



**Universidade Federal do Paraná**  
**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu**  
**Engenharia Industrial 4.0**



**CLEBER ALVES DA SILVA**  
**LUCIVANDRO DE OLIVEIRA DA LUZ**

**IMPLANTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DE CUSTOS NA  
MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS: UM ESTUDO DE CASO**

**CURITIBA**  
**2023**

CLEBER ALVES DA SILVA  
LUCIVANDRO DE OLIVEIRA DA LUZ

**IMPLANTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DE CUSTOS NA  
MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Qualidade 4.0 - Certificado Black Belt. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Regina Mazia

**CURITIBA  
2023**

## RESUMO

O projeto Black Belt, realizado no âmbito do Instituto de Inovação em Eletroquímica do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), vinculado à Federação das Indústrias do Paraná (FIEP), teve como objetivo principal reduzir os custos operacionais e otimizar o uso e manuseio de equipamentos na organização. Foram implementadas medidas como a criação de procedimentos padrões detalhados para o uso dos equipamentos, a disseminação de boas práticas durante as integrações de novos colaboradores e reuniões periódicas com a equipe. Além disso, foi desenvolvida uma planilha de *Business Intelligence* para monitorar as manutenções preventivas e calibrações. Com a implementação dessas ações, o Instituto Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de Inovação em Eletroquímica alcançou uma redução média de 13,8% nos custos ao longo dos anos, atingindo a meta estabelecida de redução de 10% nos custos médios anuais para o ano de 2023. Essas melhorias resultaram em um aumento do lucro médio anual, fortalecendo a eficiência operacional e a competitividade do Instituto.

Palavras-chave: manutenção, custos operacionais, otimização de equipamentos

## ABSTRACT

The Black Belt initiative, conducted under the purview of the Electrochemical Innovation Institute at the National Industrial Learning Service, linked to the Federation of Industries of Paraná, had as its main objective to reduce operational costs and optimize the use and handling of equipment within the organization. Measures were implemented, such as creating detailed standard procedures for equipment usage, disseminating best practices during the onboarding of new employees, and holding regular meetings with the team. Additionally, a Business Intelligence spreadsheet was developed to monitor preventive maintenance and calibrations. Through the implementation of these actions, the Electrochemical Innovation Institute of the National Industrial Learning Service achieved an average cost reduction of 13.8% over the years, reaching the established goal of a 10% reduction in average annual costs for the year 2023. These improvements resulted in an increase in average annual profit, strengthening operational efficiency and the competitiveness of the Institute.

Keywords: maintenance, operational costs, equipment optimization

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DMAIC .....	13
FIGURA 2 – ETAPAS DO SIPOC .....	21
FIGURA 3 – ERP DO SISTEMA FIEP .....	22
FIGURA 4 – DADOS HISTÓRICOS DOS GASTOS COM CALIBRAÇÕES AO LONGO DO TEMPO .....	23
FIGURA 5 – COMPARATIVO DOS GASTOS COM MANUTENÇÕES E CALIBRAÇÕES AO LONGO DO TEMPO .....	24
FIGURA 6 – ESTRATIFICAÇÃO DOS DADOS PARA MANUTENÇÃO E CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS .....	27
FIGURA 7 – PREVISÃO DE GASTOS COM MANUTENÇÃO EM 2023 .....	31
FIGURA 8 – PREVISÃO DE GASTOS COM CALIBRAÇÃO EM 2023 .....	32
FIGURA 9 – DIAGRAMA DE CAUSAS POTENCIAIS .....	35
FIGURA 10 – MATRIZ DE PROBABILIDADE DE IMPACTO .....	36
FIGURA 11 – PRIORIZAÇÃO DAS CAUSAS .....	37
FIGURA 12 – PLANILHA EXCEL DE CONTROLE DE COMPRAS .....	39
FIGURA 13 – PLANILHA EXCEL DE CONTROLE DE COMPRAS .....	40
FIGURA 14 – COMPROVAÇÃO DAS CAUSAS .....	41
FIGURA 15 – MATRIZ BÁSICO .....	43
FIGURA 16 – MODELO DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL (POP) .....	47
FIGURA 17 – DASHBOARDS DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÕES E CALIBRAÇÕES DE EQUIPAMENTOS .....	48
FIGURA 18 – DADOS DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO E CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS .....	49
FIGURA 19 – KITS DE FERRAMENTAS PARA MANUTENÇÕES INTERNAS .....	50

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ESPECIFICAÇÕES SIPOC .....	20
TABELA 2 – ESTRATIFICAÇÃO DOS GASTOS COM MANUTENÇÃO POR TIPOLOGIA DE GRUPO DE EQUIPAMENTOS .....	29
TABELA 3 – ESTRATIFICAÇÃO DOS GASTOS COM CALIBRAÇÃO POR TIPOLOGIA DE GRUPO DE EQUIPAMENTOS .....	29
TABELA 4 – ESTRATIFICAÇÃO DA DEPRECIÇÃO MENSAL POR TIPOLOGIA DE EQUIPAMENTOS.....	30
TABELA 5 – DEPRECIÇÃO MENSAL – JAN A DEZ DE 2022 .....	33
TABELA 6 – RESUMO DAS CAUSAS FUNDAMENTAIS E SOLUÇÕES PROPOSTAS.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BI	Business Intelligence / Inteligência de negócios
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve and Control</i> / Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
ERP	Enterprise Resource Planning / Planejamento de Recursos Empresariais
FIEP	Federação das Indústrias do Paraná
KPIs	Key Performance Indicator / Indicadores-Chave de Desempenho
NF	Notas Fiscais
POP	Procedimento Operacional Padrão
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output and Customer</i> / Fornecedor, Entradas, Processo, Saídas e Cliente

## CONTEÚDO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	8
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	9
1.3. JUSTIFICATIVA	9
1.4. HIPÓTESE	9
1.5. OBJETIVO	10
1.5.1. Objetivo Específico	10
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>12</b>
2.1. CONCEITOS DA METODOLOGIA DMAIC	12
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>19</b>
3.1. FASE DEFINIR	19
3.1.1. Definição do problema	19
3.1.2. Definição dos principais processos	20
3.1.3. Comprovação da confiabilidade dos dados	21
3.1.4. Comportamento dos dados ao longo do tempo	22
3.1.5. Definição da Meta	25
3.2. FASE MEDIR	26
3.2.1. Estratificação dos dados	26
3.2.2. Confiabilidade	27
3.2.3. Descrição dos focos do problema	28
3.2.4. Dados Históricos dos focos dos problemas	30
3.2.5. Definição das Metas	33
3.2.6. Comprovação da meta global	34
3.3. FASE ANALISAR	34
3.3.1. Descrição das priorizações	36
3.3.2. Comprovação das causas priorizadas	38
3.4. FASE IMPROVE	41
3.4.1. Priorização das soluções	42
3.4.2. Descrição do plano de ação	44
3.5. FASE CONTROLAR	45
3.5.1. Descrição do alcance da meta	45
3.5.2. Obtenção do retorno financeiro	45
3.5.3. Descrição dos padrões para manutenção dos resultados	46

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>51</b>
4.1. APONTAMENTO DE OPORTUNIDADE DE MELHORIAS .....	51
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>58</b>
ANEXO A – FLUXO DE PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	59
ANEXO B – FLUXO DE PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CALIBRAÇÃO	
60	
ANEXO C – PLANILHA 5W2H .....	61

## **1. INTRODUÇÃO**

A eficiente manutenção de equipamentos desempenha um papel crucial no bom funcionamento e na produtividade das organizações. No entanto, muitas empresas enfrentam desafios significativos relacionados aos altos custos de manutenção, o que pode afetar diretamente sua competitividade e rentabilidade. O Instituto de Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de Inovação em Eletroquímica, pertencente à Federação das Indústrias do Paraná (FIEP), não é exceção a essa realidade. A falta de medidas preventivas e a ausência de uma abordagem estratégica em relação à manutenção resultam em custos extras, redução da vida útil dos equipamentos e interrupções não planejadas. Esses problemas têm impacto direto nos preços dos produtos oferecidos pelo instituto.

Diante desse contexto desafiador, este trabalho se propõe a abordar a problemática enfrentada pelo Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica, investigando estratégias e medidas que possam ser implementadas para otimizar a manutenção de seus equipamentos. Por meio da aplicação dos princípios do Six Sigma, um conjunto de métodos e ferramentas amplamente reconhecidos para a melhoria de processos, busca-se identificar oportunidades de redução de custos, aumento da eficiência operacional e prolongamento da vida útil dos equipamentos.

### **1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

O Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica, vinculado à Federação das Indústrias do Paraná, desempenha um papel fundamental no cenário da pesquisa e inovação, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico do setor industrial. No entanto, o instituto enfrenta um desafio significativo relacionado aos altos custos de manutenção de seus equipamentos. A falta de medidas preventivas e uma abordagem reativa à manutenção resultam em custos extras, redução da vida útil dos equipamentos e impacto direto nos preços dos produtos oferecidos.

Além disso, a natureza da pesquisa e inovação realizadas pelo instituto exige uma infraestrutura sofisticada e tecnologicamente avançada, com equipamentos complexos e sensíveis. A manutenção eficiente e o funcionamento contínuo desses equipamentos são cruciais para as atividades de pesquisa e para a competitividade do instituto no mercado.

Nesse contexto, é fundamental encontrar soluções que otimizem os processos de manutenção, visando à eficiência operacional e à melhoria da competitividade do Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica. A redução dos custos de manutenção, a maximização da disponibilidade dos equipamentos e a minimização das paradas não planejadas são fatores essenciais para o sucesso do instituto.

## **1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

Diante dos altos custos de manutenção enfrentados pelo Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica, a questão central que orienta esta monografia é: Como otimizar os processos de manutenção dos equipamentos, visando à redução de custos e à maximização da eficiência operacional do instituto?

## **1.3. JUSTIFICATIVA**

A importância deste estudo reside no impacto direto que a otimização da manutenção de equipamentos pode ter nos resultados financeiros e na competitividade do Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica. A redução dos custos de manutenção permitirá ao instituto alocar recursos financeiros de forma mais eficiente, investindo em áreas estratégicas de pesquisa e inovação. Além disso, a maximização da disponibilidade dos equipamentos e a minimização das paradas não planejadas contribuirão para aumentar a produtividade, a qualidade e a confiabilidade dos serviços prestados pelo instituto.

## **1.4. HIPÓTESE**

Com base nas alternativas e em referências a trabalhos anteriores que propõem soluções semelhantes, hipotetiza-se que a implementação de estratégias de otimização da manutenção de equipamentos, embasadas nos princípios do Six Sigma, no Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica, resultará na redução significativa dos custos associados, no aumento da eficiência operacional e no prolongamento da vida útil dos equipamentos.

Estudos anteriores, como o trabalho de Miranda e Siqueira (2021) e o estudo de caso realizado por Falcão (2022), demonstraram que a aplicação das técnicas e metodologias do Six Sigma na gestão da manutenção pode levar a melhorias substanciais em termos de redução de custos e aumento da disponibilidade dos equipamentos. Além disso, as abordagens propostas por Pinto *et al.* (2017) apresentaram resultados promissores na otimização da manutenção e na maximização do tempo de atividade dos equipamentos.

Com base nessas referências e nas alternativas disponíveis, acredita-se que a implementação de estratégias de otimização da manutenção, como a adoção de um plano de manutenção preventiva, a implementação de técnicas de monitoramento contínuo e a melhoria dos processos de reparo, poderá resultar em uma redução significativa dos custos de manutenção, bem como na minimização de paradas não planejadas e na melhoria geral da eficiência operacional do Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica.

## 1.5. OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo propor soluções para otimizar os processos de manutenção no Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica, visando à redução de custos de manutenção em 10% durante o ano de 2023.

### 1.5.1. Objetivo Específico

Para alcançar o objetivo, os seguintes objetivos específicos serão perseguidos:

- a) Realizar uma análise detalhada dos processos atuais de manutenção no instituto, identificando lacunas na aplicação de manutenção preventiva e práticas inadequadas de uso e manuseio de equipamentos;
- b) Desenvolver e implementar uma planilha de *Business Intelligence* / Inteligência de negócios (BI) com *Key Performance Indicator* / Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs) para monitorar os custos de manutenção, permitindo o controle mais eficiente dos gastos e a identificação de oportunidades de redução que contribuam para a meta de 10% de redução em 2023;

- c) Promover a capacitação da equipe, fornecendo treinamentos específicos sobre boas práticas de manutenção e uso adequado dos equipamentos, visando a melhorias operacionais e redução de custos;
- d) Estabelecer e implementar ferramentas para manutenção interna de equipamentos, permitindo intervenções rápidas e eficientes para evitar a deterioração e prolongar a vida útil dos equipamentos, contribuindo para a redução de custos almejada.

Espera-se que essa pesquisa resulte na implementação de medidas concretas que contribuam para a redução de custos de manutenção no Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica durante o ano de 2023, por meio da adoção de práticas de manutenção preventiva, controle de gastos, uso adequado dos equipamentos e melhoria geral da gestão dos equipamentos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É essencial que as empresas sejam capazes de identificar e solucionar problemas, otimizar processos e alcançar resultados consistentes. Nesse contexto, a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control* / Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) tem se destacado como uma abordagem estruturada e eficaz para aprimorar a qualidade e a eficiência dos processos organizacionais (OLIVEIRA, 2018).

O DMAIC, originário do Sistema de Gerenciamento da Qualidade Seis Sigma, é um ciclo de melhoria composto por cinco etapas distintas. A primeira etapa, "*Define*", envolve a identificação clara do problema ou oportunidade de melhoria, estabelecendo metas e objetivos específicos. A segunda etapa, "*Measure*", concentra-se na coleta e análise de dados para quantificar o desempenho atual e identificar áreas críticas. Em seguida, a etapa "*Analyze*" busca compreender as causas raiz dos problemas, utilizando ferramentas estatísticas e análises detalhadas. A quarta etapa, "*Improve*", visa desenvolver soluções e implementar mudanças para otimizar os processos. Por fim, a etapa "*Control*" consiste na definição de medidas de controle para garantir que as melhorias sejam sustentáveis a longo prazo (COLOÇO, 2014).

Diante da relevância e aplicabilidade do DMAIC, esta revisão bibliográfica tem como objetivo explorar os estudos e as aplicações do DMAIC. A análise crítica dessas fontes de informação proporcionará uma compreensão mais aprofundada desta ferramenta e suas contribuições para a excelência operacional e o sucesso das organizações.

### 2.1. CONCEITOS DA METODOLOGIA DMAIC

A metodologia DMAIC é determinado pelas seguintes etapas: *Define, Measure, Analyze, Improve e Control*. A Figura 1 ilustra o fluxograma do DMAIC, juntamente com seus objetivos e as ferramentas usuais utilizadas na elaboração de um projeto Lean Six Sigma.

FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DMAIC



FONTE: RODRIGUES (2008).

