

APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE SECTOR OF  
A SANITATION COMPANY

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NO SETOR DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA  
DE SANEAMENTO

**FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA**

<https://orcid.org/0009-0001-9831-2736> / <https://lattes.cnpq.br/2128070896711877> / [castroanasilva@gmail.com](mailto:castroanasilva@gmail.com)  
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina, Pernambuco

**ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA**

<https://orcid.org/0000-0001-8682-7794> / <https://lattes.cnpq.br/9521410863183757> / [castroanasilva@gmail.com](mailto:castroanasilva@gmail.com)  
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina, Pernambuco

**JOSÉ DE CASTRO SILVA**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2133-7157> / <http://lattes.cnpq.br/3710526079517733> / [castro.silva@univasf.edu.br](mailto:castro.silva@univasf.edu.br)  
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina, Pernambuco

**ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE**

<https://orcid.org/0000-0003-1566-091X> / <http://lattes.cnpq.br/2885580573978250> / [angelo.leite@univasf.edu.br](mailto:angelo.leite@univasf.edu.br)  
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina, Pernambuco

**PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS**

<https://orcid.org/0000-0001-9802-506X> / <http://lattes.cnpq.br/8798953209525512> / [pedrovieirass@hotmail.com](mailto:pedrovieirass@hotmail.com)  
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina, Pernambuco

Recebido em: 31/03/2025

Aprovado em: 20/06/2025

Publicado em: 31/07/2025



**RESUMO**

As empresas de saneamento são responsáveis pela distribuição de água e esgotamento sanitário nas cidades, necessitando manter um serviço de qualidade para garantir que a água tratada chegue às residências e o esgoto seja tratado adequadamente. O presente trabalho foca na aplicação da metodologia Lean Seis Sigma, especificamente o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), no setor de manutenção de uma empresa de saneamento localizada no Vale do São Francisco. O objetivo é otimizar os processos de manutenção, reduzindo falhas e melhorando a qualidade dos serviços de distribuição de água

e esgotamento sanitário. A implementação das três primeiras fases do DMAIC já demonstrou melhorias significativas na eficiência e na confiabilidade dos equipamentos na Estação de Tratamento de Água (ETA) Vitória em Petrolina-PE. A abordagem inclui a identificação de problemas críticos, a medição precisa de indicadores e a análise das causas raízes, culminando em intervenções robustas. Com isso, foi observado que as causas organizacionais possuem uma maior predominância no desencadeamento dos problemas no setor de manutenção, o que contribui para acarretar causas humanas e físicas também, necessitando de uma atenção especial. Para sustentar essas melhorias a longo prazo, recomenda-se o monitoramento contínuo dos indicadores e o investimento na capacitação da equipe, promovendo uma cultura de melhoria contínua e impactando positivamente a qualidade dos serviços prestados à população.

**Palavras-chave:** DMAIC, manutenção, saneamento básico.

#### ABSTRACT

Sanitation companies are responsible for the distribution of water and sewage treatment in cities, requiring high-quality service to ensure treated water reaches households and sewage is adequately treated. This study focuses on applying the Lean Six Sigma methodology, specifically DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), in the maintenance sector of a sanitation company located in the São Francisco Valley. The goal is to optimize maintenance processes, reduce failures, and improve the quality of water distribution and sewage treatment services. The implementation of the first three phases of DMAIC has already shown significant improvements in the efficiency and reliability of equipment at the Vitória Water Treatment Station (ETA) in Petrolina-PE. The approach includes identifying critical problems, accurately measuring indicators, and analyzing root causes, resulting in robust interventions. It was observed that organizational causes have a greater predominance in triggering problems in the maintenance sector, contributing to human and physical causes as well, requiring special attention. To sustain these improvements in the long term, continuous monitoring of indicators and investment in team training are recommended, promoting a culture of continuous improvement and positively impacting the quality of services provided to the population.

**Keywords:** DMAIC, basic sanitation, maintenance.

## 1 INTRODUÇÃO

As empresas de saneamento são responsáveis por oferecer o serviço de distribuição de água e esgotamento sanitário nas cidades. Sendo assim, devem oferecer um serviço de qualidade e manter o sistema sempre em funcionamento, para que água tratada chegue às casas da população e o esgoto seja recolhido e devidamente tratado sem contaminar o ambiente (Andrade, 2020).

Para que o sistema de abastecimento de água e esgoto estejam sempre em funcionamento é imprescindível a manutenção dos equipamentos atuantes nas unidades. Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção é feita para garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados.

Nas redes de distribuição de água, o papel da manutenção é manter a capacidade e a operação normal do sistema (Trojan; Morais, 2015). Portanto é necessário conhecer as técnicas de gestão e saber como aplicá-las aos ativos da empresa de forma eficaz (Pereira, 2009). Por isso, para que ocorra um bom rendimento dos sistemas de abastecimento e esgotamento, as máquinas e equipamentos presentes na unidade precisam estar sempre com as manutenções em dia, sobretudo as do tipo planejadas. Isso posto, entende-se que o papel da manutenção nas redes de distribuição de água é manter a capacidade e a operação normal do sistema.

Porém, muitas vezes e por diversos fatores, ocorrem falhas não previstas, o que Pereira (2009) chama de perdas por parada acidental ou quebra do ativo, fator que ocorre em um momento inesperado, levando à parada do equipamento para conserto. O que gera custos extras para a empresa e a depender da gravidade da falha, gera impacto no fornecimento dos serviços.

Nesse contexto, com o passar dos anos as organizações vêm cada vez mais adotando métodos de melhorias, destacando-se a Filosofia *Lean Seis Sigma*, que apresenta um conjunto de ações inovadoras e eficazes, adequado para solução de problemas relacionados à melhoria de processos (Coelho; Silva; Santos, 2024). Dentre as ferramentas do *Lean Seis Sigma* destaca-se o DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), método sistemático baseado em dados e no uso de ferramentas estatísticas para se atingir os resultados estratégicos desejados pela empresa (Werkema, 2012; Silva; Silva; Santos, 2024). Dessa forma, considerando a importância dos serviços da empresa e de como o setor de manutenção da empresa é um fator crucial para o bom funcionamento deste serviço.

Portanto, faz-se necessário o estudo do processo de manutenção da empresa sob a ótica de redução de falhas nos processos, o que poderá contribuir na redução de retrabalhos e, principalmente, na melhoria da qualidade do serviço prestado. Logo, o objetivo geral do trabalho foi analisar como a utilização da metodologia DMAIC pode contribuir para melhorias no setor de manutenção de uma empresa de distribuição de água e esgotamento sanitário.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Diversas abordagens para aprimorar continuamente os processos de produção têm surgido com o objetivo de aumentar a eficiência e reduzir custos. Tais abordagens, de maneira direta ou indireta, estão associadas à redução de resíduos e à diminuição da variabilidade (Santos et al., 2025). Com destaque para o *Lean Manufacturing* e Seis Sigma.

### 2.1 *Lean Manufacturing* e Seis Sigma

Segundo Werkema (2012), o *Lean Manufacturing* é um conceito que busca eliminar desperdícios e otimizar a velocidade da empresa. Sendo que as suas origens remontam ao Sistema Toyota de Produção (STP). O foco desta Filosofia é a busca pela redução do tempo entre o pedido do cliente e a entrega do produto por meio da máxima redução dos desperdícios identificados, unindo as etapas que realmente agregam valor às atividades desenvolvidas (Oliveira; Santos Filho; Santos, 2024).

O Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar expressivamente a performance e a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores (Werkema, 2012). Segundo Corrêa e Corrêa (2016), o Seis Sigma é um método de melhoramento contínuo que visa a máxima redução da variabilidade, mostrando-se inovador quanto ao seu foco estratégico e ao seu critério na definição das metas de aprimoramento.

