

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ANISEH MAHMUD AHMAD**

**OTIMIZAÇÃO DE EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO ALIMENTÍCIA: PROJETO DE  
REDUÇÃO DE QUEBRAS**

**ALEGRETE  
2023**

**ANISEH MAHMUD AHMAD**

**OTIMIZAÇÃO DE EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO ALIMENTÍCIA: PROJETO DE  
REDUÇÃO DE QUEBRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Mecânica da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharela em  
Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Tonilson de Souza  
Rosendo

**ALEGRETE  
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

A481o Amado, Graciliano Machado de Assis

Obras clássicas de autores brasileiros / Graciliano Machado  
de Assis Amado. – 2018.

115 p. : il.

Orientador: João José Maria de Jesus

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade  
Federal do Pampa, Letras - Habilitação Português/Espanhol e  
Respectivas Literaturas, Campus Jaguarão, 2018.

1. Literatura. 2. Clássicos literários. 3. Autores brasileiros. I. Jesus,  
João José Maria de. II. Título.

**ANISEH MAHMUD AHMAD**

**OTIMIZAÇÃO DE EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO ALIMENTÍCIA: PROJETO DE REDUÇÃO DE QUEBRAS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharela em Engenharia Mecânica.

Monografia defendida e aprovada em: 19 de dezembro de 2023.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr Tonilson de Souza Rosendo  
Orientador  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dr Gustavo Fuhr Santiago  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dr Vicente Bergamini Puglia  
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **GUSTAVO FUHR SANTIAGO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2023, às 11:43, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **TONILSON DE SOUZA ROSENDO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2023, às 11:43, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **VICENTE BERGAMINI PUGLIA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2023, às 11:43, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1330544** e o código CRC **C96BA84C**.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente aos meus pais, Soraia e Belal, por todo apoio durante a graduação e por sempre acreditarem em mim. Mãe e pai, eu não sou nada sem vocês.

Ao meu irmão, que mesmo longe, sempre me apoiou e torceu por mim.

Ao meus amigos da faculdade, que tornaram essa jornada muito mais leve. Andressa, Isadora, Kamila, Renan, Guilherme e Felipe obrigada pelo apoio nos estudos e pela vida compartilhada. Sou muito grata pela amizade de vocês e sinto falta dos nossos dias juntos, mas feliz de ver todos vocês realizando seus sonhos.

Ao Ueslei, meu querido amigo, você se encontra em outro plano, mas eu dedico essa conquista a ti também que nunca mediu esforços pra me ajudar, que mesmo em momentos difíceis fazia vídeo chamada comigo para me ajudar nos estudos. Você faz muita falta, sou muito grata por ter tido o prazer de te conhecer, obrigada por tudo!

Aos meus colegas de trabalho e equipe do projeto, David, Davi, Douglas e Gustavo, primeiramente pela oportunidade de realizar esse projeto junto de vocês e, também, por toda ajuda nas dúvidas que tive durante o desenvolvimento deste trabalho, fosse durante a noite ou finais de semana.

## RESUMO

A manutenção desempenha um papel fundamental na indústria e é de suma importância para garantir a confiabilidade dos equipamentos, reduzir os custos e maximizar a eficiência operacional. Para que as condições de um processo e de um equipamento sejam mantidas é necessário que haja uma manutenção planejada adequada com planos de manutenção elaborados e intervalos de execução pré-definidos. Visando o aumento da disponibilidade operacional, as instituições vêm investindo em projetos de redução de quebras, os quais são estrategicamente focados em identificar e abordar as causas raízes das quebras e falhas em equipamentos. Desta forma, este trabalho tem como objetivo principal reduzir as paradas não planejadas devido a quebras em uma linha de produção de uma indústria alimentícia. Para isso, foram identificados os componentes com maior número de quebras e, então, realizadas as análises de quebras. Destas análises foram propostas contramedidas para atacar as causas fundamentais das quebras. Além disso, durante o projeto também foram analisados os indicadores de manutenção referentes às quebras e revisado o sistema de manutenção planejada. O presente trabalho apresentou resultados satisfatórios, visto que foi possível alcançar a meta de redução de quebras na linha produtiva, assim como manter estes resultados por 11 meses após o término do projeto.

Palavras-Chave: quebra, manutenção.

## **ABSTRACT**

Maintenance is an essential part of industry and is of the utmost importance to ensure equipment reliability, reduce costs and maximize operational efficiency. In order to maintain the condition of a process and an equipment, proper planned maintenance is required, with maintenance plans elaborated and pre-defined execution intervals. To increase operational availability, institutions have been investing in projects to reduce breakdowns, which are strategically focused on identifying and addressing the root causes of breakdowns and equipment failures. The main objective of this study is to reduce unplanned downtime due to breakdowns on a food industry production line. To this end, the components with the highest number of breakdowns were identified and breakdown analyses carried out. From these analyses, countermeasures were proposed to tackle the root causes of the breakdowns. In addition, maintenance indicators relating to breakdowns were also analyzed during the project and the planned maintenance system was reviewed. The results of this work were satisfactory, as it was possible to achieve the target of reducing breakdowns on the production line and to maintain these results for 11 months after the end of the project.

Keywords: breakdown, maintenance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Impacto das paradas não planejadas na linha. ....	16
Figura 2 - Pirâmide de perda da máquina. ....	19
Figura 3 - Os oito pilares do MPT.....	23
Figura 4 - Quantidade de ocorrências dos períodos P01 à P06.....	29
Figura 5 - Fluxograma do sistema suporte de quebras. ....	30
Figura 6 - Fluxograma do trabalho. ....	31
Figura 7 – Módulo 1 e Módulo 2.....	32
Figura 8 - Sistema da panela industrial. ....	32
Figura 9 - Fluxo da análise de quebras. ....	34
Figura 10 - Estratificação das ocorrências por componentes dos períodos P01 à P06. .....	36
Figura 11 – Ocorrências por modos de falha para a válvula e rede de comunicação. .....	37
Figura 12 - Análise do componente válvula.....	39
Figura 13 - Topologia de rede tipo anel.....	40
Figura 14 - MTBBD dos períodos P01 à P06. ....	41
Figura 15 - MTTR dos períodos P01 à P06.....	41
Figura 16 - Percentual do impacto de quebras na eficiência da linha de P01 à P06.	42
Figura 17 - Curva PF para a válvula.....	45
Figura 18 - Válvula pistão 3 vias. ....	46
Figura 19 - Descritivo do plano de inspeção válvulas. ....	47
Figura 20 - Ordem de serviço para troca dos cabos de rede ressecados. ....	48
Figura 21 - Limpeza dos painéis elétricos. ....	48
Figura 22 - Plano de inspeção para o painel elétrico. ....	49
Figura 23 - Modelo relatório de certificação de cabeamento.....	50
Figura 24 - MTBBD dos períodos P01 à P13. ....	51
Figura 25 - MTTR dos períodos P01 à P13.....	51
Figura 26 – Percentual de impacto de quebras na eficiência da linha de P01 à P13. .....	52
Figura 27 – Percentual de impacto de quebras na eficiência da linha de P01 à P11 de 2023. ....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planilha de apontamento da produção.....	33
Tabela 2 - Contramedidas das análises de quebras dos componentes válvula e rede de comunicação. ....	38
Tabela 3 - Planos de inspeção revisados.....	43
Tabela 4 - Planos de lubrificação criados.....	43
Tabela 5 - Monitoramento de vazamento das válvulas. ....	44
Tabela 6 - Planos de inspeção mecânica das válvulas. ....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5W2H – 5 Ws: What, Why, Who, When e Where (o que, por que, por quem, quando e onde) e 2 Hs: How e How much (como e quanto)

CLP – Controlador Lógico Programável

IHM – Interface Homem Máquina

IP – Internet Protocol (Protocolo de Rede)

JIPM – Japanese Institute of Plant Maintenance (Instituto Japonês de Manutenção de Plantas)

LIL – Limpeza, Inspeção e Lubrificação

MTBBD – Mean Time Between Breakdowns (Tempo médio entre quebras)

MTTR – Mean Time To Repair (Tempo médio de reparo)

NBR – Norma Brasileira

P - Período

PF("curva PF" – figura 17) – Curva de Potencial de Falha

SAP - Systemanalysis Programmentwicklung (Desenvolvimento de Programas para Análise de Sistema)

MPT – Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance)

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
1.1	OBJETIVOS .....	16
1.1.1	OBJETIVO GERAL .....	16
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2	CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA .....	18
2.1	FALHAS EM EQUIPAMENTOS .....	18
2.2	EFICIÊNCIA EM LINHAS DE PRODUÇÃO.....	18
2.3	MPT (MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL) OU <i>TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE</i> .....	21
2.3.1	MELHORIA ESPECÍFICA .....	23
2.3.2	MANUTENÇÃO AUTÔNOMA .....	23
2.3.3	MANUTENÇÃO PLANEJADA.....	24
2.3.4	EDUCAÇÃO E TREINAMENTO .....	24
2.3.5	MANUTENÇÃO DA QUALIDADE.....	24
2.3.6	CONTROLE INICIAL .....	24
2.3.7	MPT ADMINISTRATIVO .....	24
2.3.8	SEGURANÇA, SAÚDE E MEIO AMBIENTE .....	25
2.4	TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	25
2.4.1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	25
2.4.2	MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	26
2.4.3	MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	26
2.4.3.1	MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO PLANEJADA.....	26
2.4.3.2	MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA.....	26
2.5	METODOLOGIAS DE QUALIDADE PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA .....	27
2.5.1	INDICADORES DE DESEMPENHO .....	27
2.5.2	MÉTODO DOS CINCO PORQUÊS .....	27
2.5.3	<i>BRAINSTORMING</i> .....	27

2.9 CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA .....	28
2.9.1 PERFIL DE QUEBRAS .....	28
2.9.2 SISTEMA SUPORTE PARA QUEBRAS .....	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	31
3.1 EQUIPAMENTOS .....	31
3.2 MÉTODOS .....	33
3.2.1 IDENTIFICAR OS TIPOS DE QUEBRAS .....	33
3.2.2 ANALISAR AS QUEBRAS.....	34
3.2.3 ACOMPANHAMENTO DOS INDICADORES DE QUEBRAS NA LINHA PRODUTIVA E DE MANUTENÇÃO .....	34
3.2.4 DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA.....	36
4 RESULTADOS.....	36
4.1 HISTÓRICO DE FALHAS .....	36
4.1.1 IDENTIFICAÇÃO DE QUANTITATIVO DE MODO DE FALHA POR COMPONENTE .....	36
4.1.2 ANÁLISE DAS QUEBRAS .....	37
4.1.3 COMPONENTES ANALISADOS .....	38
4.1.3.1 VÁLVULA.....	38
4.1.3.2 REDE DE COMUNICAÇÃO.....	39
4.1.4 ANÁLISE DOS INDICADORES HISTÓRICOS DE QUEBRAS NA LINHA PRODUTIVA E DE MANUTENÇÃO .....	41
4.1.4.1 INDICADORES HISTÓRICOS DE MANUTENÇÃO .....	41
4.1.4.2 INDICADOR HISTÓRICO DE QUEBRAS NA LINHA PRODUTIVA .....	42
4.2 RESULTADOS DO PROJETO .....	42
4.2.1 SISTEMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA.....	42
4.2.2 RESOLUÇÃO DAS CONTRAMEDIDAS DAS ANÁLISES DE QUEBRAS .....	43
4.2.2.1 CONTRAMEDIDAS DO COMPONENTE VÁLVULA .....	44
4.2.2.2 CONTRAMEDIDAS DO COMPONENTE REDE DE COMUNICAÇÃO.....	48
4.2.3 ANÁLISE DOS INDICADORES DE QUEBRAS NA LINHA PRODUTIVA E DE MANUTENÇÃO .....	50
4.2.3.1 INDICADORES DE MANUTENÇÃO .....	50
4.2.3.2 INDICADOR DE QUEBRAS DA LINHA PRODUTIVA .....	52
4.2.4 ACOMPANHAMENTO DOS RESULTADOS EM 2023 .....	52

<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>53</b>
<b>5.1 CONCLUSÕES .....</b>	<b>53</b>
<b>5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS.. .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no mundo globalizado em que vivemos, as indústrias investem cada vez mais na modernização dos seus processos buscando torná-los mais competitivos e rentáveis. Para ter um bom resultado na produção as indústrias precisam investir na manutenção das suas máquinas para evitar as paradas de produção, visto que estas paradas interferem na qualidade dos produtos e não agregam valor ao produto final.

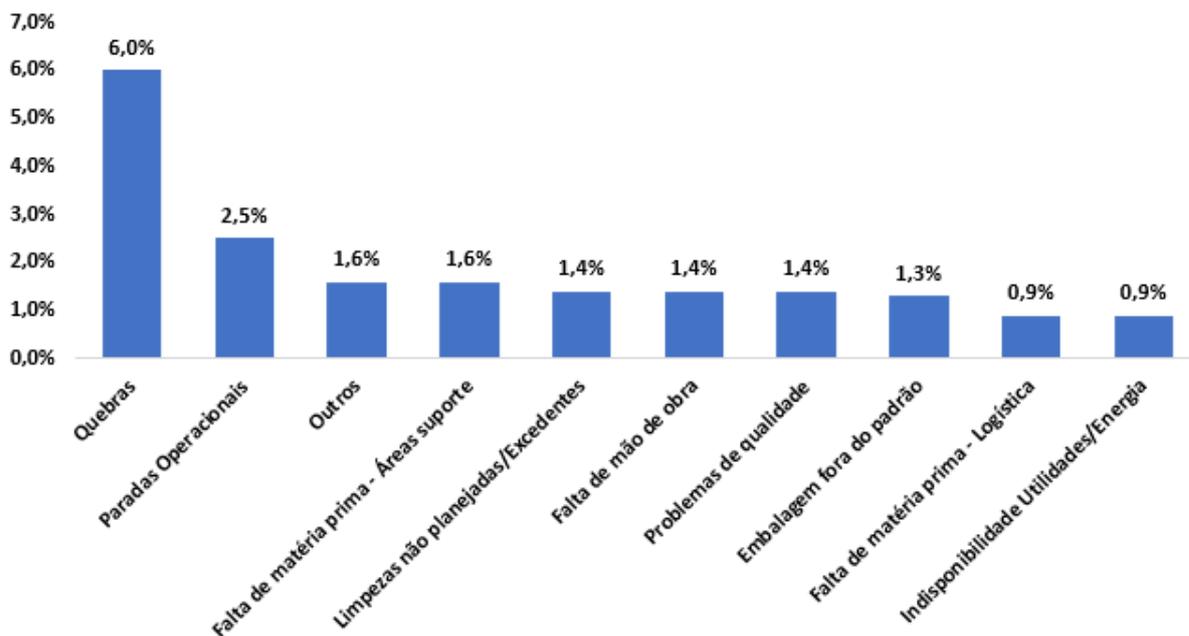
Para a manutenção funcionar deve-se ter um planejamento para que a empresa possa garantir a confiabilidade dos seus ativos, visto que a disponibilidade das máquinas interfere diretamente no planejamento das linhas produtivas. De acordo com Suzuki (1994), a manutenção planejada consiste em avaliar o equipamento, corrigir as falhas, criar um sistema de gerenciamento de manutenção, definir planos de manutenção preventiva e preditiva, e criar indicadores de acompanhamento de manutenção. Xenos (1998) complementa que a manutenção não é simplesmente manter as condições originais de um equipamento, mas também introduzir melhorias no mesmo.

