (ex.: diagrama de Ishikawa e 5 Porquês), estratificação, correlações e outras análises estatísticas; em problemas de risco, pode-se aplicar FMEA para priorizar modos de falha. (Ishikawa, 1986; Ohno, 1988; Aiag; Vda, 2019).

Melhorar (Improve): desenvolve, testa e implementa soluções que eliminem as causas-raiz identificadas, avaliando viabilidade, custo e impacto. Ferramentas usuais: *brainstorming* estruturado, pilotos e, quando aplicável, planejamento de experimentos (DOE) para avaliar fatores críticos. (Pyzdek; Keller, 2014).

Controlar (Control): padroniza o novo método e monitora o desempenho para sustentar os ganhos. Entregáveis típicos: plano de controle, procedimentos e treinamentos, auditorias e monitoramento por cartas/gráficos de controle (SPC) e indicadores. (Montgomery, 2020; Pyzdek; Keller, 2014).

Aplicado ao estoque de peças de manutenção (MRO), o DMAIC favorece a priorização de itens e causas que geram maior custo e imobilização de capital (por exemplo, materiais de baixo giro, parâmetros de reposição inadequados, duplicidades de cadastro e falhas de apontamento em ordens de serviço).

Assim, a metodologia apoia tanto a redução de desperdícios (estoque excessivo, movimentações desnecessárias) quanto o aumento da confiabilidade dos dados e da rastreabilidade, viabilizando decisões mais robustas sobre níveis de reposição, políticas de armazenagem e padronização do processo.

Dessa forma, observa-se que as abordagens de gestão de estoques, associadas às metodologias Lean e Six Sigma, fornecem suporte teórico consistente para a aplicação da metodologia DMAIC no contexto analisado, permitindo a identificação sistemática de falhas e a implementação de melhorias sustentáveis.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O objetivo do presente projeto abrange a formulação do problema, seguida pela definição dos objetivos e hipóteses. Quanto à estratégia descritiva, serão utilizadas fontes bibliográficas e acadêmicas, como revistas, artigos, livros e entre outros documentos para exposição das ideias. Todo o processo foi conduzido em conformidade com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3.1 Abordagem de Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, uma vez que busca solucionar um problema real em uma organização industrial, com foco na melhoria da gestão de estoque de peças de manutenção. Quanto ao método, adota-se o estudo de caso, considerado adequado para investigação de fenômenos contemporâneos inseridos em seu contexto real (Yin, 2015).

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa possui natureza descritiva e exploratória. Descritiva, pois analisa o comportamento dos dados de estoque (tempo de permanência, valor e giro dos materiais) e exploratória ao investigar as causas associadas à baixa rotatividade dos itens.

Quanto aos objetivos, a pesquisa possui caráter descritivo, uma vez que descreve e analisa a situação do estoque de peças de manutenção e seus indicadores de giro, e também exploratório ao investigar causas potenciais para o baixo giro e o alto custo de armazenagem, de modo a orientar ações de melhoria (Gil, 2019).

Quanto à abordagem, trata-se predominantemente de uma pesquisa quantitativa, pois utiliza dados numéricos extraídos do sistema ERP (relatório de giro de materiais de manutenção, contemplando do primeiro dia de entrada do item até o primeiro bimestre de 2025) para mensurar desempenho e identificar concentrações de custo e de permanência em estoque. Complementarmente, emprega-se uma dimensão qualitativa na interpretação das evidências do processo e na proposição de melhorias, articuladas às fases do DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar). Essa combinação é coerente com a literatura metodológica, que reconhece a utilidade de integrar evidências quantitativas e qualitativas para ampliar a compreensão do problema e sustentar decisões em estudos aplicados (Creswell,

2014; Prodanov; Freitas, 2013).

Em termos de procedimentos técnicos, a pesquisa baseia-se em levantamento documental, utilizando registros e relatórios internos (extraídos do ERP) como fonte de evidência, recurso recomendado quando se busca registrar, descrever e analisar fenômenos organizacionais a partir de dados já existentes e passíveis de verificação (Marconi; Lakatos, 2017; Gil, 2019). A adoção dessas fontes é compatível com o estudo de caso, desde que os dados sejam organizados, rastreáveis e triangulados com o entendimento do processo, reforçando a validade das conclusões (Yin, 2015).

3.2 Delimitação do estudo

O universo da pesquisa compreendeu aproximadamente 4.000 itens sem movimentação superior a 12 meses. Para viabilizar a análise, foi realizado um recorte intencional dos 100 itens com maior impacto financeiro, os quais representavam cerca de 30% do valor total do estoque parado R\$ 16,2 milhões. Esse critério seguiu o princípio de Pareto, priorizando itens com maior relevância econômica para a organização.

3.3 Método de Pesquisa

O método adotado é o estudo de caso, operacionalizado por meio da aplicação do ciclo DMAIC como lógica de condução do diagnóstico e das propostas de melhoria no processo de gestão do estoque de peças de manutenção. Em termos analíticos, foram empregados procedimentos de análise descritiva (estatística descritiva e estratificações) para caracterizar a situação atual do estoque e direcionar a priorização de itens e causas, em consonância com o entendimento de que o estudo de caso pode combinar múltiplas técnicas de coleta e análise para aumentar a robustez das conclusões (Yin, 2015). Além disso, a escolha por métodos quantitativos com apoio qualitativo é compatível com pesquisas aplicadas orientadas à solução de problemas organizacionais, sobretudo quando se busca mensurar o desempenho e, simultaneamente, interpretar o processo para propor intervenções (Creswell, 2014; Gil, 2019).

3.4 Estratégia de Coleta de Dados

A coleta de dados ocorreu por levantamento documental, a partir de registros e relatórios extraídos do sistema ERP da organização (relatório de giro de materiais de manutenção), contemplando o período do primeiro registro de entrada do item até o primeiro bimestre de 2025. Esse tipo de fonte é adequado quando a pesquisa utiliza dados já existentes na organização e busca evidências rastreáveis e verificáveis, características esperadas em estudos aplicados e em estudos de caso (Marconi; Lakatos, 2017; Yin, 2015). Para viabilizar as análises, os dados foram organizados em planilhas com variáveis essenciais à gestão de estoque, tais como identificação do item, data de entrada, histórico de movimentação, tempo de permanência, valor de estoque e consumo, permitindo estratificações por classe de valor (Curva ABC) e por perfil de giro (Gil, 2019). Quando necessário, foram realizados tratamentos básicos de consistência (padronização de cadastros, verificação de duplicidades e checagem de campos incompletos), etapa importante para reduzir vieses e aumentar a confiabilidade dos resultados (Prodanov; Freitas, 2013).