### 2.1.1 Definir

A etapa “Definir” é a primeira fase do DMAIC, onde são estabelecidos os objetivos do projeto e são definidos os requisitos do cliente. Nessa fase, busca-se compreender a necessidade do cliente e definir claramente o problema a ser solucionado (FIGUEIREDO, 2006).

Durante esta etapa é necessário definir o problema de forma precisa e mensurável, estabelecendo limites claros e identificando as métricas-chave a serem utilizadas. Além disto é necessário realizar uma análise detalhada do processo atual, identificar as lacunas de desempenho e definir metas realistas para a melhoria (WERKEMA, 2012). É de extrema relevância estabelecer uma visão clara e alinhada com os objetivos estratégicos da organização, pois é necessário compreender as necessidades dos clientes e as expectativas do mercado para direcionar o foco do projeto (MERGULHÃO, 2007)

De acordo com o livro *"The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance"* (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000), uma parte crucial da etapa de Definir no DMAIC é a necessidade de estabelecer métricas-chave e uma linha de base para medir o desempenho atual. O livro ressalta a

importância de obter dados confiáveis e realizar uma análise detalhada para identificar as principais causas de problemas e oportunidades de melhoria.

Nesta etapa, é fundamental identificar os processos críticos que estão associados a resultados insatisfatórios, tais como reclamações de clientes, custos elevados de mão de obra, baixa qualidade de suprimentos, erros de forma, entre outros (CARVALHO; PALADINI, 2016). Recomenda-se a utilização da Carta de Projeto (Project Charter) nessa etapa, um documento formal que possibilita a condução de uma análise sistemática para o projeto em questão (WERKEMA, 2012). Nesse documento, é essencial incluir informações detalhadas sobre os objetivos a serem alcançados, demonstrando valor para o negócio, estabelecendo limites e recursos, comunicando metas e planos, além de identificar os clientes e suas necessidades (LIN *et al.*, 2013).

### 2.1.2 Medir

Na fase “Medir”, é essencial coletar informações detalhadas sobre a situação atual, obtendo dados de desempenho do processo e identificando áreas problemáticas. O mapeamento do processo a ser analisado é fundamental para facilitar discussões futuras sobre o projeto e abranger todas as atividades relevantes (FIGUEIREDO, 2006).

Ainda segundo o autor, nesta fase, é essencial estabelecer sistemas que realizem medições significativas para adquirir informações sobre as operações e os indicadores de eficiência do processo. Após a análise e mapeamento detalhado do processo, são identificadas as variáveis de entrada e saída, e em seguida, são relacionadas às causas e efeitos observados. Essa etapa possibilita estabelecer um sistema de medição adequado, capaz de determinar a capacidade atual do processo (Reis, 2016). Durante a etapa de medição, são utilizadas diversas ferramentas de controle de qualidade, tais como Capabilidade, Diagrama de Pareto e teste de normalidade. O uso correto dessas ferramentas desempenha um papel fundamental na criação de planos de ação direcionados para o processo em questão (WERKEMA, 2012).

Segundo o estudo de Anthony, Escamilla e Caine (2003), a fase "medir" no DMAIC é fundamental para estabelecer uma base sólida para a melhoria. Os autores enfatizam a importância de coletar dados precisos e confiáveis para medir o desempenho atual do processo. Eles destacam a necessidade de identificar e selecionar as métricas apropriadas que permitam uma avaliação objetiva e quantitativa do processo em

questão. Além disso, o estudo destaca a importância de estabelecer uma linha de base para comparar o desempenho futuro e medir o progresso ao longo do projeto.

De acordo com Breyfogle III (2003), a fase "medir" do DMAIC é caracterizada pelo enfatizado uso de ferramentas estatísticas e técnicas de amostragem para analisar os dados coletados. O autor explora a aplicação de gráficos de controle, análise de capacidade de processo e outras técnicas estatísticas relevantes para identificar variações e tendências no processo.

### 2.1.3 Analisar

Na fase "Analisar", os dados coletados são analisados para identificar as causas-raiz dos problemas e as oportunidades de melhoria. Nessa etapa, técnicas estatísticas e ferramentas de análise são aplicadas (FIGUEIREDO, 2006).

Segundo Montgomery (2020) essa fase desempenha um papel crucial na identificação das causas raiz dos problemas e na busca por oportunidades de melhoria. O autor explora o uso de ferramentas estatísticas, como gráficos de dispersão, análise de regressão, análise de variância (ANOVA) e outras técnicas de análise de dados, para investigar a relação entre variáveis e identificar possíveis fatores de influência.

De acordo com Pyzdek e Keller (2010) a fase "Analisar" do DMAIC tem como objetivo identificar e compreender as relações de causa e efeito no processo, visando determinar as principais fontes de variação e identificar as causas raiz dos problemas. Os autores destacam a aplicação de técnicas estatísticas, como análise de regressão, análise de correlação, testes de hipóteses e análise de causa e efeito (Ishikawa), para auxiliar na investigação dos dados coletados e na identificação de relações entre as variáveis do processo.

Adicionalmente, Pyzdek e Keller (2010) ressaltam a importância de analisar os dados de forma sistemática, buscando identificar padrões, tendências e anomalias que possam impactar o desempenho do processo. Os autores enfatizam a necessidade de utilizar métodos estatísticos apropriados para quantificar a magnitude das melhorias alcançadas e avaliar a eficácia das soluções propostas.

Essas ferramentas estatísticas da qualidade têm como o objetivo, identificar tanto as causas evidentes quanto as não evidentes. Considerando a variabilidade do processo, é importante utilizar um software estatístico que facilite os cálculos e demonstrações

gráficas. O uso prático dessas ferramentas estatísticas fortalece toda a metodologia (CARVALHO; PALADINI, 2016).

A etapa de análise é dedicada ao entendimento do problema em questão, buscando identificar as causas fundamentais e a frequência das ocorrências. Algumas ferramentas utilizadas nessa análise são o brainstorming e o diagrama de causa e efeito, que juntos geram dados que serão usados na criação da matriz esforço x impacto. Esses dados, por sua vez, serão utilizados para a elaboração do plano de ação na etapa de melhoria (WERKEMA, 2012).

De acordo com ~~os autores~~ Carvalho e Paladini (2016), o diagrama conhecido como gráfico de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, em referência ao engenheiro japonês Kaoru Ishikawa (1915-1989), que o criou em 1943, tem como objetivo analisar as operações dos processos produtivos. Ele evidencia as causas que levam a defeitos específicos. Dessa forma, caso o efeito seja prejudicial, as causas podem ser eliminadas, e se for benéfico, pode-se fortalecê-las, garantindo sua continuidade. Esse diagrama permite a análise de ações, desempenho de equipamentos, comportamento de materiais, impacto do ambiente na ação produtiva, além de envolver avaliação de medidas, métodos e operações.

#### 2.1.4 Melhorar

Essa fase tem como objetivo sugerir, avaliar e propor soluções para os problemas mais relevantes, com base nas causas de variabilidade analisadas na etapa anterior. As soluções encontradas devem ser implementadas de forma a facilitar a eliminação das causas raízes do problema, priorizando as soluções para os problemas considerados mais relevantes. Nesse processo, a ferramenta de qualidade 5W2H é utilizada como suporte para a criação de um plano de ação (WERKEMA, 2012).

De acordo com Franklin e Nuss (2006), a ferramenta 5W2H consiste em ações planejadas em resposta aos problemas identificados, de forma simples e assertiva. Essas ações devem ser executadas e implementadas seguindo um roteiro passo a passo, respeitando as etapas estabelecidas.

Pode-se dizer que na fase “Melhorar”, são desenvolvidas e implementadas soluções para resolver os problemas identificados. Essa etapa envolve a geração de alternativas de solução, o teste de pilotos e a implementação das melhorias.

Werkema (2012) aborda a importância da fase "melhorar" do DMAIC, destacando a necessidade de gerar e implementar soluções efetivas para resolver as causas raiz identificadas durante a fase de análise.

Segundo Figueiredo (2006), a fase "melhorar" do DMAIC desempenha um papel crucial na melhoria da eficiência dos processos. O autor destaca a importância de combinar as metodologias Lean e Six Sigma para alcançar resultados significativos. Ele enfatiza o uso de ferramentas avançadas, como Planejamento de Experimentos (DOE) e Análise de Regressão, para impulsionar as melhorias. Além disso, ressalta a necessidade de envolver e capacitar a equipe, promovendo a colaboração e a busca pela melhoria contínua.

### 2.1.5 Controlar

Essa etapa desempenha um papel fundamental na estrutura da metodologia Seis Sigma, proporcionando suporte ao processo. Segundo Da Fonte (2008), seu objetivo é controlar o sistema de forma a garantir que não ocorram mudanças inesperadas. O foco principal da etapa de controle é preservar os conhecimentos e melhorias adquiridos ao longo da aplicação do método DMAIC por um longo período de tempo.

Ainda segundo o autor, diversas atividades estão associadas a essa fase, incluindo o treinamento dos envolvidos, a implementação do plano em sua totalidade, o registro do novo sistema, o monitoramento do sistema, a disseminação do conhecimento e das melhorias obtidas, a análise dos benefícios alcançados e a celebração das conquistas. Em suma, na fase "Controlar", podemos dizer que são estabelecidos mecanismos para monitorar e controlar os processos aprimorados, garantindo assim a sustentabilidade das melhorias ao longo do tempo.

De acordo com George (2002) a fase de controle tem como objetivo principal manter os ganhos alcançados nas fases anteriores. Eles enfatizam a importância de implementar sistemas robustos de controle para garantir a estabilidade e a sustentabilidade das melhorias.

O autor também aborda a importância de estabelecer sistemas de feedback contínuo e revisões periódicas dos processos para garantir a manutenção das melhorias ao longo do tempo. Eles enfatizam a necessidade de uma abordagem baseada em dados e fatos, assegurando que as decisões sejam tomadas com base em informações confiáveis e precisas.

Além disso, o livro destaca a importância de uma cultura de melhoria contínua, com a participação de todos os níveis da organização na implementação e manutenção das melhorias. O autor ressalta que o controle eficaz é essencial para fornecer produtos e serviços de alta qualidade, atender às expectativas dos clientes e alcançar resultados sustentáveis.

Segundo Jirasukprasert et al. (2014) é importante manter uma comunicação efetiva e a documentação adequada durante essa fase, a fim de garantir a compreensão e adesão às práticas estabelecidas. Conforme Santos (2006), é importante envolver todos os stakeholders relevantes e manter um processo contínuo de monitoramento e avaliação, a fim de garantir a sustentação dos ganhos obtidos e evitar a regressão dos processos.

### **3. METODOLOGIA**

Ao utilizar a metodologia DMAIC, aliada a medidas preventivas e criação de indicadores, espera-se fornecer à organização um roteiro estruturado para alcançar uma redução de custos com manutenção significativa e sustentável. A implementação dessa metodologia pode contribuir para a maximização da eficiência operacional e a obtenção de resultados financeiros mais favoráveis, fortalecendo a competitividade da organização no mercado.

#### **3.1. FASE DEFINIR**

##### **3.1.1. Definição do problema**

Após a análise dos gastos relacionados à manutenção e calibração no período de 2020 a 2022, foi observada uma variação considerável, sem consistência evidente. Essa instabilidade pode ser atribuída à sazonalidade relacionada ao encerramento de projetos e à aquisição de novos equipamentos.

Com base nos dados levantados, foi estabelecida uma meta de redução de R\$ 14.252,49 nos gastos médios com manutenção e uma diminuição de R\$ 1.086,53 nos gastos médios com calibração. Essas medidas visam otimizar a alocação de recursos e reduzir os custos operacionais.

Além disso, espera-se alcançar um lucro médio de R\$ 15.339,02 até o ano de 2023, considerando as ações de redução de gastos implementadas. Esses resultados financeiros refletem a busca contínua pela eficiência e pelo crescimento econômico da organização.

Ao estabelecer metas claras de redução de custos e almejar um lucro médio significativo, a empresa demonstra seu compromisso em melhorar sua saúde financeira e fortalecer sua posição no mercado. As ações tomadas para controlar os gastos com manutenção e calibração representam uma estratégia proativa para alcançar resultados econômicos mais favoráveis e sustentáveis a longo prazo.

### 3.1.2. Definição dos principais processos

Durante essa etapa, utilizou-se a ferramenta SIPOC para definir os principais processos envolvidos na elaboração do projeto. O SIPOC, acrônimo para *Supplier* (Fornecedor), *Inputs* (Entradas), *Process* (Processos), *Outputs* (Saídas) e *Customers* (Clientes), é composto por cinco especificações essenciais. A Tabela 1 a seguir apresenta essas especificações e sua relação com o projeto em questão:

TABELA 1 – ESPECIFICAÇÕES SIPOC

<b>Especificações</b>	<b>Descrição</b>
<b>Supplier</b>	Identifica os fornecedores envolvidos
<b>Inputs</b>	Enumera as entradas necessárias
<b>Process</b>	Descreve os processos chave
<b>Outputs</b>	Destaca as saídas esperadas
<b>Customers</b>	Identifica os clientes beneficiados

FONTE: AUTOR (2023)

A utilização do SIPOC oferece uma visão holística dos principais elementos envolvidos no projeto, permitindo uma compreensão clara dos fluxos de trabalho, das dependências e dos resultados esperados. Essa ferramenta serve como um guia para a identificação e documentação adequada dos processos essenciais, garantindo uma base sólida para o planejamento e a execução do projeto. Ao adotar o SIPOC, é possível visualizar e comunicar de forma eficiente as etapas necessárias para alcançar os objetivos propostos, além de identificar potenciais pontos de melhoria ao longo do processo, conforme ilustra a Figura 2.