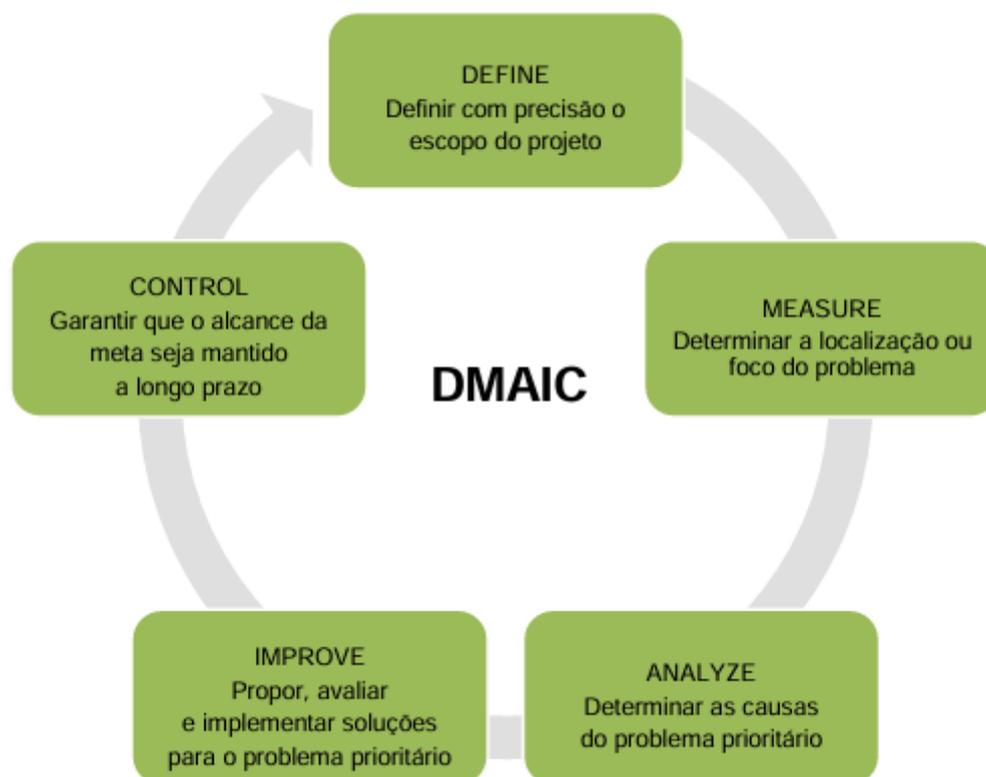
O termo Seis Sigma tem origem da terminologia estatística e significa desvio padrão, onde em um processo produtivo, o padrão Seis Sigma significa que a fração de defeitos produzida é de 3,4 por milhão de unidades produzidas, correspondendo a 99,9997% do total (Pohlmann et al., 2015). Segundo Araújo (2017), o *Lean Seis Sigma* ao ser implementado na estrutura organizacional de uma empresa, produz uma mudança na cultura, modifica o posicionamento da companhia em relação aos problemas, sua forma de identificá-los e passa a solucioná-los de maneira padronizada.

A vantagem de seu uso integrado reside na abordagem científica e quantitativa de qualidade fornecida pelo Seis Sigma junto às técnicas de produção enxuta ligadas ao *Lean Manufacturing*. Enquanto o primeiro foca seus esforços na redução da variação a partir da proposta padrão, o segundo propõe a adoção de uma visão de fluxo mais ampla (Bendell, 2006; Santos; Ferraz; Silva, 2019).

## **2.2 A Metodologia DMAIC**

Werkema (2012) ressalta que um dos segredos do sucesso do Seis Sigma é a utilização do método DMAIC para o desenvolvimento dos projetos de melhoria. A metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), é bastante eficiente, pois possibilita a estruturação de melhorias e facilita a identificação das causas-raiz dos problemas e a formulação de medidas de controle para as soluções implementadas (Antony et al., 2012; Fernandes et al., 2021). Werkema (2012), cita que o método DMAIC (Figura 1) é constituído por cinco etapas, sendo estas traduzidas como: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

Figura 1 - Aplicação DMAIC



Fonte: Adaptado de Werkema (2012)

Antony (2006), descreve as etapas do DMAIC com base em suas aplicações sendo estas:

- i. Definir:
  - Definir o problema de forma específica e sucinta;
  - Identificar partes interessadas e gestor do processo principal;
  - Compreender o problema pela perspectiva do cliente;
  - Realizar um mapeamento simples dos processos para entender onde o problema se situa;
  - Identificar entradas e saídas do processo além de controles existentes, formular contrato do projeto e suas respectivas responsabilidades, atestando recursos necessários, objetivos e metas, bem como estimativa de tempo para realização deste.
- ii. Medir:

- Definir os objetivos de medição e a identificação clara dos indicadores chave de desempenho (KPIs) relevantes para a manutenção;
  - Coletar dados sobre o desempenho atual da manutenção com base nos KPIs definidos, utilizando os registros de manutenção e sistemas de gestão da manutenção;
  - Avaliar o desempenho atual da manutenção em relação aos objetivos definidos, identificando lacunas entre o desempenho atual e o desejado;
  - Fazer o mapeamento do processo de manutenção atual para entender como as atividades estão sendo realizadas, identificar possíveis pontos de falha ou ineficiência;
  - Identificar as causas fundamentais das falhas e ineficiências no processo de manutenção, utilizando ferramentas como diagrama de Ishikawa (espinha de peixe) e análise de Pareto.
- iii. Analisar:
- Identificar as variáveis-chave relacionadas às causas de defeitos em processos;
  - Compreender a origem, distribuição e padrões dos dados;
  - Analisar a causa raiz de variação e ocorrência de defeitos;
  - Quantificar benefícios financeiros oriundos de melhorias, embasando a necessidade de possíveis investimentos na etapa de melhoria.
- iv. Melhorar:
- Desenvolver possíveis soluções para corrigir os problemas, controlar a causa raiz e prevenir sua recorrência;
  - Avaliar o custo-benefício de cada solução potencial;
  - Soluções que possuem alta relação com a satisfação dos clientes ou implicam em retorno financeiro precisam ser examinados para determinar uma correta aplicação, considerando os recursos necessários;
  - Avaliar riscos associados às soluções potenciais;
  - Promover ações de melhoria dos processos.
- v. Controlar:
- Desenvolver ações corretivas para garantir a sustentação do nível de melhoria alcançados no decorrer da etapa de melhoria;

- Desenvolver novos procedimentos para certificar ganhos em longo prazo;
- Padronizar ações, bem como toda a documentação, mantendo-a sempre atualizada;
- Implementar planos de controle de processo e monitorar alterações na capacidade;
- Verificar e analisar retornos do projeto;
- Divulgar resultados;
- Reconhecer, junto a equipe, os resultados obtidos (Antony, 2006).

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada na Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, na unidade de tratamento de água (ETA - Vitória), localizada no município de Petrolina-PE. Na instalação, tem-se uma grande quantidade de equipamentos e bombas que são responsáveis por garantir o abastecimento de água para uma grande porcentagem da população da cidade.

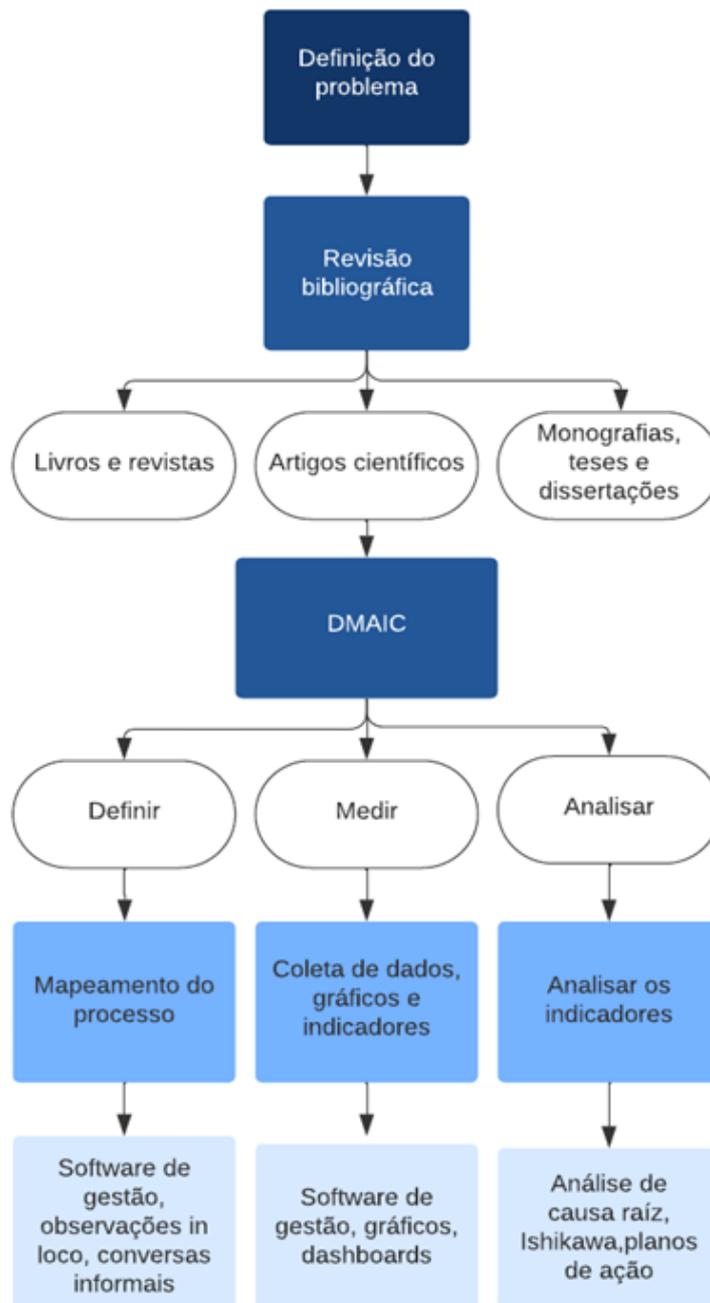
Devido a isso e a alta complexidade dos processos, a unidade possui um elevado grau de importância na empresa. Através dos registros das manutenções na unidade operacional foi possível analisar a real situação dos seus equipamentos e de como estão sendo executados os serviços, a fim de sugerir propostas de melhorias na gestão da manutenção da empresa.

