



**CENTRO UNIVERSITÁRIO RITTER DOS REIS**  
**ÂNIMA EDUCAÇÃO**  
**PAULA BERTÉ**

**PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA UMA  
ENSACADEIRA DE UMA UNIDADE DE MISTURA DE FERTILIZANTES COM  
BASE NOS CONCEITOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA**

Porto Alegre – RS  
2023

**PAULA BERTÉ**

**PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA UMA  
ENSACADEIRA DE UMA UNIDADE DE MISTURA DE FERTILIZANTES COM  
BASE NOS CONCEITOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Uniritter, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Sérgio Bartex

Porto Alegre  
2023

**PAULA BERTÉ**

**PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA UMA  
ENSACADEIRA DE UMA UNIDADE DE MISTURA DE FERTILIZANTES COM  
BASE NOS CONCEITOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Ritter dos Reis.

Porto Alegre, RS, 12 de março de 2023.

Orientador Professor Dr. Sérgio Luiz Telles Bartex  
Centro Universitário Ritter dos Reis

Dedico deste trabalho inicialmente à minha família, e principalmente, à minha mãe, que foi meu apoio integral durante a jornada da minha formação acadêmica. Ao meu companheiro e namorado, que sempre me estendeu a mão e acreditou em mim. Por fim, aos meus colegas e professores que me auxiliaram na realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, meu namorado e amigos (as), por nunca me deixarem desistir ou desanimar ao longo desta trajetória tão importante para minha vida. Um agradecimento especial também aos professores que me orientaram e foram parte ativa para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O desenvolvimento da indústria, acarretou o aumento do consumo de produtos diversos, com isso, houve um crescimento da competitividade entre as indústrias. Para tanto, o setor de manutenção deixou de ser visto como um gerador de despesas e passou a ser uma estratégia para o sucesso da companhia. Desta forma, esse trabalho se propõe a elaborar e apresentar uma proposta de um plano de manutenção preventiva com base nos conceitos de preventiva e preditiva já existentes, para uma máquina do tipo Ensacadeira Automatizada, que está presente em uma unidade de mistura de fertilizantes. A proposta leva em consideração que este equipamento é um gargalo para a unidade. Foi realizado um estudo da performance dele durante o período de janeiro de 2020 a dezembro de 2022. Para isso, utilizou-se um software chamado Evocon, que registra a performance e as falhas de alguns equipamentos da planta, assim, gerou-se em um gráfico de Pareto. Após, foi aplicado o método “Os 5 porquês”, com o objetivo de encontrar a causa raiz das falhas. Os resultados mostraram que as principais falhas ocorreram devido à falta de uma rotina de inspeção, lubrificação, pequenas intervenções e limpeza do equipamento. Foi elaborado então, um plano de manutenção preventiva com base no tempo (meses), contemplando estes pontos, a substituição de componentes etc. Ele foi apresentado para a empresa em questão e aprovado por ela, com data prevista para iniciar o ciclo de preventivas em maio de 2023. Em função do prazo de entrega deste Trabalho, a autora não teve tempo para coletar e analisar os resultados após sua implementação. Porém, o setor de manutenção fará o monitoramento da eficácia do plano, com os dados que serão coletados a cada quadrimestre, através do Evocon. Verificando assim, se houve melhorias no desempenho do equipamento, bem como a redução das falhas após sua implementação.

Palavras-chave: Manutenção. Preventiva. Confiabilidade. Metodologia.

## ABSTRACT

The development of industry, led to increased consumption of many products, with this, there was an increase in competitiveness between industries. To do so, the maintenance sector was no longer seen as an expense generator and became a strategy for the production's success. Thus, this work proposes to elaborate and present a proposal for a preventive maintenance plan based on the concepts of preventive and predictive plans already existing on factory, for a machine named Automated Bagger, which is present in a fertilizer mixing unit. The proposal considers that this equipment is a bottleneck for the unit. A study of the performance of this equipment was conducted from January 2020 to December 2022. For this, we used a software called Evocon, which records failures of some equipment of the plant, as well as its duration, thus generated in a Pareto chart. After, the method "The 5 whys" was applied to find the root cause of the failures. The results showed that the main failures occurred due to the lack of a routine inspection, lubrication and cleaning of the equipment. It was then prepared a preventive maintenance plan based on time (months), contemplating these points, the replacement of components etc. It was presented to the company in question and approved by her, with date scheduled to start the preventive cycle in May 2023. Due to the delivery time of this work, the author did not have time to collect and analyze the results after its implementation. However, the maintenance sector will monitor the effectiveness of the plan, with the data that will be collected every four months, through Evocon. Thus, verifying if there were improvements in equipment performance, as well as the reduction of failures after its implementation.

Keywords: Maintenance. Preventive. Reliability. Methodology.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	11
1.3	OBJETIVOS DA PESQUISA	12
1.3.1	Objetivo geral	12
1.3.2	Objetivos específicos	12
1.4	JUSTIFICATIVA	13
1.5	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO E LITERATURA</b>	15
2.1	Conceitos de Manutenção	15
2.1.2	A Evolução da Manutenção	15
2.2	Tipos de Manutenção	17
2.2.1	Manutenção Preventiva	17
2.2.2	Manutenção Preditiva	19
2.3	Indicadores de Manutenção	20
2.3.1	TPM (Manutenção Preditiva Total)	22
2.4	Tipos de Falhas ou Perdas	23
2.5	Estado da Arte	25
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	27
3.1	Classificação do Estudo	27
3.2	A Empresa	27
3.2.1	Enscadeira Automatizada <i>Payper</i> 01	28
3.3	Sistemas de Gerenciamento de Dados	31
3.3.1	SAP	32
3.3.2	Evocon	33
3.4	Métodos	34
3.4.1	Os 5 Porquês	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	37
4.1	Processo de Ensaque	37
4.1.1	Histórico de Manutenções	37
4.2	Aplicação da Metodologia Os 5 Porquês	41
4.2.1	Solda da Embalagem	41

4.2.2	Falha em Sensores	42
4.2.3	Falha nas Pinças	43
4.2.4	Motoredutor Trancando	45
4.3	Plano de Manutenção Preventiva	46
5	<b>CONCLUSÕES</b>	48
5.1	Conclusão	48
5.2	Recomendações para Trabalhos Futuros	49
6	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	50

## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção de máquinas e equipamentos embora que de forma muito discreta, sempre existiu. Até mesmo na primeira fase da Revolução Industrial, a manutenção estava presente, ainda que de forma a corrigir um problema. De acordo com Almeida (2018), com a Revolução Industrial no século XVII, época em que aconteceu um progresso na tecnologia, introduzindo técnicas de produção e produtividade, a manutenção que antes era só em caso de alguma necessidade por quebra do equipamento, passa a ter manutenções planejadas para prevenção de danos. Com o passar dos anos e principalmente após a Segunda Guerra Mundial, a manutenção planejada foi vista como uma necessidade absoluta. Para Gonçalves et al. (2017), a manutenção é caracterizada pela otimização no processo de manutenção, oferecendo maior disponibilidade às máquinas, enquanto a não planejada é feita somente em casos de avarias.