FIGURA 2 – ETAPAS DO SIPOC



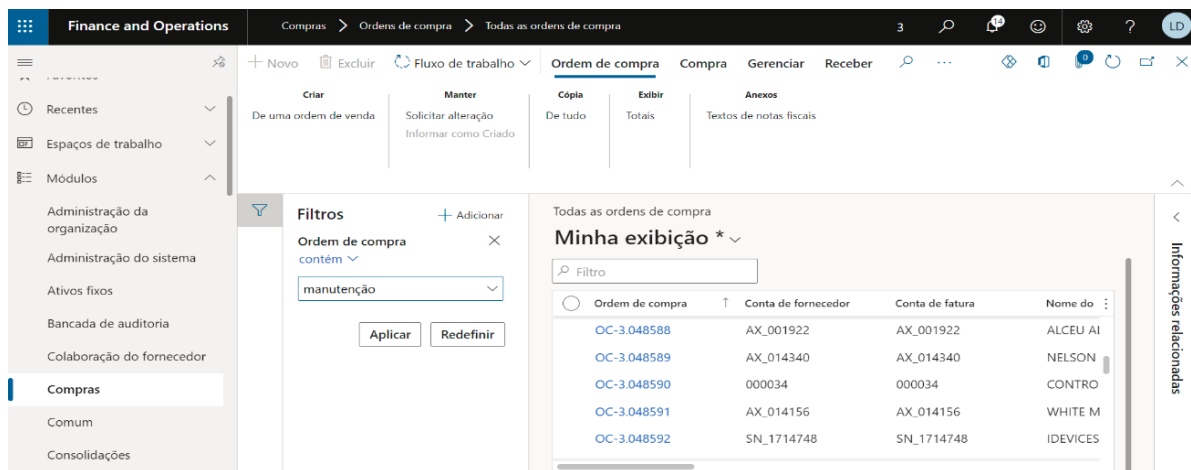
FONTE: AUTOR (2023)

### 3.1.3. Comprovação da confiabilidade dos dados

Os valores foram obtidos a partir da base de dados do *Enterprise Resource Planning /* Planejamento de Recursos Empresariais (ERP) do Sistema FIEP, utilizando como referência os registros históricos de manutenção e calibração. Para garantir a precisão dos dados, uma auditoria minuciosa foi conduzida pela equipe *Black Belt*, comparando as informações extraídas do sistema com as Notas Fiscais (NF) de entrada correspondentes. Esse processo de auditoria teve como objetivo validar e assegurar a integridade das informações, garantindo a confiabilidade dos dados utilizados nesta análise.

A Figura 3 apresenta um print da tela do ERP do sistema FIEP onde é possível mapear as ordens de compra emitidas e mapear as NF dos serviços prestados. Por meio dessa funcionalidade, os gestores podem acompanhar de forma integrada o fluxo de compras, garantindo o suprimento adequado para atendimento aos projetos, além de facilitar o controle e a prestação de contas dos serviços prestados por terceiros.

FIGURA 3 – ERP DO SISTEMA FIEP



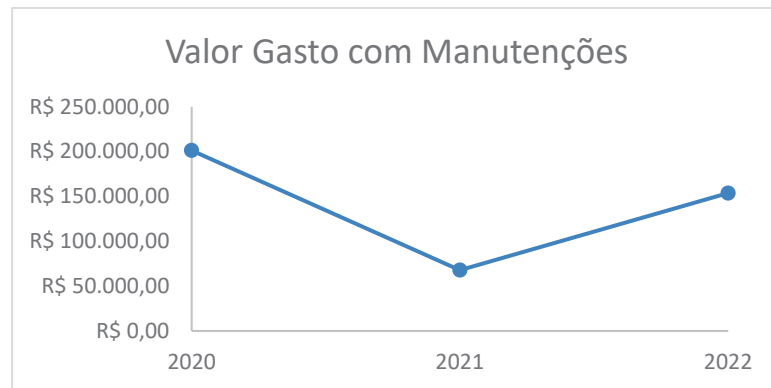
FONTE: AUTOR (2023)

### 3.1.4. Comportamento dos dados ao longo do tempo

A análise do comportamento dos dados ao longo do tempo é essencial para compreender as tendências, padrões e mudanças que ocorrem em conjuntos de dados ao longo de períodos específicos. Essa análise permite identificar padrões cíclicos, sazonalidades, flutuações e tendências de longo prazo, fornecendo insights valiosos para tomadas de decisão informadas e estratégicas. Além disso, o estudo do comportamento dos dados ao longo do tempo é fundamental para a construção de modelos preditivos e projeções futuras, auxiliando na antecipação de mudanças e na identificação de oportunidades de melhoria.

A Figura 4 apresenta as médias obtidas no período entre 2020 e 2022 dos dados representativos dos gastos com manutenção, de acordo com os projetos em andamento e o tipo de equipamento em uso naquele determinado período.

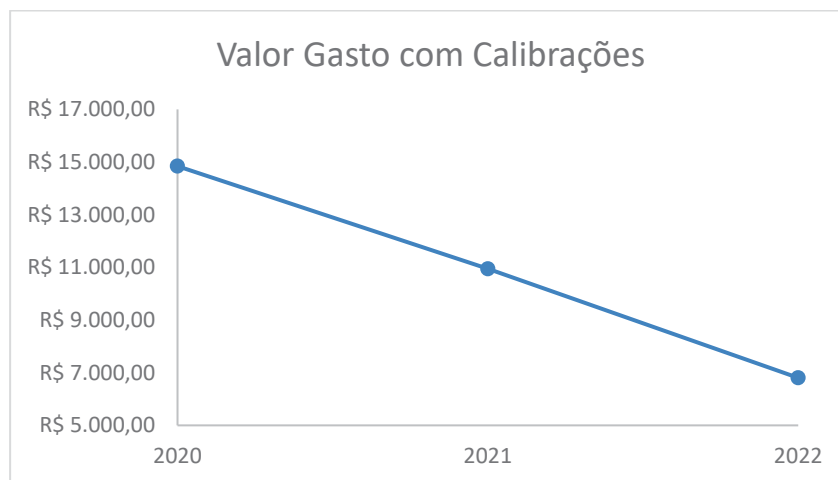
FIGURA 4 – DADOS HISTÓRICOS DOS GASTOS COM MANUTENÇÕES AO LONGO DO TEMPO



FONTE: AUTOR (2023)

A Figura 5 apresenta os dados do período entre 2020 e 2022, representativos dos gastos com calibração, de acordo com os projetos em andamento e o tipo de equipamento em uso naquele determinado momento, portanto não estão correlacionados e possuem variação de um ano para outro.

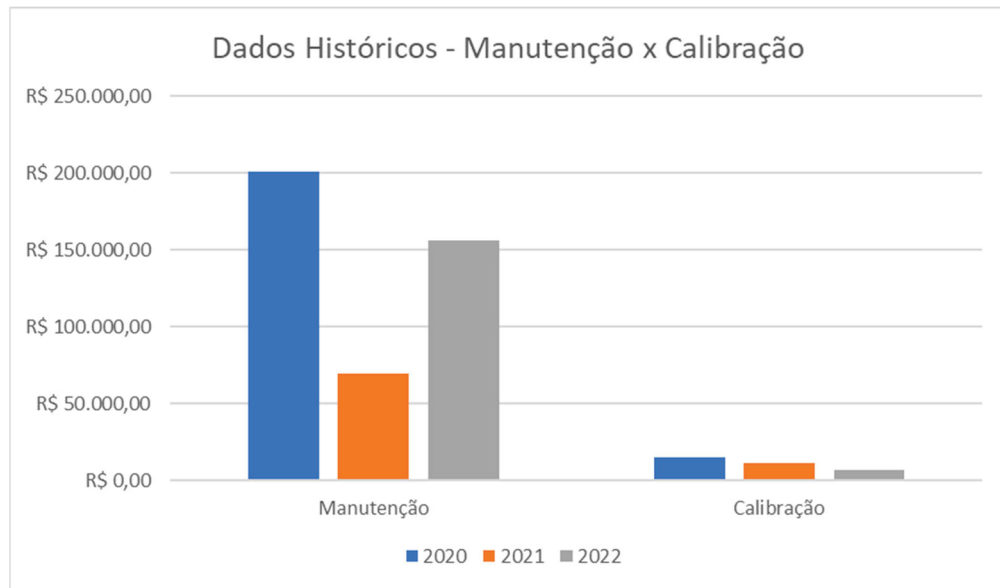
FIGURA 4 – DADOS HISTÓRICOS DOS GASTOS COM CALIBRAÇÕES AO LONGO DO TEMPO



FONTE: AUTOR (2023)

A Figura 6 apresenta uma visão global dos gastos com manutenção e calibração ao longo do período de 2020 a 2022. O objetivo é analisar a evolução desses gastos ao longo do tempo, identificar tendências e compreender o impacto financeiro dessas atividades

FIGURA 5 – COMPARATIVO DOS GASTOS COM MANUTENÇÕES E CALIBRAÇÕES AO LONGO DO TEMPO



FONTE: AUTOR (2023)

No período de 2020, ocorreu uma pandemia global que teve um impacto profundo nas economias e nas atividades empresariais em todo o mundo. Como reflexo dessa situação extraordinária, observou-se uma queda significativa nos gastos com manutenção e calibração. As restrições impostas pela pandemia levaram muitas empresas a reduzirem suas operações, fecharem temporariamente ou adotarem medidas de contenção de gastos. Diante dessas circunstâncias, a manutenção e a calibração de equipamentos não emergenciais foram adiadas ou reduzidas, resultando em uma diminuição acentuada nos investimentos nesses serviços essenciais. À medida que o cenário pandêmico evoluiu e as atividades econômicas foram gradualmente retomadas, os gastos com manutenção e calibração também começaram a se recuperar.

A presença dessas variáveis econômicas voláteis ao longo do período torna difícil estabelecer uma análise precisa do comportamento dos gastos com manutenção e calibração, uma vez que outros fatores podem ter contribuído para as flutuações observadas nesse período.

### 3.1.5. Definição da Meta

Na fase de medição do projeto, foi estabelecida a meta de redução de 10% nos custos de manutenção e calibração para o ano de 2023. Essa meta ambiciosa leva em consideração uma série de fatores que contribuirão para ganhos intangíveis (*soft savings*) e ganhos financeiros futuros.

No que diz respeito aos ganhos intangíveis, a padronização do processo de manutenção será implementada, proporcionando maior eficiência e consistência nas atividades. Além disso, a definição de indicadores para tomada de decisões permitirá uma análise mais embasada e estratégica. Ao direcionar o *saving* financeiro para melhores investimentos, a empresa poderá otimizar a alocação de recursos e maximizar seu impacto.

Outro benefício intangível será a redução da parada de máquina, alcançada por meio de um planejamento mais eficiente das atividades de manutenção. Isso possibilitará um melhor planejamento de setup, otimizando o tempo entre diferentes produções e melhorando a utilização dos equipamentos. Essas melhorias também contribuirão para o aumento da satisfação do cliente, uma vez que a qualidade e confiabilidade dos produtos ou serviços oferecidos serão aprimoradas.

Além dos ganhos intangíveis, o projeto tem como objetivo alcançar benefícios financeiros diretos. A redução das despesas com manutenção de equipamentos resultará em economias significativas ao longo de 2023. Adicionalmente, a redução do custo do serviço para o cliente fortalecerá a competitividade da empresa, impulsionando sua posição no mercado e aumentando a atratividade de seus produtos ou serviços.

Esses ganhos financeiros futuros serão resultado de uma gestão mais eficiente dos recursos, garantindo que os custos de manutenção e calibração sejam otimizados dentro do ano de 2023. Ao atingir a meta de redução de 10% nos custos de manutenção e calibração, a empresa estará em uma posição favorável para reinvestir esses recursos em áreas estratégicas que impulsionem ainda mais seu crescimento e sucesso durante o ano de 2023.

## 3.2. FASE MEDIR

### 3.2.1. Estratificação dos dados

O processo de estratificação de dados é uma técnica fundamental para a análise de dados em projetos *Black Belt*. Trata-se de uma abordagem que divide um conjunto de dados em grupos ou estratos com características semelhantes, permitindo uma análise mais precisa e direcionada.

**a) Acesso ao Planejamento de Recursos Empresariais (ERP):** O primeiro fator de estratificação considerado é o acesso ao sistema ERP. Isso permite identificar grupos de dados com diferentes níveis de acesso ao sistema, como administradores, gerentes e funcionários de diferentes departamentos. Ao estratificar os dados com base nesse critério, é possível analisar os resultados e identificar possíveis diferenças de desempenho e utilização do ERP em cada estrato.

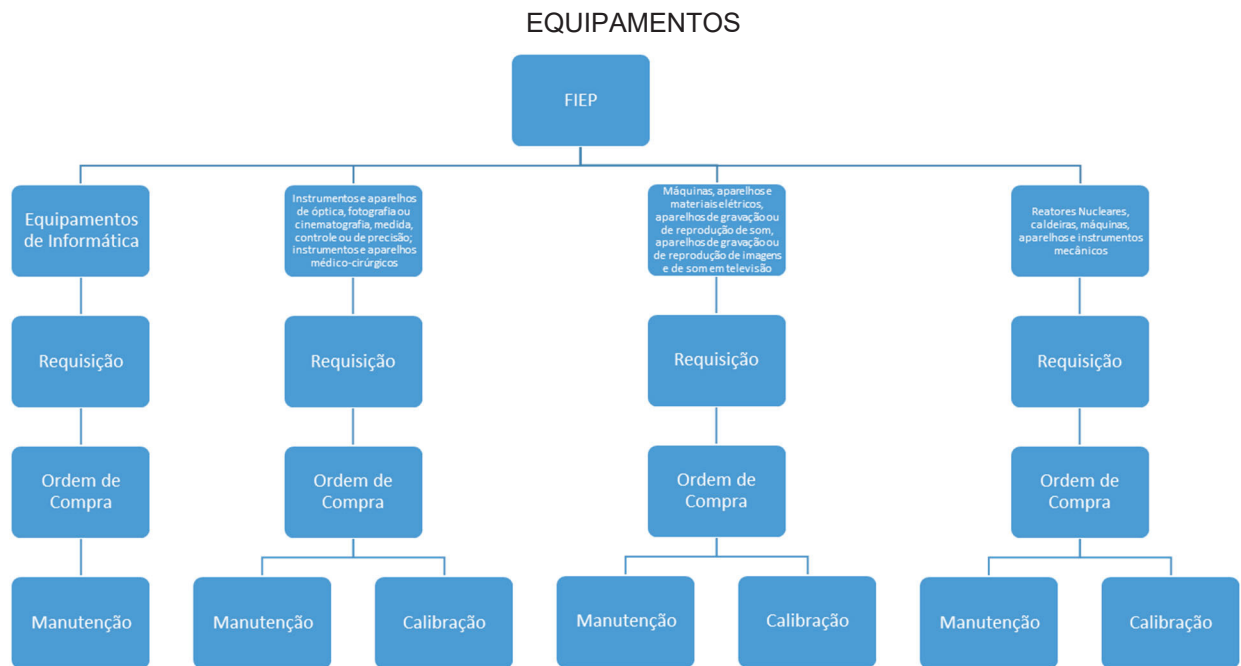
**b) Grupo Patrimonial - Equipamentos:** Outro aspecto importante para a estratificação é o grupo patrimonial dos equipamentos. Os equipamentos podem ser divididos em grupos, como eletrônicos, mecânicos, de informática, entre outros. Ao estratificar os dados com base nessa variável, é possível entender melhor o desempenho, a manutenção e a utilização de cada grupo de equipamentos.

**c) Dados de Manutenção e Calibração:** A estratificação dos dados também pode ser realizada com base nas informações de manutenção e calibração dos equipamentos. É possível criar estratos com base nas datas de última manutenção, nos intervalos de calibração e nas métricas de desempenho dessas atividades. Essa estratificação permitirá uma análise mais detalhada do impacto da manutenção e da calibração nos resultados do projeto.