Diante disso, deve haver uma divisão de responsabilidades entre a manutenção planejada e manutenção autônoma, visto que as mesmas se suportam. Na manutenção autônoma o operador é envolvido nas rotinas de manutenção e em atividades de melhoria contribuindo para prevenir problemas e deterioração dos equipamentos (Suzuki, 1994). Dessa forma, os operadores aprendem a identificar quaisquer anormalidades e passam a conhecer melhor a máquina e sua estação de trabalho.

O presente trabalho foi baseado em um projeto de redução de quebras dentro de uma área de produção de uma indústria alimentícia e foi executado de julho à dezembro de 2022. O mesmo foi realizado por uma equipe multidisciplinar com profissionais da área técnica e operacional, os quais suportaram os pilares de manutenção planejada e manutenção autônoma. Como base para este projeto foram analisadas as quebras que ocorreram na área de janeiro à junho de 2022 e as contramedidas serão apresentadas na seção de resultados. Os resultados do projeto estão sendo monitorados desde o fim do mesmo e continuarão sendo até dezembro de 2023.

O que determinou a escolha desta área de processo para o projeto que será apresentado neste trabalho foi o percentual de impacto de quebras na eficiência da linha produtiva, ou seja, por conta destas quebras ocorriam paradas de máquina não planejadas diminuindo o tempo disponível e planejado para produção. No início do projeto o percentual de quebras nesta área era de 6,0%, conforme a figura 1.

Figura 1 – Impacto das paradas não planejadas na linha.



Fonte: a autora (2023).

## 1.1 Objetivos

Esta seção dedica-se a descrição do objetivo principal e dos objetivos específicos do trabalho.

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é reduzir o percentual de 6% de quebras de uma linha produtiva dentro de uma área de produção de uma indústria alimentícia.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos são:

- 1) Identificar as quebras, analisar e implementar contramedidas;
- 2) Analisar o indicador de quebras na linha produtiva e os indicadores de manutenção;
- 3) Definir o sistema de manutenção planejada;

### **1.2 Justificativa**

Com a constante evolução do mercado e a necessidade por processos mais otimizados a eficiência da produção é de vital importância para a indústria, que para garantir a máxima produtividade investe na manutenção planejada, garantindo assim a confiabilidade de seus equipamentos, qualidade dos produtos e aprimoramento do processo.

Este trabalho justifica-se pela importância da manutenção na redução de falhas de um equipamento, as quais podem resultar em paradas não planejadas na produção.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está estruturado conforme descrito a seguir:

#### Capítulo 1 - Introdução

Apresenta uma breve introdução a respeito do tema e do trabalho, justifica a escolha do tema, traz os objetivos do trabalho e sua estrutura.

#### Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

Apresenta todo embasamento teórico utilizado para a aplicação do estudo a respeito de manutenção, modos de falhas, quebras e eficiência da linha de produção.

#### Capítulo 3 – Materiais e métodos

Descreve os métodos aplicados no trabalho.

#### Capítulo 4 – Resultados

São apresentados os resultados obtidos.

#### Capítulo 5 – Considerações finais

São apresentadas as conclusões obtidas com a realização do trabalho, através da análise da metodologia utilizada e sua aplicação.

## **2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA**

Este capítulo é dedicado para a revisão de literatura e apresenta os conceitos teóricos fundamentais para o entendimento do trabalho.

### **2.1 Falhas em equipamentos**

Na norma NBR 5462 (1994, p. 4), falha é definida como “O término da capacidade de um item desempenhar a função requerida”. Xenos (1998, p. 67) complementa “Falha é a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído. A falha leva o item a um estado de indisponibilidade”.

Existem três principais categorias de causas para as falhas, sendo elas: falta de resistência, uso inadequado ou manutenção inadequada. A falta de resistência é uma característica do próprio equipamento, podendo ser uma falha de projeto, erros na especificação do material ou deficiência no processo de fabricação. A falha por uso inadequado ocorre quando são aplicados esforços fora da capacidade do equipamento. E manutenção inadequada ocorre quando as ações preventivas são insuficientes ou não estão sendo executadas corretamente (Xenos, 1998).

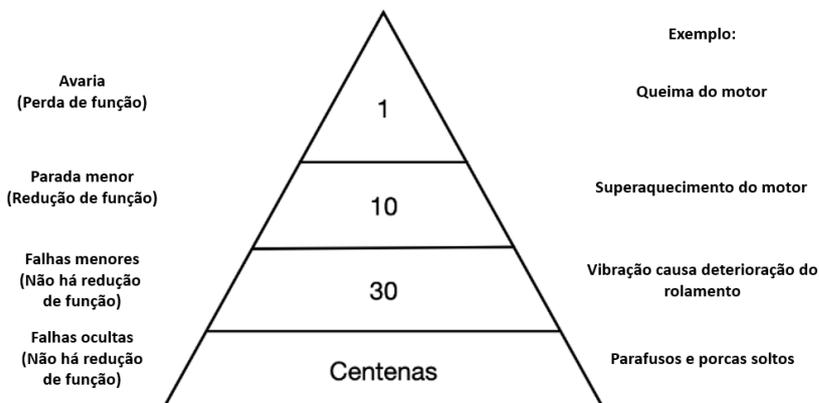
### **2.2 Eficiência em Linhas de Produção**

Segundo Suzuki (1994), a eficiência de uma linha de produção depende da eficiência dos equipamentos, materiais, pessoas e métodos. Quando uma indústria quer aumentar sua eficiência de produção todos estes pontos devem ser levantados para que as perdas relacionadas a cada um sejam eliminadas.

Para Antunes *et al.* (2008) perdas são atividades que geram custo e não adicionam nenhum valor ao produto final. O primeiro passo para aumentar a eficiência de produção é reduzir o número de paradas de linha e perdas, sejam elas de manutenção ou processo.

A figura 2 apresenta as perdas relacionadas aos equipamentos.

Figura 2 - Pirâmide de perda da máquina.



Fonte: Adaptado de Dennis (2008).

De acordo com Antunes *et al.* (2008), uma forma de diminuir perdas de processo está relacionada ao aumento da densidade de trabalho humano, isto é, aumentar o tempo em que os trabalhadores realizam tarefas que agregam valor. Para isso é necessário que as perdas do sistema produtivo sejam eliminadas. Estas perdas são:

- Perdas por superprodução;
- Perdas por transporte;
- Perdas no processamento em si;
- Perdas devido à fabricação de produtos defeituosos;
- Perdas nos estoques;
- Perdas por movimento;
- Perdas por espera.

As cinco primeiras referem-se a função processo, pois focam no fluxo de trabalho no tempo e no espaço. As duas últimas estão diretamente relacionadas à função operação, pois são focadas na análise do sujeito do trabalho, ou seja, pessoas e equipamentos (Antunes *et al.*, 2008).

#### a) Perdas por superprodução

De acordo com Shingo (1996), existem dois sentidos de superprodução. A primeira tem o sentido de produção em quantidade excessiva e a segunda de

produção antecipada em relação às necessidades da produção e do consumo. De acordo com o método *Just in time* somente deve ser produzida a quantidade necessária para o momento, pois as perdas por superprodução podem esconder outras perdas no processo que podem causar paradas de produção.

b) Perdas por transporte

As perdas por transporte estão relacionadas às atividades de movimentação que geram custo, mas não agregam valor ao produto. As principais causas que geram estas perdas são o *layout* e a disposição dos equipamentos que dificultam os fluxos produtivos ideais. As ações prioritárias para diminuir estas perdas devem ser em relação ao *layout*, visando a eliminação ou minimização dos transportes. Em segundo caso deve-se analisar as melhorias em relação aos equipamentos como, por exemplo, melhorias no sentido de mecanizar ou automatizar (Antunes *et al.*, 2008).

c) Perdas no processamento em si

Para Antunes *et al.* (2008, p. 206) estas perdas consistem em “Atividades de processamento/fabricação que são desnecessárias para que o produto, serviço ou sistema adquira suas características básicas de qualidade, tendo em vista a geração de valor para o cliente/usuário”. Para identificar este tipo de perda deve-se questionar qual tipo de produto ou serviço deve ser produzido e qual método deve ser adotado para esta fabricação. Para atacar as causas deve-se verificar melhorias relacionadas à tecnologia específica do produto, processos de fabricação, máquinas e matérias primas.

d) Perdas por fabricação de produtos defeituosos

Esta perda consiste na fabricação de peças, componentes ou produtos que não atendem aos requisitos de qualidade. Existem duas formas de lidar com este tipo de perda, sendo uma delas a inspeção para localizar defeitos e a outra inspeção para prevenir produtos com defeito (Antunes *et al.*, 2008). De acordo com Shingo (1996), a inspeção para localizar defeitos trata-se somente da verificação de produtos defeituosos no final do sistema produtivo e não previne as perdas. Já a inspeção para prevenir produtos não conformes é uma estratégia para detectar estes produtos rapidamente e prevenir o alastramento, onde a informação do primeiro defeito deve

ser repassada para as etapas de processos anteriores para que assim possam ser corrigidas.

e) Perdas por estoque

As perdas por estoque são caracterizadas pela existência de estoques elevados, sejam eles de matéria prima, material em processo ou produto acabado. Estes estoques resultam em inúmeras desvantagens como: elevados custos financeiros, necessidade de espaços físicos adicionais para armazenamento, possibilidade dos produtos se tornarem obsoletos e o risco de não serem vendidos. Para atacar a causa raiz é necessário sincronizar a produção com a demanda de mercado (Antunes *et al.*, 2008).

f) Perdas por movimento

Esta perda consiste na movimentação desnecessária dos trabalhadores durante a execução das suas tarefas e podem ser compreendidas a partir do estudo de Gilbreith, onde são analisados o movimento humano e a postura de trabalho com o objetivo de minimizar as perdas através do estabelecimento contínuo de padrões operacionais (Antunes *et al.*, 2008).

g) Perdas por espera

Antunes *et al.* (2008) define como as perdas associadas ao tempo nos quais as máquinas e/ou trabalhadores não são utilizados produtivamente. Shingo (1996) complementa que as perdas por espera dos trabalhadores são mais relevantes que as perdas por espera das máquinas e que isto ocorre devido ao fluxo de produção, que ao ocorrer perdas por espera dos trabalhadores também resulta na diminuição da utilização das máquinas. Dessa forma, esta perda faz com que os custos sejam mais elevados para a realização de uma mesma produção.

### **2.3 MPT (Manutenção Produtiva Total) ou *Total Productive Maintenance***

O MPT surgiu na década de 70 no Japão, visando modificar a sistemática de trabalho através da eliminação de paradas de produção por quebras, intervenções e desperdícios (Kardec; Nascif, 2009).

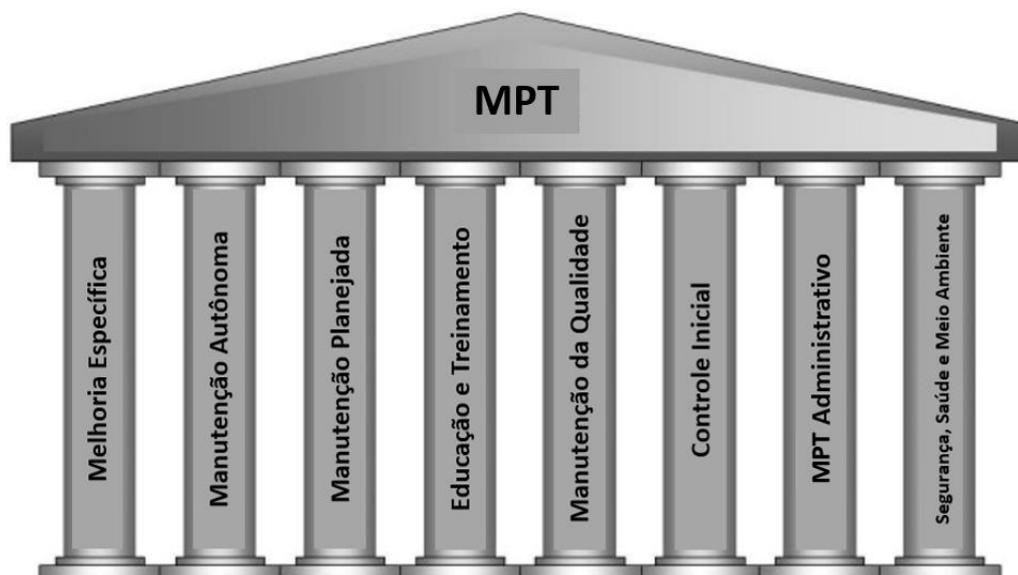
De acordo com Suzuki (1994) o MPT foi originalmente definido pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) a partir dos seguintes objetivos:

- Maximização da eficácia global do equipamento;
- Desenvolver um sistema de manutenção produtiva que cubra toda a vida útil do equipamento;
  - Envolver todos departamentos na implementação do MPT, como planejamento, utilização e manutenção;
  - Envolver todos desde a alta gerência até os trabalhadores do chão de fábrica;
  - Promover o MPT através da motivação gerencial a partir de grupos pequenos de atividades autônomas.

Kardec e Nascif (2013) complementam que o MPT busca a qualificação dos profissionais, pois com as pessoas desenvolvidas e treinadas é possível promover melhorias nos equipamentos.

Para o desenvolvimento do MPT devem ser implementadas 8 pilares focados em atividades específicas a fim garantir um resultado de excelência. São eles: Melhoria Específica, Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, Educação e Treinamento, Controle Inicial, Manutenção da Qualidade, MPT Administrativo e Segurança, Saúde e Meio Ambiente.

Figura 3 - Os oito pilares do MPT.



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2013).

### 2.3.1 Melhoria Específica

Tem o objetivo de minimizar as perdas através de atividades que melhoram a eficácia global do equipamento, o processo e a planta como um todo (Suzuki, 1994). É de responsabilidade deste pilar conhecer as grandes perdas, elaborar a árvore de perdas e criar uma metodologia para eliminá-las (Gaino, 2007).

### 2.3.2 Manutenção Autônoma

O objetivo é trazer o senso de responsabilidade para os operadores, onde eles passam a se envolver em rotinas de manutenção e de melhoria garantindo um alto nível de produtividade (Netto, 2008).

Para Suzuki (1994), a partir da manutenção autônoma o operador aprende a estabelecer as condições básicas do equipamento e evita a sua deterioração precoce através da limpeza, inspeção e lubrificação (LIL).

### **2.3.3 Manutenção Planejada**

A manutenção planejada estabelece e mantém as condições do processo e do equipamento, tendo como objetivo eliminar as falhas do equipamento, problemas no processo e as perdas (Suzuki, 1994). Além disso, é de responsabilidade deste pilar ter um planejamento e controle da manutenção, abrangendo as três formas de manutenção: corretiva, preventiva e preditiva (Kardec; Nascif, 2009).

### **2.3.4 Educação e Treinamento**

É o pilar responsável por capacitar e desenvolver os operadores, mantenedores e a liderança do MPT. Tem como objetivo tornar o operador capaz de cuidar do seu próprio equipamento e o mantenedor adquirir tecnologias e técnicas para tornar o equipamento mais sofisticado e automatizado (Suzuki, 1994).

### **2.3.5 Manutenção da Qualidade**

O pilar de Manutenção da Qualidade tem como objetivo definir condições adequadas para cada equipamento a fim de prevenir produtos defeituosos, eliminar refugos e retrabalhos (Carneiro, 2019).

### **2.3.6 Controle Inicial**

De acordo com Kardec e Nascif (2009), consiste em estabelecer um sistema para gerenciar a fase inicial de novos projetos e equipamentos, a fim de diminuir as ocorrências de falhas.

### **2.3.7 MPT Administrativo**

Estabelecimento da metodologia do MPT em todos setores da empresa. Como os departamentos administrativos tem um importante papel nas atividades de produção, o objetivo é reduzir as perdas administrativas através de um processo para tornar mais eficiente o fluxo de informação entre as áreas (Suzuki, 1994).