Atualmente, vivemos em um mundo onde a tecnologia na indústria evoluiu de tal forma que fez da manutenção uma engrenagem necessária para o sucesso da companhia. Para Soeiro (2017), a quantidade de capital investido em itens feitos físicos, em conjunto ao notório aumento do custo desse inventário, levou as empresas a buscar métodos para aumentar a vida útil dos seus bens físicos. As indústrias vivem numa competitividade tão acirrada que a disponibilidade das máquinas é uma questão decisiva para o sucesso do empreendimento. Ou seja, a empresa que consegue fornecer seus produtos de acordo com a demanda exigida, garante que ela seja competitiva e que se mantenha no mercado por mais tempo.

Segundo Kardec & Nascif (2009), reforçam o conceito e utilização de manutenção preventiva. O avanço da informática permitiu a utilização de software eficazes para o planejamento. Assim a manutenção deixou de ser vista como uma despesa para o negócio passou a ser tratada como uma estratégia para a companhia. Dentro deste pensamento, a área de manutenção deve estar preparada para garantir a disponibilidade e funcionabilidade das máquinas de uma empresa, principalmente as mais críticas, fornecendo controles e planos de manutenção robustos para o sistema. Reis (2010) destaca que a manutenção é uma área estratégica da empresa, e não apenas operacional, contribuindo efetivamente para a excelência empresarial e para o equilíbrio entre gestão e técnica.

Para Xenos (1998), o objetivo da manutenção não é somente o de manter ou restaurar as condições físicas do equipamento, mas também de manter suas capacidades funcionais.

Ou seja, além de dar condições para o equipamento operar de forma plena, a manutenção também é responsável pelo aumento da vida útil do ativo garantindo as suas capacidades funcionais. Desta forma, este trabalho vem propor um plano de manutenção preventiva para um equipamento do tipo Ensacadeira, de uma unidade de mistura. E para tanto, têm-se a ideia de coletar dados considerando as principais falhas que o equipamento no período de janeiro de 2020 a dezembro de 2022, e em cima disso, propor manutenções nestes pontos, para que a máquina possa performar de forma a gerar menos paradas por manutenção.

### **1.1 PROBLEMA DE PESQUISA**

De forma a contribuir para a gestão da manutenção da unidade de mistura de fertilizantes em questão, e visando agregar valor ao trabalho de planejamento, assim como, confiabilidade dos equipamentos, este estudo busca compilar informações coletadas nesta unidade de mistura, analisando a criticidade dos equipamentos e como eles impactam no processo produtivo, para então propor um plano de manutenção.

Para tal objetivo, se faz necessário um estudo com base em literaturas já consolidadas, que vise explorar os métodos e os recursos de manutenção já existentes na unidade, entregando uma proposta de plano de manutenção que possa responder a seguinte questão: o plano de manutenção preventiva proposto será eficaz para a unidade de acordo com sua realidade atual?

### **1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA**

A pesquisa tem como base para sua elaboração uma empresa do ramo de fertilizantes, localizada na cidade de Porto Alegre/RS. Este trabalho adotou como base, a realidade da empresa e conceitos de manutenção preventiva e preditiva, para que a proposta do plano de manutenção pudesse ter uma boa aderência à unidade. Desta forma, foi definida uma metodologia e sua área piloto de aplicação, sendo, a linha de ensaque automático *Small Bag* 01, também conhecida como Ensacadeira 01.

Assim, este modelo pode servir como exemplo para outra linha de produção com o mesmo tipo de equipamento dentro desta unidade e para outras empresas que ainda não tem um planejamento e controle de manutenção. Ter um plano de manutenção efetivo dentro de uma indústria é importante para a confiabilidade dos equipamentos, para o cumprimento de metas da produção, para a redução dos impactos ao meio ambiente e também para a saúde e segurança de seus colaboradores.

### **1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos do presente trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, os quais são apresentados a seguir.

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Este Trabalho tem como foco principal, elaborar e propor à Unidade de Mistura de Fertilizantes, em questão, um plano de manutenção preventiva para um equipamento do tipo Ensacadeira Automática, presente na mesma.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Para que o objetivo principal venha a ser atingido, adotou-se os seguintes passos:

- Mapear as principais falhas que o equipamento apresentou no período de janeiro de 2020 a dezembro de 2022;
- Gerar um gráfico das principais falhas do equipamento em função do tempo de parada que cada uma delas causou no equipamento.
- Aplicar a ferramenta “Os 5 porquês”, para encontrar as possíveis causas dos problemas;
- Elaborar um plano de manutenção preventiva com os dados coletados e com o envolvimento do corpo técnico, com foco nestas principais falhas;
- Propor o plano para a supervisão da empresa;

- Relatar os resultados obtidos com a implementação do plano, após a proposta, caso seja possível;

#### **1.4 JUSTIFICATIVA**

A escolha deste tema ocorreu devido a vida profissional da autora que exerce uma posição de planejadora de manutenção. O assunto está ligado com a dificuldade que ela encontra em estabelecer uma rotina de manutenções preventivas para este tipo de equipamento na empresa em que trabalha, devido à falta de um plano de preventiva confiável.

Além disso, a dificuldade também vem de uma falta de histórico do equipamento pela ausência de controle do mesmo em sistema e meio físico.

A palavra manutenção abrange alguns conceitos, dentre eles o de prevenir e corrigir uma máquina antes mesmo que ela venha a falhar. Autores como Monchy (1987), acreditam que a manutenção preventiva quando efetuada de forma correta, tem a intenção de reduzir a probabilidade de falha de um bem ou a degradação de um serviço prestado. Sendo assim, podemos entender que com a aplicação de um plano de manutenção preventiva, a vida útil do equipamento ou do serviço prestado irá aumentar. Assim como também, aumentará a confiabilidade do equipamento em questão.

De acordo com Helman e Andery (1995, apud Tondin et al 2016), aumentar a confiabilidade implica necessariamente previsão de falhas e adoção de medidas preventivas das mesmas, desde a etapa de elaboração do projeto do produto e/ou processo até sua execução.

Para tanto, torna-se imprescindível a elaboração de uma rotina de manutenção preventiva que permita observar o comportamento do equipamento, durante o seu funcionamento.

#### **1.5 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO**

Este Trabalho está dividido em alguns capítulos para melhor entendimento deste tema. O capítulo 1, trará uma breve introdução visando a contextualização do

Trabalho, explicando os objetivos, delimitando a pesquisa e abrindo o problema a ser resolvido.

O capítulo 2, trará uma revisão dos assuntos propostos acerca do tema, apontando as falhas que podem ser apresentadas pela máquina, a evolução da manutenção ao longo dos anos, os indicadores de PCM (Planejamento e Controle de Manutenção), os grandes pilares da manutenção preventiva, os tipos de manutenção que existem, porém, com foco nos tipos que se encaixam dentro do tema deste Trabalho, bem como os ganhos de se ter um plano de manutenção. Lembrando que o custo do cuidado tem a tendência de ser menor do que o custo do reparo.

Já no capítulo 3, está descrita a fundamentação teórica sobre a máquina em questão, mostrando sua produção, desempenho, características e sua durabilidade. Assim como, a apresentação de suas falhas durante o segundo semestre de 2022, e uma estratégia para solucioná-las através de um plano de manutenção vantajoso para o equipamento.