**d) Depreciação:** A variável de depreciação é essencial para a análise financeira e estratégica. Ao estratificar os dados com base nas taxas de depreciação dos equipamentos, é possível identificar grupos de ativos depreciados e não depreciados, avaliar o impacto financeiro e tomar decisões mais embasadas em relação aos investimentos e substituições de equipamentos.

Na Figura 6, são apresentadas as principais etapas do processo de manutenção de equipamentos no sistema FIEP, desde a verificação do problema inicial até a conclusão do serviço, passando pela emissão da requisição, ordem de compra e a etapa de manutenção ou calibração propriamente dita. A estratificação dos dados demonstra a organização e fluidez do fluxo de informações nesse importante processo para o gerenciamento eficiente dos recursos e a garantia do pleno funcionamento dos equipamentos na empresa.

FIGURA 6 – ESTRATIFICAÇÃO DOS DADOS PARA MANUTENÇÃO E CALIBRAÇÃO DE



FONTE: AUTOR (2023)

### 3.2.2. Confiabilidade

Os dados de gastos com manutenção e calibração, abrangendo o período de 2020 até 2022, foram exportados para o formato Excel. Essa exportação foi realizada com o objetivo de preparar os dados para sua futura transformação em dados BI. Para garantir a confiabilidade desses dados, foi realizada uma cuidadosa comparação entre os registros do sistema ERP e os valores das ordens de compra faturadas, em colaboração com a FIEP.

Essa etapa de exportação para o *Excel* visa permitir uma melhor estratificação e análise dos dados para incorporação ao ambiente de BI. Com essa abordagem, a tomada de decisões é facilitada, uma vez que são disponibilizadas informações precisas e

relevantes, contribuindo para uma base sólida e confiável no processo de análise e utilização dos dados de gastos com manutenção e calibração.

### 3.2.3. Descrição dos focos do problema

O Instituto identificou um problema significativo relacionado aos gastos com serviços de manutenção e calibração de equipamentos. Devido à falta de uma metodologia estruturada para coleta e gerenciamento de dados, o Instituto tem enfrentado dificuldades em identificar os pontos críticos desses gastos. Para solucionar essa questão, uma abordagem focada nas ordens de compra faturadas foi adotada. Essas ordens contêm informações no sistema que permitem mensurar os gastos médios no período de 2020 a 2022 e estabelecer uma base para a meta de redução de 10% que será alcançada em 2023.

No que diz respeito à depreciação, a análise considerou o valor total dos bens e a média de depreciação mensal, levando em conta o grupo patrimonial ao qual pertencem. Esses dados são fundamentais para identificar os custos relacionados à depreciação dos equipamentos, permitindo uma análise mais precisa dos gastos associados a cada grupo patrimonial específico. Com essas informações em mãos, o Instituto terá embasamento para tomar decisões mais precisas e implementar ações efetivas para otimizar os gastos com manutenção e calibração. O objetivo é reduzir os custos e aprimorar globalmente a gestão desses serviços, beneficiando a eficiência operacional do Instituto.

A Tabela 2 apresenta os dados detalhados dos gastos com manutenção para diferentes grupos de equipamentos ao longo dos anos de 2020 a 2022. Essas informações são de extrema importância para entender o investimento feito em manutenção e obter insights sobre os custos totais e médios associados a cada grupo de equipamentos. A análise desses números permitirá uma melhor compreensão dos recursos financeiros direcionados à manutenção, possibilitando uma gestão mais eficiente e a identificação de possíveis áreas de melhoria e redução de custos.

TABELA 2 – ESTRATIFICAÇÃO DOS GASTOS COM MANUTENÇÃO POR TIPOLOGIA DE GRUPO DE EQUIPAMENTOS

GRUPO	GASTOS COM MANUTENÇÃO			Gasto Total	Gasto Médio
	2020	2021	2022		
<b>Equipamentos de Informática</b>	R\$ 1.469,98	R\$ 669,16	-	R\$ 2.139,14	R\$ 1.069,57
<b>Instrumentos e aparelhos de óptica, fotografia ou cinematografia, medida, controle ou de precisão; instrumentos e aparelhos médico-cirúrgicos</b>	R\$ 17.680,00	-	-	R\$ 17.680,00	R\$ 17.680,00
<b>Máquinas, aparelhos e materiais elétricos, aparelhos de gravação ou de reprodução de som, aparelhos de gravação ou de reprodução de imagens e de som em televisão</b>	R\$ 14.755,84	-	-	R\$ 14.755,84	R\$ 14.755,84
<b>Reatores Nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos</b>	R\$ 167.389,00	R\$ 67.059,04	R\$ 153.673,46	R\$ 388.121,50	R\$ 129.373,83

FONTE: AUTOR (2023)

A Tabela 3 apresenta os gastos com calibração em diferentes grupos de equipamentos ao longo dos anos de 2020 a 2022. Esses números indicam os gastos específicos com calibração para o grupo de equipamentos. Eles fornecem informações valiosas sobre o investimento em calibração ao longo do tempo e ajudam a compreender o custo médio associado a esse tipo de serviço para esse grupo de equipamentos em particular.

TABELA 3 – ESTRATIFICAÇÃO DOS GASTOS COM CALIBRAÇÃO POR TIPOLOGIA DE GRUPO DE EQUIPAMENTOS

GRUPO	GASTOS COM CALIBRAÇÃO			Gasto Total	Gasto Médio
	2020	2021	2022		
<b>Reatores Nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos</b>	R\$ 14.846,00	R\$ 10.945,00	R\$ 6.805,00	R\$ 32.596,00	R\$ 10.865,33

FONTE: AUTOR (2023)

A Tabela 4 apresenta informações sobre a depreciação mensal dos diferentes grupos de equipamentos durante o período de janeiro a dezembro de 2022. Esses números indicam o valor total dos equipamentos em cada grupo e o valor residual, que representa o valor estimado desses equipamentos após a depreciação no período considerado. Essas informações são essenciais para o cálculo e o planejamento financeiro relacionados à depreciação dos equipamentos do Instituto.

TABELA 4 – ESTRATIFICAÇÃO DA DEPRECIAÇÃO MENSAL POR TIPOLOGIA DE EQUIPAMENTOS

GRUPO	DEPRECIAÇÃO MENSAL - JAN A DEZ 2022	
	<i>Valor Total</i>	<i>Valor Residual</i>
<b>Equipamentos de Informática</b>	R\$ 30.900,00	R\$ 8.727,07
<b>Instrumentos e aparelhos de óptica, fotografia ou cinematografia, medida, controle ou de precisão; instrumentos e aparelhos médico-cirúrgicos</b>	R\$ 11.719.651,83	R\$ 3.309.975,83
<b>Máquinas, aparelhos e materiais elétricos, aparelhos de gravação ou de reprodução de som, aparelhos de gravação ou de reprodução de imagens e de som em televisão</b>	R\$ 300.814,04	R\$ 84.958,77
<b>Reatores Nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos</b>	R\$ 10.598.637,42	R\$ 2.993.368,25

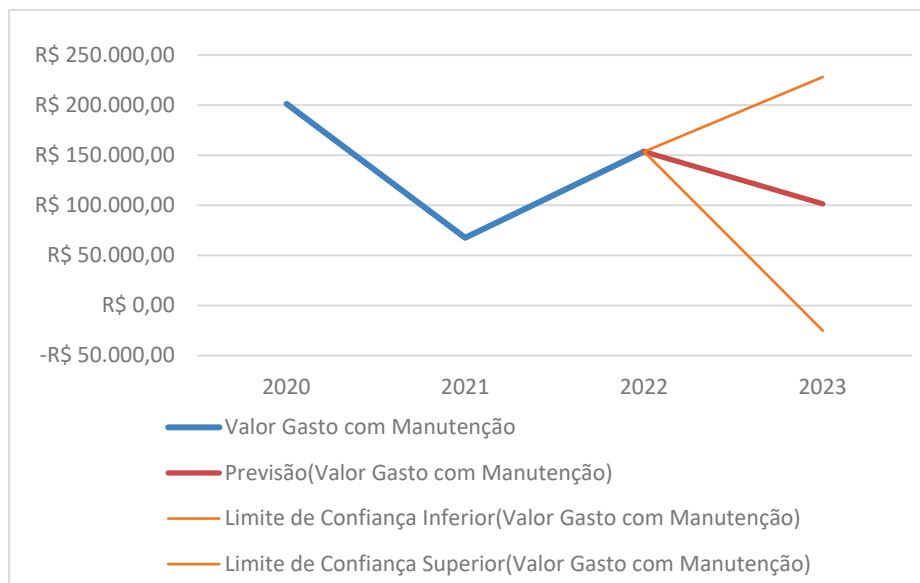
FONTE: AUTOR (2023)

#### 3.2.4. Dados Históricos dos focos dos problemas

Os gastos com manutenção ao longo dos anos apresentaram variações significativas. Em 2020, o valor gasto com manutenção foi de R\$ 201.294,82. Em 2021, houve uma redução nesses gastos, totalizando R\$ 67.728,20. No entanto, em 2022, observou-se um aumento nos gastos com manutenção, totalizando R\$ 153.673,46.

A Figura 7 fornece uma visão geral dos investimentos em manutenção ao longo do tempo. Além disso, é possível calcular o gasto médio anual dividindo o valor total gasto pela quantidade de anos considerados. No caso dos gastos com manutenção, o gasto médio anual seria de aproximadamente R\$ 140.898,49.

FIGURA 7 – PREVISÃO DE GASTOS COM MANUTENÇÃO EM 2023



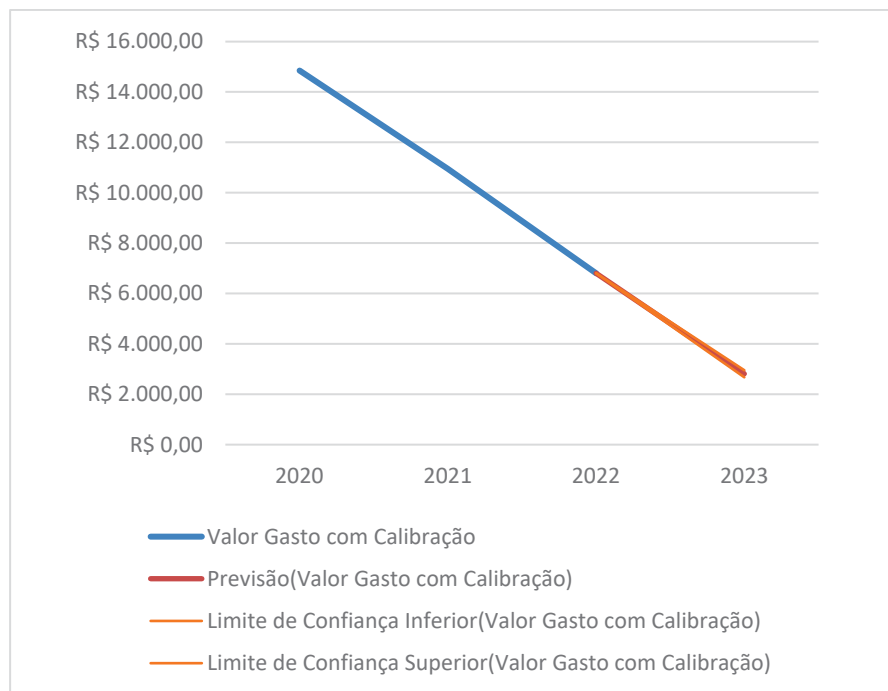
FONTE: AUTOR (2023)

Essas informações estatísticas são fundamentais para o monitoramento e controle dos custos de manutenção, permitindo uma análise mais precisa dos recursos alocados para essa área e auxiliando na tomada de decisões estratégicas relacionadas à gestão e otimização dos serviços de manutenção.

Os gastos com calibração também apresentaram variações ao longo dos anos, conforme Figura 8. Em 2020, o valor gasto com calibração foi de R\$ 14.846,00. No ano seguinte, em 2021, houve uma redução nos gastos, totalizando R\$ 10.945,00. E, em 2022, observou-se uma diminuição ainda maior, com os gastos de calibração totalizando R\$ 6.805,00.

Analisando esses dados, é possível calcular o gasto médio anual com calibração, dividindo o valor total gasto pela quantidade de anos considerados. No caso dos gastos com calibração, o gasto médio anual seria de aproximadamente R\$ 10.198,67.

FIGURA 8 – PREVISÃO DE GASTOS COM CALIBRAÇÃO EM 2023



FONTE: AUTOR (2023)

Essas informações estatísticas são essenciais para compreender os investimentos realizados na calibração de equipamentos ao longo do tempo, permitindo a avaliação da eficiência dos processos de calibração, a identificação de possíveis reduções de custos e a tomada de decisões estratégicas relacionadas à gestão e otimização dos serviços de calibração.

A depreciação dos equipamentos durante o ano de 2022 foi significativa, com o valor total dos equipamentos registrados em janeiro de 2022 sendo R\$ 22.650.003,29 e em dezembro do mesmo ano reduzindo-se para R\$ 6.397.029,92, conforme ilustrado na Tabela 5. Essa diferença reflete a depreciação dos equipamentos ao longo do ano, com a depreciação total sendo calculada como R\$ 16.252.973,37.

TABELA 5 – DEPRECIAÇÃO MENSAL – JAN A DEZ DE 2022

GRUPO	DEPRECISAÇÃO MENSAL - JAN A DEZ DE 2022	
	<i>Valor Total</i>	<i>Valor Residual</i>
<b>Equipamentos de Informática</b>	R\$ 30.900,00	R\$ 8.727,07
<b>Instrumentos e aparelhos de óptica, fotografia ou cinematografia, medida, controle ou de precisão; instrumentos e aparelhos médico-cirúrgicos</b>	R\$ 11.719.651,83	R\$ 3.309.975,83
<b>Máquinas, aparelhos e materiais elétricos, aparelhos de gravação ou de reprodução de som, aparelhos de gravação ou de reprodução de imagens e de som em televisão</b>	R\$ 300.814,04	R\$ 84.958,77
<b>Reatores Nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos</b>	R\$ 10.598.637,42	R\$ 2.993.368,25

FONTE: AUTOR (2023)

A taxa média de depreciação, calculada dividindo a depreciação total pelo valor total inicial dos equipamentos e multiplicando por 100, foi de aproximadamente 71,80%, indicando o percentual de desgaste e perda de valor dos equipamentos durante o ano. Além disso, a taxa de depreciação mensal média foi calculada dividindo a depreciação total pelo número de meses no período (12 meses). Com isso, obteve-se uma taxa de depreciação mensal média de aproximadamente R\$ 1.354.414,45.

Esses dados estatísticos adicionais fornecem uma visão mais detalhada da depreciação dos equipamentos, permitindo uma análise mais precisa do impacto financeiro ao longo do ano e auxiliando nas estratégias de gestão de ativos. Essas informações são essenciais para o planejamento estratégico, a tomada de decisões e a alocação eficiente de recursos para aquisição, substituição e manutenção dos equipamentos do Instituto.