A Figura 2 está representado um fluxograma com as etapas da metodologia DMAIC que foram realizadas e as ferramentas que auxiliaram no estudo.

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

Figura 2 - Fluxograma das fases da metodologia



Fonte: Autoria própria (2025)

Foram abordadas as três primeiras etapas do DMAIC para definir, medir e analisar os processos das manutenções corretivas da unidade.

- Definir - *Define*: nessa etapa houve a formação da equipe para aplicação do método e a apresentação e descrição do problema para poder determinar a meta a ser alcançada. Após será realizado o mapeamento dos processos, através de observações dos relatórios e ordens de serviços, conversas com operadores e gerentes da empresa e observações in loco. Por meio de *Brainstorming* e *Project Charter* foram iniciadas as atividades planejadas e utilizando a ferramenta SIPOC foram mapeados os processos de manutenção da unidade e obtidas as informações necessárias para compreender os fatores que influenciam as manutenções. O termo SIPOC é a abreviação, em inglês, das palavras: Supplier (Fornecedor), Input (Entrada), Process (Processo), Output (Saída) e Customer (Cliente) e trata-se de uma ferramenta visual empregada no mapeamento de processos;
- Medir - *Measure*: nessa fase, foram coletadas informações através do software de gestão da empresa, onde se registra todos os dados das manutenções e dos equipamentos atuantes nas unidades. A partir disso foi possível definir métricas e KPI's (*Key Performances Indicators*) e elaborar gráficos dinâmicos com a quantidade de manutenções, taxa de falhas na unidade e indicadores de falhas;
- Analisar – *Analyse*: aqui aconteceram as análises a partir dos gráficos em Excel e Power BI, gerados na etapa medir, onde foi possível visualizar os fatores e índices de falhas e onde era mais urgente para se atuar. A partir dessas análises foram feitas a matriz Ishikawa, Análise do modo e efeito de falha- FMEA e Análise de causa raiz, para se analisar as causas potenciais de falhas nos processos.

Após isso, foi realizado *Brainstorming* para definir os planos de ações, através da ferramenta 5W1H, com intuito de atuar na redução de falhas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização do Setor de Manutenção

O setor de manutenção da COMPESA desempenha um papel de extrema importância na garantia da eficiência e qualidade dos serviços prestados pela companhia. Este setor é responsável pela manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos, instalações e redes de distribuição de água e de coleta e tratamento de esgoto. Para isso, o setor de manutenção da empresa conta com uma equipe especializada de técnicos, engenheiros, mecânicos e eletricitas. Além de equipamentos e ferramentas adequadas para realizar os serviços.

O setor de manutenção da empresa também é responsável pela gestão de estoque de peças e equipamentos, fazendo a reposição de materiais necessários para as atividades de manutenção, garantindo a disponibilidade dos recursos necessários para a execução dos serviços.

### 4.2. Aplicação da Metodologia DMAIC

A metodologia DMAIC foi aplicada na empresa conforme a revisão bibliográfica (item 2), que serviu como base para as etapas da implementação e as ferramentas utilizadas. A pesquisa foi realizada no setor de manutenção da empresa, onde foram conduzidas as etapas Definir (D), Medir (M) e Analisar (A) do ciclo DMAIC. Com os resultados obtidos na implementação das ferramentas, foram adquiridas informações essenciais para a elaboração do plano de ação.

#### 4.2.1. Etapa definir – DEFINE

O primeiro passo da etapa "Definir" envolveu a formação de uma equipe de trabalho para o projeto, composta por funcionários da empresa que desempenham funções diretas na manutenção, bem como aqueles envolvidos na tomada de decisões, coleta de dados e informações sobre os processos que envolvem o funcionamento das máquinas nas unidades da empresa.

Quadro 1 - Equipe de Trabalho

EQUIPE	RESPONSABILIDADE
Gerente de Manutenção	Patrocinador do projeto
Supervisor de Manutenção	Membro da equipe
Coordenador de Engenharia de Manutenção	Membro da equipe
Técnico em Eletrotécnica	Membro da equipe
Estagiária Engenharia de Produção	Líder do projeto

Fonte: Autoria própria (2025)

A carta projeto foi elaborada juntamente com a equipe do projeto, descrevendo sobre o problema e a realização do projeto, assim como os respectivos cargos dos membros da equipe e os relatos deles sobre os problemas que o setor vem enfrentando e os requisitos para que a metodologia fosse implementada na área.

Os gestores possuem queixas a respeito da quantidade de defeitos e falhas nos equipamentos atuantes na unidade e das dificuldades de encontrar soluções viáveis que realmente diminuam essa frequência de manutenções corretivas emergenciais. Dessa forma, através do levantamento de dados no sistema de gestão da empresa, foram estudados os defeitos mais recorrentes na unidade, o que auxiliou a análise da tratativa do problema.

Deste modo, definiu-se como problema chave a ser estudado, as principais falhas nos equipamentos atuantes na unidade e elaborou-se a carta de projeto (*Project Charter* – Quadro 2).

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

Quadro 2 – Carta de Projeto (*Project Charter*)

<b>Contrato de Projeto</b> <i>Project Charter</i>	
Projeto: Estudo de Otimização de Processos de Manutenção	Líder: Fernanda Guimarães Vieira
Cliente: Setor de manutenção COMPESA	Patrocinador: Fábio Fonseca
Área: ETA Vitória	Data: 20/11/2023
<b>Objetivo do Projeto</b>	
Realizar um estudo abrangente para analisar os processos de manutenção da Estação Elevatória de Água - ETA Vitória, visando aumentar a eficiência operacional e minimizar o tempo de inatividade dos equipamentos.	
<b>Justificativa / Histórico</b>	
Falhas recorrentes em equipamentos e muitas paradas para manutenção corretiva não planejadas.	
<b>Definição da Meta</b>	<b>KPIs</b>
Propor estratégias de contingência para lidar com problemas inesperados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MTBF</li> <li>• Taxa de falhas</li> <li>• Confiabilidade</li> </ul>
<b>Limites do Projeto (Inclui   Exclui)</b>	

Continua...

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

Inclui: Realizar uma avaliação abrangente dos processos de manutenção existentes; Identificar áreas de melhoria e pontos críticos nos procedimentos de manutenção.		Exclui: Solucionar falhas do setor. Estudar atividades relativas aos setores externos ligados à manutenção.	
<b>Premissas e Restrições do Projeto</b>			
Premissas: Envolvimento da equipe nas etapas do projeto e respeitar as normas e regulações da empresa. Restrições: Disponibilidade de tempo e informações relacionadas aos custos de manutenção.			
<b>Equipe de Trabalho</b>			
Líder:	Fernanda Guimarães Vieira	Estagiária	Empresa
Patrocinador:	Fábio Fonseca	Gerente	Sector de manutenção/ COMPESA
Membros da equipe:	José Ricardo	Supervisor	Sector de manutenção/ COMPESA
	Paulo Frank	Coordenador	
Especialistas para suporte técnico:	Josivaldo Serafim	Técnico Eletromecânico e Líder de campo	Sector de manutenção/ COMPESA
<b>Requisitos do Cliente</b>			
Auxiliar na disponibilidade dos equipamentos atuantes na unidade, conseqüentemente melhorando a eficiência da operação.			
<b>Contribuições para o Negócio</b>			
Propostas de melhorias nos processos de manutenção; Orientações para manter os equipamentos em boas condições; Reduzir os riscos de acidentes de trabalho; Maior Confiabilidade dos Ativos evitando custos por defeitos e retrabalhos. Fatores críticos de Sucesso: Aumento da eficiência dos processos de manutenção.			
<b>Responsável pela Aprovação:</b>		Paulo Frank Freitas	

Fonte: Autoria própria (2025)

Foram analisados, por meio de uma visita de campo, as falhas e defeitos nos equipamentos responsáveis pelo processo de tratamento de água e distribuição. Através de uma listagem dos equipamentos atuantes na unidade foram feitas as priorizações de quais equipamentos são os mais críticos na operação, sendo classificados com base na gravidade, urgência e tendência conforme a matriz GUT (Figura 3).