No capítulo 4, estão os resultados da aplicação analisada no capítulo anterior a este, as novas integrações do plano de manutenção, fazendo a verificação do real desempenho após a implementação deste processo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Conceitos de Manutenção**

A manutenção, segundo Almeida (2016), é um conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários para o bom funcionamento de um ativo. A partir desta afirmação podemos dizer que a manutenção é composta por algumas atividades que tem como foco em comum prolongar a vida útil de um ativo, disponibilizando-o para a produção com confiabilidade e segurança de operação. Para Tavares (2005), a manutenção é uma das áreas que mais contribui para o sucesso e a produtividade de uma organização. Sendo um fator determinante no custo e no ciclo de vida dos equipamentos, e com impacto profundo em todas as ações produtivas. Já Kardec e Nascif (2013), descrevem que a função da manutenção atualmente é “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado”. Segundo Gutiérrez (2005 apud Caiado), o objetivo principal de um bom sistema de manutenção é a busca do equilíbrio entre o custo, a disponibilidade e a confiabilidade.

Desta forma, a manutenção é uma área que necessariamente tem que estar ligada à todas as outras áreas de uma fábrica. Sendo vista como um apoio e estratégia para atingir os objetivos da companhia.

#### **2.1.2 A Evolução da Manutenção**

Com o passar dos anos, a manutenção buscou deixar de lado o pensamento de que se intervia na máquina somente quando ela viesse a apresentar alguma falha e passou a buscar pela implementação de ações preventivas, visando diminuir as paradas de máquina por quebras indesejadas. Viu-se na manutenção preventiva a condição de parar a máquina para a intervenção num momento em que não afetasse de forma direta a produção.

Antigamente a manutenção era considerada uma área geradora de despesas para a indústria. Para Moubrey (2000), a manutenção é a segunda senão a primeira despesa dos custos operacionais, de uma indústria. Alguns autores afirmam que a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro fases. Conforme representa a figura abaixo.

Figura 1- Gerações da Manutenção



Fonte: MORTELARI all, apud TROMBETA (2017)

A primeira fase abrange o período anterior a Segunda Guerra Mundial, quando a mão de obra especializada era escassa e havia poucas máquinas para a produção. Nesta etapa da história, a manutenção que predominava era do tipo corretiva. De acordo com Moubray (2000), os períodos de paralisação à espera de recuperação de falhas não eram muito importantes. E desta forma deixar de produzir em função de uma máquina parada para manutenção, não era visto como um problema.

Na segunda fase, que iniciou um pouco antes do ano de 1960, porém já com impactos da Segunda Guerra Mundial, a procura por produtos industriais aumentou se forma significativa, porém a mão de obra se tornou escassa. O que forçou a implementação de máquinas para atendimento da demanda de consumo.

Surgindo a necessidade de um pensamento voltado para manutenção preventiva dos equipamentos, pois a parada de máquina já começava a impactar no sucesso do negócio. Começam a muito ser usados, os sistemas de planejamento e controle de manutenção, assim como a busca por meios com a finalidade de aumentar a vida útil dos itens físicos (KARDEC e NASCIF, 2009).

De acordo com Kardec & Nascif (2009):

“Na década de 60 a manutenção preventiva consistia em intervenções nos equipamentos feitas em intervalos fixos. O custo da manutenção também começou a

se elevar muito em comparação com outros custos operacionais. Este fato fez aumentar os sistemas de planejamento e controle de manutenção que, hoje, são parte integrante da manutenção moderna”.

Com a terceira fase, após a década de 70, e ainda com efeitos da implementação de maquinários vindo da segunda fase, foi ainda mais perceptível o impacto que uma parada de manutenção por quebra de máquina gerava nos lucros. O tempo improdutivo por máquina parada implicava em atraso na entrega do produto acabado ao cliente final, uma vez que o estoque de produto acabado era baixo. NASCIF e KARDEC (2010, p.3) afirmam que, o crescimento da automação e mecanização passaram a indicar que confiabilidade e disponibilidade se tornaram pontos chave em setores da saúde, processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações.

Nesta fase se consolidou também os conceitos de segurança e meio ambiente, além de metodologias como a Total Productive Maintenance (TPM).

Na quarta fase, vinda do ano 2000, a indústria de modo geral adotou o conceito de gestão da manutenção. E dentro deste tema, foram desenvolvidos padrões de trabalho e planos de manutenção preventiva, que implicaram diretamente numa maior disponibilidade de máquina, redução dos impactos ambientais, aumento da qualidade do produto acabado, redução de retrabalhos, entre outros.

## **2.2 Tipos de Manutenção**

O modo de intervir em um equipamento, sistema ou instalação, é o que caracteriza o tipo de manutenção. Podemos observar abaixo algumas práticas de manutenção.

São elas: manutenção corretiva imediata e planejada, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção. Para a execução deste Trabalho, os principais tipos de manutenções utilizadas para seu embasamento, são: preventiva e preditiva.

### **2.2.1 Manutenção Preventiva**

Segundo Almeida (2018), a manutenção preventiva é a manutenção planejada e controlada, com datas pré-estabelecidas, visando manter o ativo conservado a fim de evitar paradas indesejadas. Partindo desta afirmação, podemos adotar que a preventiva tem como princípio a prevenção da quebra, ou seja, atuar ativamente na

máquina para evitar uma parada indesejada e por consequência uma perda de produção.

Quanto utilizada a manutenção preventiva, faz com que as falhas diminuam ao longo do tempo. Aumentando assim, a disponibilidade do equipamento para produzir e atender a uma demanda produtiva. Para Monchy (1987), esse tipo de manutenção é efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de um bem ou a depreciação de um serviço prestado, sendo uma intervenção prevista, preparada e programada antes mesmo da data do possível surgimento de uma falha.

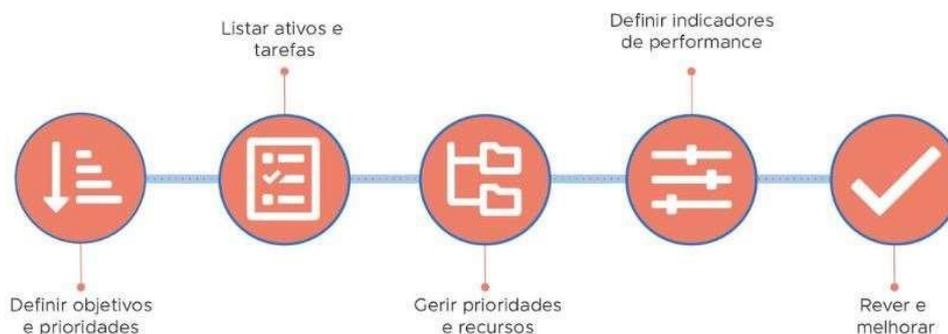
Este método também se caracteriza por ser aplicado em um intervalo pré-determinado de tempo, obedecendo a cronograma previamente elaborado, isso permite uma parada de máquina com impacto mínimo na produção. De acordo com Xenos (1998), este tipo de manutenção é composta por inspeções e reformas previamente programadas, sendo realizada com a finalidade de diminuir a probabilidade de quebra. De acordo com este mesmo autor, Xenos (1998), quando comparada à manutenção corretiva, a preventiva é mais onerosa, porém, se torna economicamente viável por diminuir a frequência das paradas por quebras. Ou seja, quando a empresa opta por uma manutenção preventiva, embora seja mais custosa, a longo prazo a compensação é maior, pelo aumento da disponibilidade de máquina para operação.