### 3.2.5. Definição das Metas

Com base nos dados apresentados, as metas do projeto foram definidas levando em consideração os gastos médios com manutenção e calibração no período de 2020 a 2022, bem como os dados de depreciação dos equipamentos. As metas estabelecidas são as seguintes:

- a) **Redução dos gastos com manutenção e calibração:** Com base nos valores apresentados nos gráficos, o objetivo é reduzir os gastos médios com manutenção e calibração ao longo do tempo. Isso será alcançado por meio de medidas eficientes de gestão, identificação de pontos críticos e implementação de melhorias nos processos de manutenção e calibração.
- b) **Otimização do ciclo de vida dos equipamentos:** Considerando os dados de depreciação dos equipamentos, a meta é otimizar o ciclo de vida dos equipamentos presentes no instituto. Isso implica em garantir um tempo de vida útil adequado, planejar substituições de equipamentos de forma estratégica e adotar práticas de manutenção preventiva eficazes.

### 3.2.6. Comprovação da meta global

Durante o período de 2020 a 2022, o Instituto registrou um custo médio anual de R\$ 151.764,16 com manutenção e calibração de seus equipamentos. Esses gastos foram analisados detalhadamente, permitindo uma estratificação dos dados por categoria de equipamentos e períodos específicos. Com base nessa análise, foi estabelecida a meta global de reduzir os gastos em 10% no ano de 2023.

Para alcançar essa meta, será necessário economizar aproximadamente R\$ 15.176,42 em relação ao valor médio anual. Essa redução representa não apenas uma oportunidade de economia financeira, mas também um estímulo para otimizar os recursos e aprimorar a gestão dos serviços de manutenção e calibração. Com a implementação de estratégias eficientes, monitoramento contínuo e tomada de decisões embasadas nos dados, o Instituto poderá atingir sua meta de redução de gastos e promover uma gestão mais eficaz e sustentável dos equipamentos.

## 3.3. FASE ANALISAR

Para efetiva redução de custos, o projeto *Black Belt* tem como objetivo analisar e como funciona o fluxo atual de manutenção e calibração de equipamentos no Instituto. Para isso, é essencial compreender em detalhes como o processo atual está estruturado e identificar possíveis pontos de melhoria.

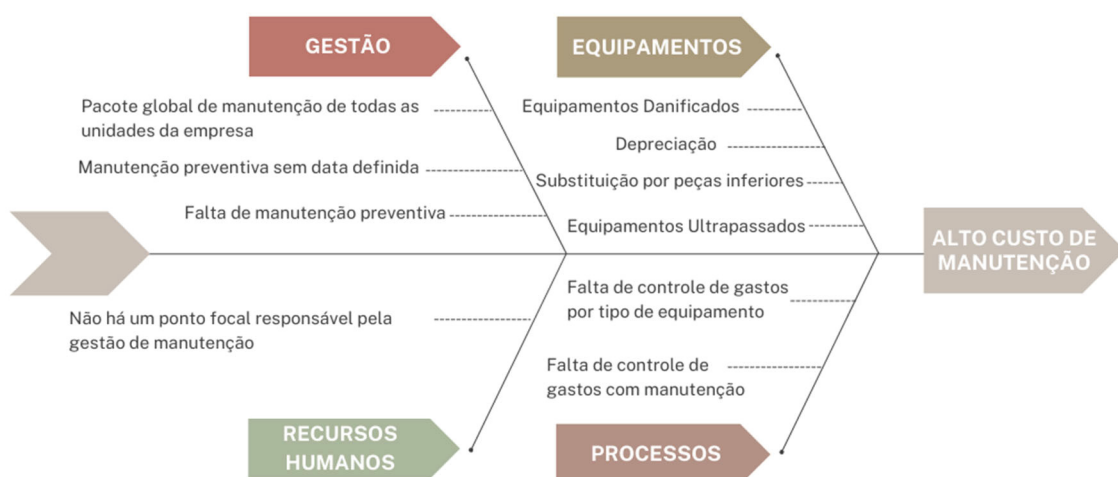
No fluxo atual, apresentado nos Anexos A e B as demandas de manutenção e calibração são geradas por meio de solicitações internas dos departamentos e colaboradores. Essas solicitações são registradas e encaminhadas para a equipe responsável pela execução dos serviços. Em seguida, é feita uma análise inicial para determinar a complexidade e urgência de cada solicitação.

Após a análise, as ordens de serviço são criadas e direcionadas aos técnicos especializados. Os técnicos realizam as intervenções necessárias nos equipamentos, seguindo os procedimentos e prazos estabelecidos. Após a conclusão, é feita uma verificação de qualidade para garantir que os equipamentos estejam em pleno funcionamento e dentro das especificações.

No entanto, durante a análise do fluxo atual, identificamos algumas oportunidades de melhoria. Por exemplo, observamos que existem atrasos significativos na resposta às solicitações, o que pode afetar a eficiência operacional e a satisfação dos usuários. Além disso, notamos que a comunicação entre as equipes responsáveis e os solicitantes pode ser aprimorada, resultando em maior clareza e transparência ao longo do processo.

A Figura 9 apresenta as causas potenciais que mais influenciam no alto custo de manutenção, levando em consideração a gestão, recursos humanos, equipamentos e processos.

FIGURA 9 – DIAGRAMA DE CAUSAS POTENCIAIS



FONTE: AUTOR (2023)

Além disto, análise também apontou para a necessidade de implementar um sistema de gestão de manutenção e calibração mais integrado e automatizado. Isso permitirá o rastreamento eficiente das solicitações, a monitorização dos prazos e a geração de relatórios e métricas para uma melhor tomada de decisão.

### 3.3.1. Descrição das prioridades

As causas identificadas foram priorizadas utilizando a matriz de probabilidade de impacto, uma ferramenta que auxilia na avaliação e classificação dos riscos. Com base nessa análise, foram estabelecidas as causas consideradas muito críticas como prioritárias para o projeto.

A matriz de probabilidade de impacto permite avaliar a probabilidade de ocorrência de uma causa e o impacto que ela pode ter nos objetivos e resultados do projeto. Ao considerar as causas muito críticas como prioritárias, estamos direcionando nossos esforços e recursos para lidar com os riscos que possuem maior probabilidade de acontecer e que podem causar um impacto significativo no projeto.

FIGURA 10 – MATRIZ DE PROBABILIDADE DE IMPACTO

		Extremo	Alto	Moderado	Baixo	Irrelevante
Alto Custo de Manutenção	Quase Certo	Falta de manutenção preventiva	Manutenção preventiva sem data definida	Ambientes desorganizados	Depreciação	
	Muito Provável	Falta de controle de gastos com manutenção	Equipamentos danificados	Substituição por peças inferiores	Não há um ponto focal responsável pela manutenção	
	Pouco Provável	Equipamentos Ultrapassados				Falta de controle de gastos por tipo de equipamento
	Improvável			Falta de controle de gastos por tipo de equipamento		
	Raro					

FONTE: AUTOR (2023)

Ao priorizar essa causa, estamos direcionando nossa atenção e recursos para entender e abordar de forma eficaz os problemas e desafios associados a ela. Reconhecemos que o enfrentamento dessa causa é crucial para o sucesso do projeto, pois seu impacto negativo pode comprometer a qualidade, eficiência e desempenho dos processos de manutenção e calibração de equipamentos.

A Figura 11 apresenta a priorização das causas com o objetivo de garantir uma gestão eficaz e controlada dos processos de manutenção e calibração.

FIGURA 11 – PRIORIZAÇÃO DAS CAUSAS

		Causa Priorizada		
Alto custo de manutenção	Falta de manutenção preventiva	Falta de controle de gastos com manutenção	Manutenção preventiva sem data definida	

FONTE: AUTOR (2023)

Essa abordagem permitiu concentrar nossas ações e medidas preventivas nos pontos mais críticos, garantindo uma resposta efetiva diante dos desafios identificados. Ao priorizar essas causas, estamos tomando medidas proativas para mitigar os riscos e maximizar as chances de sucesso do projeto.

Com base nessas observações, o projeto *Black Belt* buscou desenvolver soluções que otimizem o fluxo de manutenção e calibração de equipamentos. Isso incluirá a implementação de ferramentas de gestão, a padronização dos processos, o treinamento da equipe e a definição de indicadores-chave de desempenho.

Ao final do projeto, esperamos obter um fluxo de manutenção e calibração mais eficiente, reduzindo os tempos de resposta, aumentando a produtividade da equipe e garantindo a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Essas melhorias contribuirão diretamente para o sucesso do Instituto, promovendo uma cultura de excelência e garantindo a qualidade de suas atividades de pesquisa.

### 3.3.2. Comprovação das causas priorizadas

Na etapa de comprovação das causas prioritárias, foram realizadas consultas detalhadas às fontes de dados disponíveis, a fim de obter evidências concretas que validassem as hipóteses levantadas. Foram utilizadas as seguintes fontes de informação:

- a) **Planilha em Excel, ilustrada pela Figura 12:** Essa planilha é alimentada pelo setor de compras e possui registros detalhados dos pedidos de compras, emissão de requisições, ordens de compra e entrega dos serviços. Ao analisar essa planilha, pudemos rastrear os processos de aquisição de materiais e serviços relacionados à manutenção e calibração dos equipamentos. Esses registros forneceram insights sobre prazos, custos e fornecedores envolvidos, permitindo-nos investigar possíveis inconsistências ou gargalos nesse fluxo.

FIGURA 12 – PLANILHA EXCEL DE CONTROLE DE COMPRAS

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
FORM	Data FORMS	Solicitante	Código do Item	Descrição completa do material ou serviço	Quantidade	Requisição	Data requisição	Status requisição	OC	Modalidade	Previsão
		Alana	27423	SERVICO DE MANUTENCAO E/OU CALIBRACAO MEDIDOR BRII	1	3.22.396582	20/01/2022	Cancelado	3.038.535	Compra direta	07/02
N		Priscila	46426	SERVICO DE MANUTENCAO EM PLATAFORMA AUTOMATIZADA	1	3.22.412475	01/02/2022	Encerrado com O.C	3.038.502	Contrato	01/02
305	10/02/2022	Alana	59290	SERVICO DE MANUTENCAO CORRETIVA P/LINHA SPRAY DRIVER	1	3.22.418421	11/02/2022	Encerrado com O.C	3.042.421	Compra direta	26/02
abrir		Lucivandro	55124	SERVICO DE MANUTENCAO CALIBRACAO RBC TERMOHIGROMETRI	4	3.22.424536	24/02/2022	Encerrado com O.C	3.039.305	Compra Simplificada	24/02
N		Monique	46426	SERVICO DE MANUTENCAO EM PLATAFORMA AUTOMATIZADA	1	3.22.425226	25/02/2022	Encerrado com O.C	3.039.350	Contrato	26/02
		Alana	27423	SERVICO DE MANUTENCAO E/OU CALIBRACAO MEDIDOR BRII	1	3.22.428349	04/03/2022	Encerrado com O.C	3.039.497	Compra direta	04/03
		Cyrrille	61863	SERVICO DE MANUTENCAO EQUIPAMENTO GLOVEBOX	1	3.22.430977	10/03/2022	Encerrado com O.C	3.042.394	Compra direta	09/03
12	10/03/2022	Alexandre	8956	SERVICO DE MANUTENCAO MICROSCOPIO	1	3.22.441576	15/03/2022	Encerrado com O.C	3.042.072	Compra direta	16/03
10	10/03/2022	Lucivandro	8929	SERVICO DE MANUTENCAO NOBREAKS	1	3.22.441815	15/03/2022	Encerrado com O.C	3.040.588	Compra direta	11/03
11	10/03/2022	Lucivandro	62129	SERVICO DE MANUTENCAO AGITADOR MAGNETICO C/AQUECIMENTO	1	3.22.444541	17/03/2022	Encerrado com O.C	3.040.443	Compra direta	15/03
17	18/03/2022	Lucivandro	9000	SERVICO DE MANUTENCAO MICROONDAS	1	3.22.445786	18/03/2022	Encerrado com O.C	3.040.034	Compra direta	18/03
18	18/03/2022	Alana	27429	SERVICO DE MANUTENCAO REOMETRO	1	3.22.446242	18/03/2022	Encerrado com O.C	3.042.967	Compra direta	07/03
19	18/03/2022	Alana	25588	SERVICO DE MANUTENCAO CAMARA DE INTEMPERISMO	1	3.22.446328	18/03/2022	Encerrado com O.C	3.042.835	Compra direta	05/03
N		Monique	46426	SERVICO DE MANUTENCAO EM PLATAFORMA AUTOMATIZADA	1	3.22.467028	30/03/2022	Encerrado com O.C	3.040.437	Contrato	01/04
		Lucivandro	26137	SERVICO DE MANUTENCAO CAPELA FLUXO LAMINAR	1	3.22.468922	01/04/2022	Encerrado com O.C	3.041.880	Compra direta	09/04
14/04/2022		Lucivandro	38466	SERVICO DE MANUTENCAO EXAUSTOR DE LABORATORIO	1	3.22.498909	22/04/2022	Encerrado com O.C	3.042.159	Compra direta	29/04
10	10/03/2022	Lucivandro	8929	SERVICO DE MANUTENCAO NOBREAKS	1	3.22.507508	26/04/2022	Encerrado com O.C	3.041.406	Compra direta	11/04
N		Priscila	46426	SERVICO DE MANUTENCAO EM PLATAFORMA AUTOMATIZADA	1	3.22.530828	02/05/2022	Encerrado com O.C	3.041.523	Contrato	03/05
45	05/05/2022	Cyrrille	62985	SERVICO DE MANUTENCAO MOINHO BOLAS PLANETARIO	1	3.22.542007	10/05/2022	Encerrado com O.C	3.043.172	Compra direta	13/05
		Lucivandro	63806	SERVICO DE MANUTENCAO BARRA ANTIPANICO	1	3.22.558157	10/05/2022	Encerrado com O.C	3.041.904	Compra Simplificada	10/05
44	05/05/2022	Adler	63621	KIT/CONJUNTO MANUTENCAO PREVENTIVA BOMBA VACUO 2	4	3.22.531096	11/05/2022	Encerrado com O.C	3.043.326	Compra direta	21/05

FONTE: AUTOR (2023)

**b) Sistema ERP, ilustrado pela Figura 13:** Por meio do sistema ERP, realizaram-se consultas específicas para identificar as notas fiscais digitalizadas de serviços já realizados. Essas notas fiscais forneceram informações detalhadas sobre os serviços prestados, como datas, descrições, valores e eventuais observações relevantes. Essa análise permitiu avaliar a conformidade dos serviços contratados e verificar se eles foram devidamente executados de acordo com as especificações e prazos estabelecidos.