3.5 Estratégia de Análise de Dados

A análise dos dados foi conduzida de forma coerente com as fases do DMAIC, iniciando-se pela mensuração e caracterização do desempenho do estoque (tempo de permanência, custo e concentração de valor), seguida por estratificações e priorizações (por exemplo, Curva ABC e princípio de Pareto) para identificar itens e grupos com maior impacto. Na etapa de análise, as evidências quantitativas foram interpretadas à luz do processo, buscando possíveis causas-raiz (como parâmetros de reposição inadequados, duplicidades de cadastro e falhas de apontamento), com apoio de ferramentas clássicas de qualidade quando aplicável (por exemplo, Ishikawa e 5 Porquês). Por fim, as propostas de melhoria e de controle foram organizadas em plano de ação e indicadores de acompanhamento, visando sustentar os resultados ao longo do tempo, conforme recomendado em projetos *Six Sigma* (Pyzdek; Keller, 2014; Gil, 2019). Os resultados foram apresentados em tabelas, planilhas e gráficos, de modo a facilitar a visualização das concentrações e tendências relevantes ao estudo de caso (Yin, 2015).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Caracterização do cenário e definição do problema

O presente estudo foi desenvolvido em uma indústria farmacêutica localizada no estado de São Paulo, cuja operação possui elevada complexidade e volume produtivo superior a um milhão de doses por dia. Nesse contexto, a gestão eficiente do estoque de peças de manutenção (MRO) é um fator crítico para garantir a continuidade operacional e a confiabilidade dos equipamentos.

A análise inicial do estoque evidenciou um cenário de ineficiência caracterizado pelo acúmulo de aproximadamente 4.000 códigos de materiais sem movimentação há mais de um ano, representando um montante financeiro aproximado de R\$ 54 milhões em capital imobilizado. Tal condição evidencia um desalinhamento entre a disponibilidade de materiais e as reais necessidades operacionais, configurando um problema relevante sob a perspectiva logística e financeira.

Adicionalmente, identificou-se que parte significativa desses itens estava associada a equipamentos obsoletos, inconsistências cadastrais e ausência de critérios estruturados para revisão de materiais. Essas evidências corroboram o entendimento de Bowersox *et al.* (2014), segundo o qual o excesso de estoque e a baixa rotatividade são indicadores clássicos de falhas no planejamento e controle de materiais, impactando diretamente os custos logísticos e a eficiência organizacional.

Dessa forma, definiu-se como problema central do estudo a existência de elevado volume de materiais de baixo giro, gerando impacto financeiro negativo, baixa eficiência operacional e comprometimento da acuracidade dos dados no sistema.

4.2 Aplicação da metodologia DMAIC

A análise do cenário permitiu a aplicação estruturada da metodologia DMAIC, possibilitando a identificação das principais causas e a implementação de melhorias direcionadas.

A condução do estudo seguiu rigorosamente as etapas da metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), com o objetivo de promover melhorias sustentáveis na gestão do estoque.

4.2.1 Fase Definir (*Define*)

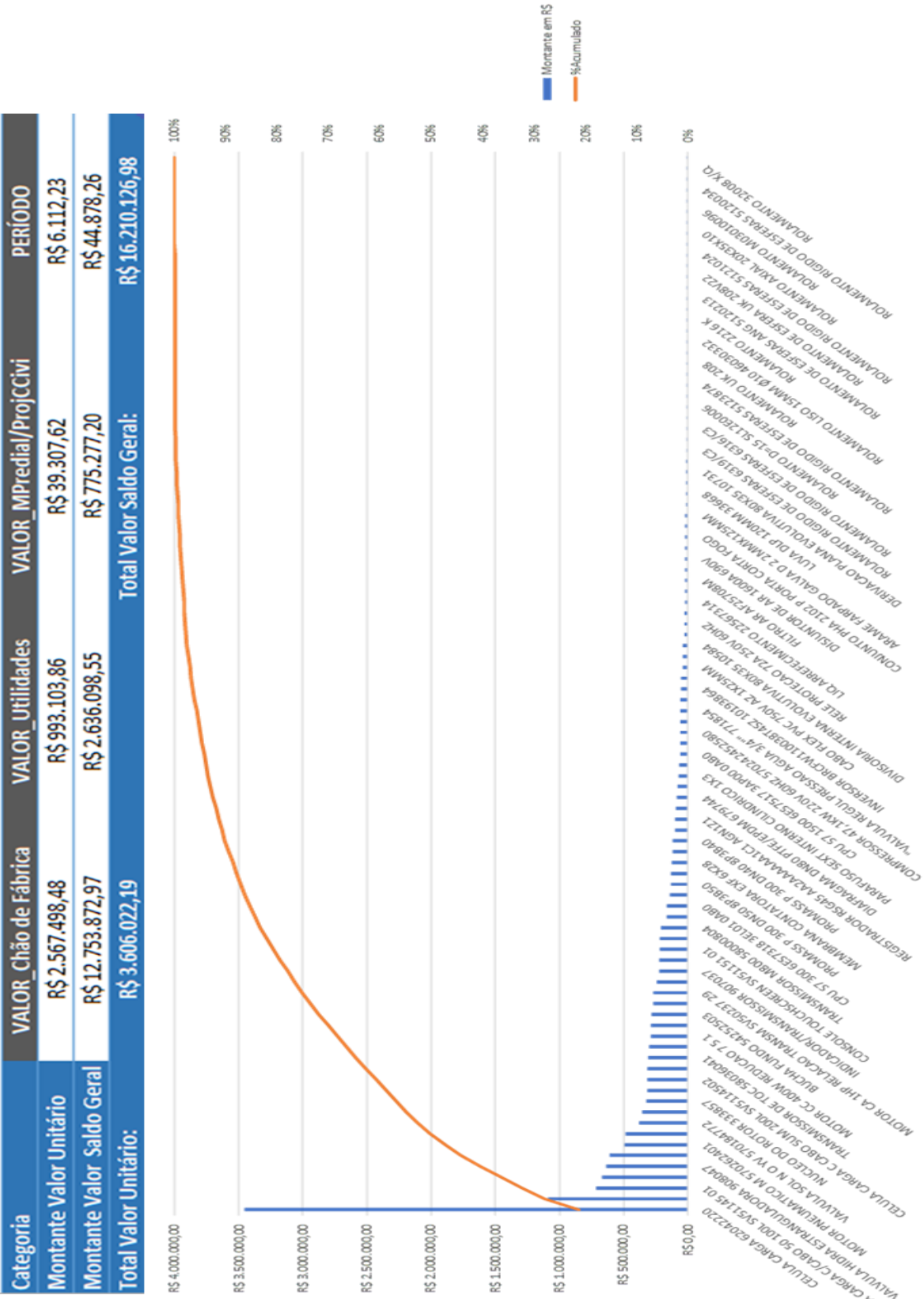
Nesta etapa, foi estabelecido o escopo do projeto e a formação da equipe, com foco na otimização do estoque de peças de manutenção, especialmente itens classificados como de baixo giro ou sem movimentação. O objetivo principal consistiu na redução do capital imobilizado em 10% do piloto estudado e na melhoria da eficiência do processo de gestão de materiais.

A formalização do problema, aliada à definição de metas e indicadores, permitiu direcionar esforços para os itens de maior impacto, conforme recomendado por Pyzdek e Keller (2014), que destacam a importância de uma definição clara para o sucesso de projetos DMAIC.

Devido ao elevado número de cadastros o escopo foi delimitado a investigar 100 códigos que sozinhos representavam 30% do montante financeiro parado, ou seja, representavam R\$16.210.126,98.