Kardec e Nascif (2009), afirmam que se por um lado a manutenção preventiva permite um bom gerenciamento das atividades, nivelamento dos recursos, além de previsibilidade do consumo de materiais e sobressalentes, por outro lado promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para a execução das atividades programadas. Assim, deve-se pesar os fatores para que o uso dessa política seja adequado à realidade dos equipamentos, sistemas ou plantas. Eles também comentam que, nem sempre os fabricantes fornecem dados precisos para a adoção nos planos de manutenção preventiva, além disso, condições ambientais e operacionais influem significativamente na degradação dos equipamentos, logo, a definição de periodicidade e substituição deve ser estipulada para cada instalação.

Um bom plano de manutenção preventiva pode ser construído e aplicado seguindo alguns passos, conforme podemos verificar na imagem abaixo.

Figura 2 - Passos de um plano de manutenção preventiva

## OS 5 PASSOS DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA



Fonte: Blog Infraspak (2023)

Observando a figura acima, e utilizando esta linha de evolução na indústria, vemos que o primeiro passo para criação de um plano de manutenção preventiva é a definição dos objetivos e prioridades, ou seja, definir o que a empresa busca em termos de produtividade e quanto do seu orçamento foi direcionado para a manutenção. Segundo Viana (2002), o impacto no planejamento para a saúde da empresa é primordial, pois seria impossível um atleta competir com chances de vitória se seu corpo estivesse debilitado.

Na sequência, deve-se listar ativos e tarefas das máquinas que estarão contempladas no plano preventivo. Pois nem todos os equipamentos são necessários ou possíveis de estarem contemplados em uma preventiva, e assim então, fazer a gestão das prioridades e dos recursos.

Após essas etapas, evolui-se para a criação dos indicadores, para que se possa visualizar e focar em metas atreladas ao sucesso e crescimento produtivo e da companhia. O que também leva a uma análise deste ciclo e onde entram questões de melhoria do processo de manutenção.

### 2.2.2 Manutenção Preditiva

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5462, 1994), manutenção preditiva é baseada na técnica sistemática de análise, garantindo a qualidade do serviço na busca de reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Segundo Viana (2002), a manutenção preditiva baseia-se em tarefas de manutenção que visam acompanhar a máquina ou peça através de monitoramento, medições e controles, que tendem a prever a proximidade de uma falha. Com base nesta afirmação, podemos dizer então, que a manutenção preditiva tem como base a leitura e interpretação de variáveis críticas cujos padrões que definem limites de processo. Quando as leituras resultantes de análises destes equipamentos mostram que as variáveis se aproximam destes limites, uma manutenção deve ser planejada de modo a evitar que a falha ocorra.

O uso da manutenção preditiva é considerado um nível de manutenção mais evoluído, onde a empresa investe em métodos para evitar a quebra dos equipamentos. Segundo Motaghare (2018), essa evolução exige a utilização de ferramentas avançadas de previsão de análise preditiva, para que os dados possam ser processados e atitudes assertivas possam ser tomadas.

Porém, segundo Soeiro (2017), apesar deste método ter suas vantagens, só deve ser aplicado quando a falha tiver impacto relevante para o meio ambiente, para a produção ou na segurança. Ainda pode ser aplicada quando o custo de reparo for alto.

### **2.3 Indicadores da Manutenção**

Os indicadores de manutenção representam um conjunto de informações que visam otimizar e mensurar o funcionamento dos processos deste setor. Branco Filho, Gil (2006), define indicadores de manutenção como dados estatísticos que servem para medir o desempenho contra metas e padrões estabelecidos. Além disso, este tipo de controle tem a finalidade de elevar a eficiência produtiva de uma empresa, e de propor modelos para prevenção de problemas. Dentro das indústrias os indicadores também podem ser denominados de KPIs (*Key Performance Indicators*).

Para Branco Filho, Gil (2006), só é possível manter um processo sob controle quando se tem o domínio tecnológico sobre ele. Em complemento a esta afirmação, Teles (2023), descreve:

O controle da manutenção é feito através da criação e da gestão de indicadores, que servirão como base para tomada de decisões e desenho de

estratégias. Sem os indicadores de manutenção, fica impossível saber se as tomadas de decisões estão certas ou erradas.

Os diferentes tipos de indicadores podem ser divididos e subdivididos de inúmeras formas, com categorias variadas e de acordo com o objetivo específico de cada empresa ou setor.

Na tabela 01, estão ilustrados os tipos de indicadores mais utilizados na manutenção no Brasil, segundo a Associação Brasileira de Manutenção (Abraman, 2007).

Tabela 1- Principais Indicadores de Desempenho

Principais indicadores de desempenho utilizados (Grau de Importância – GI)								
Tipos	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	GI 2007
Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	1
Frequência de falhas	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,17	9,75	6
Satisfação do cliente	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	7
Disp. operacional	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81	18,51	2
Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	8
Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92	11,57	5
Não utilizam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72	0,33	10
TMEF (MTBF)	-	-	-	-	11,89	11,69	14,21	3
TMPR (MTTR)	-	-	-	-	9,56	11,46	11,74	4
Outros indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	9

Fonte: (Abraman, 2007)

Neste Trabalho, o foco está no indicador de Disponibilidade Técnica. Para Verri (2007), a disponibilidade é o indicador mais importante para a manutenção, e dependendo do tipo da indústria a meta pode ser entre 90% e 99%. Este indicador mensura o tempo em que o equipamento esteve parado em função de manutenção, quando deveria estar produzindo. Ou seja, do tempo em que o equipamento estava programado para operar, quanto tempo ele ficou parado em função de uma falha ou quebra.

Este tipo de indicador também é conhecido como OEE (*Overall Equipment Effectiveness* ou Eficiência Global dos Equipamentos), que segundo Branco Filho, Gil (2006), que pode ser medido pela produção total de componentes ou partes entregues sem defeitos num determinado período, dividido pela produção teórica no mesmo

período. Ainda com base neste autor, na equação (1), abaixo podemos observar o modo de cálculo do OEE, conforme ele descreve.

$$\text{EFGE} = \text{DISP} \times \text{PERP} \times \text{QUAL} \quad (1)$$

Onde:

EFGE = Eficiência Global do Equipamento

DISP = Índice de Disponibilidade

PERP = Performance da Produção, no uso do equipamento

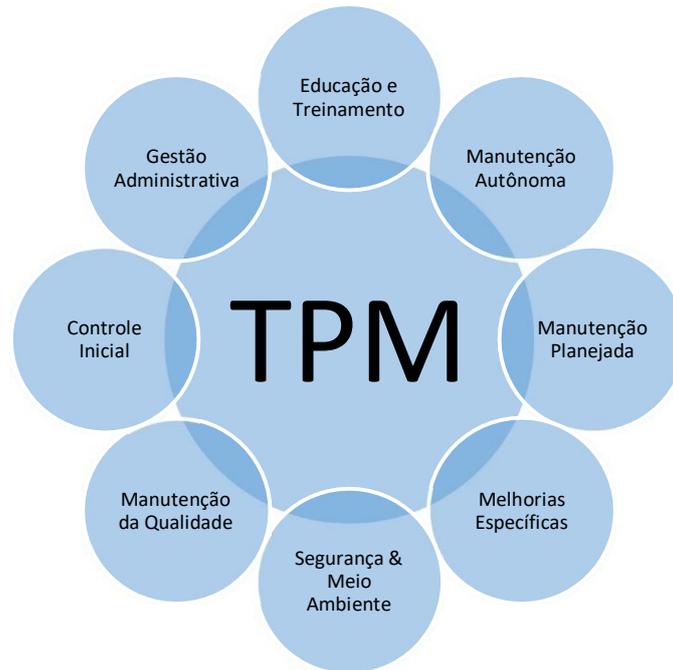
QUAL = Índice de Qualidade

### **2.3.1 TPM (Manutenção Produtiva Total)**

Segundo Wyrebski (1997), a TPM, antes de qualquer coisa, deve ser tratada com uma filosofia da gestão empresarial centrada na disponibilidade total do equipamento para a produção. Já para Tavares (1999), o conceito básico de TPM é a reformulação e a melhoria da estrutura empresarial a partir da reestruturação e melhoria das pessoas e dos equipamentos, com o envolvimento de todos os níveis da organização.