### **2.3.8 Segurança, Saúde e Meio Ambiente**

Tem como objetivo o nível zero de acidentes de trabalho e impacto no meio ambiente (Suzuki, 1994). Carneiro (2019) complementa que o pilar deve garantir que segurança, saúde e meio ambiente sejam contemplados também nos outros pilares a fim de garantir a confiabilidade dos equipamentos, prevenção de erros humanos e eliminação de acidentes, visto que, por exemplo, um equipamento com defeito é uma fonte de perigo.

## **2.4 Tipos de Manutenção**

Cada tipo de manutenção é caracterizado pela forma em que a intervenção é feita nos equipamentos. Define-se como manutenção as ações técnicas e administrativas que são destinadas a manter ou recolocar um equipamento no estado capaz de desempenhar a função requerida (NBR 5462, 1994). As manutenções preventiva, preditiva e corretiva existem para evitar a deterioração dos equipamentos, seja pelo uso ou desgaste natural (Xenos, 1998).

### **2.4.1 Manutenção Preventiva**

De acordo com Kardec e Nascif (2009) consiste na atuação que visa reduzir ou evitar a falha ou queda de desempenho da máquina, obedecendo um plano de manutenção preventiva previamente elaborado e com intervalos pré-definidos. Para definir estes intervalos é necessário ter uma previsão de vida útil dos componentes, que pode ser obtido pelos dados do fabricante e históricos disponíveis na empresa (Almeida, 2015 *apud* Diógenes, 2019).

Este tipo de manutenção diminui o número de atuações de emergência e as paradas de produção e aumenta a disponibilidade dos equipamentos. Os planos de manutenção preventiva são baseados em inspeções, reformas e substituições de peças (Xenos, 1998).

### **2.4.2 Manutenção Preditiva**

É definida como a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho do equipamento, os quais são monitorados por técnicas preditivas que definem quando será necessário atuar de maneira corretiva planejada. Seu objetivo é prevenir falhas com a máquina operando continuamente pelo maior tempo possível (Kardec; Nascif, 2009).

A manutenção preditiva é uma maneira de inspecionar os equipamentos, otimizando a troca ou reforma de peças através do acompanhamento periódico que permite prever quando estão próximos da sua vida útil (Xenos, 1998). É realizada através de instrumentos e aparelhos de medição que não interferem na operação como a análise de óleo, termografia, análise de ultrassom e vibração (Diógenes, 2019).

### **2.4.3 Manutenção Corretiva**

De forma geral, a manutenção corretiva é a atuação para corrigir uma falha ou desempenho menor do que o esperado para um equipamento, caracterizando a manutenção corretiva não planejada e a manutenção corretiva planejada, respectivamente (Kardec; Nascif, 2009).

#### **2.4.3.1 Manutenção Corretiva Não Planejada**

É também conhecida como Manutenção Emergencial e caracteriza-se pela atuação após a falha ou queda de desempenho já ter ocorrido, ou seja, correção de maneira aleatória. Implica em altos custos para a empresa, pois uma parada não planejada pode resultar em perdas de produção (Kardec; Nascif, 2009).

#### **2.4.3.2 Manutenção Corretiva Planejada**

A manutenção corretiva planejada é também caracterizada pela correção do desempenho menor que o esperado, porém baseada em decisões gerenciais. A principal característica é o acompanhamento dos parâmetros do equipamento, onde

se tem um planejamento para quando a falha ocorrer como, por exemplo, um equipamento reserva para substituição ou kit de reparo rápido (Kardec; Nascif, 2009).

## **2.5 Metodologias de qualidade para melhoria da eficiência**

Nesta seção serão apresentadas as metodologias utilizadas na realização deste trabalho.

### **2.5.1 Indicadores de desempenho**

De acordo com Lustosa *et al.* (2008) controlar é gerenciar e, para isso, existem diversos métodos de controle. Um deles é estabelecer indicadores para monitorar os resultados, só assim é possível verificar se os resultados estão conforme o planejado. Através da análise dos indicadores é possível identificar melhorias e criar plano de ações para alcançar os resultados esperados. É fundamental que sejam desenvolvidos criteriosamente a fim de apresentar informações relevantes para análise. Os principais critérios para os indicadores são: adaptabilidade, representividade, simplicidade, rastreabilidade, disponibilidade, praticidade e baixo custo.

### **2.5.2 Método dos cinco porquês**

É uma ferramenta que consiste em perguntar cinco vezes o porquê de um problema ter ocorrido e tem como objetivo descobrir sua causa raiz. A análise se inicia com a determinação do problema e segue com as perguntas de porquê ocorreu. Através desse método, após identificada a causa raiz, é possível desenvolver soluções que de fato eliminem o problema, pois quando a causa real não é descoberta seguem ocorrendo recorrências do mesmo problema (Napoleão, 2019).

### **2.5.3 Brainstorming**

O *brainstorming*, também chamado de tempestade de ideias, é uma técnica colaborativa que visa estimular a criatividade ao reunir um grupo diversificado para gerar livremente ideias sobre um tema específico. Durante a sessão, todas as ideias

são acolhidas sem julgamentos, promovendo um ambiente propício à inovação. Essas ideias podem ser posteriormente refinadas e combinadas para formar conceitos mais sólidos e aplicáveis, tornando o *brainstorming* uma ferramenta valiosa no contexto acadêmico para a exploração e a expansão de ideias de maneira eficaz e colaborativa (Estrella, 2023).

## **2.9 Contextualização da empresa**

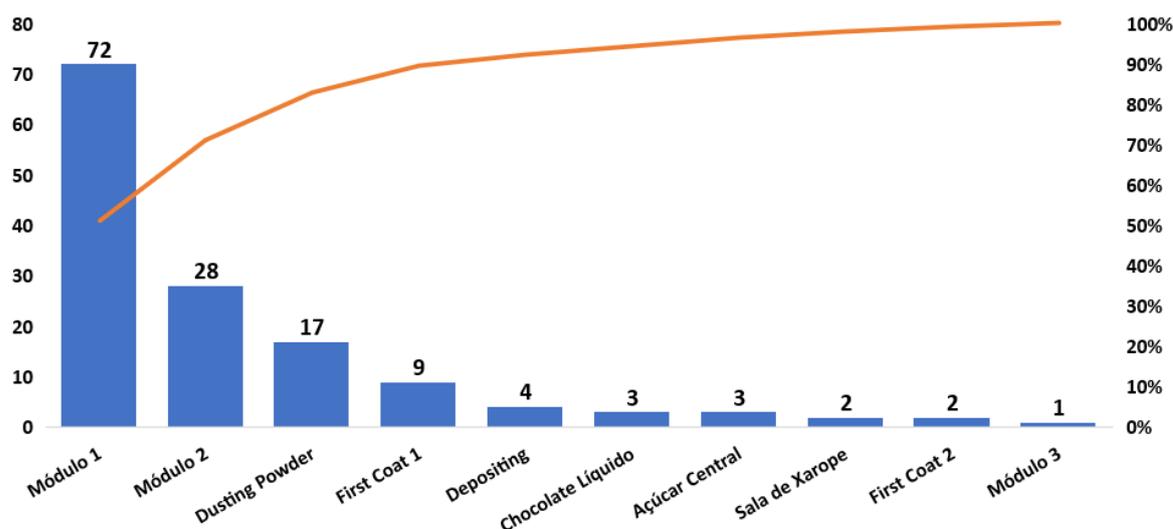
Nesta seção será apresentada uma breve contextualização do perfil de quebras e do sistema suporte para quebras existente na empresa.

### **2.9.1 Perfil de quebras**

Para a escolha e decisão de onde seria aplicado o projeto, o setor de Melhoria Específica da empresa analisou os dados históricos da produção, onde foi possível verificar a quantidade de quebras em toda área de processo dos últimos 6 períodos (de janeiro/2022 até junho/2022). Na empresa onde o projeto foi aplicado o ano é contado em períodos, sendo 13 períodos por ano e cada um com 4 semanas.

Com o auxílio do gráfico de Pareto, pode-se visualizar que as quebras do Módulo 1 e Módulo 2 representavam aproximadamente 70% das quebras totais do processo, conforme mostrado na figura 4. Desta forma, os Módulos 1 e 2 foram selecionados para a realização do projeto.

Figura 4 - Quantidade de ocorrências dos períodos P01 à P06.



Fonte: a autora (2023).

A partir da análise de dados, o setor de Melhoria Específica definiu que o percentual de quebras deveria ser reduzido do seu valor atual de 6% para, pelo menos, 4,8%. Este novo percentual permitiria a empresa manter-se dentro das metas de produtividade e custos planejadas. Desta forma, foi determinado como meta do projeto que as paradas de produção devido a quebras deveriam ser iguais ou menores a 4,8% nos anos de 2023 e 2024.

### 2.9.2 Sistema suporte para quebras

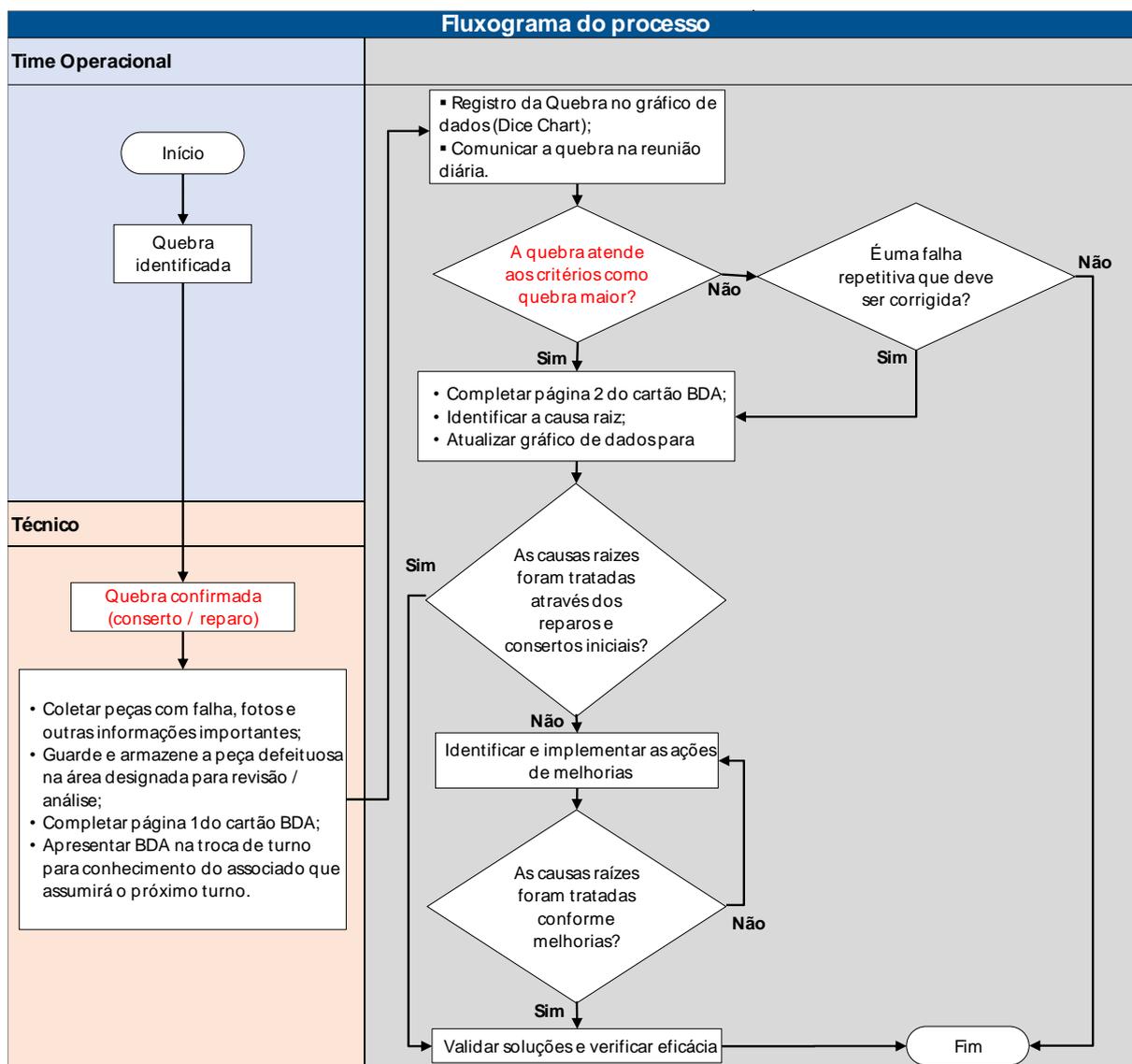
Na empresa onde o presente trabalho foi desenvolvido já havia um sistema de suporte para quebras, o qual define que quebra é toda parada não planejada superior a 10 minutos que requer o reparo ou substituição de um componente com defeito ou requer uma intervenção da manutenção.

As quebras são classificadas como menor ou maior e o que define é o tempo de *trigger*, sendo a menor uma quebra com duração maior que 10 minutos, porém menor que o *trigger*. A quebra classificada como maior é a que excede o *trigger*, sendo ele de 240 minutos.

A cada ocorrência de quebra deve ser preenchido um formulário de duas páginas, onde para a quebra menor deve ser preenchida apenas a página 1 e para a maior devem ser preenchidas ambas as páginas. A segunda página trata-se da

análise da quebra, onde toda quebra maior deve ser analisada. Segue fluxograma do processo.

Figura 5 - Fluxograma do sistema suporte de quebras.



Fonte: a autora (2023).

Na identificação de uma quebra o operador aciona a manutenção, sendo o mantenedor que confirma e preenche o formulário de quebra.

Na primeira página do formulário devem ser preenchidos os dados gerais da ocorrência e a caracterização do fenômeno, utilizando a ferramenta 5W2H. Na segunda página é feita a análise da quebra e é onde as ações são desenvolvidas e validadas. As páginas 1 e 2 do formulário constam nos Anexos.

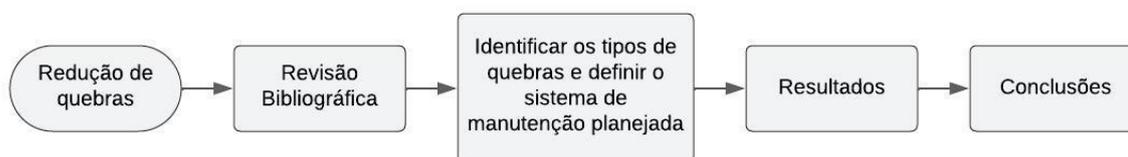
Todos técnicos mantenedores são treinados no processo de identificação e análise de quebras.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção é dedicada para descrever as etapas do projeto de redução de quebras e para apresentar uma breve descrição da área onde o mesmo foi aplicado.

A figura 6 apresenta um fluxograma do trabalho mostrando as etapas realizadas.

Figura 6 - Fluxograma do trabalho.