Conforme apresentado na figura 3, observa-se que poucos itens concentram a maior parte do valor financeiro do estoque, caracterizando o princípio de Pareto.

Figura 3 - Princípio de Pareto

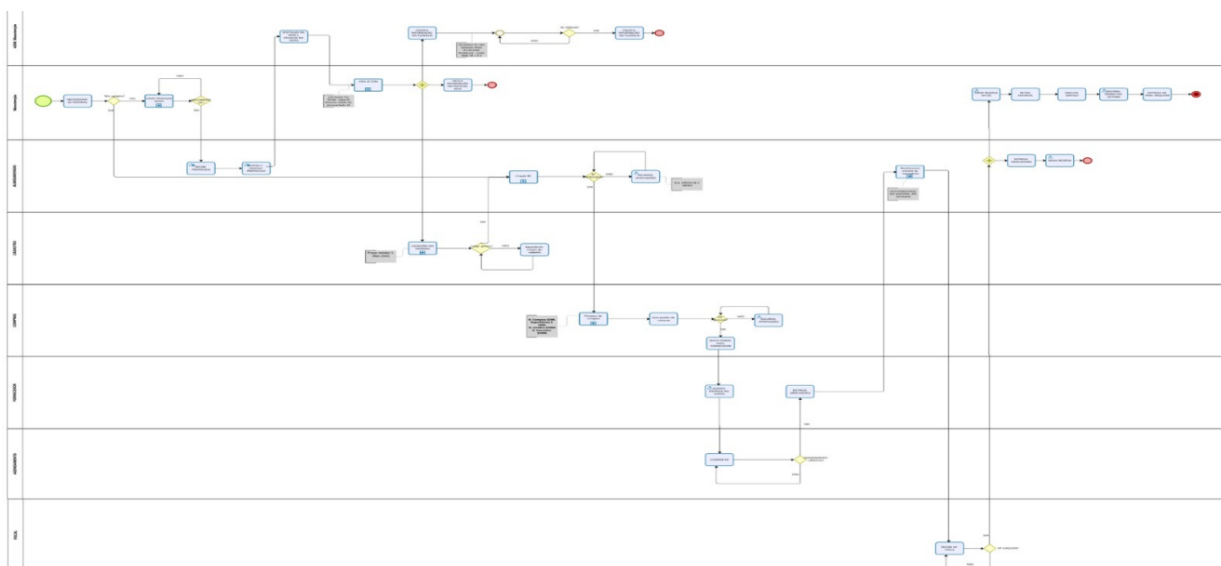


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

4.2.2 Fase Medir (*Measure*)

Na etapa medir tem como objetivo compreender o desempenho atual do processo, por meio da coleta de dados confiáveis e da análise detalhada do fluxo das atividades. Nesse contexto, o mapeamento do processo constitui uma ferramenta essencial, pois permite a visualização clara e estruturada das etapas envolvidas, bem como a identificação de gargalos, desperdícios e variações existentes (WERKEMA, 2012). Deste modo, procedeu-se ao mapeamento do processo, conforme demonstrado na figura 4.

Figura 4 - Mapeamento do processo

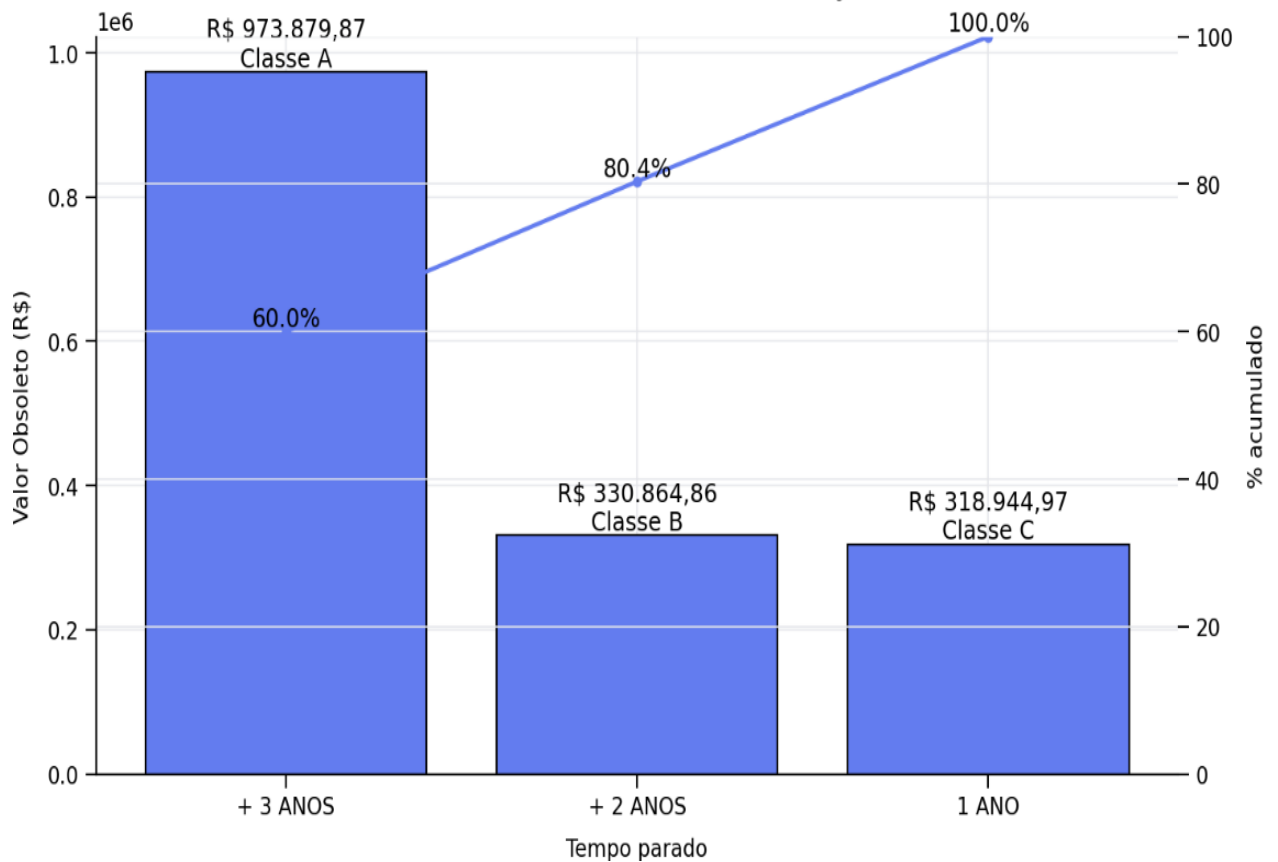


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Além de mapear os processos foram coletados dados diretamente do sistema ERP da organização, contemplando informações relativas ao histórico de movimentação, valor financeiro dos itens, tempo de permanência em estoque e classificação ABC.

A aplicação da Curva ABC permitiu identificar que essa pequena parcela dos itens concentrava a maior parte do valor financeiro do estoque evidenciando pelo princípio de Pareto. Esse comportamento reforça a necessidade de priorização gerencial sobre os itens de maior impacto, conforme destacado por Ballou (2004).