Os aspectos da TPM, são baseados em alguns pilares, representados na figura abaixo.

Figura 3 - Pilares da TPM



Fonte: Berté (2023)

A partir da imagem, podemos entender que a TPM, contribui para a gestão de manutenção pois esta filosofia abrange todas as áreas do processo (homem, máquina, materiais e processo), a fim da redução de perdas.

## 2.4 Tipos de Falhas ou Perdas

Para Takahashi e Osada (1993), há no processo seis grandes perdas:

1. Perda de máquina devido a quebra ou falha;
2. Por mudança de linha e regulagens;
3. Por operação em vazio e pequenas paradas;
4. Por queda de velocidade;
5. Por defeitos gerados no processo de produção;
6. No início da operação e por queda de rendimento;

Uma ferramenta muito utilizada nas indústrias para a análise de falha é, como o próprio nome diz, Métodos de Análises de Falha – FMEA. Ramos (2006), explica que a ferramenta FMEA, foi criada com enfoque em projetos de novos produtos e

processos. Para Stamatis (2003), o objetivo principal é evitar que os problemas cheguem até o consumidor final do produto, sistema, processo ou serviço. Sendo assim, podemos entender a partir destas afirmações que a FMEA, tem como princípio a análise das falhas potenciais, para implementação de propostas de ações de melhoria, destas que ocorrem no projeto do produto ou do processo. Podemos entender então, que esta ferramenta pode ser aplicada para detectar as causas raízes das falhas e assim poder propor uma ação corretiva definitiva.

De acordo com Kardec e Nascif (2001), o FMEA é uma abordagem que contribui na detecção e priorização das falhas e causas potenciais em equipamentos, componentes, sistemas e processos.

Além dessa metodologia, existe também a ferramenta de análise de falhas conhecida como “Os 5 Porquês”. Este método é uma abordagem científica utilizada pelo Sistema Toyota de Produção, para se chegar na verdadeira causa raiz dos problemas, que normalmente está por trás de sintomas óbvios, segundo Ohno (1997).

É uma ferramenta simples e que consiste basicamente em questionar 5 vezes o porquê de uma falha para compreender o que aconteceu (causa raiz). Embora seja denominada assim, pode-se utilizar menos ou mais por quês, dependendo da necessidade para que se encontre a causa raiz, de acordo com Weiss (2011). Para que a ferramenta possa fazer sentido e ser aplicada, ela depende de alguns passos e de um conjunto de dados.

Weiss (2011), descreve de forma simplificada os cinco passos que devem ser dados para a aplicação deste método:

1. Inicie a análise com a afirmação que se deseja entender o problema;
2. Pergunte por que a afirmação anterior é verdadeira;
3. Para a razão descrita que explica por que a afirmação anterior é verdadeira, pergunte novamente por quê;
4. Continue questionando por que até esgotar os questionamentos;
5. Ao final dos por quês, você chegará na causa raiz;

Neste Trabalho, foi utilizada a da metodologia “Os 5 Porquês”, para a detecção da causa raiz das principais falhas encontradas na Ensacadeira, nos últimos seis meses do ano de 2022, para que possamos encontrar uma solução destas e incluir no plano de manutenção preventiva que foi proposto. Assim, a gestão da manutenção

poderá intervir no equipamento de forma antecipada e planejada, evitando uma quebra indesejada.

## 2.5 Estado da Arte

A abordagem da implementação da elaboração e proposta de um plano de manutenção preventiva para um equipamento, linha de produção e até mesmo construções, é tratada de maneira bem abrangente na literatura, embora englobando diferentes ferramentas de análise de falhas ou de extração de dados. Ainda assim, todas elas têm o objetivo em comum de evitar a quebra indesejada e por consequência uma perda associada.

O autor Pires (2022), apresentou uma proposta de plano de manutenção preventiva para moinhos verticais, e percebeu que embora ela não tenha sido aplicada pela empresa, traria grandes chances de resultados positivos para este tipo de equipamento.

Na busca por um processo produtivo mais eficiente e competitivo, o artigo dos autores Garcia, Fabiano Luiz e Nunes, Fabiano de Lima (2014), sobre a Proposta de Implementação de Manutenção Preventiva em um Centro de Usinagem Vertical: Um Estudo de Caso, também utilizou um software ERP, da empresa em questão, para compilar os dados e analisar as perdas com manutenções corretivas. Com o objetivo alcançado e com perspectiva de melhora significativa nas quebras dos equipamentos.

Já o autor Borges de Carvalho (2022), que também apresentou uma proposta de um plano de manutenção preventiva, para redutores de velocidades de retíficas na conclusão do seu curso. Utilizando metodologias como TPM (Manutenção Produtiva Total), comenta que os resultados obtidos através do plano foram satisfatórios, ainda que não houve tempo hábil para sua aplicação. Ele acredita que se aplicado o plano, as chances de ocorrer uma falha indesejada são mínimas.

O grupo de autores Albuquerque, Mota, Moresco e Cardoso (2016), apresentaram como trabalho de conclusão, a elaboração de um plano de manutenção preventiva para um moinho em uma fábrica de ração. Eles comentam a complexidade da manutenção como setor de uma empresa e sua importância para o bom funcionamento dos equipamentos. Eles trazem as dificuldades quanto a obtenção de uma bibliografia para o assunto e como ela impacta na busca de melhoria para o equipamento em questão. Eles optaram por apresentar um plano de manutenção

baseado na padronização do processo de inspeções visuais e dados do fabricante. Também estabeleceram a necessidade de indicadores de manutenção. Todo esse estudo teve a intenção de evitar a quebra indesejada do equipamento.

Assim, como tantas outras literaturas, podemos observar que de fato é essencial existir um controle de manutenção com um plano de preventiva apropriado para cada equipamento. Além disso, também há a necessidade deste plano ser revisado com o passar do tempo, em função de falhas significativas que o equipamento apresentar ao longo de sua operação.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Classificação do Estudo**

Este Trabalho pode ser caracterizado como uma pesquisa de abordagem qualitativa e quantitativa, pois o estudo se baseia em dados numéricos, gráficos e na avaliação do comportamento do equipamento enquanto sua operação. Os procedimentos são os objetos de estudo. Quanto ao objetivo, pode ser definido como exploratório, uma vez que o equipamento foi sondado de forma a extrair dados e possibilidades de melhora. Para Gil (2002), a pesquisa exploratória tem como finalidade explicar e proporcionar maior familiaridade com o problema.