Figura 3 – Matriz GUT

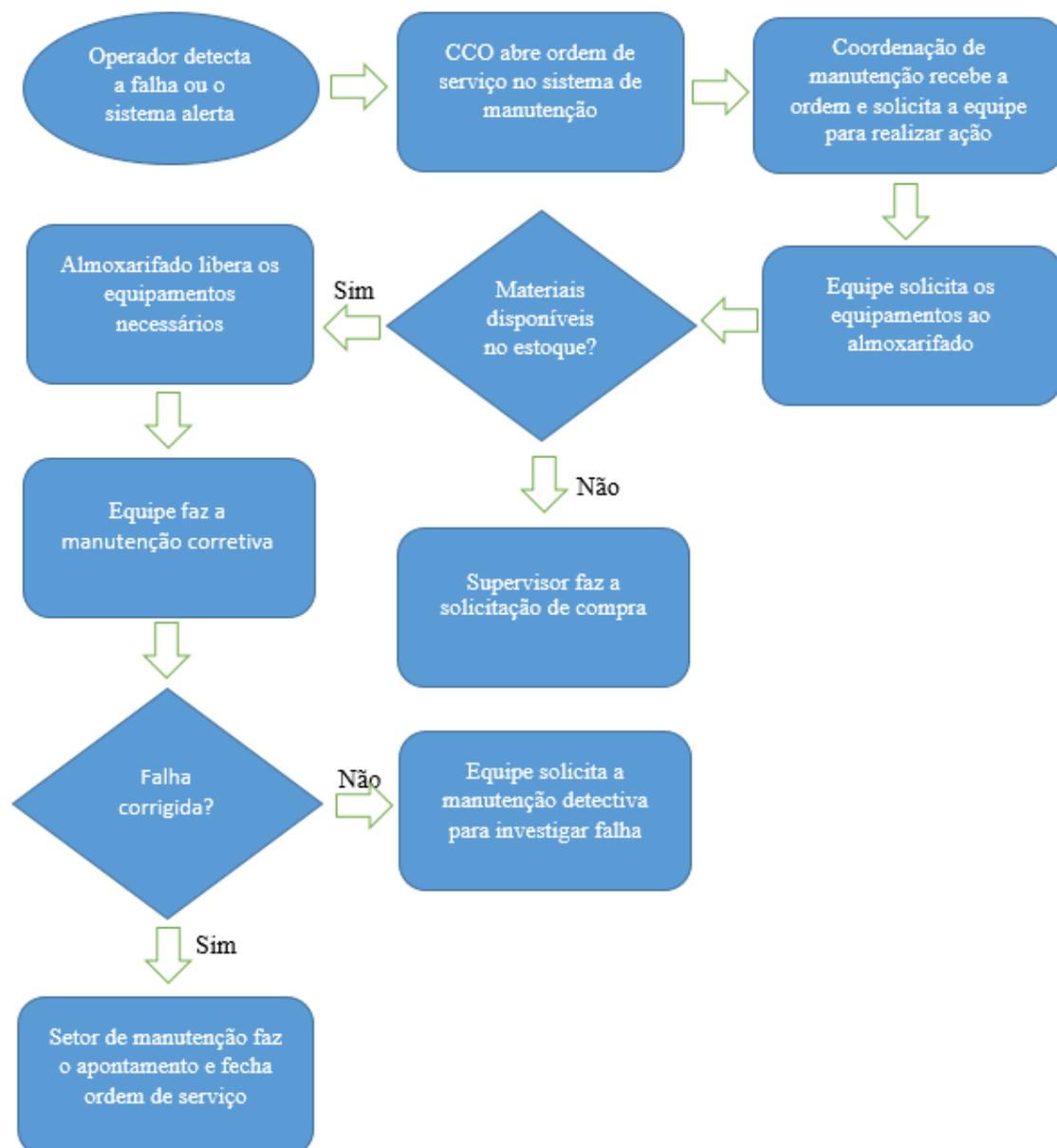
<b>Equipamento</b>	<b>Gravidade (G)</b>	<b>Urgência (U)</b>	<b>Tendência (T)</b>	<b>Pontuação (GxUxT)</b>
Conjunto Motor-Bomba	5	4	4	80
Quadros de comando	4	5	3	60
Compressores	3	3	4	36
Filtros	3	4	3	36
Válvulas de retenção	3	3	3	27

Fonte: Autoria própria (2025)

Através da Matriz GUT, se obtém a pontuação de acordo com a multiplicação dos pontos obtidos da gravidade, urgência e tendência. Podemos visualizar que os conjuntos motor bomba são os equipamentos com maior pontuação, respectivamente maior grau de criticidade, de acordo com a análise em campo, juntamente com equipe de manutenção.

O processo de manutenção de uma estação elevatória de água tratada é composto por fases de prevenção, detecção e correção de falhas, ocorrendo a abertura de ordem de serviço e execução da ação ou planejamento prévio de manutenção. Sendo assim o sistema em questão possui especificidades que serão detalhadas através do diagrama representado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma do processo de manutenção corretiva



Fonte: Autoria própria (2025)

Através do fluxograma do processo de manutenção na operação analisada (ETA Vitória) é possível visualizar que há um processo de monitoramento dos operadores do Centro de Controle e Operação (CCO) que ficam na ETA em sistema de revezamento e também possui sinais de alerta através de detectores de falhas e paradas nas bombas. Após a equipe receber a ordem de serviço, é avaliado se há equipamentos disponíveis para a execução da manutenção, dessa forma se não houver, há um atraso da manutenção e conseqüentemente se for um equipamento crítico, pode-se haver interrupções do fluxo da distribuição de água, sendo necessária uma gestão eficiente dos estoques.

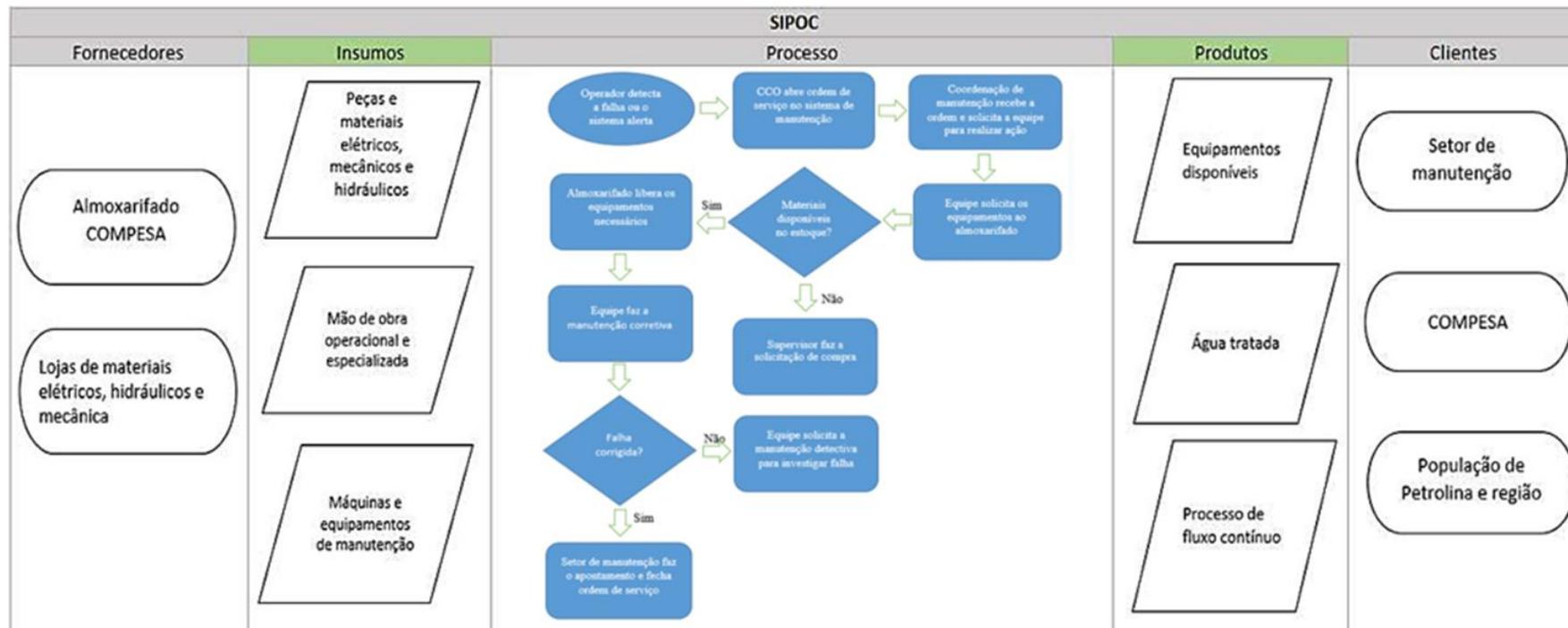
Para que as paradas não aconteçam são feitas manutenções corretivas emergenciais, ou substituição por um equipamento reserva. Após realizar a manutenção e o equipamento estiver funcionando corretamente, faz-se o fechamento da ordem de serviço.