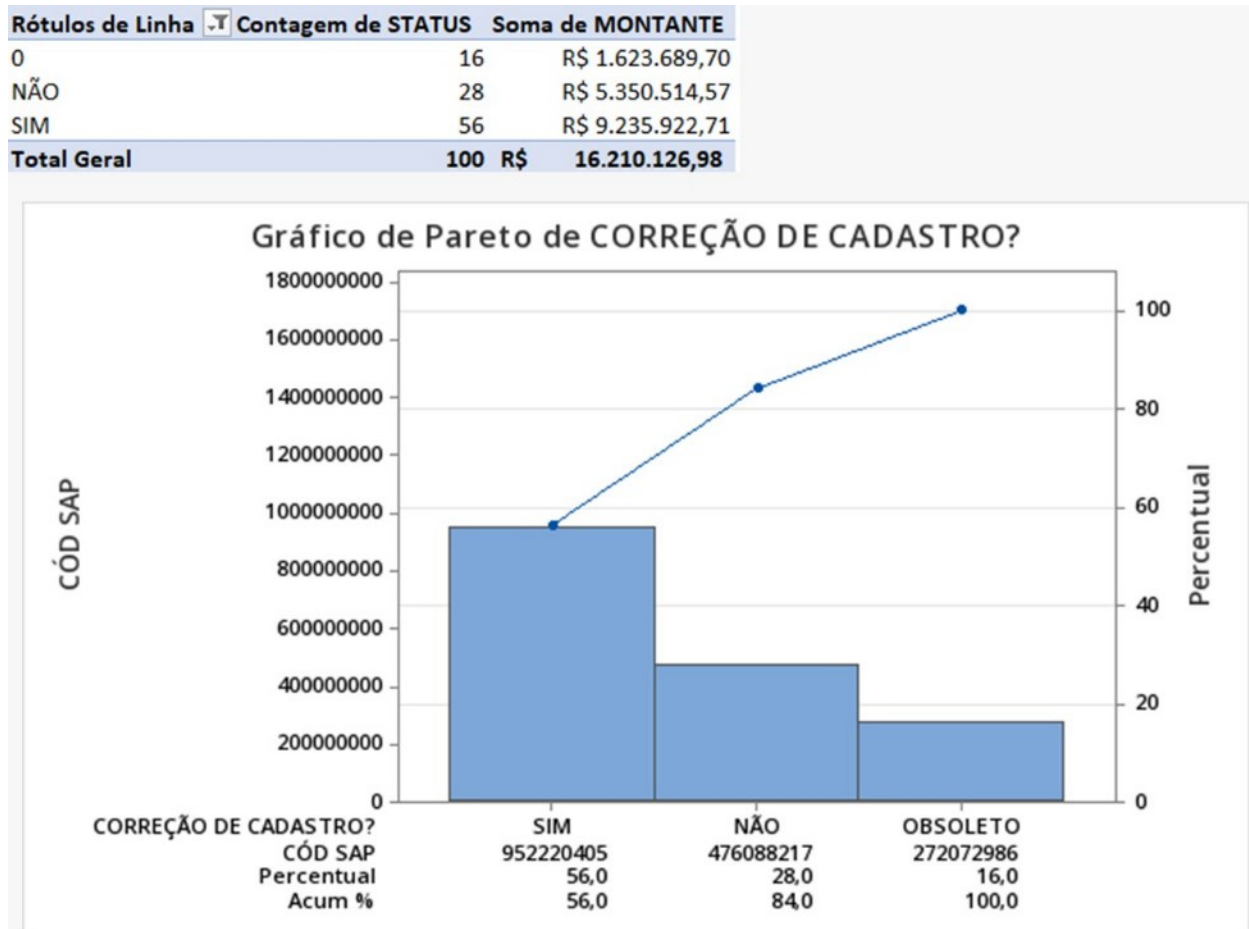
Figura 5 - Curva ABC (Princípio de Pareto)



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise também evidenciou elevados tempos de permanência em estoque, conforme Figura 5 apresentada acima indicando falhas no consumo e na revisão periódica dos materiais, além de uma porcentagem de 56% de problemas com a correção de cadastro de material, conforme Figura 6.

Figura 6 - Cadastros com divergências

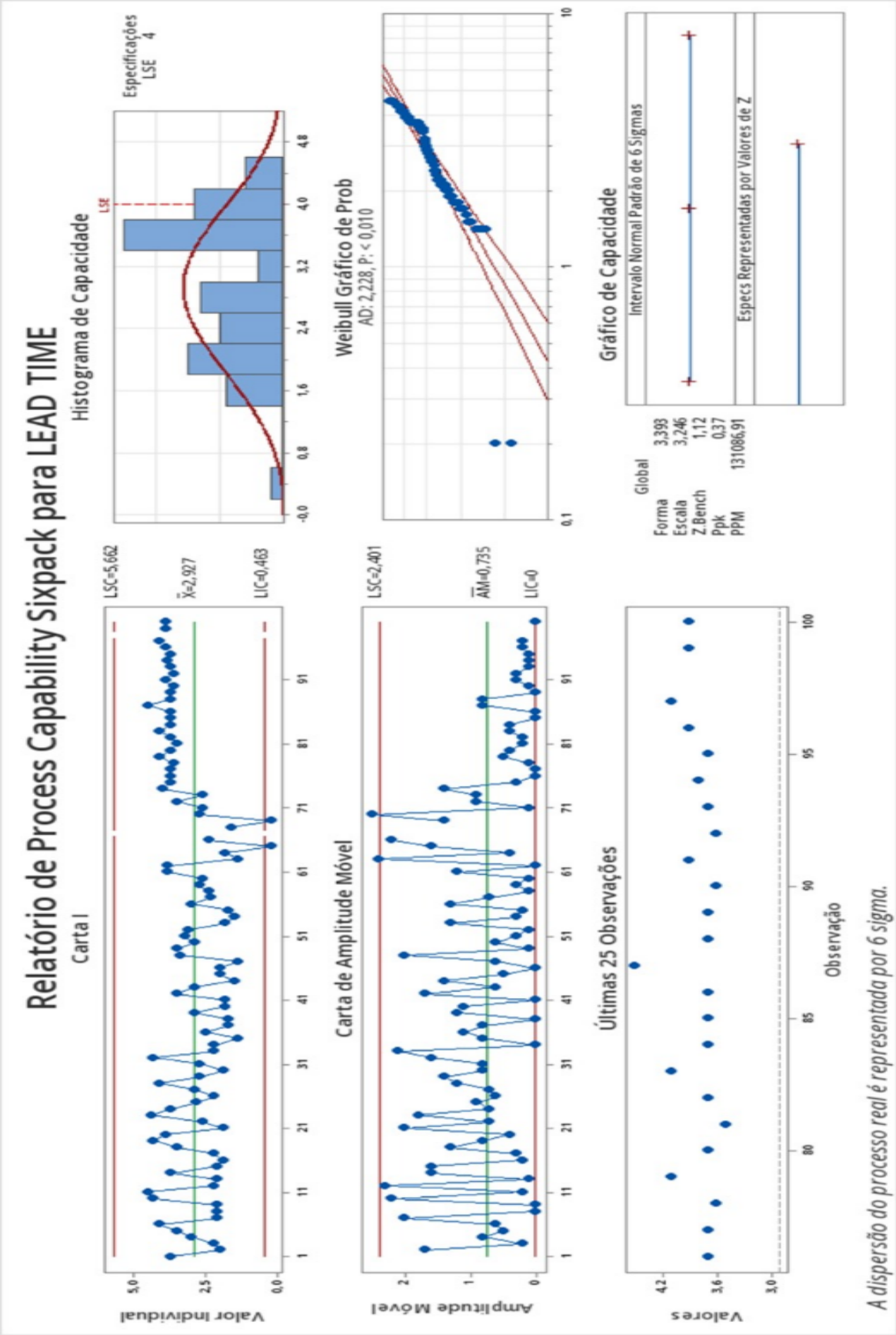


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Esse cenário demonstra baixa eficiência na utilização dos recursos e aumento dos custos associados à armazenagem.