### **3.2 A Empresa**

A empresa onde foi desenvolvido este estudo para a realização do Trabalho, está localizada em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, e faz parte de uma multinacional do segmento de fertilizantes para a agroindústria, estando presente mais de 160 países e com mais de 15 mil colaboradores. Ela é a 7ª maior fábrica de fertilizante do mundo, com valor de mercado de 12,2 (US\$ bilhões), segundo o *Site Companies Market Cap*, (2022). Sua meta de negócio, é cessar com a fome mundial, fornecendo produtos de qualidade para a nutrição do solo de acordo com o local do plantio e tipo de cultura. Suprindo assim, a necessidade do produtor e por consequência, promovendo uma colheita de sucesso.

Esta unidade é considerada uma planta de mistura de fertilizantes, pois recebe o produto acabado das demais unidades espalhadas pelo Brasil, e outras partes do mundo. Após o recebimento do produto, ela faz as misturas necessárias para o ensaio e comércio de acordo com a necessidade de cada cliente.

A empresa possui atualmente cerca de 86 colaboradores, que estão distribuídos entre os setores: administrativo, laboratório, manutenção, produção, descarga e balança. Os setores de descarga e produção, se comunicam, pois, um depende do outro. O primeiro passo para o processo de mistura acontecer é a partir do recebimento do produto pela descarga, e pode acontecer de duas formas: rodoviária e hidroviária, sendo a hidroviária a principal forma de recebimento. Seguido do recebimento, o produto é direcionado aos boxes de armazenagens por meio de

correias transportadoras e elevadores de canecas. A mistura dos produtos é feita por uma dosagem em equipamentos do tipo misturadores de pás, de acordo com a característica de cada produto que a empresa oferece ao consumidor. Após esta mistura, o produto passa novamente por correias transportadoras que encaminham o mesmo para linha de ensaque automatizado.

O equipamento deste estudo, está presente nesta linha de ensaque, e recebe o nome de Ensacadeira Automatizada *Payper* 01. Ele é responsável por dosar o produto de acordo com a capacidade de cada embalagem e enviar para a linha de montagem destas embalagens em pallets, para posterior entrega ao cliente.

### 3.2.1 Ensacadeira Automatizada *Payper* 01

A Ensacadeira Automatizada *Payper* 01, é um equipamento projetado para o ensacamento por gravidade de produtos a granel, como pós, granulados ou sólidos. Tem capacidade de produzir 60 ton/h para embalagens de 50kg e 35 ton/h para 25kg. O modelo dela é o F10/S10, conforme as imagens abaixo, fornecido e fabricado pela empresa *Payper* do Brasil, localizada na cidade de Cotia – SP.

Figura 4 - Ensacadeira Automatizada *Payper* 1



Fonte: Manual *Payper* (2013)

Nas figuras 4 e 5, pode-se observar as ilustrações de um modelo de ensacadeira que se encontra no manual de operação da máquina. Embora não sejam as fotografias reais do equipamento deste estudo, elas representam o modelo de ensacadeira idêntico ao adotado pela empresa em questão e tema deste Trabalho.

Figura 5- Ensacadeira Automatizada *Payper* 1.1

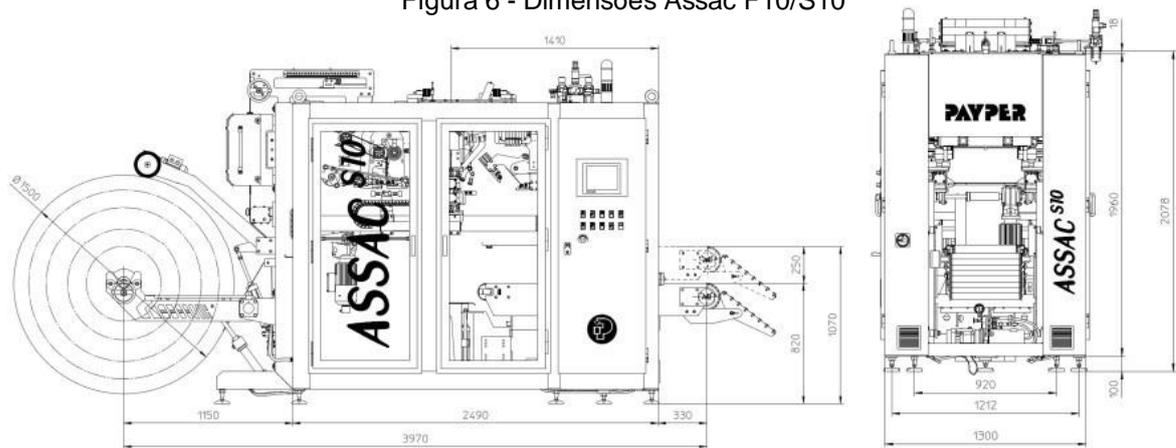


Fonte: Manual Payper (2013)

A empresa *Payper*, foi fundada em Lleida (Catalunha, Espanha), no ano de 1973, sendo uma multinacional que projeta e comercializa equipamentos para pesagem, ensaque e paletização. Desde 1994, até o momento, já instalou mais de 450 unidades fabris e comerciais somente na América Latina, segundo *site Payper* (2023). Também de acordo com este *site*, os clientes da empresa vêm de segmentos como por exemplo: indústria química, agroalimentar, mineira e construção.

Na figura abaixo, podemos observar as dimensões em milímetros que o equipamento ocupa no espaço da linha de ensaque automatizado.

Figura 6 - Dimensões Assac F10/S10



Fonte: Manual *Payper* (2013)

A Ensacadeira dentro da unidade de mistura é considerada um equipamento de alta criticidade e um gargalo para o processo. Pois, sem o pleno funcionamento deste, o funcionamento de toda a linha que o antecede fica comprometido. Segundo Baran (2015), a definição da criticidade de um equipamento é um processo importante para assim determinar qual método de manutenção deverá ser adotado para ele.

Apesar da autora deste Trabalho não ter evidências de qual foi o método adotado pela empresa para avaliação de sua criticidade, na época em que ele foi instalado, atualmente ele está cadastrado no sistema de gestão da manutenção (SAP), como criticidade alta (A).

Ainda assim, existem alguns métodos para avaliar a criticidade de um equipamento. O método recomendado pela JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) (1995), é apresentado em seis categorias diferentes com o uso da classificação ABC. Elas foram compiladas e apresentadas no quadro abaixo.

Quadro 1 Avaliação de Criticidade

Avaliação de Criticidade de Um Equipamento - Restrições por Categoria					
Categoria	Código	Objetivos	Alto Impacto (A)	Médio Impacto (B)	Baixo Impacto (C)
Segurança do Trabalho / Meio Ambiente	S	Risco Potencial de um acidente de trabalho ou ambiental em função de uma falha	Risco alto de acidente	Risco Médio ou baixo de acidente	Risco Descartado de Acidente
Qualidade	Q	Risco de Perda por retrabalho ou reclamações de clientes	Risco alto de perdas ou retrabalho	Risco médio de perdas ou retrabalho	Risco baixo ou descartado de perdas ou retrabalho
Produção	P	Tempo de Operação do Equipamento	100% do tempo em produção	75% do tempo em produção	Abaixo de 75% do tempo em produção
Custo / Financeiro	C	Impacto no processo por falha e custo de equipamento parado	Interrompe todo o processo de produção	Interrompe parcialmente o processo de produção	Não tem impacto significativo no processo de produção
Manutenção	M	Tempo Médio de Reparo (MTTR)	MTTR > 2h	0,5 > MTTR < 2h	MTTR < 0,5h

Fonte: Berté (2023)

### 3.3 Sistemas de Gerenciamento de Dados

Com a evolução das indústrias, surgiu a necessidade de se obter informações sobre o processo produtivo em tempo real, para que assim, as tomadas de decisões sejam mais assertivas evitando a perda de tempo. Mohelska (2018), afirma que a utilização de software e máquinas conectadas à Internet, que se comunicam em tempo real auxiliam na redução das taxas de erro e aumentam a eficiência. Com basenisso, pode-se dizer que o monitoramento dos ativos utilizados para a produção possibilita a flexibilidade e a eficiência do processo produtivo.