Através da ferramenta SIPOC (Figura 5) foram identificados os pontos de contato entre o setor de manutenção e os clientes internos, incluindo solicitação de serviços e comunicação de problemas. Foram classificados com clientes internos o Centro de Controle e Operação (CCO) e os diretores da empresa e como clientes externos os usuários finais do serviço de abastecimento de água, a população. Considerando o CCO como cliente-chave do processo de manutenção, entende-se que este possui como expectativa de que o serviço de manutenção seja rápido e de alta qualidade. Além de que sempre haja equipamentos reservas e não se tenha a interrupção do fluxo de distribuição.

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

Figura 5 - SIPOC do Processo de Manutenção



Fonte: Autoria própria (2025)

Pelos diretores da empresa a qualidade dos serviços é um ponto crucial e deve ser acompanhado de modo estratégico, a partir de monitoramento e controle das operações, e há uma forte expectativa de racionalização dos recursos financeiros, especificamente em relação aos custos de manutenção. Isso implica a necessidade de equilibrar a eficiência operacional com a manutenção da reputação e a otimização dos gastos. Por meio dessa ferramenta (Voz do cliente expressa no SIPOC) foi possível desenvolver estratégias para o setor de manutenção da empresa para que ele possa entender às necessidades e expectativas dos departamentos ou unidades atendidas, promovendo assim a eficiência operacional do setor de manutenção, em geral refletindo nas manutenções externas a ETA Vitória e conseqüentemente nos clientes externos.

#### 4.2.2 Etapa Medir – *Measure*

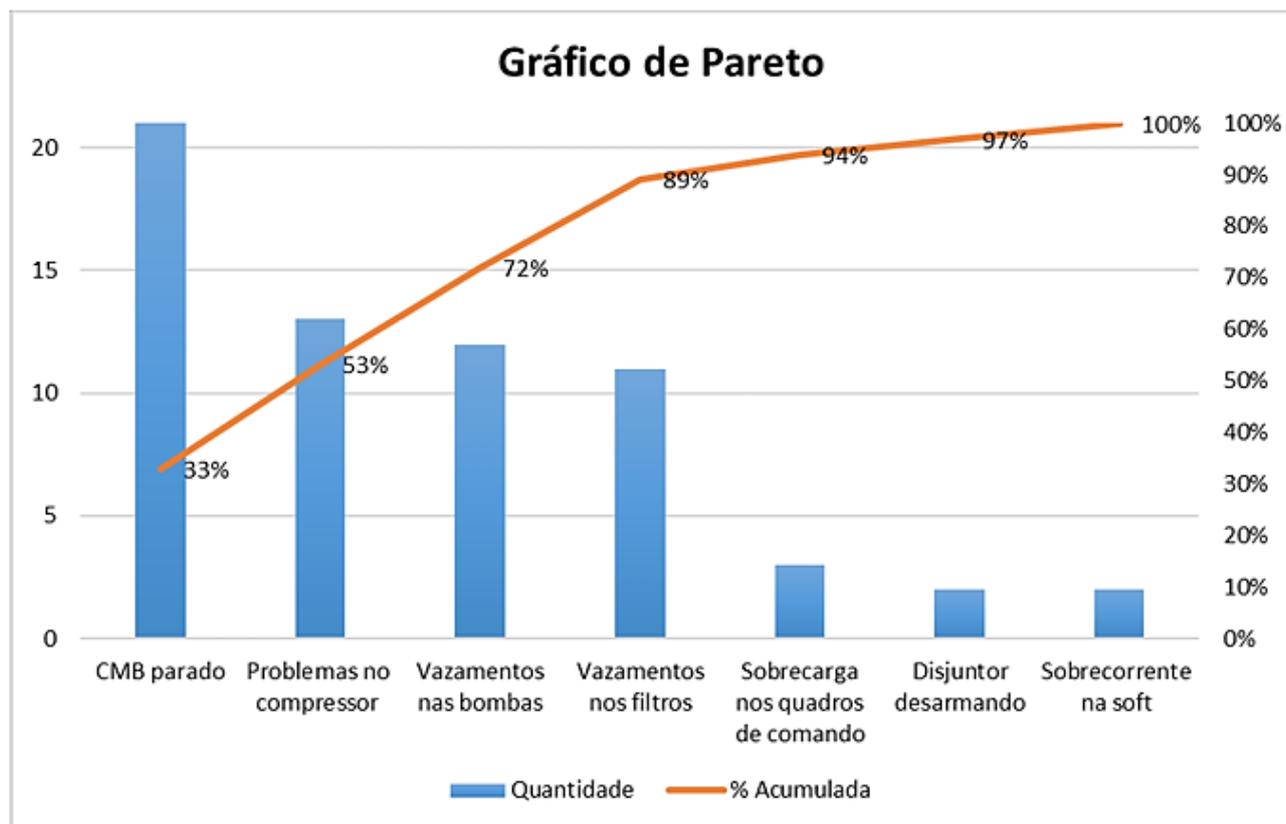
A Manutenção Detectiva é definida como a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (ABNT, 1994). Souza (2008) ressalta que o objetivo desse tipo de manutenção é aumentar a confiabilidade dos equipamentos, considerando que é caracterizada pela intervenção em sistemas de proteção para detectar falhas ocultas.

Por isso, a etapa “Medir”, se iniciou com a identificação das principais métricas que seriam utilizadas para medir o desempenho da manutenção, como tempo médio entre falhas, taxa de falhas e confiabilidade etc. Para calcular o MTBF (Tempo Médio entre Falhas), é preciso somar todos os intervalos nos quais o equipamento esteve em operação e dividir pela quantidade de falhas. Isso se aplica mesmo para o equipamento que foi substituído após a primeira falha (Melo, 2014). Dessa forma foram quantificados falhas e defeitos com maior ocorrência e maior grau de gravidade para a operação.

Foram reunidos dados históricos e atuais relacionados às métricas de desempenho definidas. Como registros de manutenção, ordens de serviço e relatórios de manutenções. Foram utilizadas ferramentas estatísticas como o gráfico de Pareto (Figura 6) para analisar os dados coletados e entender o desempenho atual dos processos de manutenção. O princípio de Pareto utiliza a proporção 80/20, que mostra que 80% dos problemas são originados por 20% das causas

potenciais (Lobo, 2020). O objetivo desta ferramenta é classificar em ordem decrescente os problemas que produzem os maiores efeitos e dar prioridade para atacá-los; assim, a capacidade de solução disponível será direcionada exatamente para onde os resultados sejam maximizados (Corrêa; Corrêa, 2016).

Figura 6 – Gráfico de Pareto



Fonte: Autoria própria (2025)

De acordo com o gráfico da Figura 6 pôde-se analisar que os principais problemas potenciais são CMB parado, problemas no compressor e vazamentos nos filtros que correspondem a 72% dos problemas da operação. A falha mais crítica que corresponde a 33% dos problemas da operação foi o CMB (Conjunto Motobomba), este é essencial para o funcionamento contínuo e eficiente do sistema de abastecimento de água. Esse equipamento é uma combinação de uma bomba e um motor, geralmente montados juntos para facilitar a movimentação de líquidos, como água.

Quando o CMB está parado, pode causar interrupções significativas na distribuição de água. Na sequência mostrada no Gráfico de Pareto, tem-se os compressores, que são equipamentos vitais para manter a pressão adequada no sistema. Problemas nos compressores podem resultar em baixa pressão e interrupções no fornecimento de água. As bombas também desempenham um papel crucial na movimentação da água através do sistema de abastecimento, dessa forma vazamentos nas bombas presentes no sistema podem levar à perda da eficiência do processo e elevar os custos operacionais.

Logo foram calculados os indicadores para cada mês do ano de 2023 conforme (Figura 7), resultando em uma média de confiabilidade anual de 7,92%. Isso significa que há uma probabilidade de 92,07% de que o equipamento falhe pelo menos uma vez durante o ano. O que implica que o quanto os equipamentos são pouco confiáveis e que quase certamente experimentará uma ou mais falhas ao longo do ano subsequente se as causas não forem corrigidas.

Figura 7 – Tabela de indicadores do ano 2023

Mês	Falhas N	Tempo de falhas (horas)	Operação mensal (horas)	Tx. de falhas $\lambda$ (falhas/hora)	MTBF (horas/falha)	Confiabilidade	Média
Jan	8	39	681	0,0117	85,125	0,03%	
Fev	4	7,383	712,617	0,0056	178,154	1,83%	
Mar	7	12,533	707,467	0,0099	101,067	0,09%	
Abr	6	19,25	700,75	0,0086	116,792	0,25%	
Mai	8	22,417	697,583	0,0115	87,198	0,03%	
Jun	1	2,533	717,467	0,0014	717,467	36,79%	7,92%
Jul	1	2,167	717,833	0,0014	717,833	36,79%	
Ago	3	9,667	710,333	0,0042	236,778	4,98%	
Set	5	15,2	704,8	0,0071	140,96	0,67%	
Out	12	16,45	703,55	0,0171	58,629	0,00%	
Nov	7	10,4	709,6	0,0099	101,371	0,09%	
Dez	2	3,333	716,667	0,0028	358,333	13,53%	

Fonte: Autoria própria (2025)

O MTBF (Tempo médio entre as falhas) é uma média estatística baseada nos dados históricos de operação e falhas do equipamento. Sugere-se que através da realização de manutenção preventiva programada com base no MTBF, pode-se aumentar a disponibilidade do equipamento e reduzir o tempo de inatividade. No tópico a seguir (etapa Analisar) foram feitas

análises das causas da baixa confiabilidade, as causas raízes dos problemas e proposto planos de ações para melhorar esse cenário na unidade.