Ainda na fase medir, foi utilizado o *software Minitab*, possibilitando a visualização da média dos dados e a alta variabilidade, conforme Figura 7.

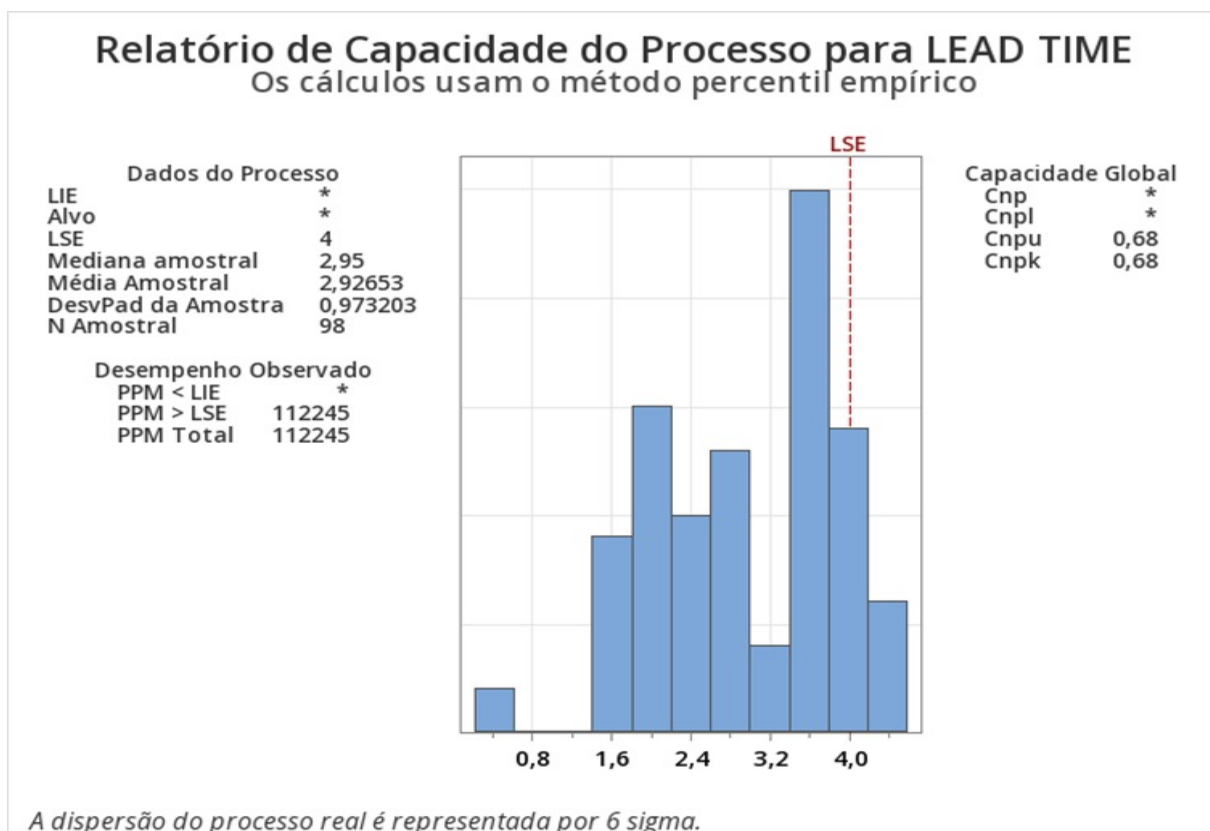
Figura 7 – Carta de controle



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Ainda na etapa de medição realizou-se a análise de capacidade do processo, conforme figura 8, onde foi possível evidenciar que o nível sigma estava em 0,68 que estava incapaz e com uma distribuição instável.

Figura 8 - Capacidade do processo

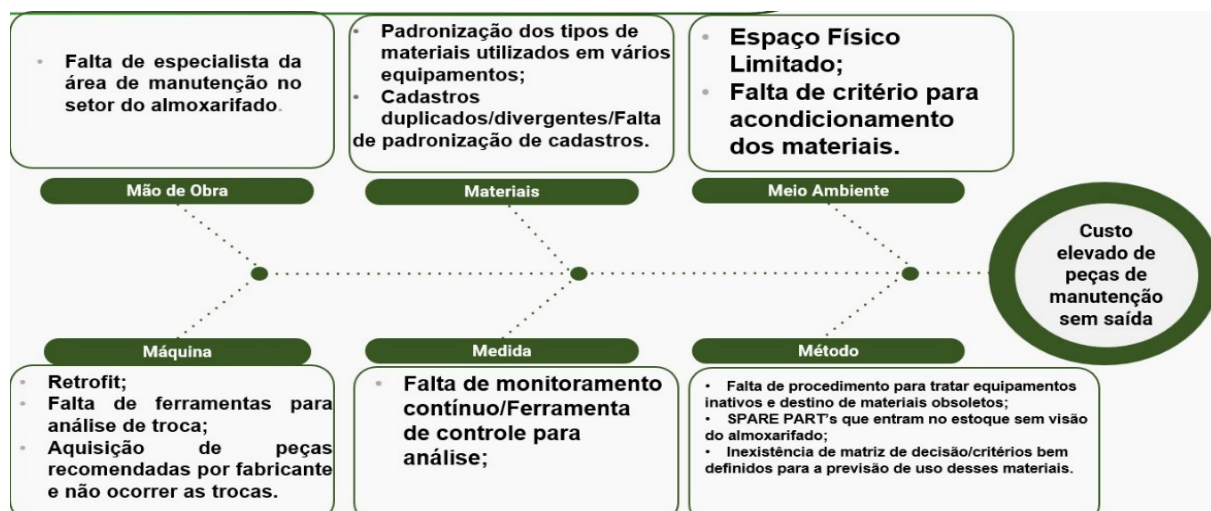


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

4.2.3 Fase Analisar (*Analyze*)

A etapa de análise teve como objetivo identificar as causas-raízes do problema de excesso de materiais de baixo giro. Para isso, foram utilizadas ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa, conforme demonstrado na Figura 9.