Uma decisão baseada em informações atualizadas, possibilita também uma reação rápida ao cenário daquele segmento de mercado. Para Charrua-Santos

(2018), as melhorias no processo de decisão melhoram os produtos, os serviços e o relacionamento com os clientes. Reduzindo desperdícios, custos e consequentemente melhorando os lucros.

### 3.3.1 SAP

A unidade de mistura de fertilizantes em questão, utiliza para o gerenciamento dos seus dados em todos os setores, um software desenvolvido para ela, pela empresa SAP. A SAP, é líder de mercado mundial no desenvolvimento de softwares para gerenciamento de processos de negócios. Criando soluções que facilitam o processamento efetivo de dados e o fluxo de informações entre as organizações, segundo *Site SAP* (2023). Segundo McDougall (2014), a SAP, ajuda empresas de todos os tamanhos e setores a funcionarem melhor.

Na manutenção da unidade de mistura, utiliza um módulo deste software que é denominado de SAP-PM (SAP de Planejamento de Manutenção), utilizado para o gerenciamento dos ativos da planta e suas intervenções. Nele, são cadastrados todos os equipamentos do processo produtivo, de acordo com sua criticidade (A, B ou C). Cada equipamento possui a sua identificação por TAG, no sistema.

O TAG é procedimento com o objetivo de detalhar boas práticas que devem ser adotadas para a criação de um local de instalação ou equipamento dentro do SAP – PM, segundo o documento Padrão de Tagueamento para Locais de Instalação e Equipamentos (2018), da empresa em questão, observado na figura 7.

Figura 7 - Padrão de Tagueamento

Título: SAP-PM-001 – Padrão de Tagueamento para Locais de Instalação e Equipamentos – SAP-PM	
Departamento: Manutenção e Confiabilidade	Processo: SAP-PM
Aprovador: Guilherme Weidlich	



**Planta:** Código da planta seguido pelo respectivo dígito. Exemplo: CAN1, POA1.

**Abreviação do equipamento:** Abreviação com três dígitos referentes a cada equipamento. As seguintes abreviações devem ser utilizadas:

Fonte: Berté (2023)

E essa identificação está associada à uma árvore de equipamentos. A Ensacadeira Automatizada *Payper 01*, está cadastrada no sistema com a TAG: POA1-0203-EN01, e está localizada dentro da árvore do conjunto de Ensaque Automático, com a TAG: POA1-0203, conforme podemos observar na imagem abaixo.

Figura 8 - Árvore de Equipamentos SAP

The screenshot shows the SAP equipment tree interface. The top menu bar includes 'Lista', 'Processar', 'Ir para', 'Suplementos', 'Ambiente(U)', 'Configurações', 'Sistema', and 'Ajuda'. Below the menu is a toolbar with various icons. The main area displays the equipment tree for 'UNIDADE DE PORTO ALEGRE' (POA1). The tree is organized into a table with columns for 'Local de instalação', 'Denominação', and 'Vál. desde'. The equipment is listed in a hierarchical structure, with the 'UNIDADE DE ENSAQUE AUTOMÁTICO 1' (POA1-0203-EN01) highlighted.

Local de instalação	Denominação	Vál. desde
POA1	UNIDADE DE PORTO ALEGRE	13.04.2023
POA1-9999	LIXEIRA PORTO ALEGRE 1	
POA1-0100	UNIDADE DE DESCARGA DE MATÉRIA PRIMA	
POA1-0200	UNIDADE DE MISTURA E ENSAQUE	
POA1-0201	UNIDADES DE MISTURA HORIZONTAL	
POA1-0202	UNIDADES DE MISTURA VERTICAL	
POA1-0203	UNIDADES DE ENSAQUE AUTOMATIZADO	
POA1-0203-EN01	UNIDADE DE ENSAQUE AUTOMÁTICO 1	
POA1-0203-EN02	UNIDADE DE ENSAQUE AUTOMÁTICO 1	
POA1-0204	UNIDADES DE PALETIZAÇÃO	
POA1-0205	UNIDADES DE ENVOLVIMENTO DE PALETES	
POA1-0206	UNIDADES DE ENVASE DE BIGBAG	
POA1-0207	SALA DO SUPERVISÓRIO (PAINEL)	
POA1-0300	UTILIDADES	
POA1-0400	PREDIOS	
POA1-0500	ARMAZENAGEM	
POA1-0600	GERAL	

Fonte: Berté (2023)

O módulo SAP-PM, permite a criação de um plano de manutenção preventiva periódico para cada equipamento da árvore. Sendo assim, a pessoa responsável pelo planejamento de manutenção da planta, consegue previamente programar uma intervenção na máquina junto a área de PCP (Planejamento e Controle de Produção), sem que essa intervenção cause impacto no processo produtivo.

Este sistema foi utilizado neste estudo para fornecer dados do equipamento e proporcionar robustez ao plano proposto.

### 3.3.2 Evocon

Para o acompanhamento diário da linha de ensaque automático da unidade de mistura, a empresa optou pela instalação de um software que se comunica com a interface dos equipamentos, permitindo a sinalização de todas as etapas de

funcionamento da máquina. Este software é denominado de Evocon, e é definido pelos seus fundadores como: o status da sua fábrica, segundo o *Site Evocon* (2023).

Este sistema possui um emoticon como símbolo, chamado de Senhor Evocon, e também é utilizado como termômetro para a produtividade da empresa. Quando este estiver com uma expressão triste, significa que sua produção está se distanciando da meta, já quando ele está com a feliz, significa que a produção está dentro da meta estipulada para o dia ou turno.

Figura 9 - Símbolo Evocon



Fonte: *Site Evocon* (2023)

O funcionamento deste programa é muito simples, ele basicamente tem a função de coletar as informações que os operadores inserem na IHM (Interação Humano – Computador), do equipamento durante sua operação, como por exemplo: início do funcionamento da máquina, paradas por falha de processo, paradas por falta de pallet na linha, por quebra de equipamento etc. Então o programa compila estes dados e transforma em gráficos e dados qualitativos. Além disso, a empresa pode acrescentar informações sobre setor e suas metas de produção. Assim, o software pode ser uma grande ferramenta para rápidas tomadas de decisões a nível gerencial. E é com base neste software que foi apresentado os dados do estudo. Portanto, ele foi o instrumento principal de coleta de dados.

### 3.4 Métodos

Para o desenvolvimento e proposta de um plano de manutenção preventiva para uma ensacadeira automatizada de uma unidade de mistura de fertilizantes, que é o foco deste Trabalho, foi utilizado a metodologia conforme o fluxograma da figura 10.

Figura 10 – Fluxograma para Tratativa do Problema



Fonte: Berté (2023)

A etapa inicial da construção de um plano de manutenção preventiva consiste na identificação do equipamento para o qual foi desenvolvido o plano. Após isso, o ideal é consultar o manual que o fabricante fornece para coletar informações e recomendações importantes para o plano de manutenção. Em seguida, buscar entender a classificação da criticidade que este equipamento tem na planta e com isso definir os objetivos do plano de manutenção.