#### 4.2.3. Analisar – *Analyze*

As causas das manutenções corretivas não planejadas foram identificadas através de uma sessão de Brainstorming (tempestade de ideias), e analisadas utilizando análise SWOT e diagramas de Ishikawa. Segundo Araújo e Schwamborn (2014) e Santos (2019) a Análise SWOT é um método de gestão empresarial que avalia o cenário em que a empresa se encontra. Esta análise considera o planejamento da situação como um todo, baseando-se em perspectivas internas (Forças e Fraquezas) e externas (Ameaças e Oportunidades). Ela oferece uma avaliação abrangente e tendências, positivas ou negativas, que ajudam a corrigir problemas, aproveitar vantagens e prever expectativas futuras.

Após a elaboração desses diagramas, as causas identificadas foram avaliadas e feito o agrupamento de causas similares e descartadas as causas com menor índice de confiabilidade, resultando na seleção das causas mais prováveis. Esta revisão foi conduzida pelos gerentes e coordenadores da manutenção.

A implementação da análise SWOT (Figura 8) é crucial para qualquer organização, pois permite a identificação de forças e fraquezas internas, bem como de oportunidades e ameaças externas. Essa ferramenta auxiliou no planejamento estratégico, otimizando recursos, corrigindo deficiências, explorando novas oportunidades e mitigando riscos. Além disso, facilitou a tomada de decisões informadas, promovendo o alinhamento organizacional, melhorando a comunicação e engajamento dos *stakeholders*.

Figura 8 - Matriz SWOT

	FATORES POSITIVOS	FATORES NEGATIVOS
	Forças	Fraquezas
FATORES INTERNOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acesso a treinamentos e capacitações contínuas.</li> <li>- Disponibilidade de peças e ferramentas.</li> <li>- Possibilidade de investir em infraestrutura de longo prazo sem a pressão de gerar lucros imediatos.</li> <li>- Potencial para implementar tecnologias avançadas através de programas e parcerias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atrasos devido a fornecedores externos.</li> <li>- Orçamento Limitado</li> <li>- Equipamentos Obsoletos</li> <li>- Registros de manutenção insuficientes.</li> </ul>
FATORES EXTERNOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adoção de tecnologias preditivas.</li> <li>- Treinamento contínuo da equipe.</li> <li>- Parcerias com fornecedores.</li> <li>- Práticas de manutenção sustentáveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulamentações Rigorosas</li> <li>- Riscos de danos por eventos naturais.</li> <li>- Furtos na unidade</li> <li>- Aumento nos custos dos insumos.</li> <li>- Disputa por financiamento e recursos.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2025)

Através dessa análise, pode-se identificar as forças e fraquezas do setor para assim buscar evidenciar ainda mais as forças e propor estratégias para as fraquezas e ameaças existentes como furtos e eventos naturais que causam muitos transtornos ao setor.

Por outro lado, a aplicação do Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Espinha de Peixe, possibilitou identificar e visualizar as possíveis causas dos problemas mais críticos analisados no gráfico de Pareto (Figura 6), na etapa (Medir).

A aplicação do Diagrama de Ishikawa no setor de manutenção da empresa resultou na identificação clara das causas das falhas, melhoria dos processos de manutenção, aprimoramento da qualidade dos materiais e equipamentos, desenvolvimento contínuo da mão de obra, melhoria das condições ambientais de trabalho e fortalecimento dos sistemas de inspeção e controle de qualidade.

A aplicação do Diagrama de Ishikawa ajudou o setor de manutenção a ter uma visão holística dos problemas, promovendo uma abordagem sistemática para a resolução de falhas e a otimização dos processos de manutenção. Os diagramas de Ishikawa aplicados foram direcionados para cada um dos 3 defeitos destacados na etapa (Medir): CMB parado, problemas no compressor e vazamento nas bombas. Na Tabela 2, encontra-se cada defeito e seu respectivo número de possíveis causas encontradas na elaboração dos diagramas de Ishikawa.

Tabela 2 - Número de causas por defeito

<b>DEFEITOS</b>	<b>NÚMEROS DE CAUSAS</b>
<b>CMB parado</b>	<b>15</b>
<b>Problemas no compressor</b>	<b>12</b>
<b>Vazamentos nas bombas</b>	<b>15</b>
<b>Total</b>	<b>42</b>

Fonte: Autoria própria (2025)

Foram encontradas no total 42 causas para os defeitos CMB parado, problemas no compressor e vazamentos nas bombas que obteve o maior número de causas, posteriormente foi avaliada através da matriz causa e efeito onde pode-se analisar qual a correlação entre a causa e o problema de acordo com a escala de correlação conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Escala de correlação

<b>Correlação/Efeito</b>	<b>Inexistente</b>	<b>Baixa</b>	<b>Média</b>	<b>Alta</b>
<b>Escala</b>	<b>-</b>	<b>1 a 3</b>	<b>4 a 6</b>	<b>7 a 9</b>

Fonte: Autoria própria (2025)

Na matriz causa e efeito (Figura 8), as avaliações de relacionamento das causas com cada problema foram realizadas juntamente com o supervisor e coordenador de manutenção.

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

Figura 8 – Matriz Causa e Efeito

	MATRIZ CAUSA & EFEITO	PROBLEMAS			PONTUAÇÃO TOTAL
		CMB Parado	Problemas nos compressores	Vazamentos nas bombas	
	<p><b>Escala de correlação</b> Inexistente – 0 Frac – 1 à 3 Média – 4 à 6 Forte – 7 à 9</p>				
POSSÍVEIS CAUSAS	Sensores defeituosos	6	-	7	13
	Falta de monitoramento contínuo	7	4	3	14
	Falha mecânica (bombas quebradas, motores danificados)	8	8	8	24
	Problemas elétricos (curto-circuito, fusíveis queimados).	8	6	7	21
	Obsolescência (equipamentos antigos)	5	6	7	18
	Ausência de planos regulares de inspeção e manutenção	6	5	6	17
	Falta de padronização nos processos	7	6	6	19
	Erros operacionais	5	6	-	11
	Operadores e técnicos não treinados adequadamente	6	6	-	12
	Falta de comunicação clara entre as equipes de manutenção e operação	8	8	7	23
	Funcionários desmotivados que não seguem os processos corretamente	6	-	-	6
	Peças de reposição de baixa qualidade	5	-	7	12
	Peças críticas não disponíveis quando necessárias	8	-	-	8
	Uso de materiais que não são compatíveis ou duráveis o suficiente	6	-	-	6
	Superaquecimento	6	8	-	14
	Contaminação por poeira, umidade ou outros contaminantes	6	8	6	20
	Falta de estoque de peças de reposição	7	6	5	18
	Controle de qualidade insuficientes durante a manutenção	5	3	5	13
	Falta de manutenção preventiva	7	7	8	22
	Presença de partículas contaminantes na água	-	-	5	5
Vibrações excessivas que comprometem as conexões da bomba	-	-	6	6	
Desgaste natural e corrosão de componentes devido ao uso prolongado	5	5	5	15	

Fonte: Autoria própria (2025)

Além dos relatórios de manutenção e diagnóstico dos operadores que resultou em um Ranking com as maiores pontuações e com as causas de maior impacto, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Ranking de causas raízes

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

POSIÇÃO	CAUSA	PONTUAÇÃO	
1º	Falha mecânica (bombas quebradas, motores danificados)	24	F
2º	Falta de comunicação clara entre as equipes de manutenção e o	23	O
3º	Problemas elétricos (curto-circuito, fusíveis queimados).	21	F
4º	Falta de manutenção preventiva	22	O
5º	Contaminação por poeira, umidade ou outros contaminantes	20	F
6º	Falta de padronização nos processos	19	O
7º	Falta de estoque de peças de reposição	18	O
8º	Obsolescência (equipamentos antigos)	18	O

O- Organizacionais      H- Humanas      F- Físicas

Fonte: Autoria própria (2025)

Foram destacadas oito posições, onde o primeiro lugar se referiu a falhas mecânicas, como bombas quebradas e motores danificados.