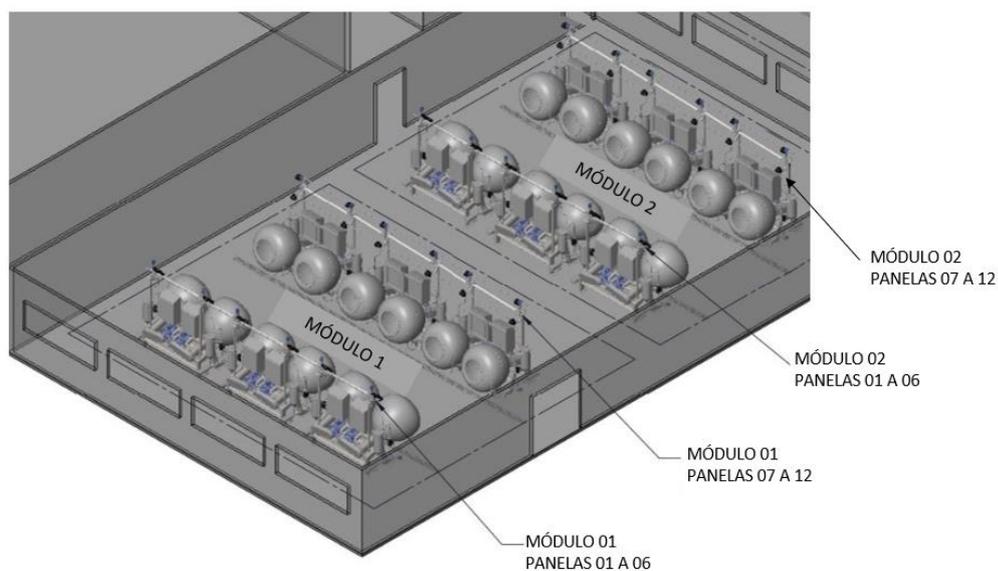
Fonte: a autora (2023).

#### 3.1 Equipamentos

Este trabalho foi realizado em uma indústria alimentícia dedicada à produção em larga escala de produtos de chocolate. A produção de chocolate envolve várias etapas, desde o processamento do cacau até o seu empacotamento. Este projeto foi aplicado no setor de processos onde é realizada a cobertura final do chocolate.

A área é dividida em dois módulos, sendo eles Módulo 1 e 2. Cada módulo conta com doze “painéis” industriais, as quais são divididas em conjuntos. Cada conjunto conta com duas painéis, dois reservatórios, duas bombas, dois motores, dois sensores de pressão, dois sensores de nível e dez válvulas. O conjunto é dividido igualmente em dois sistemas. A figura 7 ilustra um conjunto de painéis.

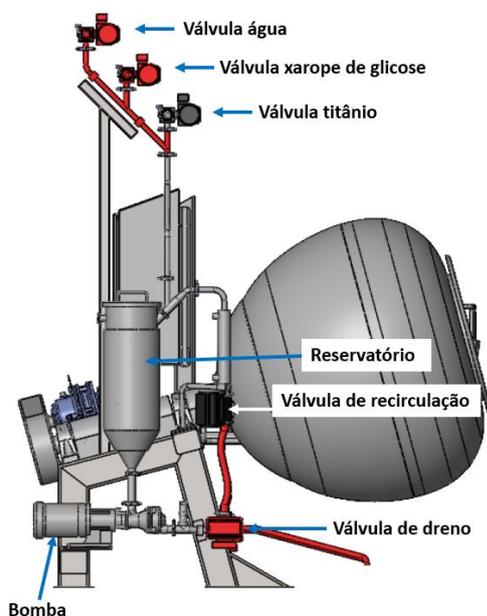
Figura 7 – Módulo 1 e Módulo 2.



Fonte: a autora (2023).

A imagem a seguir apresenta os componentes presentes no sistema de cada panela.

Figura 8 - Sistema da panela industrial.



Fonte: a autora (2023).

Esta área de produção opera 24 horas por dia, com apenas uma parada semanal de 8 horas planejada para a higienização da área.

Para realizar a cobertura final do chocolate são utilizados água e os ingredientes xarope de glicose e titânio, os quais são dosados por válvulas automáticas dentro do reservatório. Todos são misturados e, então, enviados para a panela através de um sistema de *spray* para cobrir o chocolate.

As válvulas de água, xarope de glicose e titânio são consideradas válvulas de dosagem.

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Identificar os tipos de quebras

O primeiro passo deste projeto consistiu em analisar os dados históricos da área através da planilha de anotações dos operadores, onde constam todas as paradas que ocorrem na linha, bem como o tempo para cada uma delas. A tabela 1 apresenta esta planilha.

Tabela 1 - Planilha de apontamento da produção.

Data	Turno	Week	Periodo	Módulo	Panelas	SKU	Evento	Equipamento	Tempo	Ocorrência
12/01/2022	B	W2	P01	1	7 a 12	Plain	Quebras Processo	Módulo 1	50,00	Alarme de Temperatura do Ar
18/01/2022	A	W3	P01	1	1 a 6	Plain	Quebras Processo	Módulo 1	35,00	VALVULA DA PANELA 2, NÃO FUNCIONA
17/01/2022	A	W3	P01	1	1 a 6	Plain	Quebras Processo	Módulo 1	60,00	FALHA SENSOR PANELA 2
17/01/2022	B	W3	P01	1	7 a 12	Plain	Quebras Processo	Módulo 1	20,00	Alarme de Temperatura do Ar
19/01/2022	A	W3	P01	1	7 a 12	Plain	Quebras Processo	Módulo 1	30,00	Baixa vazão do ar (problema válvulas de retorno)
23/01/2022	A	W4	P01	1	7 a 12	Plain	Quebras Processo	Módulo 1	60,00	BAIXO INSUFLAMENTO, VÁLVULAS DANIFICADAS
19/01/2022	B	W3	P01	1	1 a 6	Plain	Quebras Processo	Módulo 1	15,00	Alarme de Temperatura do Ar
24/01/2022	C	W4	P01	1	1 a 6	Plain	Quebras Processo	Módulo 1	120,00	UMIDADE ALTA NO FINAL COAT-1
25/01/2022	C	W4	P01	1	1 a 6	Plain	Quebras Processo	Módulo 1	110,00	DESARME CONDICIONADOR A

Fonte: a autora (2023).

A partir dos eventos classificados como quebras, nas ocorrências apontadas na tabela 1, juntamente com as quebras registradas pela manutenção, foram identificados os componentes e os modos de falha correspondentes.

Conforme apresentado na seção 2.9.2 já havia na empresa um sistema de suporte para quebras. Dessa forma, toda quebra é registrada no sistema SAP pelos mantenedores, de onde foram extraídas as informações de quebras registradas pela manutenção. Esses dados foram cruzados com as informações da tabela 1.

Como critério de classificação de quebras foi definido que apenas os componentes com maior número de ocorrências de quebras entre os períodos P04 e P06 seriam tratados.

### 3.2.2 Analisar as quebras

Após definidos os componentes com maior número de quebras e seus respectivos modos de falha, as ocorrências foram analisadas. Para as análises foram empregados dois métodos, sendo eles:

- Inspeção visual – é um método qualitativo de detecção que serviu para avaliar as condições gerais dos componentes;
- Formulário de inspeção – consiste em um método quantitativo, que busca determinar a causa raiz do problema, encontrar soluções e padronizar o sistema.

A análise foi realizada através do preenchimento da página 2 do formulário de quebras. Para garantir uma análise profunda e detalhada das quebras, a mesma foi realizada por todo o time envolvido no projeto, através de um *brainstorming*.

Após definido o problema ou causa da quebra foi feita a análise dos *5 Porquês*. A partir desta análise chega-se às causas raízes dos problemas. Em seguida, baseado na causa raiz, foram desenvolvidas soluções preventivas e sustentáveis para garantir que a quebra não ocorresse novamente. Cada ação resultante da análise teve um responsável e uma data programada para conclusão. A figura 9 apresenta um fluxograma de como é realizada a análise de quebra.

Figura 9 - Fluxo da análise de quebras.



Fonte: a autora.

### 3.2.3 Acompanhamento dos indicadores de quebras na linha produtiva e de manutenção

Durante o desenvolvimento deste trabalho três indicadores foram monitorados, sendo eles: tempo médio entre as quebras ou *Mean Time Between Breakdowns* (MTBBD), tempo médio de reparo ou *Mean Time to Repair* (MTTR) e o % de quebras na eficiência da linha produtiva. Para este acompanhamento foi feita uma base de dados, onde a cada semana eram adicionados os dados da planilha de produção e os

dados de manutenção do SAP. A partir disso era possível calcular e verificar se as ações resultantes das análises de quebras eram suficientes. No caso de ações adequadas e suficientes, o MTBBD deveria aumentar e o MTTR diminuir, resultando na redução do percentual de quebras.

O MTBBD é definido pelo quociente entre as horas disponíveis de trabalho e a quantidade de quebras.

$$\text{MTBBD} = \frac{\text{Tempo de produção total} - \text{Tempo de quebras}}{\text{Quantidade de quebras}} \quad \text{Equação (1)}$$

Este indicador mostra se as intervenções de manutenção estão sendo eficientes. Se o índice aumentar, significa que não estão havendo recorrências de quebras, indicando maior tempo disponível para a linha produzir.

O MTTR é definido pelo quociente do tempo de reparo da quebra e a quantidade de quebras.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tempo de reparo}}{\text{Quantidade de quebras}} \quad \text{Equação (2)}$$

Este indicador mostra a eficiência do setor de manutenção nos reparos dos equipamentos. O índice deve ser o menor possível, significando assim maior agilidade no reparo e menor tempo de máquina parada.

$$\% \text{ de quebras na linha produtiva} = \frac{\text{Tempo total de quebras}}{\text{Tempo total de produção}} \quad \text{Equação (3)}$$

Este indicador fornece o nível de impacto que as quebras exercem na eficiência da linha produtiva, ou seja, o percentual que a linha deixou de produzir devido a uma quebra que resultou em uma parada não planejada. Este valor deve ser o menor possível.

### 3.2.4 Definição do sistema de manutenção planejada

Para este projeto foram analisados todos os planos de manutenção da área. Apesar de haver um plano de 52 semanas definido, alguns planos precisaram ser criados ou revisados devido à falta de detalhamento.

Para esta análise, além de realizar a revisão através do sistema SAP, também foi feito um acompanhamento na linha junto dos mantenedores enquanto realizavam os planos e foram sendo anotados todos os pontos que deveriam estar no plano. Os planos revisados estão apresentados na seção de resultados.

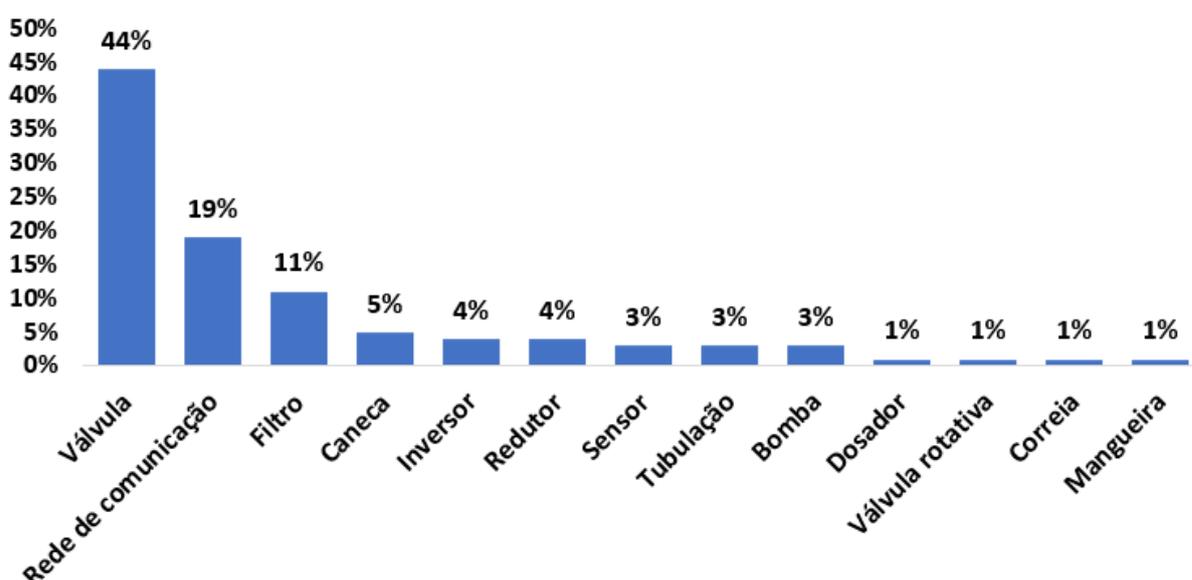
## 4 RESULTADOS

### 4.1 Histórico de falhas

#### 4.1.1 Identificação de quantitativo de modo de falha por componente

A partir dos dados históricos de produção foi feita uma estratificação dos componentes com mais ocorrências de quebras dentro dos Módulos 1 e 2, como mostra a figura 10.

Figura 10 - Estratificação das ocorrências por componentes dos períodos P01 à P06.

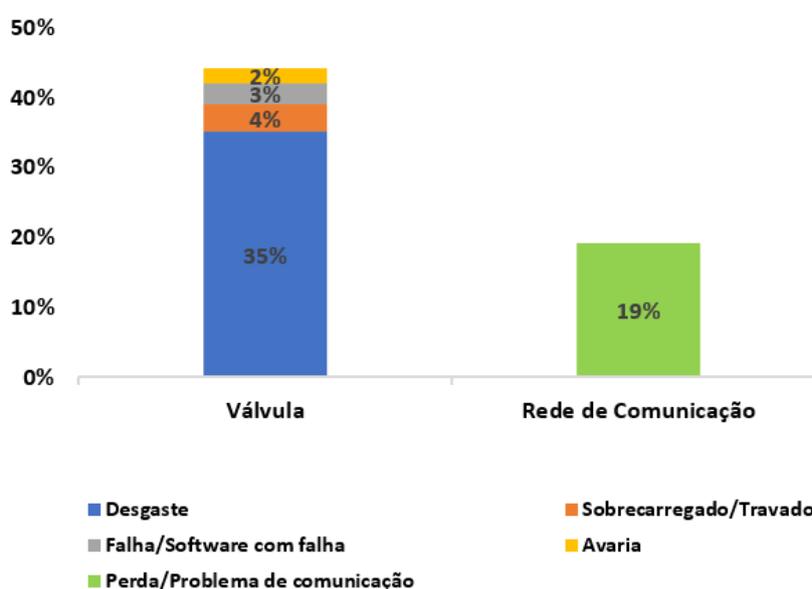


Fonte: a autora (2023).

Como podemos visualizar no gráfico da figura 10, os componentes com maior quantidade de quebras são a válvula, rede de comunicação e filtro. Apenas válvula e rede de comunicação foram tratados como quebra neste trabalho. O filtro foi desconsiderado visto que as ocorrências eram dos dois primeiros períodos do ano e não houve mais incidências.

O gráfico da figura 11 apresenta a estratificação por modo de falha para os componentes válvula e rede de comunicação.

Figura 11 – Ocorrências por modos de falha para a válvula e rede de comunicação.



Fonte: a autora (2023).

#### 4.1.2 Análise das quebras

Para a válvula foi considerado apenas o modo de falha *desgaste* para análise visto que é o modo de falha de maior ocorrência, sendo muito superior aos demais. No caso de rede de comunicação o único modo de falha observado foi *perda de comunicação*. A tabela 2 apresenta as contramedidas atualmente implementadas na empresa conforme o tipo de falha. Análises completas encontram-se nos Anexos.

Tabela 2 - Contramedidas das análises de quebras dos componentes válvula e rede de comunicação.

Componente	Modo de falha	Causa raiz	Contramedida
Válvula	Desgaste	Erro no dimensionamento da válvula	Substituir válvula por modelo ideal para o processo com a Engenharia
			Começar pela substituição das válvula críticas
		Falta um procedimento de engenharia	Implementar um sistema de monitoramento de vazamento de válvulas
			Atualizar os planos de inspeção mecânica das válvulas para abranger a verificação de vazamentos
Rede de comunicação	Perda de comunicação	Limpeza interna do inversor	Criar plano preventivo para limpeza dos inversores
			Criar plano preventivo de verificação de rede em anel
			Verificar viabilidade de certificação dos pontos
		Ressecamento por vida útil	Criar plano de inspeção para vedação do painel elétrico
			Realizar limpeza em todos os painéis elétricos
			Trocar os cabos danificados

Fonte: a autora (2023).