Figura 9 - Diagrama de Ishikawa

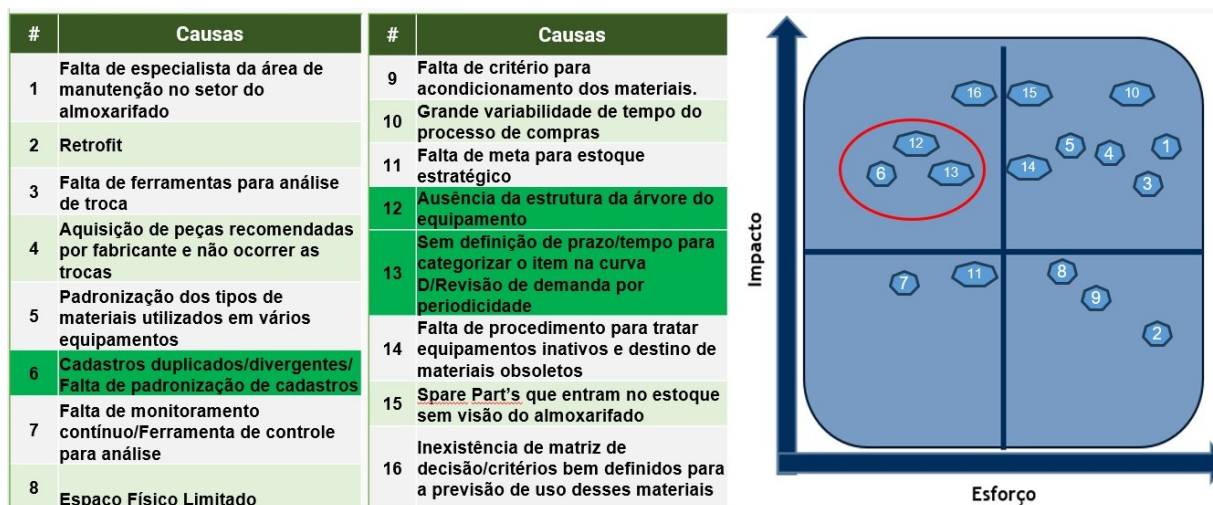


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Segundo Werkema (2012), a utilização do Diagrama de Ishikawa na fase *Analyze* do DMAIC é fundamental para direcionar corretamente as ações de melhoria, evitando soluções paliativas que não atacam as causas reais do problema. Dessa forma, a ferramenta contribuiu significativamente para o aprofundamento da análise e para o embasamento das ações propostas na etapa de melhoria.

Na sequência, a matriz de priorização cumpre o papel de desdobrar essa análise: de acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), a priorização adequada dessas ações é essencial para garantir o uso eficiente dos recursos organizacionais, evitando iniciativas caras e de baixo retorno, além de direcionar os esforços da equipe para as soluções mais viáveis a curto e médio prazo, conforme apresentado na figura 10.

Figura 10 - Matriz de impacto e esforço



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As principais causas identificadas foram:

- Falhas na padronização e atualização de cadastros
- Duplicidade de códigos de materiais
- Baixa rastreabilidade de utilização
- Ausência de revisão periódica dos itens
- Peças armazenadas associadas a equipamentos obsoletos

A análise evidenciou que o problema não estava restrito ao excesso de estoque, mas sim relacionado à falta de governança sobre os dados e processos. Esse resultado está alinhado aos princípios de Ishikawa (1986), que enfatizam a necessidade de compreender as causas sistêmicas dos problemas, e de Ohno (1988), que destaca o excesso de estoque como um dos principais desperdícios organizacionais. Observa-se que os resultados obtidos não se limitam à redução de custos, mas também refletem uma melhoria sistêmica na gestão dos processos, indicando maior maturidade organizacional na administração dos estoques.

4.2.4 Fase Melhorar (*Improve*)

Com base nas causas identificadas, foram implementadas ações de melhoria com foco na eliminação de desperdícios e na otimização dos recursos. Foram utilizadas as ferramentas *brainstorming* para levantar as soluções e a matriz básico conforme figura 11, para priorizar as soluções.

Figura 11 - Matriz B.A.S.I.C.O

Problema	Causa Raiz	Soluções	B	A	S	I	C	O	TOTAL
Custo elevado de peças de manutenção com baixo giro	6 - Cadastros duplicados/divergentes/ Falta de padronização de cadastros	Implementar Showroom de revisão	5	4	4	5	2	5	25
		IA para sanar duplicidades	5	5	5	2	3	2	22
		Solicitação feitas direto para o time de dados mestres	5	4	4	4	4	3	24
	12 - Ausência da estrutura da árvore do equipamento	Relacionar as peças com todos os equipamentos que atua	5	4	5	4	4	3	25
		Envolvimento de Fornecedores na construção da estrutura	4	5	4	2	4	2	21
	13 - Sem definição de prazo/tempo para categorizar o item na curva D/Revisão de demanda por periodicidade	Definir periodicidade fixa para revisão da Curva D	5	5	4	5	3	3	25
		Matriz de decisão - classificação ABC/XYZ vinculada ao consumo e criticidade	5	5	4	2	4	2	22
		Desenvolver painel de monitoramento de obsolescência das peças	5	5	4	4	3	3	24
		Criar política formal de gestão de itens sem giro	5	5	4	3	4	3	24
		Desenvolvimento de indicador: “% de itens revisados na curva D”	4	4	3	5	2	5	23

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Dentre as principais iniciativas, destacam-se:

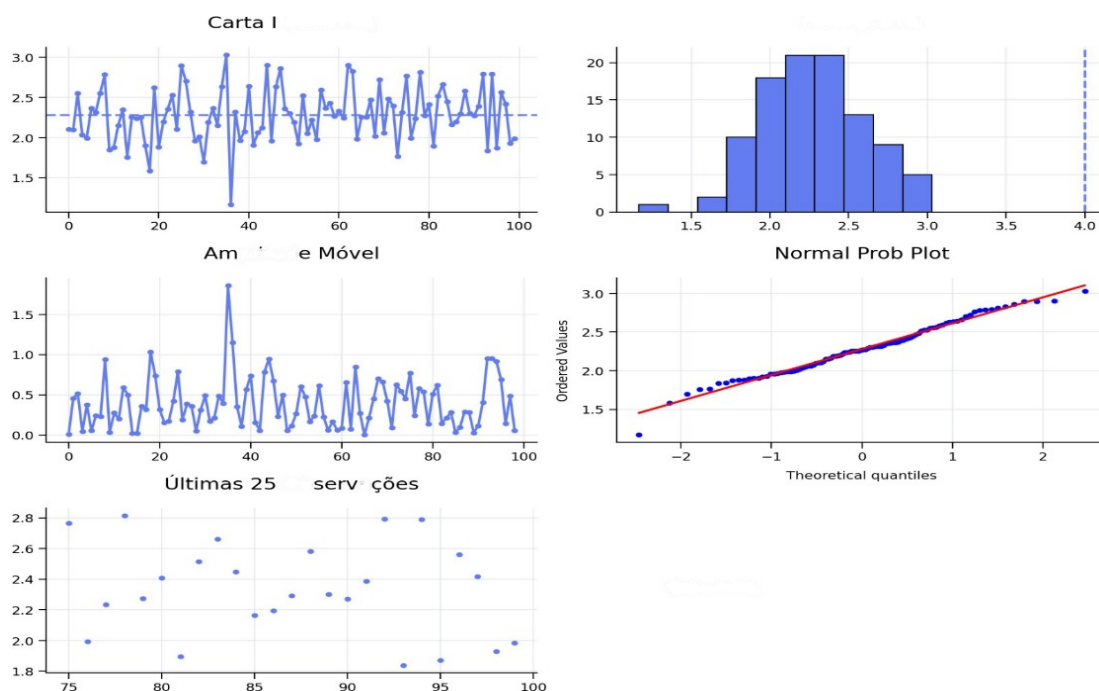
- Revisão e saneamento dos cadastros de materiais
- Eliminação de duplicidades
- Estruturação de critérios para revisão de estoque
- Implementação de gestão à vista
- Realização de leilão de materiais obsoletos ou de baixo giro

A realização do leilão representou um dos principais resultados do projeto, gerando um *saving* de aproximadamente R\$ 819 mil. Além do impacto financeiro direto, essa ação também proporcionou a liberação de espaço físico e a redução de custos indiretos relacionados à armazenagem.