Ao combinar os dados da planilha em *Excel* e as informações do sistema ERP, obteve-se uma visão abrangente e precisa do fluxo de compras, emissão de ordens de serviço e execução dos serviços de manutenção e calibração. Essa abordagem de verificação e cruzamento de dados auxiliou na validação das causas prioritárias identificadas, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento das ações corretivas e de melhoria necessárias, conforme apresentado na Figura 14.

FIGURA 13 – PLANILHA EXCEL DE CONTROLE DE COMPRAS

The screenshot displays a web application interface for 'Finance and Operations'. The main navigation bar includes 'Compras > Ordens de compra > Recebendo produtos > Consulta Recebimentos'. The left sidebar shows navigation options like 'Início', 'Favoritos', 'Consulta Recebimentos', 'Todas as ordens de compra', 'Recentes', 'Espaços de trabalho', and 'Módulos'. The main content area shows a list of items with a filter box and a '5 - 11749 Agilent - CR41479 - ...' entry. The right panel displays the details for this entry, including 'Anexo' status (Sim) and a 'visualizar' button. Below this, a preview of a scanned invoice is shown, featuring the logo of 'PREFEITURA MUNICIPAL DE BARUERI' and the text 'NOTA FISCAL ELETRÔNICA DE SERVIÇOS - NFE'.

FONTE: AUTOR (2023)

Ao combinar os dados da planilha em Excel e as informações do sistema ERP, pudemos obter uma visão abrangente e precisa do fluxo de compras, emissão de ordens de serviço e execução dos serviços de manutenção e calibração. Essa abordagem de verificação e cruzamento de dados nos ajudou a validar as causas prioritárias identificadas, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento das ações corretivas e de melhoria necessárias, conforme apresentado na Figura 14.

FIGURA 14 – COMPROVAÇÃO DAS CAUSAS

	CAUSA PRIORIZADA	EVIDÊNCIA DA CAUSA (Mostrar que a causa acontece de Fato - Coloca Anexo se Necessário)	PROVA DE QUE A CAUSA TEM CORRELAÇÃO COM O FOCO (Colocar anexo se Necessário)	CAUSA COMPROVADA?
Alto custo de Manutenção	Falta de manutenção preventiva	Alguns equipamentos não passam por manutenção preventiva, e quando precisam de manutenção é evidenciada a necessidade de corretiva	Ao negligenciar a manutenção preventiva, os equipamentos ficam mais propensos a apresentar falhas frequentes, reduzindo sua eficiência, aumentando o risco de danos e gerando custos adicionais com reparos e substituições.	Sim
	Altos custos de manutenção resultantes de práticas inadequadas de uso e manuseio de equipamentos	Análise de registros de manutenções corretivas, entrevistas com operadores e técnicos, observação direta das práticas de uso	Ao melhorar a forma como os equipamentos são utilizados e manuseados, é possível diminuir as falhas, prolongar a vida útil dos equipamentos e, conseqüentemente, reduzir os custos associados à manutenção.	Sim
	Falta de controle de gastos com manutenção	Há uma planilha com informações das manutenções realizadas durante o ano, porém não há um controle referente aos tipos de manutenção, custos, frequência, etc.	A falta de controle de gastos com manutenção implica que não há um acompanhamento adequado dos custos associados aos serviços de manutenção e calibração. Isso pode levar a gastos excessivos, desperdícios e falta de eficiência na alocação de recursos.	Sim

FONTE: AUTOR (2023)

### 3.4. FASE IMPROVE

Na fase "Improve" do projeto, foram identificadas algumas causas fundamentais que contribuem para os altos custos com manutenção no ISI (Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica). Com base nessas causas, foram propostas soluções para abordar esses problemas e melhorar a eficiência dos processos de manutenção. Uma das causas fundamentais identificadas é a falta de manutenção preventiva adequada. Para solucionar esse problema, foi proposto mapear os equipamentos que necessitam de manutenção preventiva, estabelecendo um cronograma regular de manutenção e garantindo que os procedimentos adequados sejam seguidos.

Outra causa identificada é a ocorrência de altos custos de manutenção devido a práticas inadequadas de uso e manuseio dos equipamentos. Para abordar essa questão, foi proposto a realização de treinamentos para os funcionários, visando implementar procedimentos corretos de operação e manuseio, além de conscientização sobre a importância do cuidado adequado com os equipamentos.

Além disso, constatou-se a falta de controle de gastos com manutenção. Para solucionar esse problema, foi proposta a criação de uma planilha de controle com indicadores, que permitirá acompanhar de forma mais efetiva os gastos com manutenção, identificar oportunidades de redução de custos e tomar decisões embasadas em dados.

A Tabela 6 apresenta um resumo das causas fundamentais e das soluções propostas pela equipe para controle e implementação das ações.

TABELA 6 – RESUMO DAS CAUSAS FUNDAMENTAIS E SOLUÇÕES PROPOSTAS

CAUSA FUNDAMENTAIS	SOLUÇÕES PROPOSTAS
Falta de manutenção preventiva	Mapear os equipamentos que necessitam de manutenção preventiva
Altos custos de manutenção resultantes de práticas inadequadas de uso e manuseio de equipamentos	Treinamentos, implementação de procedimentos adequados e conscientização dos funcionários
Falta de controle de gastos com manutenção	Criar planilha de controle com indicadores

FONTE: AUTOR (2023)

As soluções propostas na fase "Improve" visam melhorar a gestão da manutenção, reduzir custos e aumentar a eficiência dos processos, garantindo um uso adequado e prolongando a vida útil dos equipamentos. Com a implementação dessas soluções, espera-se alcançar resultados positivos e contribuir para o sucesso do projeto no ISI.

#### 3.4.1. Priorização das soluções

Na priorização das soluções, com base no levantamento das causas, avançou-se para a etapa de busca de soluções eficazes. Para isso, utilizou-se uma ferramenta chamada Matriz Básica para Priorização de Soluções. Essa matriz permitiu a avaliação e comparação de diferentes alternativas com base em dois critérios cruciais: o esforço necessário para implementar a solução e o impacto esperado que ela teria.

Após uma análise detalhada, as causas fundamentais foram mapeadas e soluções relevantes foram propostas para cada uma delas. Utilizando a matriz, conforme ilustra a Figura 15, as soluções receberam pontuações com base no esforço necessário e no impacto previsto. Com base nessas pontuações, as soluções foram posicionadas na matriz, identificando as mais promissoras para aprimorar o processo.

FIGURA 15 – MATRIZ BÁSICO

Matriz BASICO								
Solução	Pontuação						Total	Ranking
	Benefícios	Abrangência	Satisfação	Investimento	Cliente	Operacionalidade		
Mapear os equipamentos que necessitam de manutenção preventiva	5	5	1	2	0	3	16	1º
Treinamentos, implementação de procedimentos adequados e conscientização dos funcionários	5	5	1	4	0	3	18	2º
Criar planilha de controle com indicadores	5	5	1	3	0	4	18	2º

FONTE: AUTOR (2023)

Uma das causas priorizadas foi a falta de manutenção preventiva. Para solucionar esse problema, todos os equipamentos que necessitavam de manutenção preventiva foram mapeados e um plano abrangente para realizar essas atividades regularmente foi desenvolvido.

Outra causa identificada foi o alto custo de manutenção devido a práticas inadequadas de uso e manuseio de equipamentos. Para abordar essa questão, treinamentos específicos foram implementados para os colaboradores, fornecendo conhecimentos e habilidades necessários para um uso adequado dos equipamentos. Além disso, procedimentos operacionais padrão foram estabelecidos para garantir a correta operação e manuseio.

Por fim, o desafio da falta de controle de gastos com manutenção foi enfrentado. Para solucionar essa questão, uma planilha de controle com indicadores foi desenvolvida para acompanhar de perto os gastos com manutenção, permitindo uma melhor gestão financeira e a identificação de possíveis áreas de melhoria.

Com a utilização da Matriz Básica para Priorização de Soluções, as soluções mais adequadas foram selecionadas para enfrentar as causas identificadas, considerando tanto o esforço necessário quanto o impacto esperado. Essa abordagem permitiu direcionar os esforços de melhoria de forma eficiente, maximizando os resultados obtidos.

### 3.4.2. Descrição do plano de ação

Na descrição do plano de ação, após a priorização das soluções, foram identificadas 10 causas fundamentais que contribuíam para os desafios enfrentados no processo. Para abordar essas causas de forma eficaz, um Plano de Ação abrangente foi desenvolvido.

Cada uma das 10 causas fundamentais foi associada a uma solução específica, que foi cuidadosamente selecionada e implementada para teste. Essas soluções foram projetadas para abordar os problemas subjacentes e impulsionar melhorias significativas no processo, conforme a planilha 5W2H do Anexo C.

Para cada causa identificada, ficou claramente estabelecido o que seria feito (*What*) e por quê (*Why*). Além disso, a responsabilidade das atividades (*Who*) foi atribuída aos colaboradores designados, estipularam-se datas de início (*When*) e prazos de conclusão (*When*). Também foi definido o local onde as atividades seriam realizadas (*Where*) e descrito como seriam executadas (*How*). Quando aplicável, os custos (*How much*) envolvidos na implementação das soluções também foram considerados.

Ao longo do processo de implementação, as evidências da implantação das ações foram registradas, incluindo gráficos, links e fotos que demonstram como as atividades estão sendo executadas. Essas evidências foram armazenadas na planilha de controle e no sistema de BI da empresa.

Atualmente, algumas atividades estão finalizadas, como a criação de um programa de manutenção preventiva eficiente para reduzir custos e prolongar a vida útil dos equipamentos. Também foi desenvolvida uma planilha com indicadores para controlar os gastos com manutenção e foi avaliada a viabilidade da locação de equipamentos em vez da aquisição.

Outras atividades estão em andamento, como a implementação do Sistema 5S para promover a limpeza e organização dos equipamentos em cada setor. Também está em revisão os procedimentos operacionais dos principais equipamentos do instituto, buscando melhorar sua eficiência e segurança de uso.

Por fim, estão sendo adquiridas ferramentas para a realização de manutenção preventiva interna dos equipamentos, visando otimizar a eficiência e reduzir os custos de manutenção.

Essas ações trarão resultados significativos e impulsionarão melhorias no processo. O progresso do Plano de Ação continuará sendo monitorado, e os ajustes necessários serão feitos para garantir o sucesso contínuo do projeto.

### **3.5. FASE CONTROLAR**

#### **3.5.1. Descrição do alcance da meta**

Na fase "Controlar", descreve-se o alcance da meta estabelecida. A organização alcançou com sucesso a meta de reduzir os gastos médios anuais de manutenção e calibração de equipamentos em 10% para o ano de 2023. Para fins de conclusão do estudo, um cálculo do custo médio mensal foi realizado, resultando em R\$ 5.257,36 durante o período de janeiro a junho. Essa média mensal permitiu uma previsão média de gastos de R\$ 63.088,30 até dezembro, evidenciando um controle eficiente dos custos ao longo do ano.

Além disso, comparando-se com os gastos anuais anteriores, em 2020 os custos atingiram R\$ 201.294,82, representando uma redução impressionante de 68,6%. Em 2021, houve uma queda adicional para R\$ 67.728,20, indicando uma redução acumulada de 66,3% em relação a 2020. Em 2022, embora tenha havido um aumento para R\$ 153.673,46, a organização conseguiu manter uma redução de 23,4% em relação a 2020. A meta de redução de gastos para 2023 foi alcançada com êxito, demonstrando o compromisso da empresa com a eficiência e o controle financeiro.

Essa conquista resultou não apenas em uma economia significativa, mas também evidencia a implementação de práticas sustentáveis e responsáveis. Com esse resultado positivo, a organização está mais bem posicionada para investir em outras áreas estratégicas e impulsionar seu crescimento.

#### **3.5.2. Obtenção do retorno financeiro**

A organização conseguiu atingir uma redução significativa nos custos ao longo dos anos, com uma média de redução de 13,8%. O custo médio anual entre os anos de 2020 a 2022 foi de R\$ 140.898,83, enquanto o custo médio no período expandido até

2023 diminuiu para R\$ 121.446,20. Essa redução de gastos resultou em um lucro médio anual de R\$ 19.452,63.

Essa conquista destaca o compromisso da organização em buscar eficiência e controle financeiro, resultando em uma gestão mais eficaz dos recursos. Ao implementar práticas de redução de custos, a empresa conseguiu não apenas atingir a meta estabelecida, mas também melhorar seu desempenho financeiro.

Essa redução de custos ao longo dos anos demonstra a capacidade da organização de se adaptar e tomar decisões estratégicas que beneficiam sua saúde financeira. Além disso, o lucro médio anual de R\$ 19.452,63 reflete a efetividade dessas ações, pois a organização foi capaz de equilibrar as despesas e gerar resultados positivos.

### 3.5.3. Descrição dos padrões para manutenção dos resultados

Na implementação do sistema de monitoramento das manutenções preventivas e calibrações por meio da planilha com planejamento, foram estabelecidos diversos padrões e ações relacionados ao uso e manuseio dos equipamentos, além da elaboração da planilha em BI para manutenção preventiva e calibração. Essas medidas visam garantir a eficácia do processo e a excelência na execução das atividades. Alguns pontos relevantes incluem:

- a) Procedimentos padrões para uso e manuseio de equipamentos:** Foram desenvolvidos procedimentos padrões detalhados para cada tipo de equipamento utilizado. Esses procedimentos abrangem as melhores práticas de utilização, operação e manuseio dos equipamentos, com o objetivo de evitar práticas inadequadas que possam resultar em danos ou desgaste prematuro. A equipe recebeu treinamento específico sobre esses procedimentos e sua correta aplicação, garantindo o uso adequado dos equipamentos.

A Figura 16 apresenta um modelo de Procedimento Operacional Padrão (POP), abordando as boas práticas de uso dos equipamentos, cuja implementação desempenha um papel crucial na prevenção de manutenções desnecessárias. Ao estabelecer diretrizes padronizadas e orientar os operadores sobre as melhores

práticas, contribuem para a segurança, durabilidade e desempenho eficiente dos equipamentos, resultando em economia de custos e aumento da produtividade.

FIGURA 16 – MODELO DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL (POP)

**Sistema Fiep**

**PROCEDIMENTO OPERACIONAL**

NOME DO EQUIPAMENTO / ATIVIDADE  
Modelo: XXX  
Fabricante: XXX

**INSTITUTO SENAI**  
DE INOVAÇÃO

**Sistema Fiep**

PROCEDIMENTO OPERACIONAL (PO)	Código: 021	Versão: 00
NOME DO EQUIPAMENTO / ATIVIDADE	Área: ISI	Página 6 de 19

- 5 Ao mover o equipamento de um local para outro, verifique se há espaço adequado e certifique-se de que a área esteja livre de obstáculos. Se necessário, solicite ajuda para evitar lesões ou danos ao equipamento.
- 6 Evite expor o equipamento a condições extremas de temperatura, umidade, poeira ou outros elementos que possam afetar seu desempenho.
- 7 Ao realizar ajustes ou trocar componentes, certifique-se de seguir as instruções do fabricante, desligar o equipamento, quando necessário, e utilizar as ferramentas apropriadas.
- 8 Em caso de dúvidas, problemas ou mau funcionamento do equipamento, contate a equipe técnica responsável ou o suporte especializado antes de prosseguir com qualquer ação.
- 9 Sempre priorize sua segurança e a integridade do equipamento ao manipulá-lo, seguindo as orientações específicas do fabricante e as normas de segurança aplicáveis."