### 4.1.3 Componentes analisados

#### 4.1.3.1 Válvula

A partir da inspeção, observou-se o desgaste prematuro nas sedes das válvulas. A principal razão para o desgaste foi por conta dela não ter a especificação correta para o processo. Consistia de uma válvula de esfera de 3 vias com sede de teflon. O material da sede não suportava a abrasividade da matéria prima. A figura 12 apresenta a válvula desmontada, onde é possível visualizar o desgaste de sede.

Figura 12 - Análise do componente válvula.



Fonte: a autora.

Havia vazamento em todas as válvulas, sendo as mais críticas as de xarope e titânio devido a abrasividade desses elementos. Para água, recirculação e dreno o vazamento ocorria devido ao desgaste natural da válvula de 3 vias.

O vazamento das válvulas influencia diretamente no processo, podendo resultar em retrabalho ou perdas.

Observou-se que os principais motivos para se ter tantas válvulas com desgaste eram, além da abrasividade da matéria prima, a falta de planos de inspeção eficazes, falta de monitoramento dos vazamentos e o fato de que as válvulas que vazavam eram apenas reparadas substituindo a sede.

Outros problemas observados foram a prática de manter apenas seis válvulas como peças de reposição e a falta de um cronograma correto para o envio das válvulas para reparo.

#### 4.1.3.2 Rede de comunicação

Para a comunicação de todo o sistema de automação é utilizado uma rede tipo Ethernet I/P montado em topologia de rede em anel. Esta rede facilita o tráfego de

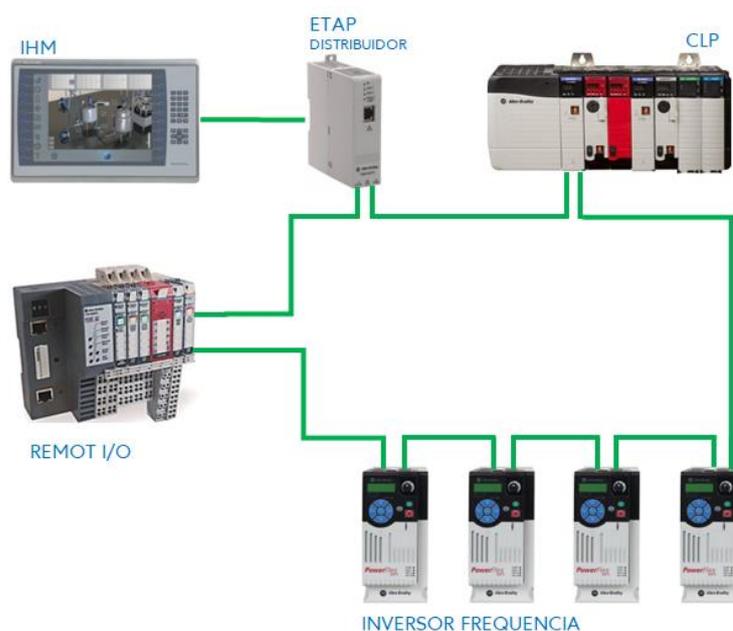
dados entre todos componentes do sistema, sendo CLP (Controlador lógico programável), inversores de frequência, IHM (Interface homem máquina) e Remot I/O.

Quando o operador inicializa o processo através da IHM, o programa que está no CLP inicia a sequência de uma receita específica para cobertura do centro de chocolate. Todo o comando relacionado a rotação da panela, abertura e fechamento de válvulas, recirculação da bomba de dosagem, indicação de pressão e nível, é feito através de dados que trafegam pela rede de comunicação, otimizando a utilização de cabos elétricos garantindo velocidade e precisão nas informações.

Qualquer alteração que se faz necessária no momento em que a receita está em funcionamento, é possível fazer acionando os dados via IHM que através da comunicação em anel atualiza o *status* e controle dos componentes do sistema.

A figura 13 apresenta a ilustração de uma topologia de rede tipo anel.

Figura 13 - Topologia de rede tipo anel.



Fonte: a autora (2023).

Quando há rompimento ou possível perda de conexão no cabo de rede entre os componentes conectados, há falha ou perda de sinal no componente subsequente causando parada indesejada no sistema.

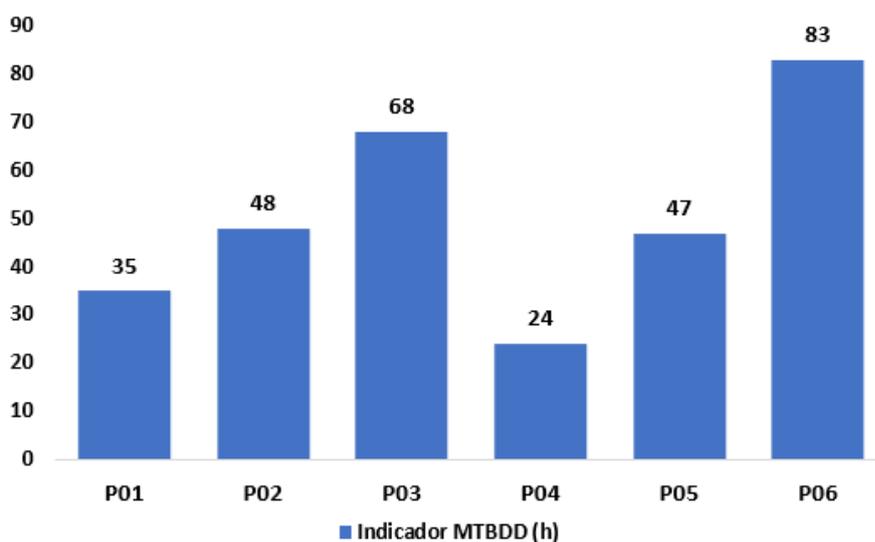
Para retornar a comunicação entre eles, muitas vezes se faz necessária a reconfiguração dos IP's em todos os componentes, ou substituição de cabos de rede que apresentem falhas (*patch cord*), ou limpeza nas placas de comunicação.

#### 4.1.4 Análise dos indicadores históricos de quebras na linha produtiva e de manutenção

##### 4.1.4.1 Indicadores históricos de manutenção

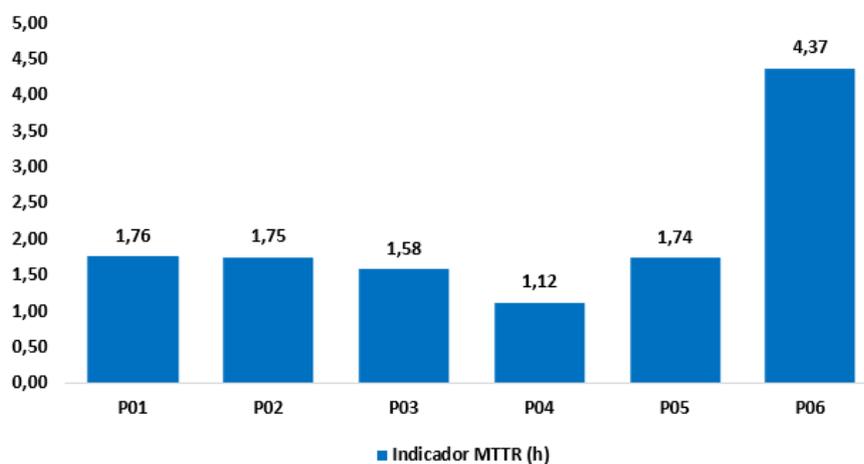
Os gráficos das figuras 14 e 15 apresentam o indicadores MTBBD e MTTR para os Módulos 1 e 2 dos períodos P01 à P06, antes do início do projeto.

Figura 14 - MTBBD dos períodos P01 à P06.



Fonte: a autora (2023).

Figura 15 - MTTR dos períodos P01 à P06.

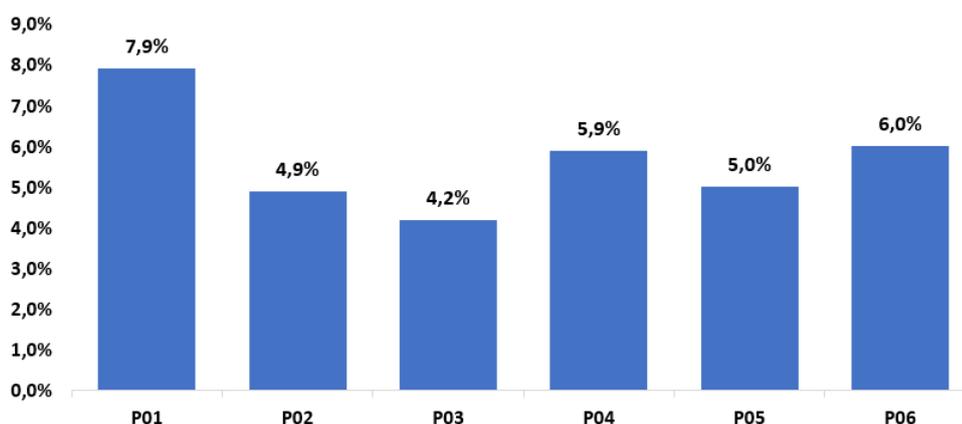


Fonte: a autora (2023).

#### 4.1.4.2 Indicador histórico de quebras na linha produtiva

O gráfico da figura 16 mostra o percentual de quebras na eficiência da linha da área onde o projeto foi aplicado dos períodos P01 à P06, antes do projeto iniciar.

Figura 16 - Percentual do impacto de quebras na eficiência da linha de P01 à P06.



Fonte: a autora (2023).

## 4.2 Resultados do projeto

Nesta seção serão apresentados os resultados finais do trabalho, como a revisão e criação dos planos de manutenção planejada para a área onde foi realizado, a resolução das contramedidas apresentadas na seção 4.1.2, os indicadores de acompanhamento entre os períodos P06 à P12 e, de P13, após o final do projeto.

### 4.2.1 Sistema de manutenção planejada

Para a definição do sistema de manutenção planejada foram revisados 60 planos de inspeção mecânica e elétrica e criados 106 planos de lubrificação.

Tabela 3 - Planos de inspeção revisados.

Denominação do	loc.Instalação	Equipam.	Denominação do objeto técnico	TAM	Centro trab.respons.	Descrição item de manutenção
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	CONDICIONADOR C	ELE	PM_PROGM	15- INSPEÇÃO CONDICIONADOR C
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	CONDICIONADOR B	ELE	PM_PROGM	15- INSPEÇÃO CONDICIONADOR B
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	CONDICIONADOR A	ELE	PM_PROGM	15- INSPEÇÃO CONDICIONADOR A
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	CONDICIONADOR D	ELE	PM_PROGM	15- INSPEÇÃO CONDICIONADOR D
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA BY PASS DA PAINELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE BY-PASS 07 A 12
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA BY PASS DA PAINELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE BY-PASS 01 A 06
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA BY PASS DA PAINELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE BY-PASS 07 A 12
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA BY PASS DA PAINELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE BY-PASS 01 A 06
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VALVULA DE INSULFLAMENTO DA PAINELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE INSUFLAM PAN 07A 12
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	VALVULA DE INSULFLAMENTO DA PAINELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE INSUFLAM PAN 07A 12
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VALVULA DE INSULFLAMENTO DA PAINELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE INSUFLAM PAN 01A 06
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	VALVULA DE INSULFLAMENTO DA PAINELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE INSUFLAM PAN 01A 06
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA DE SUCCÃO DA PAINELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE SUCCÃO AR PAN 07A 12
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA DE SUCCÃO DA PAINELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE SUCCÃO AR PAN 01A 06
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA DE SUCCÃO DA PAINELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE SUCCÃO AR PAN 07A 12
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA DE SUCCÃO DA PAINELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE SUCCÃO AR PAN 01A 06
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	SILO PAINELA 12	MEC	PM_PROGM	12S-INSP MEC SILO PAINELA 12
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	SILO PAINELA 11	MEC	PM_PROGM	12S-INSP MEC SILO PAINELA 11
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	SILO PAINELA 10	MEC	PM_PROGM	12S-INSP MEC SILO PAINELA 10
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	SILO PAINELA 09	MEC	PM_PROGM	12S-INSP MEC SILO PAINELA 09
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	SILO PAINELA 08	MEC	PM_PROGM	12S-INSP MEC SILO PAINELA 08
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	SILO PAINELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP MEC SILO PAINELA 07
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	SILO PAINELA 06	MEC	PM_PROGM	12S-INSP MEC SILO PAINELA 06
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	SILO PAINELA 05	MEC	PM_PROGM	12S-INSP MEC SILO PAINELA 05
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	SILO PAINELA 04	MEC	PM_PROGM	12S-INSP MEC SILO PAINELA 04

Fonte: a autora (2023).

Tabela 4 - Planos de lubrificação criados.

Denominação do	loc.Instalação	Equipam.	Denominação do objeto técnico	TAM	Centro trab.respons.	Descrição item de manutenção
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	MOTOREDUTOR DA PAINELA 01	MEC	PM_PROGM	26S-LUBRIFICAÇÃO DAS VALVULAS 1-12
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	ESTEIRA TRANSPORTADORA 14	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação dos mancais transp. sai
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	ESTEIRA TRANSPORTADORA 06	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação dos mancais transp. sai
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	ELEVADOR DE CANECA GOUCH ECO	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação cremalheiras 7-12 GOUCH
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	ELEVADOR DE CANECA GOUCH ECO	MEC	PM_PROGM	12S- Lubrificação cremalheiras 1-6 GOUCH
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	ELEVADOR DE CANECA GOUCH ECO	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação transmissão GOUCH ECON
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	ELEVADOR DE CANECA GOUCH ECO	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação mancais elevador GOUCH
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	MOTOREDUTOR DA PAINELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-LUBRIFICAÇÃO DO MANCAL PAINELAS 7-12
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	MOTOREDUTOR DA PAINELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-LUBRIFICAÇÃO DOS MANCAIS PAINELAS 1-6
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA ROTATIVA - COND.D	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação corrente transm. valvul
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA ROTATIVA - COND.C	ELE	PM_PROGM	12S-Lubrificação corrente transm. valvul
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	MOTOREDUTOR DA PAINELA 01	MEC	PM_PROGM	26S-LUBRIFICAÇÃO DAS VALVULAS 1-12
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	MOTOREDUTOR DA PAINELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-LUBRIFICAÇÃO DO MANCAL PAINELAS 7-12
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	MOTOREDUTOR DA PAINELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-LUBRIFICAÇÃO DOS MANCAIS PAINELAS 1-6
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	ESTEIRA TRANSPORTADORA 14	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação dos mancais transp. sai
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	ESTEIRA TRANSPORTADORA 06	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação dos mancais transp. sa
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	ELEVADOR DE CANECA GOUCH ECO	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação transmissão GOUCH ECON
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	ELEVADOR DE CANECA GOUCH ECO	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação mancais elevador GOUCH
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA ROTATIVA - COND.B	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação corrente transm. valvul
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	VÁLVULA ROTATIVA - COND.A	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação corrente transm. valvul
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	ELEVADOR DE CANECA GOUCH ECO	MEC	PM_PROGM	12S-Lubrificação cremalheiras 7-12 GOUCH
FINAL COAT 01	BR04-M	BR04-M	ELEVADOR DE CANECA GOUCH ECO	MEC	PM_PROGM	12S- Lubrificação cremalheiras 1-6 GOUCH
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VENTILADOR INSULFLAMENTO - COND.D	MEC	PM_PROGM	4S- LUB VENTILADOR INSULFLAMENTO-COND. D
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VENTILADOR CIRCULADOR - COND.D	MEC	PM_PROGM	4S- LUB. VENTILADOR CIRCULADOR - COND. D
FINAL COAT 02	BR04-M	BR04-M	VENTILADOR INSULFLAMENTO - COND.C	MEC	PM_PROGM	4S- LUB VENTILADOR INSULFLAMENTO-COND. C

Fonte: a autora (2023).