Sob a ótica teórica, tais melhorias refletem os princípios do *Lean Six sigma*, que visam a eliminação de desperdícios e o aumento da eficiência dos processos (Womack; Jones, 2004).

Após as melhorias implementadas, o processo mostrou-se mais capaz, conforme figura 12 apresentada abaixo:

Figura 12 - Carta de controle (depois)



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise estatística realizada por meio da utilização de cartas de controle evidenciou que o processo se encontra sob controle estatístico, não sendo observadas a ocorrência de causas especiais de variação. Os pontos analisados permaneceram dentro dos limites de controle estabelecidos, indicando estabilidade e previsibilidade no comportamento do processo. O Cpk passou de 0,68 para 1,55, indicando que o processo não apenas reduziu sua variabilidade, mas também se encontra centrado em relação às especificações.

Nesse contexto, conforme destacado por Pannell (2022), as cartas de controle constituem uma ferramenta fundamental para o monitoramento da variabilidade, permitindo identificar desvios significativos e assegurar a estabilidade dos processos ao longo do tempo.

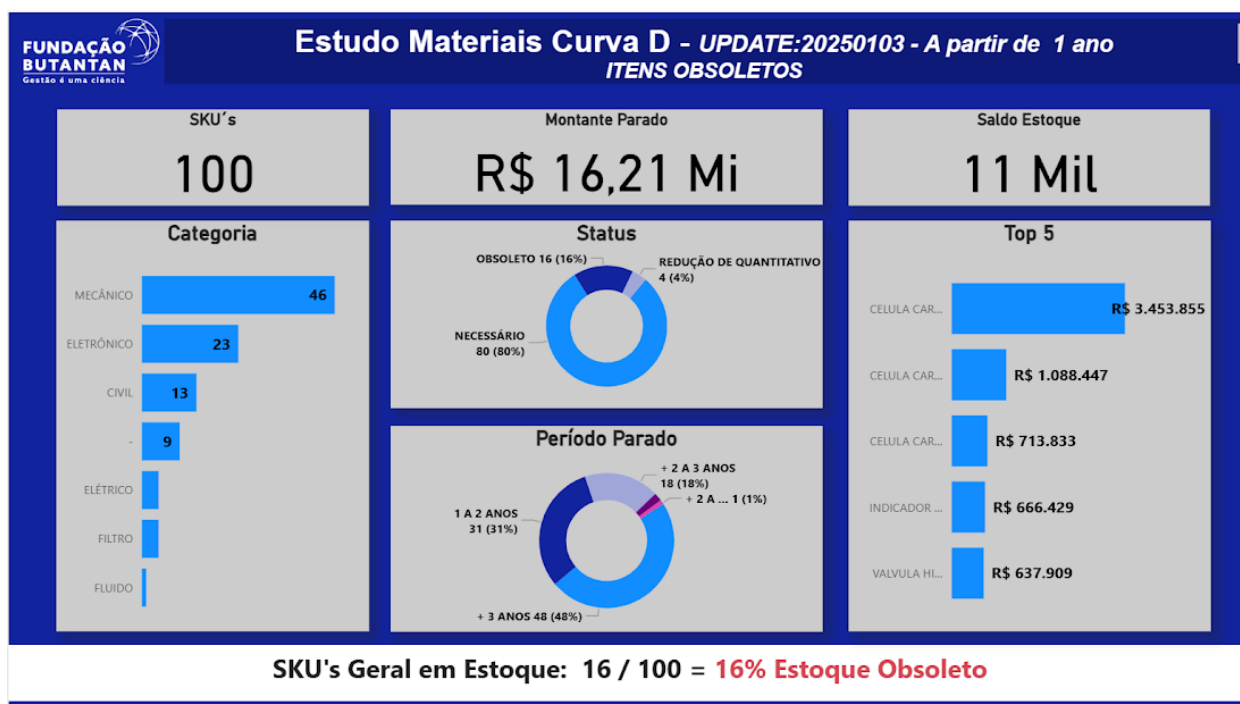
De acordo com os princípios do *Lean Six Sigma*, a aplicação dessa ferramenta é essencial para a avaliação da capacidade do processo, bem como para a verificação da sua aptidão em atender às especificações do cliente. Dessa forma, pode-se afirmar que o processo apresentou evolução em seu desempenho, tornando-se mais capaz, com redução da variabilidade e aumento da confiabilidade dos resultados, em consonância com os princípios da melhoria contínua e da excelência operacional.

4.2.5 Fase Controlar (Control)

Na fase de controle, foram implementados mecanismos para garantir a sustentabilidade das melhorias obtidas. Entre as ações destacam-se:

- Implantação de gestão à vista para acompanhamento dos indicadores, conforme figura 13.
- Utilização de sprints padronizados para monitoramento contínuo
- Estabelecimento de procedimentos para revisão periódica dos materiais
- Correlacionar as peças com seus devidos equipamentos no sistema ERP vigente, garantido a confiabilidade e acuracidade dos dados, conforme destacado na figura 14.

Figura 13 - Gestão à vista monitoramento



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 14 - Lista técnica de peças (BOM - Bill of Materials)

Local de instalação SPO-PR0034-BAC-AN01-SL0020		Vál. desde	22.08.24
Descrição SL 1020 - LAB BAC UND.II			
SPO-PR0034-BAC-AN01-SL0020		SL 1020 - LAB BAC UND.II	
Q	AU039	AUTOCLAVE - AU	
Q	PSV162	VALVULA DE SEGURANCA - PSV	
Q	PSV164	VALVULA DE SEGURANCA - PSV	
Q	INC126	INCUBADORA - INC	
Q	SPL100	SPLIT - SPL	
D	17004789	ACOPLADOR A RELE 220VAC 1122820000	5
D	17004416	AMORTECEDOR 0000000638	1
D	17006461	BANDA DE BORRACHA 800X500 7812 C	1
D	17004415	ANEL JUNTA SILIC C7736	2

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Essas práticas visam assegurar a continuidade das melhorias e evitar o retorno do problema, conforme destacado por Montgomery (2020), que ressalta a importância do controle estatístico e do monitoramento contínuo para a estabilidade dos processos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo contribui para a literatura ao demonstrar, por meio de um estudo de caso aplicado, como a metodologia DMAIC pode ser utilizada na gestão de estoques de manutenção, ampliando a aplicação prática dos conceitos de *Lean Six Sigma*.