Por fim, através do 5W1H, a empresa pode garantir que todos os aspectos (o que fazer, por que fazer, onde fazer, quando fazer, quem fará, como fazer) sejam considerados para ações que resultem em uma implementação eficiente e eficaz. O plano de ação 5W1H (Apêndice A) serviu para planejar ações para minimizar ocorrências das causas físicas, humanas e organizacionais e foi direcionado para a ciência da gerência local.

#### 4.3 FMEA

A FMEA (Figura 9) proporcionou a identificação dos modos de falha potenciais nos equipamentos do processo. Ressaltando as falhas no CMB, os problemas nos compressores e os vazamentos nas bombas. Através da ferramenta pôde-se avaliar as consequências de cada falha potencial, o que ajudou a entender o impacto que uma falha pode ter no produto final.

Para avaliação do Nível de Prioridade e Risco obtido pelo FMEA, foi utilizada a interpretação do NPR apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 - NPR (Nível de Prioridade e Risco)

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

<b>NPR</b>	<b>RISCO</b>
0 até 100	<b>Menor:</b> Ações serão tomadas apenas a longo prazo, com a ótica de melhoria contínua.
100 até 250	<b>Moderado:</b> Ação deve ser tomada a médio prazo.
250 até 520	<b>Alto:</b> Ação deve ser tomada a curto prazo, sendo necessárias validação seletiva e avaliação detalhada da falha.
520 até 1000	<b>Crítico:</b> Ação deve ser tomada imediatamente, podendo ser cogitada a adoção de mudanças abrangentes.

Fonte: FMEA

Por meio da realização do FMEA (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos – Figura 9), percebe-se sua grande vantagem em possibilitar a diminuição da frequência de falhas ou até mesmo eliminá-las. Para isso foram realizadas as etapas de indicação dos equipamentos críticos, descrição do processo em análise e os modos de falhas potenciais. Através do Nível de Prioridade e Risco foi observado o Ranking dos problemas de acordo com sua severidade, ocorrência e detecção, e o grau de correlação entre problemas e causas, com isso foram implementadas algumas ações corretivas.

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

Figura 9 - Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA)

ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA DO PROCESSO (FMEA DE PROCESSO)					Número:	Revisão:	Descrição do processo:						
Itens aplicáveis: Conjunto Motor bomba (CMB), bombas e compressor.					Area: Estação Elevatória de água - Vitória	Líder: Fernanda Guimarães Vieira	24/04/2024	Processo de manutenção dos equipamentos atuantes na captação e distribuição de água da unidade.					
					Equipe de trabalho:		Coordenação de Manutenção						
Ativos do processo	Função e requisitos do ativo	Modos de falha potencial	Efeitos potenciais da falha	IS	Causas e mecanismos potenciais de falha	IO	Controles atuais do processo de prevenção	Controles atuais do processo de detecção	ID	NPR	Ações a serem tomadas para redução do NPR	Prazo	Responsável
CMB (Conjunto Motor bomba)	Funcionamento da bomba	CMB parado	Interrupção do fluxo de água	8	Falhas elétricas no motor; vazamentos e cavitação na bomba; desalinhamento no acoplamento; desgaste nos sistemas de vedação e falhas nos sensores do sistema de controle	6	Inspeções periódicas do estado dos motores para garantir que não haja sinais de superaquecimento.	Uso de câmeras infravermelhas para detectar pontos quentes, que podem indicar superaquecimento em componentes elétricos e mecânicos. Utilização de sensores de vibração para detectar desalinhamentos.	4	192	Programas de manutenção preventiva para inspecionar e substituir componentes desgastados. Instalação de sensores para detectar vazamentos e monitorar a condição dos selos. Treinar os operadores para identificar sinais de desgaste e realizar manutenções básicas.	20/03/2024	Coordenador de manutenção
Bomba de Água	Captação de água	Vazamentos	Interrupção da elevação de água	9	Sobrecarga elétrica (ex: curto-circuito, falha no motor). Desgaste mecânico (ex.: rolamentos desgastados). Obstruções por acúmulo de resíduos	5	Manutenções preventivas	Inspeções visuais periódicas para detectar sinais de desgaste ou danos.	4	180	Implementar manutenção preventiva regular. Instalar sensores para monitorar o desempenho. Treinar a equipe para identificar e resolver problemas rapidamente.	20/03/2024	Coordenador de manutenção
Compressor	Manter a pressão adequada em toda a rede de distribuição de água	Desgaste das peças móveis do compressor	Fluxo inadequado de água	7	Acúmulo de detritos. Desgaste ou corrosão. Falhas no atuador	3	Lubrificação regular dos atuadores para garantir operação suave e prevenir falhas mecânicas.	Análise de vibração. Medição contínua da temperatura de componentes críticos para evitar superaquecimento.	4	84	Implementar um programa de inspeções e reparos regulares. Instalar medidores de pressão para detectar vazamentos. Reforçar ou substituir tubulações antigas.	20/03/2024	Técnico de manutenção

Fonte: Autoria própria (2025)

Por meio da ferramenta FMEA foi possível realizar a priorização dos modos de falha avaliados por severidade, ocorrência e detecção. Além de implementar ações corretivas conforme a prioridade. A eficácia das ações corretivas se dará pelo monitoramento contínuo e revisões regulares do FMEA para identificar novas falhas. Por meio da FMEA espera-se obter um novo NPR e uma diminuição significativa nas falhas, e um aumento na confiabilidade dos sistemas, aumento da eficiência operacional, melhoria da segurança e redução dos impactos ambientais.

Os resultados observados concordam com estudos que aplicaram a metodologia similar, como Silva, Silva e Santos (2024). De acordo com os autores, o ciclo DMAIC pauta-se na busca e na priorização da melhoria por meio de uma abordagem sólida. Ou seja, que fixe sua aplicação não apenas em aspectos técnicos, e também em aspectos estratégicos, enfatizando os resultados que a organização realmente deseja. Ademais, a presente pesquisa ainda reforça os achados do estudo de Fernandes et al. (2021), que aplicou a abordagem proposta pelo DMAIC e indicou a oportunidade de melhoria contínua para o caso analisado.

## 5 CONCLUSÃO

A implementação das três primeiras fases da metodologia DMAIC no setor de manutenção da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) na cidade de Petrolina-PE demonstrou ser uma estratégia eficaz que pode melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços prestados. A aplicação sistemática das etapas definir, medir e analisar, permitiu uma compreensão aprofundada dos processos de manutenção e identificação das principais falhas e defeitos que impactam a operação da Estação Elevatória de Água - ETA Vitória.

É esperado que através dessas sugestões haja um aumento da confiabilidade dos equipamentos, redução das falhas e defeitos, e otimização dos recursos financeiros. A melhoria contínua dos processos de manutenção deve contribuir para a disponibilidade dos equipamentos e a eficiência da operação, refletindo diretamente na qualidade dos serviços prestados à população de Petrolina-PE.

Para garantir a sustentabilidade das melhorias na manutenção, a COMPESA deve monitorar continuamente os indicadores de desempenho e revisar periodicamente os planos de ação,

adaptando-os às novas demandas operacionais. É essencial investir na capacitação contínua da equipe de manutenção por meio de treinamentos, assegurando a atualização constante das habilidades e conhecimentos da equipe. Além disso, a participação ativa de todos os *stakeholders*, desde diretores até a equipe operacional, através de reuniões, bate-papos e acompanhamentos no campo promovem comunicação clara e colaboração entre as áreas da organização, fortalecendo a cultura organizacional.

Para obter resultados mais significativos, recomenda-se a aplicação das fases "*Improve*" (melhorar) e "*Control*" (controlar) do DMAIC, além de estender o estudo a todas as estações elevatórias de água e esgoto. Estas ações permitirão uma gestão mais eficiente, maior confiabilidade dos equipamentos e melhoria contínua dos processos, refletindo diretamente na qualidade dos serviços prestados à população.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Fernanda Gomes de. Priorização de manutenção em uma empresa de saneamento: modelo multicritério híbrido de apoio a decisão. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020. f.105.
- ARAÚJO, Marcelino Gomes de; SCHWAMBORN, Silvia Helena Lima. A Educação Ambiental em Análise SWOT. *Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental*, v. 18, n. 2, p. 183–208, 2014.
- ANTONY, J. Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, v. 12, p. 234-248, 2006.
- ANTONY, J.; BHULLER, A. S.; MANEESH KUMAR, M.; KEPA MENDIBIL, K.; MONTGOMERY, D. C. Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 29, p. 31–53, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.
- BENDELL, Tony. A review and comparison of Six Sigma and the Lean organization. *The TQM Magazine*, v. 18, p. 255-262, 2006.
- COELHO, R. D.; SILVA, A. C. G. C.; SANTOS, P. V. S. DMAIC methodology applied to the gypsum manufacturing process. *E-tech: tecnologias para competitividade industrial*, v. 17, p. 1-31, 2024.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços: Uma abordagem estratégica. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

FERNANDES, C. H. A.; SILVA, A. C. G. C.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, P. V. S. Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso do interior de Pernambuco, Brasil. NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia, v. 11, p. 01-19, 2021.

KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LOBO, Renato Nogueirol. Gestão da Qualidade. 2. ed. São Paulo: Erica, 2020. 216 p.

MELO, Lindomar Santana de. Método para gestão do setor de manutenção de uma usina hidroelétrica. 2014. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2014.

OLIVEIRA, G. K. DE; SANTOS FILHO, V. H. DOS; SANTOS, P. V. S. Implantação da metodologia Lean Six Sigma em uma empresa de celulose e papel. Revista Produção Online, v. 24, p. 5199, 2024.

PEREIRA, M. J. Engenharia de Manutenção - Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2009.

POHLMANN, Paulo Henrique Mazieiro et al. Tratamento de água para abastecimento humano: contribuições da metodologia Seis Sigma. Engenharia Sanitária e Ambiental, Londrina-PR, v. 20, n. 3, p. 1-8, 04 mar. 2015.

SANTOS, P. V. S.; FERRAZ, A. V.; SILVA, A. C. G. C. Utilização da ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) para identificação de desperdícios no processo produtivo de uma empresa fabricante de gesso. Revista Produção Online, v. 19, p. 1197-1230, 2019.

SANTOS, P. V. S.; SILVA, E. C.; ROCHA, I. T. P.; ARAÚJO, M. A. Análise de variância como suporte para a Filosofia Lean na fabricação de gesso. Revista Gestão em Análise (REGEA), v. 14, p. 104-119, 2025.

SILVA, S. S.; SILVA, A. C. G. C.; SANTOS, P. V. S. A metodologia DMAIC para redução do índice de perdas de produtos: o caso do processo logístico de bebidas. **Gestão e Desenvolvimento**, v. 21, p. 119-145, 2024.

SANTOS, P. V. S. Análise SWOT acerca da produção agrícola no Vale Do São Francisco: o caso do Cucumis Melo L.. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782), v. 4, p. 126-1-126-22, 2019.

SOUZA, J. B. Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica. 2008. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

TROJAN, F.; MORAIS, D. C. Multicriteria Decision Analysis Applied to Water Supply Network. In: GUARNIERI, Patricia (Ed.). Decision Models in Engineering and Management. Brasília: Springer International Publishing, 2015.

WERKEMA, Cristina. Ferramentas da qualidade: ferramentas clássicas e ferramentas da qualidade moderna. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

### 5W1H Apêndice A - Plano de ação 5W1H

5W1H- Ações para minimizar a ocorrência de falhas mecânicas					
O Quê	Porque	Quem	Onde	Quando	Como
Realizar manutenção corretiva imediata	Garantir o funcionamento do sistema da ETA e a disponibilidade do equipamento.	Equipe de manutenção	ETA Vitória	Imediatamente	Desmontar o equipamento e substituir os componentes desgastados.
Criar um <i>Checklist</i> detalhado para inspeções regulares de todos os equipamentos críticos.	Garantir o funcionamento contínuo e eficiente da ETA e minimizar interrupções no fornecimento de água.	Engenheiros Mecânicos e Técnicos de Manutenção	ETA Vitória	Prazo de um mês	Desenvolver um cronograma de manutenção preventiva, incluindo inspeções regulares e lubrificação de todos os equipamentos.
Treinar a equipe de operação e manutenção sobre o <i>Checklist</i> de procedimentos de inspeção e manutenção.	Garantir que os operadores estejam todos capacitados para realizar a intervenção no ativo.	Engenheiros Mecânicos e Técnicos de Manutenção	Sala de Treinamento da Empresa	Prazo de 60 dias	Organizar sessões de treinamento para a equipe sobre técnicas de manutenção e procedimentos de inspeção.

Continua...

**ISSN 1983-1838**

**(DOI):** 10.18624/ etech.v18i1.1408



**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

5W1H- Ações para minimizar falhas elétricas					
O Quê	Porque	Quem	Onde	Quando	Como
Criar um <i>Checklist</i> detalhado para inspeções regulares de todos os componentes elétricos.	Permite a detecção precoce de falhas ou desgaste nos componentes antes que causem interrupções maiores.	Engenheiros eletricitas e coordenadores de manutenção	ETA Vitória	Prazo de um mês	Desmontar e inspecionar os disjuntores e circuitos elétricos, substituindo componentes danificados.
Estabelecer intervalos de manutenção preventiva baseados nas recomendações do fabricante e nas condições operacionais.	Garantir a operação contínua e eficiente da ETA, evitar interrupções no fornecimento de água e reduzir custos com reparos emergenciais.	Equipe de manutenção.	ETA Vitória	Prazo de um mês	Desenvolver um cronograma de manutenção preventiva, incluindo inspeções regulares e substituição de componentes críticos antes que falhem.
Realizar <i>workshops</i> e seminários sobre procedimentos de manutenção elétrica preventiva e corretiva.	Capacitar os operadores e eletricitas.	Engenheiros eletricitas especialistas em manutenção.	Setor de manutenção	Prazo de um mês	Organizar sessões de treinamento para a equipe sobre técnicas de manutenção elétrica e procedimentos de inspeção.
Analisar dados de monitoramento regularmente e realizar manutenção preventiva baseada em condição.	Acompanhar indicadores e melhorias provenientes das manutenções preventivas.	Coordenadores e analistas de manutenção.	Setor de manutenção	Prazo de 60 dias	Instalar sensores de monitoramento e conectá-los a um sistema central para análise contínua.

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

Continua...

<b>5W1H- Ações para minimizar contaminação por poeira, umidade e outros contaminantes</b>					
<b>O Quê</b>	<b>Porque</b>	<b>Quem</b>	<b>Onde</b>	<b>Quando</b>	<b>Como</b>
Utilizar barreiras físicas e sistemas de ventilação e aplicar técnicas de limpeza adequadas.	Garantir a continuidade operacional, segurança e redução de custos de reparos emergenciais.	Supervisores de manutenção e equipe de limpeza	Todas as áreas expostas	Desenvolver o programa nas próximas 2 semanas	Através da implementação de um <i>Checklist</i> de inspeção e planos de limpeza na manutenção preventiva.
Realizar uma avaliação detalhada de todos os equipamentos na Estação Elevatória de Água, identificando aqueles em risco de obsolescência e priorizando áreas de intervenção.	Garantir a eficiência operacional, reduzir custos de manutenção e minimizar o impacto ambiental associado à substituição frequente de equipamentos.	Supervisor de compras	ETA Vitória	Avaliação inicial para identificar as necessidades de estoque de peças de reposição.	Avaliar a viabilidade de atualizar equipamentos antigos com tecnologias mais recentes para melhorar sua eficiência e prolongar sua vida útil.

Continua...

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

<b>5W1H- Ações para minimizar falta de estoque de peças de reposição</b>					
<b>O Quê</b>	<b>Porque</b>	<b>Quem</b>	<b>Onde</b>	<b>Quando</b>	<b>Como</b>
Implementação de um sistema de gestão de inventário eficiente.	Para minimizar o tempo de inatividade devido à falta de peças de reposição.	Supervisor de compras	Setor de manutenção	Avaliação inicial para identificar as necessidades de estoque de peças de reposição.	Realizando análises de demanda para prever necessidades futuras de peças de reposição.
Identificação das peças de reposição críticas para cada equipamento.	Identificação das peças de reposição críticas para cada equipamento.	Supervisor de compras	ETA Vitória	Monitoramento contínuo do estoque para garantir a reposição oportuna.	Estabelecendo níveis mínimos e máximos de estoque para cada item.

Continua...

**APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN THE MAINTENANCE  
SECTOR OF A SANITATION COMPANY**

FERNANDA GUIMARÃES VIEIRA  
ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA  
JOSÉ DE CASTRO SILVA  
ÂNGELO ANTÔNIO MACEDO LEITE  
PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

5W1H- Ações para minimizar falta de manutenção preventiva					
O Quê	Porque	Quem	Onde	Quando	Como
Implementar e estruturar um programa de manutenção preventiva para todos os sistemas críticos.	Garantir a continuidade operacional, segurança e redução de custos de reparos emergenciais.	Equipe de Manutenção, Gerente de Manutenção, Coordenador de Manutenção, e Operadores.	Aplicar o plano em todas as áreas identificadas como críticas.	Iniciar imediatamente e estabelecer um cronograma regular de manutenção.	Através da implementação de um <i>Checklist</i> de manutenção, cronogramas regulares, treinamentos e monitoramento contínuo.
Treinar equipe de manutenção	Capacitar a equipe de manutenção.	Engenheiros especialistas em manutenção	Setor de manutenção	2 meses	Organizar <i>workshops</i> e treinamentos sobre manutenção preventiva.

Fonte: Autoria própria (2025)