#### 4.2.2 Resolução das contramedidas das análises de quebras

Nesta seção serão apresentadas as resoluções para cada contramedida da tabela 2.

### 4.2.2.1 Contramedidas do componente válvula

Durante o projeto foi criado um sistema de monitoramento para o vazamento das válvulas e um cronograma de envio para reparo. Este monitoramento era feito manualmente através de observações na área apontando em uma planilha de controle. A tabela 5 apresenta a planilha de monitoramento para o vazamento das válvulas, de onde era possível verificar quando deveriam ser reparadas.

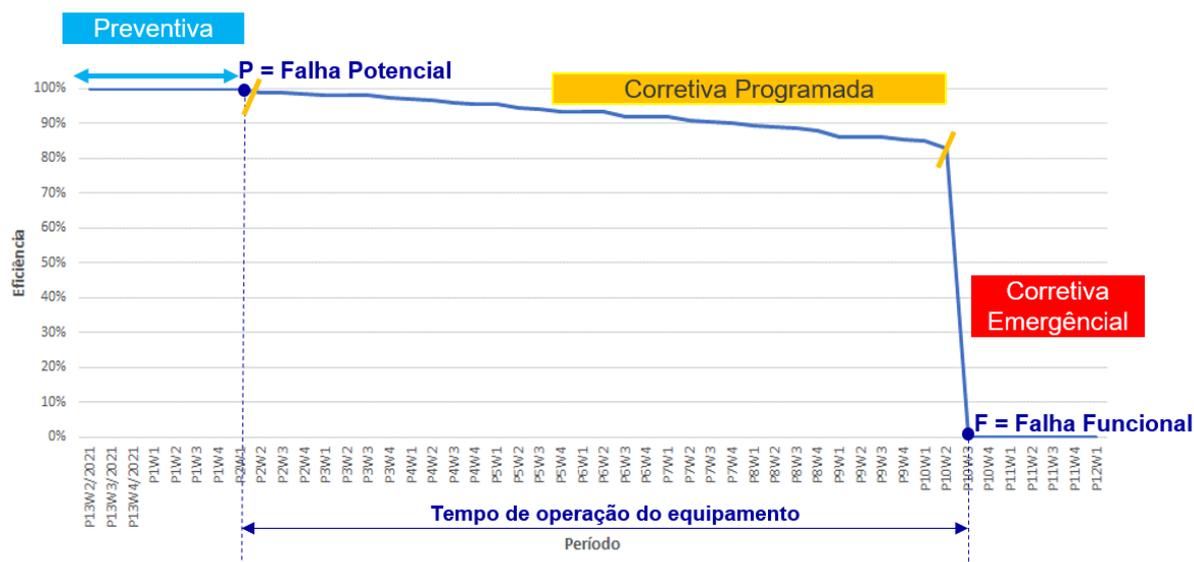
Tabela 5 - Monitoramento de vazamento das válvulas.

		PLANILHA DE CONTROLE DE VAZAMENTOS DAS VÁLVULAS DOS MODULOS																									
		<span style="color: green;">■</span> Troca da válvula <span style="color: red;">■</span> Vazamento crítico <span style="color: yellow;">■</span> Vazamento pequeno <span style="color: blue;">■</span> Sem vazamento																									
Material prima		P6W1	P6W2	P6W3	P6W4	P7W1	P7W2	P7W3	P7W4	P8W1	P8W2	P8W3	P8W4	P9W1	P9W2	P9W3	P9W4	P10W1	P10W2	P10W3	P10W4	P11W1	P11W2	P11W3	P11W4	P12W1	P12W2
Água		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Xarope		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Titanio		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dreno		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fonte: a autora (2023).

A figura 17 apresenta uma curva PF para a válvula, onde podemos ver qual tipo de manutenção é aplicado em cada etapa de vazamento.

Figura 17 - Curva PF para a válvula.



Fonte: a autora (2023).

Conforme a planilha de controle de vazamentos das válvulas e a curva PF podemos ver que a manutenção preventiva da válvula é feita enquanto a mesma está funcionando corretamente e sem vazar. A corretiva programada ocorre quando possui um vazamento pequeno e a corretiva emergencial quando o vazamento se torna crítico e é necessário fazer o conserto.

O time de Engenharia da fábrica determinou a substituição das válvulas por outro tipo já adotado em outras plantas da empresa.

O novo modelo consiste em uma válvula de pistão de 3 vias com atuador pneumático e vedação de víton. A diferença para a válvula esfera antiga é que esta não apresenta o movimento de rotação e atrito que resultavam no desgaste da sede. A figura 18 mostra a nova válvula.

Figura 18 - Válvula pistão 3 vias.



Fonte: a autora (2023).

A prioridade de troca das válvulas antigas pelas novas foi dada com a análise da planilha de controle de vazamentos apresentada na tabela 5.

Todos os planos de inspeção mecânica das válvulas de dreno, água, recirculação, titânio e xarope foram revisados, sendo incluídas duas etapas referentes a verificação de vazamento e o preenchimento da planilha de controle de vazamentos dos módulos. A tabela 6 e figura 19 apresentam os planos revisados e seu descritivo, respectivamente.

Tabela 6 - Planos de inspeção mecânica das válvulas.

Denominação do loc.instalação	Equipam.	Denominação do objeto técnico	TAM	Centro trab.respons.	Descrição item de manutenção
FINAL COAT 02	BR04-MP	VALVULA DE INSULFLAMENTO DA PANELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE INSUFLAM PAN 07A 12
FINAL COAT 01	BR04-MP	VALVULA DE INSULFLAMENTO DA PANELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE INSUFLAM PAN 07A 12
FINAL COAT 02	BR04-MP	VALVULA DE INSULFLAMENTO DA PANELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE INSUFLAM PAN 01A 06
FINAL COAT 01	BR04-MP	VALVULA DE INSULFLAMENTO DA PANELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE INSUFLAM PAN 01A 06
FINAL COAT 02	BR04-MP	VÁLVULA DE SUCCÃO DA PANELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE SUCCÃO AR PAN 07A 12
FINAL COAT 02	BR04-MP	VÁLVULA DE SUCCÃO DA PANELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE SUCCÃO AR PAN 01A 06
FINAL COAT 01	BR04-MP	VÁLVULA DE SUCCÃO DA PANELA 07	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE SUCCÃO AR PAN 07A 12
FINAL COAT 01	BR04-MP	VÁLVULA DE SUCCÃO DA PANELA 01	MEC	PM_PROGM	12S-INSP VALVULA DE SUCCÃO AR PAN 01A 06
FINAL COAT 02	BR04-MP	VÁLVULA DE DRENO	MEC	PM_PROGM	4S- INSP MEC VALVULA DE DRENO TQ7 A TQ12
FINAL COAT 01	BR04-MP	VÁLVULA DE DRENO	MEC	PM_PROGM	4S- INSP MEC VALVULA DE DRENO TQ7 A TQ12
FINAL COAT 02	BR04-MP	VÁLVULA DE DRENO	MEC	PM_PROGM	4S- INSP MEC VALVULA DE DRENO TQ1 A TQ6
FINAL COAT 01	BR04-MP	VÁLVULA DE DRENO	MEC	PM_PROGM	4S- INSP MEC VALVULA DE DRENO TQ1 A TQ6
FINAL COAT 02	BR04-MP	VÁLVULA 3 VIAS (XAROPE)	MEC	PM_PROGM	4S- INSP. MEC VALVULA DE XAROPE P7 A P12
FINAL COAT 01	BR04-MP	VÁLVULA 3 VIAS (XAROPE)	MEC	PM_PROGM	4S- INSP. MEC VALVULA DE XAROPE P7 A P12
FINAL COAT 02	BR04-MP	VÁLVULA 3 VIAS (XAROPE)	MEC	PM_PROGM	4S- INSP MEC VALVULA DE XAROPE P1 A P6
FINAL COAT 01	BR04-MP	VÁLVULA 3 VIAS (XAROPE)	MEC	PM_PROGM	4S- INSP MEC VALVULA DE XAROPE P1 A P6
FINAL COAT 02	BR04-MP	VÁLVULA 3 VIAS (TITÂNIO)	MEC	PM_PROGM	4S- INSP. MEC VALVULA DE TITANIO P7A P12
FINAL COAT 02	BR04-MP	VÁLVULA 3 VIAS (TITÂNIO)	MEC	PM_PROGM	4S- INSP MEC VALVULA DE TITANIO P1 A P6
FINAL COAT 01	BR04-MP	VÁLVULA 3 VIAS (AGUA)	MEC	PM_PROGM	4S- INSP. MEC VALVULA DE TITANIO P7A P12
FINAL COAT 01	BR04-MP	VÁLVULA 3 VIAS (TITÂNIO)	MEC	PM_PROGM	4S- INSP MEC VALVULA DE TITANIO P1 A P6
FINAL COAT 02	BR04-MP	VÁLVULA 3 VIAS (AGUA)	MEC	PM_PROGM	4S- INSP. MEC NA VALVULA DE ÁGUA P7A P12
FINAL COAT 01	BR04-MP	VÁLVULA 3 VIAS (AGUA)	MEC	PM_PROGM	4S- INSPEÇÃO MECÂNICA NA VALVULA DE ÁGUA

Fonte: a autora (2023).

Figura 19 - Descritivo do plano de inspeção válvulas.

> ROTA/INSPEÇÃO/LUBRIFICAÇÃO/SUBSTITUIÇÃO/REVISÃO/PREDITIVA:

- 1 - Executar inspeção em dia de CIP;
- 2 - Abrir as válvulas manuais de alimentação e retorno de água;
- 3 - Checar se a valvula de automática de água esta direcionada para recirculação;
- 4 - Checar a incidência de vazamento pelo reservatório ( parâmetro - vazamento continuo ou intermitente )
- 5 - Sinalizar por nota de pendência e incluir na planilha de controle de vazamentos do modulo
- 6 - Checar condições pneumáticas ( Mangueiras, encaixes, conexão e respiro )
- 7 - Checar condições das conexões tri clamp quando a alinhamento e vazamentos.
- 8 - Checar vazamentos entre haste e atuador, caso encontrar abrir nota de pendência.

Fonte: a autora (2023).

#### 4.2.2.2 Condições do componente rede de comunicação

Para a queda da rede de comunicação foram encontrados duas causas raiz: 1) cabos de rede danificados e 2) falta da limpeza interna dos inversores. De imediato foram determinadas duas ordens de serviço, conforme as figuras 20 e 21. As ordens consistiram de substituição dos cabos velhos por novos e da limpeza dos painéis de comando.

Figura 20 - Ordem de serviço para troca dos cabos de rede ressecados.

Ordem	5212134	TROCA DOS DANIFICADO
Operação	0010	TROCA DOS CABOS DANIFICADO
Status sistema	CONF ENTE IMPR	
<b>Dados de confirmação</b>		
Confirmação	2255250 / 2	I40
Centro trabalho	PM_E05 BR04	
Nº pessoal	0	
Trabalho real	240 MIN	Data lçto. 06.09.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Conf.final	<input checked="" type="checkbox"/> S/trab.restante	Critério p/calc
<input type="checkbox"/> Dar baixa res.	Trab.restante 0 MIN	
Início trabalho	06.12.2022 00:00:00	Duraç.real conf 240 MIN
Fim do trabalho	06.12.2022 00:00:00	Fim previsão 24:00:00
Causa desvio		
Txt.confirmação	TROCA DOS CABOS	<input checked="" type="checkbox"/> Existe txt.descr.
<b>Dados de confirmação - total</b>		
Trab.real acum.	250 MIN	Duraç.real 0 MIN
Trabalho prev.	250 MIN	Duração roteiro 240,0 MIN
Início real	26.12.2022 00:00:00	Fim real 06.12.2022 00:00:00

Fonte: a autora (2023).

Figura 21 - Limpeza dos painéis elétricos.

Ordem	5274205	PAINEL ELÉTRICO COMANDO E POTÊNCIA SUJOS
Operação	0010	PAINEL ELÉTRICO COMANDO E POTÊNCIA SUJOS
Status sistema	CONF ENTE IMPR	
<b>Dados de confirmação</b>		
Confirmação	2368761 / 1	I40
Centro trabalho	PM_E15 BR04	
Nº pessoal	0	
Trabalho real	120 MIN	Data lçto. 06.12.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Conf.final	<input checked="" type="checkbox"/> S/trab.restante	Critério p/calc
<input type="checkbox"/> Dar baixa res.	Trab.restante 0 MIN	
Início trabalho	06.12.2022 00:00:00	Duraç.real conf 120 MIN
Fim do trabalho	06.12.2022 00:00:00	Fim previsão 24:00:00
Causa desvio		
Txt.confirmação	FEITO LIMPEZA SUPERFICIAL NO PAINEL DE P	<input checked="" type="checkbox"/> Existe txt.descr.
<b>Dados de confirmação - total</b>		
Trab.real acum.	120 MIN	Duraç.real 0 MIN
Trabalho prev.	120 MIN	Duração roteiro 120,0 MIN
Início real	26.12.2023 00:00:00	Fim real 06.12.2022 00:00:00

Fonte: a autora (2023).

Para que não houvessem recorrências destes problemas e, conforme as contramedidas para a rede de comunicação, foi criado um plano de inspeção elétrica para o painel elétrico de comando e controle de cada panela do Módulo 1 e 2. Este plano abrange a verificação da rede em anel, limpeza dos inversores, vedação e limpeza do painel. A figura 22 apresenta o novo plano.

Figura 22 - Plano de inspeção para o painel elétrico.