O presente estudo atingiu satisfatoriamente os objetivos estabelecidos, evidenciando que a aplicação estruturada da metodologia DMAIC, integrada às práticas do *Lean Manufacturing*, constitui uma abordagem eficaz para a otimização do estoque de peças de manutenção, sobretudo no gerenciamento de itens de baixo giro. Os resultados obtidos demonstram ganhos relevantes na acuracidade dos cadastros, na padronização dos processos e no aumento da confiabilidade das informações, aspectos fundamentais para a tomada de decisão baseada em dados, conforme destacado por Pyzdek e Keller (2014).

Sob a perspectiva financeira, os impactos observados são expressivos e reforçam a relevância estratégica da gestão de estoques no contexto organizacional. A redução de materiais obsoletos e de baixo giro contribuiu diretamente para a diminuição do capital imobilizado, alinhando-se ao entendimento de Bowersox *et al.* (2014), que apontam o excesso de estoque como uma das principais fontes de ineficiência financeira nas cadeias de suprimentos. Nesse sentido, destacou-se a realização do leilão de materiais, que gerou um saving de aproximadamente R\$ 819 mil, além de promover a liberação de espaço físico e a redução de custos indiretos associados à armazenagem, como manutenção, movimentação e risco de obsolescência. Tal resultado evidencia que iniciativas de melhoria no estoque possuem impacto direto na saúde financeira da organização, contribuindo para a geração de valor e aumento da competitividade.

Adicionalmente, a implantação de mecanismos de controle, como a gestão à vista e os ciclos de acompanhamento por meio de sprints padronizados, mostrou-se essencial para garantir a sustentação dos ganhos ao longo do tempo. Segundo Montgomery (2020), a fase de controle em projetos de melhoria contínua é determinante para evitar regressões e assegurar a estabilidade dos processos aprimorados, o que foi verificado na consolidação das práticas implementadas neste estudo.

Entretanto, sob uma análise crítica, observa-se que parte das iniciativas ainda se encontra em fase de maturação, especialmente no que se refere à consolidação dos indicadores de desempenho (KPIs) e à revisão completa dos cadastros de materiais.

Essas limitações decorrem, principalmente, da complexidade dos processos

internos, do elevado volume de dados a serem tratados e da necessidade de ajustes estruturais nos sistemas corporativos. Tal cenário evidencia uma lacuna comum em projetos de melhoria contínua: a dificuldade de integração entre mudanças operacionais e a atualização de bases sistêmicas, o que pode comprometer a velocidade de evolução dos resultados se não houver priorização organizacional adequada.

Dessa forma, conclui-se que a utilização do DMAIC não apenas possibilitou a identificação e mitigação de desperdícios no estoque de manutenção, mas também promoveu impactos financeiros significativos e sustentáveis para a organização. Além disso, o estudo evidencia que a adoção de uma abordagem estruturada de melhoria contínua, aliada à disciplina na execução e monitoramento das ações, é fundamental para garantir resultados consistentes e duradouros.

Sob a perspectiva estratégica, os resultados obtidos evidenciam que a gestão de estoques deixa de ser apenas uma atividade operacional e passa a atuar como um componente fundamental na geração de valor organizacional, contribuindo diretamente para a competitividade e sustentabilidade financeira da empresa.

Por fim, recomenda-se a continuidade das ações iniciadas, com foco na consolidação dos KPIs, na automação dos controles sistêmicos e no aprofundamento das análises preditivas de consumo. Tais iniciativas podem ampliar ainda mais os benefícios obtidos, consolidando a gestão de estoque como um pilar estratégico para a eficiência operacional e a sustentabilidade financeira da organização.

6 REFERÊNCIAS

AIAG; VDA. AIAG & VDA FMEA handbook: design FMEA, process FMEA, supplemental FMEA for monitoring & system response. 1. ed. Southfield: AIAG, 2019.

ASQ (AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY). DMAIC process: define, measure, analyze, improve, control. Milwaukee: ASQ, 2026. Disponível em: <https://asq.org/quality-resources/dmaic>. Acesso em: 9 maio 2026.

BALARDIM, Bruna. Lean manufacturing: o que é, origem e benefícios. 2019. Disponível em: <https://www.terzoni.com.br/leanblog/>. Acesso em: 9 maio 2026.

BALLOU, Ronald H. Business logistics/supply chain management. 5. ed. New Jersey: Pearson Education, 2004.

BLOG DA QUALIDADE. O que é o ciclo DMAIC? Saiba como funciona! Blog da Qualidade, 21 jun. 2018. Disponível em: <https://blogdaqualidade.com.br/o-que-e-dmaic/>. Acesso em: 9 maio 2026.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby; BOWERSOX, John C. Supply chain logistics management. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2014.

CHRISTOPHER, Martin. Logistics & supply chain management. 5. ed. Harlow: Pearson, 2016.

CRESWELL, John W. Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 4. ed. Thousand Oaks: Sage, 2014.

GEORGE, M. L. Lean Six Sigma: combining Six Sigma quality with lean production speed. New York: McGraw-Hill, 2002.

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

ISHIKAWA, Kaoru. Guide to quality control. 2. ed. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1986.

LABONE. MRP: o que é e como funciona? Labone - Flyin' To Next Level, 26 fev. 2021. Disponível em: <https://www.laboneconsultoria.com.br/o-que-e-o-mrp-e-como-usar/>. Acesso em: 9 maio 2026.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MONTGOMERY, Douglas C. Introduction to statistical quality control. 8. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020.

NORTEGUBISIAN. Home - Nortegubisian melhoria de processos. Nortegubisian, 2025. Disponível em: <https://www.nortegubisian.com.br/>. Acesso em: 9 maio 2026.

OHNO, Taiichi. Toyota production system: beyond large-scale production. Cambridge: Productivity Press, 1988.

ORLICKY, Joseph. Material requirements planning: the new way of life in production and inventory management. New York: McGraw-Hill, 1975.

PANNELL, R. Control charts Six Sigma: statistical process control charts. Leanscape, 2022. Disponível em: <https://leanscape.io>. Acesso em: 26 maio 2026.

PORTER, Michael E. Competitive advantage: creating and sustaining superior performance. New York: Free Press, 1985.

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.

PYZDEK, Thomas; KELLER, Paul A. The Six Sigma handbook. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2014.

SANKHYA. Curva ABC: o que é e sua importância para o controle de estoque. Sankhya Gestão de Negócios, 26 mar. 2025. Disponível em: <https://www.sankhya.com.br/gestao-de-negocios/curva-abc/>. Acesso em: 9 maio 2026.

SIXSIGMA.US. The ultimate guide to control charts in Six Sigma. 2024. Disponível em: <https://sixsigma.us>. Acesso em: 26 maio 2026.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Operations management. 6. ed. Harlow: Pearson Education, 2009.

WERKEMA, Maria Cristina. Lean Six Sigma: introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. 2012.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. A máquina que mudou o mundo. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

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