Figura 3 – Manuseando o Equipamento

Se arquivo eletrônico, dispensa assinatura

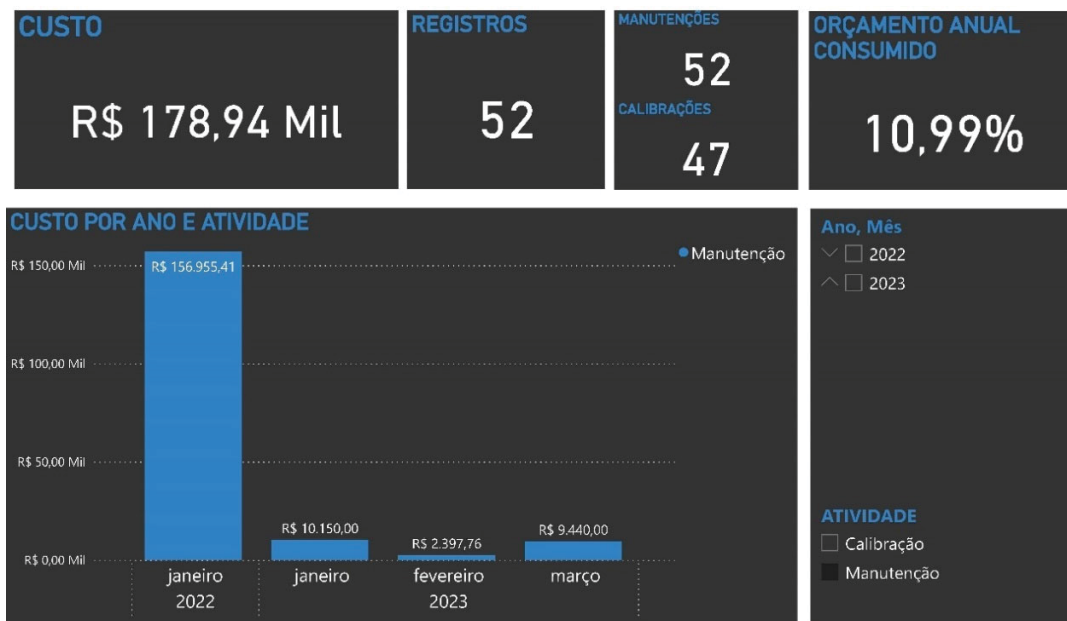
FONTE: AUTOR (2023)

- b) Elaboração da planilha em BI:** Foi elaborada uma planilha em formato de BI para o registro e acompanhamento das manutenções preventivas e calibrações. Essa planilha foi projetada de forma a fornecer informações relevantes sobre o status das manutenções, os prazos de execução, as datas de realização, os equipamentos envolvidos e outros indicadores-chave. Ela permite o monitoramento em tempo real das atividades, facilitando a tomada de decisões e a identificação de possíveis gargalos ou atrasos.

A Figura 17 apresenta os dashboards de controle de manutenção e calibração de equipamentos, fornecendo uma visão abrangente e em tempo real do status e desempenho dessas atividades. Os dashboards exibem indicadores chave, como o número de manutenções realizadas, o tempo médio de reparo, as datas das últimas calibrações e a conformidade dos equipamentos com os padrões estabelecidos. Com essas informações visuais e intuitivas, a equipe responsável pela gestão de

equipamentos pode tomar decisões embasadas e proativas. Através desses dashboards, é possível identificar rapidamente áreas de atenção, priorizar manutenções ou calibrações críticas e monitorar o cumprimento dos prazos estabelecidos. Essa ferramenta de controle é fundamental para otimizar os processos de manutenção e calibração, garantindo a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos em toda a organização.

FIGURA 17 – DASHBOARDS DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÕES E CALIBRAÇÕES DE EQUIPAMENTOS



FONTE: AUTOR (2023)

A Figura 18 apresenta os dados de manutenção e calibração, prazos, datas de realização, próximas realizações e status de cada equipamento de forma clara e organizada. Essa visualização detalhada permite um acompanhamento eficiente das atividades, fornecendo informações essenciais para a tomada de decisões assertivas. Com base nos dados exibidos, é possível identificar equipamentos que necessitam de manutenção ou calibração em breve, planejar antecipadamente as ações necessárias e evitar falhas ou atrasos. Além disso, o status de cada equipamento pode ser facilmente identificado, permitindo uma gestão mais precisa e assertiva. A Figura 18, com seus dados abrangentes, é uma ferramenta valiosa para a gestão eficaz das atividades de manutenção e calibração, garantindo o bom funcionamento dos equipamentos e contribuindo para a eficiência operacional da organização.

FIGURA 18 – DADOS DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO E CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

**Manutenções**

Código de Identificação	Nome do Equipamento	Última Manutenção	Próxima Manutenção	Dias restantes para próxima manutenção	Status
140833	CABINE ASSÉPTICA				Sem Manutenção
140887	ESPECTROFOTOMETRO UV-VIS				Sem Manutenção
141000	VISCOSIMETRO LO-VI COMPLETO				Sem Manutenção
99965	CONDUTIVIMETRO MICROPROCESSADO PORTATIL				Sem Manutenção
99968	MEDIDOR PORTATIL DE CAMPO E LABORATORIO				Sem Manutenção
99969	MEDIDOR PORTATIL DE CAMPO E LABORATORIO DE COR				Sem Manutenção
99970	PHMETRO DE LABORATORIO				Sem Manutenção
00071	PHMETRO DE LABORATORIO				Sem Manutenção
99972	PHMETRO DE LABORATORIO				Sem Manutenção
99973	PHMETRO DE LABORATORIO				Sem Manutenção
99974	PHMETRO DE LABORATORIO				Sem Manutenção
99975	PHMETRO DE LABORATORIO				Sem Manutenção
99976	PHMETRO DE LABORATORIO				Sem Manutenção
99977	MEDIDOR DE RESISTIVIDADE				Sem Manutenção
103581	ELETROPOLIMENTO ELETROMET 4	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
103582	LIXADEIRA POLTRIZ / METASERV 250 COM CABEÇOTE VECTOR - AUTOMÁTICA	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
103583	LIXADEIRA POLTRIZ / METASERV 250	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
103585	CORTADEIRA ABRASIMATIC 300	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
103586	PRENSA DE MONTAGEM METALGRÁFICA SIMPLIMET XPS 1 - EMBUTIDORA	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
104533	REFRATOMETRO DIGITAL AUTOMATICO	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
105114	ESTUFA 502/4 CULTURA INOX	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida

**Calibrações**

Código de Identificação	Nome do Equipamento	Última Calibração	Próxima Calibração	Dias restantes para próxima calibração	Status
140739	MICROPIPETA SOCOREX ACURA 926XS	01/01/2022	01/01/2023	-171	Atrasada
140740	MICROPIPETA SOCOREX ACURA 926XS	01/01/2022	01/01/2023	-171	Atrasada
140741	MICROPIPETA SOCOREX ACURA 926XS	01/01/2022	01/01/2023	-171	Atrasada
140742	MICROPIPETA MONOCANAL ACURA 926XS	01/01/2022	01/01/2023	-171	Atrasada
140743	MICROPIPETA MONOCANAL ACURA 926XS	01/01/2022	01/01/2023	-171	Atrasada
140744	MICROPIPETA SOCOREX ACURA 926XS	01/01/2022	01/01/2023	-171	Atrasada
140758	BANHO ULTRASSÔNICO 6L BIVOLT	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
140759	BANHO ULTRASSÔNICO 3,8L BIVOLT	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
140763	BALANÇA SEMI ANALÍTICA 320G COM FONTE DE ALIMENTAÇÃO	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
140764	BALANÇA SEMI ANALÍTICA 320G COM FONTE DE ALIMENTAÇÃO	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
140776	AGITADOR VORTEX MICROPROCESSADO PARA TUBOS	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
140832	CABINE ASSÉPTICA				Sem Calibração
140833	CABINE ASSÉPTICA				Sem Calibração
140885	AGITADOR MAGNETICO COM AQUECIMENTO				Sem Calibração
140886	AGITADOR MAGNETICO COM AQUECIMENTO				Sem Calibração
140887	ESPECTROFOTOMETRO UV-VIS				Sem Calibração
141000	VISCOSIMETRO LO-VI COMPLETO				Sem Calibração
141048	AGITADOR VORTEX MICROPROCESSADO	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
141049	AGITADOR VORTEX MICROPROCESSADO	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
141050	AGITADOR VORTEX MICROPROCESSADO	01/01/2022	01/01/2024	194	Válida
99455	LIQFILIZADOR LP K105 LIOTOP				Sem Calibração
99965	CONDUTIVIMETRO MICROPROCESSADO PORTATIL				Sem Calibração

FONTE: AUTOR (2023)

**c) Manutenções internas:** Para otimizar o processo e reduzir custos, foi implementada a prática de manutenções internas utilizando ferramentas adequadas. A equipe recebeu treinamento específico sobre as técnicas e os equipamentos necessários para realizar essas manutenções internas de forma eficiente e segura. Isso permite uma resposta mais rápida e eficaz a pequenos problemas e contribui para a redução dos custos com manutenção externa.

A Figura 19 ilustra a aquisição dos kits adquiridos para as manutenções internas, de acordo com cada grupo de equipamentos.

FIGURA 19 – KITS DE FERRAMENTAS PARA MANUTENÇÕES INTERNAS



FONTE: AUTOR (2023)

Com a implementação desses procedimentos padrões para uso e manuseio de equipamentos e a elaboração da planilha em BI para manutenção preventiva e calibração, o Instituto SENAI de inovação em eletroquímica terá maior controle e visibilidade sobre as atividades de manutenção, possibilitando uma abordagem mais proativa e eficiente na gestão desses processos. Isso contribuirá para a redução de custos, a maximização da vida útil dos equipamentos e a melhoria geral da eficiência operacional.

Nas integrações de novos colaboradores, as medidas de boas práticas do uso e manuseio dos equipamentos foram apresentadas como parte essencial da cultura organizacional. Isso garantiu que desde o início, os novos membros da equipe entendessem a importância dessas práticas e as incorporassem em suas atividades diárias.

Além disso, a organização realizou reuniões quinzenais com a equipe, aproveitando os minutos de qualidade, para reforçar e discutir as boas práticas do uso e manuseio dos equipamentos. Essas reuniões proporcionaram um espaço para troca de informações, esclarecimento de dúvidas e compartilhamento de experiências, garantindo que todos os colaboradores estivessem atualizados e engajados na aplicação correta dos procedimentos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em conjunto, todas essas medidas resultaram em uma notável redução nos custos de manutenção e calibração de equipamentos ao longo do período analisado.

É importante ressaltar que a implementação dessas medidas representou mais do que um simples processo de curto prazo, mas sim uma mudança cultural dentro da organização. O treinamento e a capacitação da equipe foram fundamentais para garantir a aceitação e a aplicação correta dos procedimentos, bem como para fomentar uma mentalidade de prevenção e zelo pelos equipamentos.

Os resultados obtidos com a implementação dessas estratégias foram extremamente positivos. Houve uma redução significativa nos custos de manutenção, resultando em economia financeira e aumento da rentabilidade da organização. Além disso, os equipamentos passaram a apresentar um desempenho mais eficiente, com menos falhas e maior durabilidade, contribuindo para a melhoria da qualidade dos produtos e serviços oferecidos.

### 4.1. APONTAMENTO DE OPORTUNIDADE DE MELHORIAS

Durante a análise do projeto, identificou-se uma oportunidade de melhoria em relação à substituição de equipamentos com histórico frequente de manutenções. A possibilidade de utilizar equipamentos locados foi considerada como uma alternativa para reduzir custos operacionais. Contudo, após uma análise detalhada dos custos envolvidos, verificou-se que o custo para locação dos equipamentos seria muito superior em comparação com o valor médio gasto com manutenções.

Essa constatação apontou para a necessidade de buscar outras estratégias a fim de otimizar os custos operacionais nesse aspecto específico. Além da substituição de equipamentos com histórico frequente de manutenções, outras sugestões também foram identificadas para melhorar a eficiência dos custos operacionais:

- a) **Estabelecer um programa de gestão de ativos:** A implementação de um sistema de gestão de ativos que permitiria um controle mais eficiente dos equipamentos. Isso incluiria o registro detalhado de informações como datas de aquisição, manutenções realizadas, histórico de falhas e vida útil estimada. Com uma gestão adequada, seria possível antecipar equipamentos problemáticos

com antecedência, planejar substituições mais eficientes e reduzir custos desnecessários.

- b) Implementar um programa de manutenção preditiva:** Além da manutenção preventiva, adotar técnicas de manutenção preditiva, como o monitoramento contínuo de parâmetros-chave dos equipamentos, permitiria identificar possíveis falhas iminentes. Isso possibilitaria a realização de manutenções corretivas antes que problemas mais graves ocorressem. A antecipação e prevenção de falhas poderiam reduzir o tempo de inatividade dos equipamentos e os custos associados à manutenção corretiva.
- c) Investir em calibração interna:** Avaliar a viabilidade de desenvolver capacidades internas para realizar a calibração de equipamentos. Essa abordagem poderia reduzir a dependência de serviços externos e os custos associados a eles. No entanto, é importante garantir que a equipe receba treinamento adequado e que sejam estabelecidos procedimentos padronizados para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados da calibração.
- d) Realizar análise de fornecedores:** Avaliar periodicamente os fornecedores de serviços de manutenção e calibração para garantir que ofereçam preços competitivos e qualidade satisfatória. A negociação de contratos de longo prazo e o estabelecimento de parcerias estratégicas pode proporcionar benefícios financeiros significativos.
- e) Incentivar a cultura de manutenção responsável:** Promover a conscientização e a responsabilidade dos colaboradores relação à manutenção e ao cuidado com os equipamentos. Incentivar a comunicação de problemas e sugestões de melhorias, além de fornecer treinamento contínuo sobre boas práticas de manuseio e operação, poderia contribuir para a redução de falhas e prolongamento da vida útil dos equipamentos.

Essas sugestões de melhoria visam otimizar a gestão de equipamentos e reduzir os custos associados à manutenção e calibração. Ao implementar essas medidas, o Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica poderá obter benefícios significativos, como redução de despesas, aumento da eficiência operacional e prolongamento da vida útil dos equipamentos.