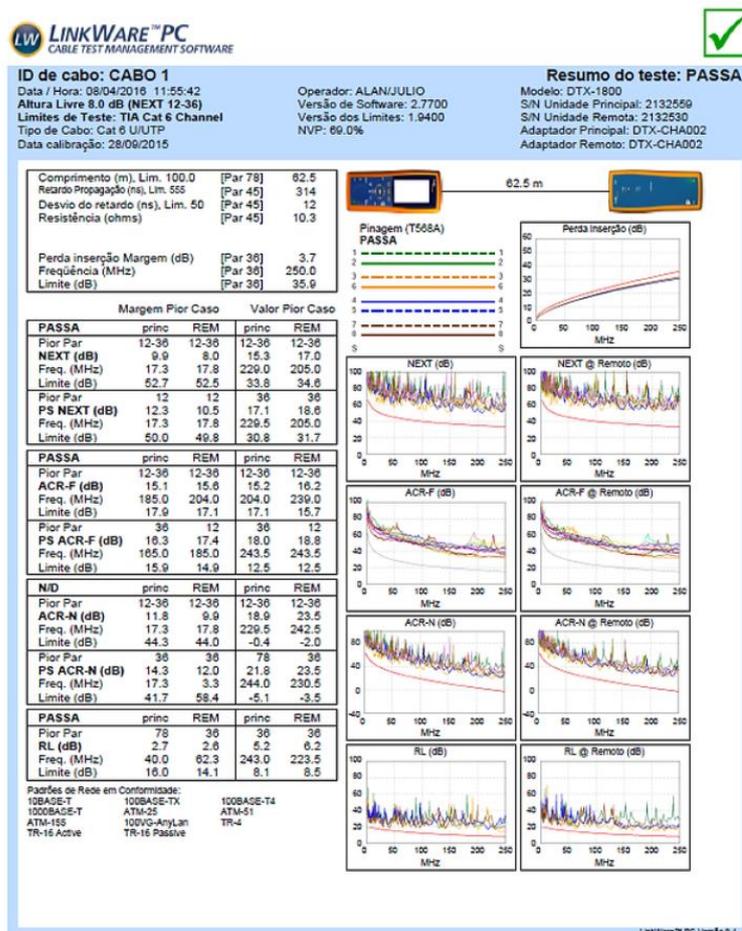
```
> DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE :
- Verificar e realizar reapertos de bornes, se necessário, aplicar limpa contato.
- Verificar limpeza e organização de cabos;
- Verificar se os cabos se encontram em bom estado de conservação, caso não estejam abrir nota de pendência.
- Inspeccionar se existe identificação elétrica nos disjuntores , cabos , relés , inversores , fontes e demais equipamentos do painel.
- Executar uma limpeza com ar comprimido nos componentes internos do inversor de frequência.
  - Placa de comunicação
  - Placa de monitoramento
  - Placa de potência
  - Cooler do GBT de potência
- Verificar se todos os equipamentos com display, estão com indicação correta ou alguma mensagem de segurança.
- Verificar se algum cabo de rede ou comunicação ethernet estão com mau contato , trava quebrada ou desconectados.
- Verificar a vedação de borracha em volta da porta do painel garantindo integridade para evitar ingresso de pó.
- Verificar funcionamento correto da IHM.
- Verificar funcionamento do interruptor de luz do painel.
- Verificar se a documentação elétrica do painel encontra-se correta e em bom estado de conservação.
- Verificar os cabos terras do painel quanto a fixação, encaminhamento e integridade.
- Verificar fechaduras internas do painel quanto a seu funcionamento correto.
- Verificar fechaduras externas do painel quanto a seu funcionamento correto
- Verificar limpeza externa do painel e identificações de segurança.
- Verificar e realizar reapertos de bornes, se necessário, aplicar limpa contato.
- Verificar limpeza e organização de cabos;
- Verificar filtros e cooler's do painel quanto a sujeira e funcionamento.
```

Fonte: a autora (2023).

Além disso, foi realizada a certificação dos cabos de rede para garantir que o tráfego de dados estava funcionando corretamente e, para isso, foi contratada uma empresa externa e obtido um relatório.

A certificação consiste em verificar a qualidade do material do cabeamento e a compatibilidade com as aplicações de rede para as quais serão utilizados. É feita a partir de equipamentos específicos, como testador, qualificador ou certificador de cabos (Curti, 2022). A figura 23 apresenta um modelo do relatório de certificação de cabeamentos.

Figura 23 - Modelo relatório de certificação de cabeamento.



Fonte: Certifica Cabos.

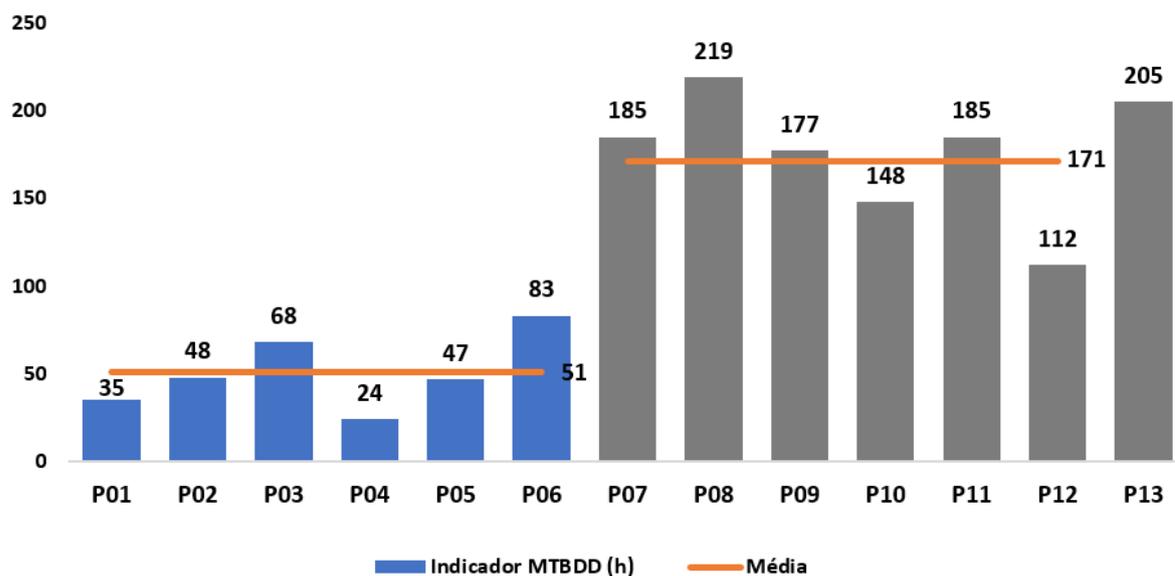
#### 4.2.3 Análise dos indicadores de quebras na linha produtiva e de manutenção

Nesta seção serão apresentados os indicadores que foram acompanhados durante o projeto.

##### 4.2.3.1 Indicadores de manutenção

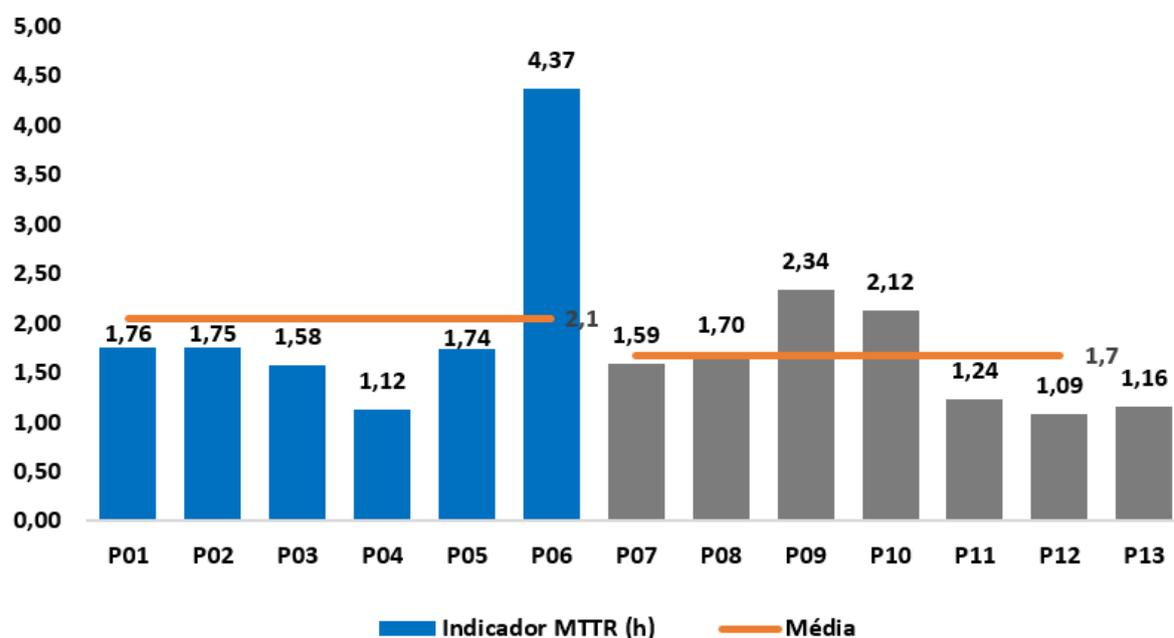
Os gráficos das figuras 24 e 25 apresentam os indicadores de MTBBD e MTTR para os Módulos 1 e 2 dos períodos P01 à P13, sendo P01 à P06 antes do início do projeto, P07 à P12 durante e P13 após.

Figura 24 - MTBBD dos períodos P01 à P13.



Fonte: a autora (2023).

Figura 25 - MTTR dos períodos P01 à P13.

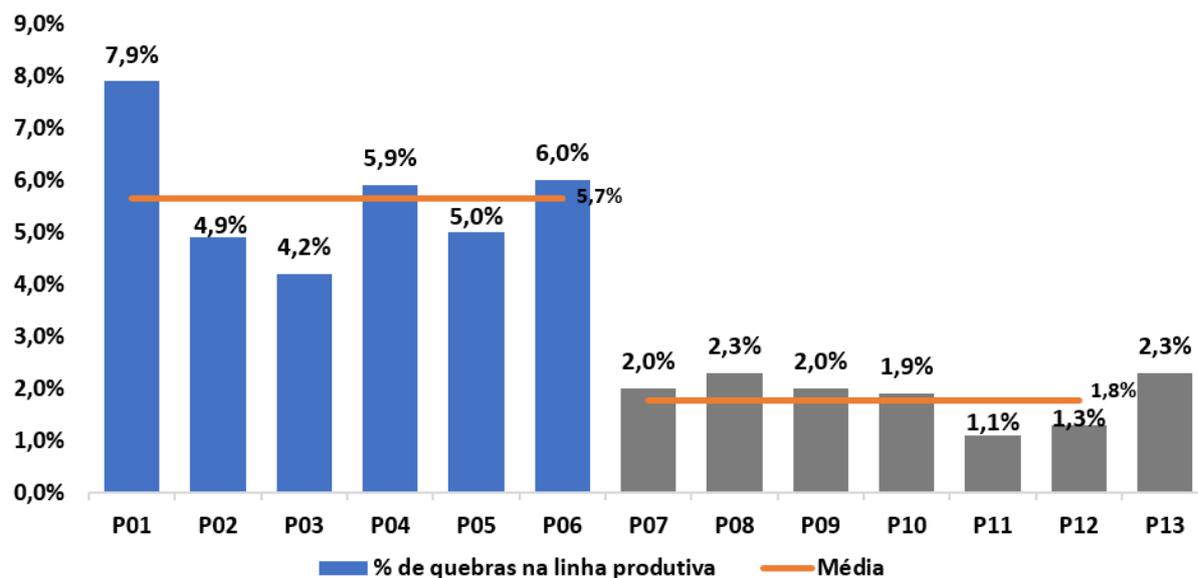


Fonte: a autora (2023).

### 4.2.3.2 Indicador de quebras da linha produtiva

O gráfico da figura 26 apresenta o percentual de quebras na eficiência da linha de P01 à P13, sendo P01 à P06 antes do início do projeto, P07 à P12 durante e P13 após.

Figura 26 – Percentual de impacto de quebras na eficiência da linha de P01 à P13.



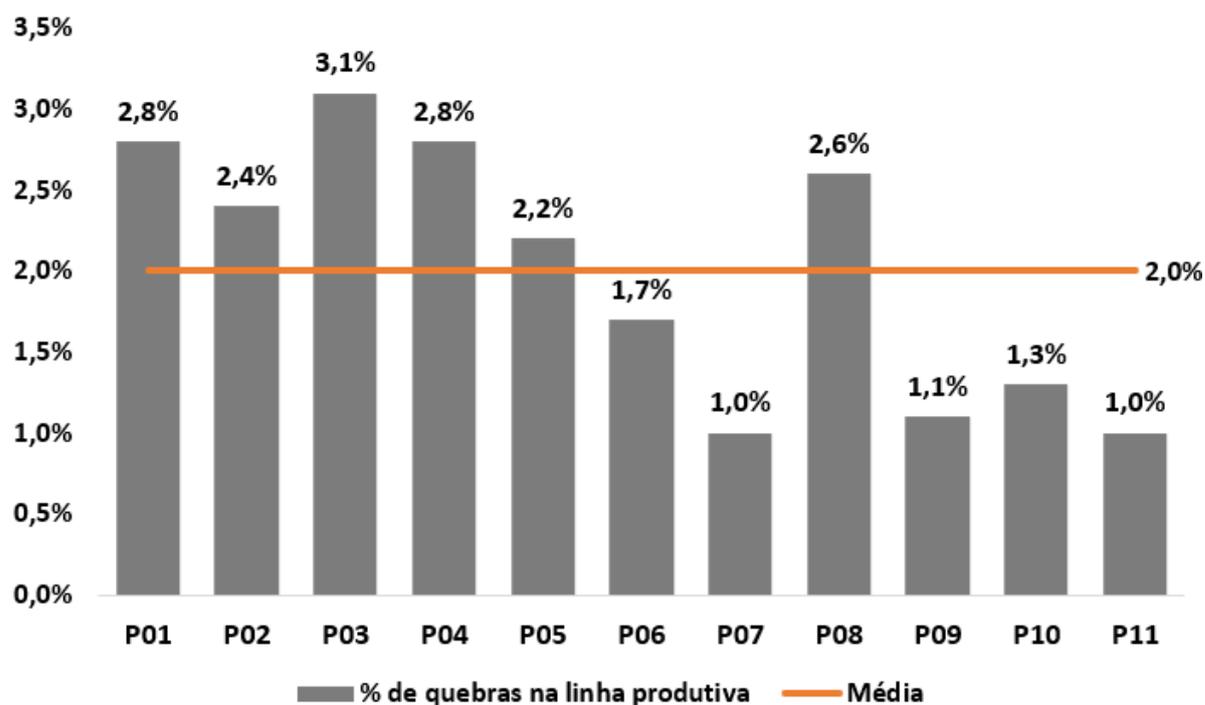
Fonte: a autora (2023).

### 4.2.4 Acompanhamento dos resultados em 2023

Conforme mencionado anteriormente, os resultados do projeto seguiram sendo acompanhados no ano de 2023 para garantir a meta de 4,8% de paradas de linha por quebras para os anos de 2023 e 2024.

O gráfico da figura 27 apresenta o indicador de quebras da linha produtiva para os períodos de P01 à P11 de 2023.

Figura 27 – Percentual de impacto de quebras na eficiência da linha de P01 à P11 de 2023.



Fonte: a autora (2023).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Conclusões

Neste trabalho foram realizadas ações para reduzir o impacto de paradas não planejadas referentes a quebras em uma linha produtiva de uma indústria alimentícia. Para isso, foram realizadas análises das quebras mais recorrentes, acompanhados indicadores chave para garantir que as quebras estavam de fato diminuindo e foi feita uma revisão dos planos de manutenção da área onde o projeto foi aplicado. Com base nos resultados obtidos podem ser feitas as seguintes conclusões:

1. As contramedidas apresentadas nas análises de quebras foram eficazes para atingir o objetivo principal do projeto de manter o percentual de quebras abaixo da meta de 4,8% e, assim, garantir maior eficiência da linha de produção. A média após o projeto iniciar foi de 1,8% (P07 à P12), finalizando o mesmo em P12 com 1,3% de impacto.

2. Diante da análise dos indicadores de manutenção foi possível concluir que o MTBBD apresentou um aumento de 70% quando comparado antes (P01 à P06)

e após o início do projeto (P07 à P12), fechando o ano de 2022 em P13 com 205h de intervalo entre as quebras.

3. Para o MTTR houve uma redução de 18% quando comparado antes e após o início do projeto, encerrando P13 de 2022 com 1,09h de tempo médio de reparo.

4. Através do acompanhamento dos resultados do projeto até P11 de 2023 pode-se ver que todos os resultados se mantiveram abaixo da meta de 4,8%, com uma média para o ano de 2% de impacto de quebras na eficiência da linha produtiva.

5. Para o sistema de manutenção planejada através dos planos de inspeção criados e atualizados não houve mais recorrências dos problemas apresentados nas análises das quebras.