## 5. CONCLUSÕES

Em conclusão, o projeto em questão demonstrou a eficácia das medidas implementadas para redução de custos e otimização do uso e manuseio de equipamentos. Através da implementação de procedimentos padrões detalhados, disseminação de boas práticas durante as integrações de novos colaboradores e reuniões periódicas com a equipe, a organização conseguiu alcançar resultados significativos.

A redução média de 13,8% nos custos ao longo dos anos, juntamente com a diminuição do custo médio anual de R\$ 140.898,83 para R\$ 121.446,20, evidencia o impacto positivo dessas medidas. Além disso, a implementação dessas práticas resultou em um lucro médio anual de R\$ 19.452,63, fortalecendo a saúde financeira da organização.

É importante ressaltar que a meta estabelecida de redução de 10% nos custos médios anuais para o ano de 2023 foi atingida com sucesso. Através da implementação das estratégias propostas, a organização não apenas atingiu, mas superou esta meta, com uma redução média de 13,8%.

A criação de procedimentos padrões detalhados para o uso e manuseio dos equipamentos garantiu um ambiente de trabalho seguro, eficiente e sustentável.

A incorporação sistemática das boas práticas durante a integração de novos colaboradores e nas reuniões quinzenais reforçou a importância destas práticas e envolveu toda a equipe no cumprimento dos procedimentos.

Essas ações não apenas reduziram os custos de manutenção e calibração de equipamentos, mas também melhoraram a eficiência operacional, a qualidade dos produtos e serviços e a rentabilidade da organização. O engajamento da equipe e a criação de uma cultura de cuidado e excelência operacional foram fatores-chave para o sucesso dessas iniciativas.

Dessa forma, a organização está bem-posicionada para enfrentar os desafios futuros, com processos mais eficientes, custos reduzidos e maior competitividade no mercado. O projeto *Black Belt* demonstrou a importância da implementação de medidas estratégicas e da adoção de boas práticas para obter resultados significativos na redução de custos e no aumento da eficiência operacional.

Através da continuidade dessas práticas e da busca constante por melhorias, a organização estará preparada para enfrentar os desafios em um ambiente de negócios

cada vez mais competitivo. A cultura de excelência operacional e o cuidado com os equipamentos serão fundamentais para manter a vantagem competitiva e impulsionar o crescimento sustentável da organização no futuro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTHONY, J.; ESCAMILLA, J. L.; CAINE, P. **Lean sigma. Manufacturing Engineer**. Vol. 82, n. 4, p. 40-42, 2003.

BREYFOGLE III, F. W. **Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods**. John Wiley & Sons, 2ª edição, 2003.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E.P. (Coord.). **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

COLOÇO, L. M. **Utilização do DMAIC como Estratégia Orientada aos Clientes de uma Indústria Química**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Industrial Química) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

DA FONTE, M. O. A. **O Lean Sigma Aplicado a uma Indústria Automobilística**. 2008. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2008\\_1\\_Mariana.pdf](http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2008_1_Mariana.pdf)>. Acesso em: 03 de jul. 2023.

FALCÃO, Mateus Moreira. **Aplicação da metodologia DMAIC para gestão da manutenção de equipamentos condicionadores de ar: estudo de caso nos prédios administrativos de uma usina sucroalcooleira**. 2022. 41. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2022.

FIGUEIREDO, T. G. **Metodologia Seis Sigma como Estratégia para Redução de Custos: estudo de caso sobre a redução de consumo de óleo sintético na operação de usinagem**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil, 2006. Disponível em: [https://www2.ufjf.br/ep/files/2014/07/2006\\_3\\_Thiago.pdf](https://www2.ufjf.br/ep/files/2014/07/2006_3_Thiago.pdf). Acesso em: 26 jul. 2023.

FRANKLIN, Y.; NUSS, L. F. **Ferramenta de Gerenciamento**, 2006. Disponível em: <[https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/465\\_PA\\_FerramentadeGerenciamento02.pdf](https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/465_PA_FerramentadeGerenciamento02.pdf)>. Acesso em: 03 jul. 2023.

GEORGE, M. L. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**. McGraw-Hill Education, 2002.

Jirasukprasert, P., Garza-Reyes, A., Kumar, V., & Lim, K. M. (2014). **A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process.** International Journal of Lean Six Sigma, v.5, p. 2-21.

LIN, C. et al. **Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology.** Robotics and Computers-Integrated Manufacturing, v.29, p. 93-103, 2013.

MERGULHÃO, R. C. **Influência da medição de desempenho nos projetos Seis Sigma: Estudos de caso.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, São Carlos, 2007.

MIRANDA, M. P. M.; SIQUEIRA, A. L. **Aplicação do Seis Sigma em Projetos de Confiabilidade.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2021, Catalão, Goiás. Anais... Catalão: Universidade Federal de Catalão, 2021. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/APLICA%C3%87%C3%83O\\_DO\\_SEIS\\_SIGMA\\_EM\\_PROJETOS\\_DE\\_CONFIABILIDADE.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/APLICA%C3%87%C3%83O_DO_SEIS_SIGMA_EM_PROJETOS_DE_CONFIABILIDADE.pdf). Acesso em: 14/07/2023.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** 8. ed. John Wiley & Sons, Incorporated, 2020.

OLIVEIRA, J. S. M. de. **Aplicação da Abordagem Lean Six Sigma: uma análise do sistema financeiro português.** 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado em Gestão) - ISCTE Business School, Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2018.

PINTO, J. R. V.; CRUZOALDO, M. R.; ANDRADE, DANIEL RODRIGUES, A. D.; CORDEIRO, R. O. **Aplicação da Metodologia DMAIC no Setor de Manutenção de uma Empresa Siderúrgica.** In: XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017, Joinville, SC, Brasil. A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens avançadas de produção. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/tn\\_stp\\_238\\_381\\_33936.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/tn_stp_238_381_33936.pdf). Acesso em: 14/07/2023.

REIS, M. S. **Estatística para a melhoria de processos: a perspectiva seis sigma**. Imprensa da Universidade de Coimbra. Coimbra: University Press, 2016.

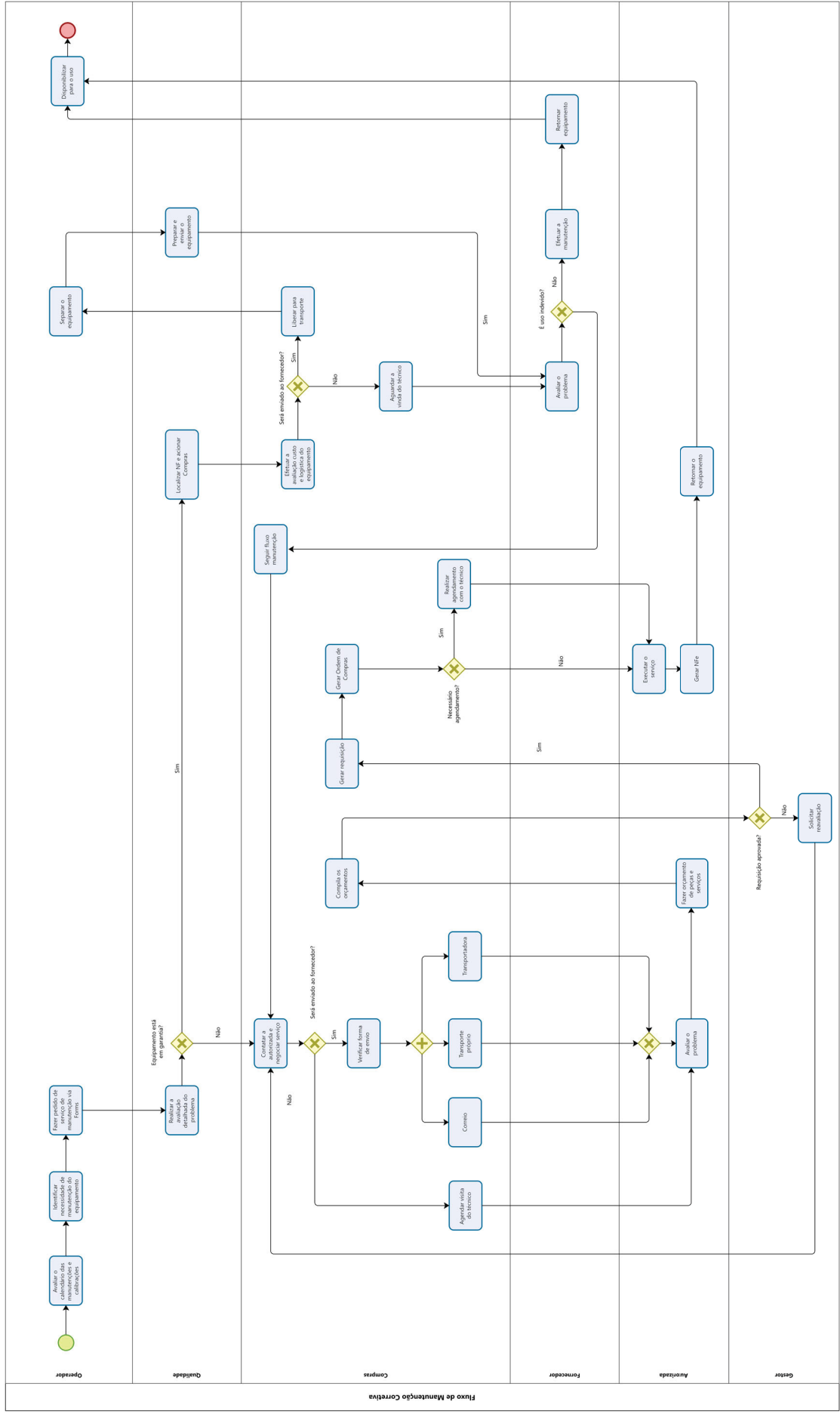
RODRIGUES, J. T. M. C.; WERNER, L. Descrevendo o programa Seis Sigma: uma revisão da literatura. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.

SANTOS, A. B. dos. **Modelo de Referência para Estruturar o Modelo de Qualidade Seis Sigma: Proposta e Avaliação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, São Carlos, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3473/TeseABS.pdf?sequence=1>. Acesso em: 26 jul. 2023.

WERKEMA, C. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 261 p.

**ANEXOS**

# ANEXO A – FLUXO DE PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA



FONTE: AUTOR (2023)



## ANEXO C – PLANILHA 5W2H

Plano de Ação	What	Why	Who	When	Where	How	How much	Resultado Da Implementação	Status
Descrição	O que será feito	Justificativa	Por quem	Prazo (dias)	Fim Planej.ado	Fim Real	Quanto	Evidências de que as ações foram implantadas - Incluir gráficos, links, fotos de como foi feito	Atual
Falta de Manutenção Preventiva	Estabelecer um programa de manutenções preventivas, incluindo inspeções regulares e manutenção agenda	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- Reduzir custos de manutenção corretiva;</li> <li>2- Prolongar a vida útil dos equipamentos;</li> <li>3- Minimizar falhas e interrupções não planejadas;</li> <li>4- Melhorar a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.</li> </ul>	Equipe de Qualidade	10	04/03/2023	04/03/2023	R\$ -	Planilha BI	Finalizado
Falta de Controle de Gastos com manutenção	Elaboração de planilha com indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 - Identificar oportunidades de redução de custos;</li> <li>2 - Acompanhar o desempenho dos gastos com manutenção;</li> <li>3 - Facilitar a tomada de decisões baseada em dados concretos;</li> <li>4 - Promover a eficiência e otimização dos recursos.</li> </ul>	Responsável pelo controle de custos da empresa	30	24/03/2023	24/03/2023	R\$ -	Planilha BI	Finalizado
Falta de Controle de Gastos com manutenção	Avaliar a viabilidade de locação de equipamentos em vez de aquisição, considerando a frequência de uso e a demanda	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- Reduzir os gastos com manutenção de equipamentos próprios;</li> <li>2- Maximizar a eficiência dos recursos financeiros;</li> <li>3- Garantir o acesso a equipamentos atualizados e de qualidade.</li> </ul>	Luchivandro/Cleber	120	27/06/2023	27/06/2023	R\$ -	Foram realizadas a sistemática de manutenção interna dos equipamentos e a avaliação do recebimento dos kits de ferramentas. Além disso, foi conduzida uma pesquisa sobre fornecedores e equipamentos para locação, no entanto, ficou evidente que os custos de locação são significativamente mais altos em comparação aos gastos com manutenção preventiva e corretiva.	Finalizado
Alto custo de manutenção resultante de práticas inadequadas de uso e manuseio de equipamentos	Limpeza e organização dos equipamentos por setor - Implantação do Sistema 5S	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- Melhorar a eficiência operacional;</li> <li>2- Prevenir danos e desgastes nos equipamentos;</li> <li>3- Promover um ambiente de trabalho seguro e organizado.</li> </ul>	Equipe de Qualidade; Equipe de cada setor envolvido	120	06/06/2023	01/05/2023	R\$ -	Foram realizadas a sistemática da elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão (POP's) e treinamentos periódicos sobre o uso e manuseio de equipamentos, tanto em integrações quanto em reuniões quinzenais. Além disso, foi implementada a metodologia 5S para a organização e limpeza dos setores, e estabelecida a rotina de verificação semanal das áreas, garantindo a organização e limpeza dos equipamentos.	Finalizado
Alto custo de manutenção resultante de práticas inadequadas de uso e manuseio de equipamentos	Revisão dos procedimentos operacionais dos principais equipamentos do Instituto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- Melhorar a eficiência e segurança no uso;</li> <li>2- Reduzir erros operacionais e danos aos equipamentos;</li> <li>3- Otimizar o tempo de parada não planejada para manutenções corretivas.</li> </ul>	Equipe de Qualidade	120	06/06/2023	19/05/2023	R\$ -	Foi implementada a sistemática de controle de revisão de documentos, com periodicidade anual, além da efetivação de novo documento a cada aquisição de equipamento, conforme o Sistema de Gestão da Qualidade do Instituto.	Finalizado
Alto custo de manutenção resultante de práticas inadequadas de uso e manuseio de equipamentos	Adquirir ferramentas para a realização de manutenção preventiva e corretiva em equipamentos, sempre que possível, visando otimizar a eficiência e reduzir custos de manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- Aumentar a eficiência operacional através da realização de manutenções;</li> <li>2- Reduzir a dependência de serviços externos de manutenção, resultando em economia de custos;</li> <li>3- Minimizar o tempo de parada dos equipamentos devido a disponibilidade de ferramentas;</li> <li>4- Melhorar a qualidade das intervenções de manutenção e prolongar a vida útil dos equipamentos.</li> </ul>	Equipe de Qualidade; Equipe de cada setor envolvido	120	13/06/2023	05/06/2023	R\$ 3.688,00	Foi realizada a aquisição de kits de ferramentas, que foram identificados por código único e registrados no sistema de entrega e devolução. Além disso, foi realizado um levantamento anual para aquisição de novas ferramentas, bem como de acessórios, como fusíveis para trocas imediatas ou a cada novo edital de projeto aprovado.	Finalizado

FONTE: AUTOR (2023)