6. Após a substituição da válvula por uma com a especificação correta para o processo não houve mais vazamentos.

## **5.2 Sugestões de trabalhos futuros**

Com base nos resultados apresentados sugere-se uma continuidade no trabalho para analisar os seguintes pontos:

1. Os planos de manutenção das novas válvulas;
2. Verificar o melhor modelo para o dimensionamento de peças de reposição para as válvulas;
3. Realizar e incluir nas rotinas de manutenção testes de confiabilidade em inspeção de válvulas para verificação de vazamentos, como, por exemplo, teste de estanqueidade.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, Junico *et al.* **Sistemas de produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta.** Rio Grando do Sul: Bookman, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade: terminologia.** Rio de Janeiro, 1994.

CARNEIRO, Vladinice Clemente de Azevedo. **Manutenção Planejada: um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em uma fábrica de garrafas plásticas.** 2019. 112p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Pernambuco – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Recife, 2019.

Certificação de redes metálicas. Certifica Cabos. Disponível em: <<https://www.certificacabos.com.br/certificacao-redes-metalicas>>. Acesso em: 25 de nov. de 2023.

CURTI, LUIZ. **Cabeamento estruturado de redes.** Nasa Tecnologia, 2022. Disponível em: <<https://nasatecnologia.com.br/certificacao-de-rede-para-cabeamento-estruturado/>>. Acesso em: 25 de nov. de 2023.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo.** Rio Grando do Sul: Bookman, 2008.

DIÓGENES, José Abner Nogueira. **Análise e implementação de um plano de manutenção na indústria alimentícia.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Ceará, 2019. 71p.

ESTRELLA, Carlos. **Brainstorming:** Entenda o que é a tempestade de ideais. <<https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-brainstorming>>. Acesso em 21 de dezembro de 2023.

GAINO, Daniel Zanetti. **Redução de perdas de O.E.E e número de quebras em máquinas através de planejamento em engenharia de manutenção.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de São Paulo, 2007. 55p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LUSTOSA, Leonardo *et al.* **Planejamento e controle da produção.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

NAPOLEÃO, Bianca Minetto. **5 porquês.** <<https://ferramentasdaqualidade.org/5-porques/#:~:text=O%205%20Porqu%C3%AAs%20%C3%A9%20uma,ou%20seja%2C%20a%20causa%20raiz>>. Acesso em 14 de julho de 2023.

NETTO, Wady Abrahão Cury. **A importância e a aplicabilidade da manutenção produtiva total (TPM) nas indústrias.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

SHINGO, Shigeo. **O sistema toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção.** Rio Grande do Sul: Bookman, 1996.

SUZUKI, Tokutaro. **TPM in process industries.** New York: Productivity Press, 1994.

XENOS, Harilaus Gergious. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** Minas Gerais: EDG, 1998.

## ANEXOS

## Formulário de análise de quebras páginas 1 e 2

Cartão de Análise de Quebra (BDA)									
Esta seção deve ser preenchida pela pessoa (s) que observou / reparou a falha (dentro do turno de ocorrência) (Página 1)									
Líder da BDA		Dono da área ou AMT (Téc. Manutenção da área):		Data da quebra:		Equipe:		Nº Formulário:	
Linha / Área:		Tempo de Parada:		Tempo de Reparo:					
Nome do Equipamento:		Início:		Fim:		Início:		Fim:	
TAG do Equipamento:		Classificação da Quebra:		Menor		Recorrente		Maior	
Componente / Peça:		Criticidade Equipamento:		A		B		C	
Você indentificou e separou/guardou o componente com falha?		( ) Sim ( ) Não		Número da Ordem de Serviço:					
A quebra foi detectada usando o OIL? (Plano Limpeza/Inspeção/Lubrificação)		( ) Sim ( ) Não		Itens verificados: Incluir as etapas de solução do problema (troubleshooting)					
Como foi reparado ou consertado?									
Imagens ou esboço do equipamento com falha, ambiente, local, etc.									
Concentre-se no Problema (5W-2H) - Caracterização do fenômeno									
1 - Quem percebeu o problema?				2 - Que processo, produto e material está o problema?					
3 - O que você vê?				4 - Como o problema acontece?					
6 - Onde exatamente está o problema?				7 - Quando o problema aconteceu?					
Descrição do Problema: (1+2+3+4+5+6+7)									
Defina os códigos de atividade, dano e causa (esta seção deve ser preenchida com o recurso da equipe PM)									
Dados para o gráfico de quebras (marque todas as opções aplicáveis)									
CÓDIGO DE FALHAS (O que você viu?)					CÓDIGO DE ATIVIDADES (O que você fez?)				
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Elétrica:</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Mecânica:</b>		AC01 Ajuste		AC17 Restauração/Reconstrução	
	EL01 Curto Circuito (falha à terra)			ME01 Atrito / Abrasão		AC02 Alinhamento		AC18 Rotacionado	
	EL02 Sobrecarga			ME02 Curvado / Empenado		AC03 Balanceamento		AC19 Troca de peça	
	EL03 Sobretensão de alimentação			ME03 Deformado		AC04 Desinstalação / Remoção		AC20 Reconfiguração	
	EL04 Baixa Tensão			ME04 Corroído		AC05 Aplicado cola /		AC21 Colocado terminal	
	EL05 Danos por umidade			ME05 Rachado		AC06 Calibração		AC22 Realizado aperto/ reaperto	
	EL06 Danos por temperatura excessiva (calor, fogo)			ME06 Delaminado		AC07 Limpeza		AC23 Desbloqueio	
	EL07 Conexões quebradas/ soltas			ME07 Descascando		AC08 Configuração		AC24 Fixação	
	EL08 Oxidação / corrosão			ME08 Vibração excessiva		AC09 Drenagem / Enchimento			
	EL09 Perda / Problemas de comunicações			ME09 Desgastado		AC10 Flush			
	EL10 Falha / Software com em falha			ME10 Resfriamento em excesso		AC11 Resfriamento forçado			
	EL11 Configuração / Calibração			ME11 Quente em excesso		AC12 Instalação			
	EL12 Interferência / Harmônica			ME12 Vazamento		AC13 Lubrificação			
	EL13 Avariado			ME13 Solto / Deslizando		AC14 Reparo			
				ME14 Sobrecarregado / Travado		AC15 Substituição			
				ME15 Marcado		AC16 Reset/Restart			
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Mecânica:</b>			ME16 Perfurado					
				ME17 Raspado					
				ME18 Com ruptura					
				ME19 Quebrado					
				ME20 Cisalhado					
				ME21 Usado					
				ME22 Desalinhado					
CÓDIGO DE CAUSA (Por que isso aconteceu?)					Código de Atividades	Componente		Código de Causa	
CC01 Condições básicas		CC05 Condições de instalação							
CC02 Condições de manutenção		CC06 Condições de fabricação							
CC03 Condições ambientais		CC07 Condições de especificação							
CC04 Condições operacionais		CC08 Condições de design							
Esta quebra atende aos critérios para análise aprofundada (Quebra maior / Recorrência)?									
Sim		Não		(Se sim, preencher página 2 no verso)		Reponsável:		Data:	



## Análise de quebra do componente válvula

Cartão de Análise de Quebra (BDA)											
Esta seção deve ser preenchida por pessoa (s) que estão fazendo uma análise mais profunda e detalhada.											(Página 2)
Nome(s): Sandro, Rodrigo, Gustavo, Douglas, Julio, Marcelo, Aniseh e David							BDA N° :		2313		
<b>Análise dos 5 Porquês</b>											
1. Comece perguntando "PORQUÊ" para a principal causa possível.						3. Identifique cada causa raiz verificada com 1, 2, 3..... para ser usar na Lista de Ações					
2. Verifique a possível causa raiz no Gemba (chão de fábrica) para verificar e escreva "SIM" se a resposta foi confirmada ou "NÃO" se não foi.											
<b>Encontre e verifique as causas principais (aprofunde-se para encontrar a causa raiz)</b>											
Descrição do Problema / Código da Causa	Sim ou Não	POR QUÊ?	Sim ou Não	POR QUÊ?	Sim ou Não	POR QUÊ?	Sim ou Não	POR QUÊ?	Sim ou Não	POR QUÊ?	Sim ou Não
Desgaste sede	S	Material da válvula (sede) com baixo resistência em relação ao processo (xarope)	S	Material não foi considerado nível abrasividade do xarope	S	Não Houve um estudo de resistência do material Vs materia Prima	S	Gaps no projeto Giant A	S	Fase de design de projeto não contempla a análise de produto.	S
Falta um procedimento de engenharia	N										
Desgaste sede	S	A válvula não foi dimensionada para transporte de xarope	S	Atrito da esfera com a sede	S	Material construtivo da sede não suporta abarasividade	S	Material da sede com baixa dureza	S	Erro no dimensionamento da válvula	N
<b>Ações</b>											
Causa raiz	Ações						Quem	Quando	Status	Nota/ OSSAP	
2	Substituir válvula por um modelo ideal para o processo com a Engenharia						Luciano	30/01/2023	Ok		
2	Começar substituição pelas válvulas mais críticas						David	30/01/2022	Ok		
1	Implementar um sistema de monitoramento de vazamento das válvulas						David	01/07/2022	ok		
1	Atualizar os planos de inspeção mecânica das válvulas para abranger a verificação de vazamentos						David	15/07/2022	ok		
* Anote o número correspondente à causa raiz, conforme identificado nos 5 porquês (etapa anterior)											
<b>Padronizando o Sistema</b>											
Pontos de Verificação	Sim Não N/A	Qual é a Ação? Anote a ação para restaurar o padrão				Quem	Quando	Status	Nota/ OSSAP		
As peças necessárias foram estocadas no almoxarifado?	N/A										
Peças sobressalentes: são necessárias alterações no tipo, quantidade ou exclusão?	N/A										
A quebra deveria ter sido detectada através dos planos *CIL/ *PM ?	N/A										
São necessárias mudanças nos CILs ou PMs?	SIM	Criar plano preventivo para monitoramento de Válvulas				Douglas/ David	30/11/2022	ok			
Os procedimentos de manutenção ou operação são: novos ou há necessidade de mudanças?	SIM	Criar PM preventiva/ Substituição				Douglas/ David	30/11/2022	ok			
As condições de operação / Centers Lines padrão devem ser atualizadas / modificadas?	NÃO										
Existem outros equipamentos que requer inspeção para ver se há falha semelhante?	SIM	Fazer abrangência para todas as válvulas				Douglas/ David	30/01/2023	ok			
A ação corretiva pode ser replicada em outras áreas, outros locais?	SIM	Fazer abrangência para todas as válvulas				Douglas/ David	30/01/2023	ok			
O treinamento/ LUPs: novos ou mudanças são necessárias?	NÃO										
Existe alguma mudança recomendada nos padrões de engenharia?	SIM	Substituir as válvulas por válvulas com especificação correta para o processo e realizar Benchmarking com outras plantas				Luciano	15/11/2022	ok			
Existe alguma mudança recomendada no design do equipamento?	N/A										
As contramedidas de curto prazo foram removidas?	N/A										
O esforço da equipe foi reconhecido?	N/A										
O processo de gerenciamento de mudanças (TRM) foi seguido?	N/A										

\* CIL - (Plano de Inspeção, Limpeza e Lubrificação) || \* PM - (Plano de Manutenção)

## Análise de quebra do componente rede de comunicação

Cartão de Análise de Quebra (BDA)											
Esta seção deve ser preenchida por pessoa (s) que estão fazendo uma análise mais profunda e detalhada.											(Página 2)
Nome(s):		Rodrigo Cogo / Thiago / Aniseh									
Análise dos 5 Porquês											
1. Comece perguntando "POR QUÊ?" para a principal causa possível.						3. Identifique cada causa raiz verificada com 1, 2, 3..... para ser usar na Lista de Ações					
2. Verifique a possível causa raiz no Gemba (chão de fábrica) para verificar e escreva "SIM" se a resposta foi confirmada ou "NÃO" se não foi.											
Encontre e verifique as causas principais (aprofunde-se para encontrar a causa raiz)											
Descrição do Problema / Código da Causa	Sim ou Não	POR QUÊ?	Sim ou Não	POR QUÊ?	Sim ou Não	POR QUÊ?	Sim ou Não	POR QUÊ?	Sim ou Não	POR QUÊ?	Sim ou Não
QUEDA DE REDE	SIM	FALHA DE COMUNICAÇÃO ENTRE INVERSORES E PLC	SIM	COMUNICAÇÃO INTERROMPIDA	SIM	FALHA CONEXÃO ENTRE CORD E PLACA DE REDE DO INVERSOR	SIM	CABO DE REDE DANIFICADO	SIM	RESSECAMENTO POR VIDA UTIL	NÃO
								FALHA DE HARDWARE DO INVERSOR: placa de comunicação c defeito	SIM	LIMPEZA INTERNA DO INVERSOR (placa c defeito devido falta de limpeza)	NÃO
Desenvolver e validar soluções (selecionar, planejar e implementar soluções preventivas e sustentáveis)											
Causa Raiz *	Lista de Ações						Quem	Quando	Status	Nota/ OS SAP	
2	CRIAR PLANO PREVENTIVO LIMPEZA DOS INVERSORES						Cogo	10/12/2022	ok		
2	CRIAR PLANO PREVENTIVO DE VERIFICAÇÃO REDE EM ANEL						Cogo	10/12/2022	ok		
2	VERIFICAR VIABILIDADE CERTIFICAÇÃO DOS PONTOS						Cogo	15/01/2023	ok		
2	CRIAR PLANO PARA INSPEÇÃO DA VEDAÇÃO DO PAINEL ELÉTRICO						Cogo	10/12/2022	ok		
1	REALIZAR LIMPEZA EM TODOS OS PAINÉIS ELETRICOS						Cogo	10/10/2022	ok		
1	TROCA DOS CABOS DANIFICADOS (CORRETIVA ZMP3)						Cogo	10/10/2022	ok		
* Anote o número correspondente à causa raiz, conforme identificado nos 5 porquês (etapa anterior)											
Padronizando o Sistema											
Pontos de Verificação	Sim ou Não N/A	Qual é a Ação? Anote a ação para restaurar o padrão					Quem	Quando	Status	Nota/ OS SAP	
As peças necessárias foram estocadas no almoxarifado?	N/A										
Peças sobressalentes: são necessárias alterações no tipo, quantidade ou exclusão?	N/A										
A quebra deveria ter sido detectada através dos planos *CIL/ *PM ?	SIM	CRIAR PLANO PREVENTIVO DE VERIFICAÇÃO REDE EM ANEL					Cogo	10/12/2022	ok		
São necessárias mudanças nos CILs ou PMs?	SIM	CRIAR PLANO PREVENTIVO DE VERIFICAÇÃO REDE EM ANEL					Cogo	10/12/2022	ok		
Os procedimentos de manutenção ou operação são: novos ou há necessidade de mudanças?	SIM	PLANO DE INSPEÇÃO VEDAÇÃO PAINEL					Cogo	10/12/2022	ok		
As condições de operação / Centers Lines padrão devem ser atualizadas/ modificadas?	N/A										
Existem outros equipamentos que requer inspeção para ver se há falha semelhante?	SIM	FAZER ABRANGENCIA PARA TODOS OS MODULOS					Cogo	15/01/2023	ok		
A ação corretiva pode ser replicada em outras áreas, outros locais?	SIM	FAZER ABRANGENCIA PARA TODOS OS MODULOS					Cogo	15/01/2023	ok		
O treinamento/ LUPs: novos ou mudanças são necessárias?	N/A										
Existe alguma mudança recomendada nos padrões de engenharia?	NÃO										
Existe alguma mudança recomendada no design do equipamento?	NÃO										
As contramedidas de curto prazo foram removidas?	N/A										
O esforço da equipe foi reconhecido?	SIM										
O processo de gerenciamento de mudanças (TRM) foi seguido?	N/A										

\* CIL - (Plano de Inspeção, Limpeza e Lubrificação) || \* PM - (Plano de Manutenção)