Todo plano de manutenção tem que ir de encontro aos objetivos de cada empresa, visando fornecer manutenções que assegurem que o equipamento terá disponibilidade técnica quando solicitado.

### 3.4.1 Os 5 Porquês

O método dos 5 Porquês, é uma abordagem científica utilizada no Sistema Toyota de Produção, para chegar à verdadeira causa dos problemas, que geralmente está escondida através de sintomas óbvios, segundo Ohno (1997). É uma ferramenta simples e de fácil aplicação desenvolvida por Taiichi Ohno, e consiste em formular a pergunta “Por quê” cinco vezes para compreensão do que aconteceu. Porém, pode ser que a causa raiz seja encontrada antes mesmo de aplicar cinco vezes a palavra.

Glasser (1994), diz que com a aplicação do 1º Por que, tem-se um sintoma; no 2º Por que tem-se uma desculpa; no 3º Por que, tem-se um culpado; no 4º Por que tem-se uma causa e no 5º Por que, obtém-se a causa raiz.

Apesar deste estudo não estar em busca de um culpado, e sim de uma solução para o problema, este método foi aplicado para encontrar a causa raiz dos problemas mais encontrados no segundo semestre de 2022, neste equipamento, e incluir uma intervenção preventiva a fim de evitar sua falha. Na figura abaixo, podemos observar

um documento utilizado pela empresa para a aplicação do método nos problemas que surgem no dia a dia.

Quadro 2 - Modelo de Análise

<b>Análise 5 Porquês</b>					
<b>Data:</b>	<b>Equipamento / Setor:</b>		<b>Participantes:</b>		
<b>Problema</b>					
<b>1.Por que?</b>					
<b>2.Por que?</b>					
<b>3.Por que?</b>					
<b>4.Por que?</b>					
<b>5.Por que?</b>					
<b>Causa Raiz</b>					
<b>Conclusão:</b>					
<b>Plano de Ação</b>					
<b>O que?</b>	<b>Como?</b>	<b>Quem?</b>	<b>Quando?</b>	<b>Onde?</b>	<b>Status</b>

Fonte: Berté (2023)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Processo de Ensaque

O processo operacional da linha de ensaque inicia-se com a caída do produto para dentro de um silo de armazenagem com um sistema de pesagem, que antecede ao envase do produto na sacaria. Após esta etapa, o produto é liberado para o envase por gravidade. O silo libera a quantidade de produto conforme os parâmetros ajustados para cada processo. Caso tenha uma sacaria com capacidade para 50kg, o silo vai abrir o envase e quanto atingir esta pesagem, vai cessar o abastecimento.

A ensacadeira por sua vez, recebe esse produto do silo através de um bico de envase. Ela também faz todo o processo de recortar a sacaria de uma bobina de embalagens e soldar as extremidades dela para que não venha a vaziar produto. Esta sacaria é posicionada na boca do bico de envase por braços mecânicos com pinças e recebe o produto assim que um sensor entender que já está na posição correta. Quando a sacaria encher, outro sensor envia um sinal para uma válvula eletropneumática e faz com que o bico feche. A embalagem com o produto recebe a solda final e é transportada para o pallet por uma correia transportadora que está posicionada logo na saída da ensacadeira.

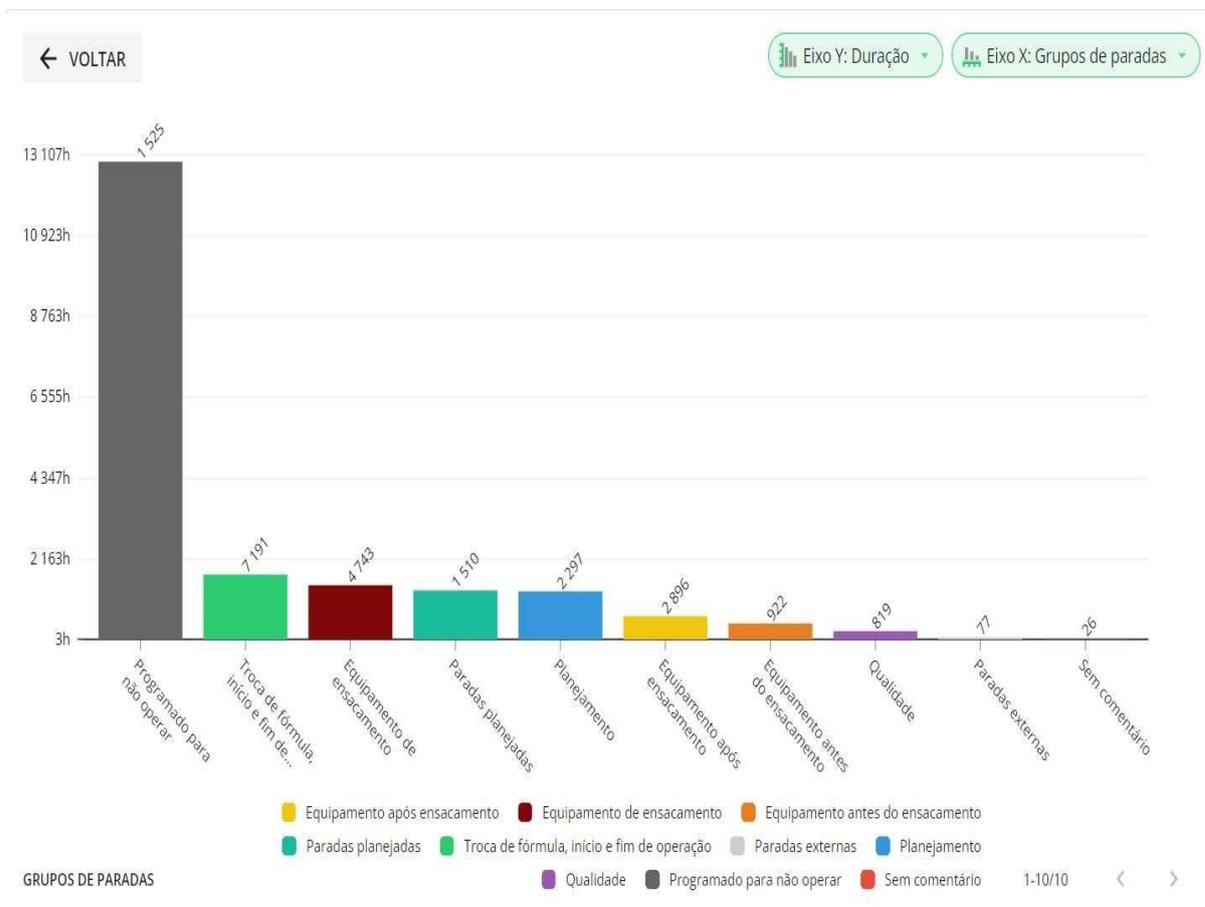
Desta forma, todo produto destinado para *Small Bag* (embalagens de 25kg e 50kg), obrigatoriamente passa por esta ensacadeira.

#### 4.1.1 Histórico de Manutenções

A ensacadeira é o principal gargalo da linha de produção de *Small Bag*, e, portanto, as manutenções devem estar sempre em dia para que o equipamento não sofra paradas indesejadas, e por consequência, atraso ou perda de produção.

Na figura 12, segue os dados de parada deste equipamento no período de janeiro de 2020 a dezembro de 2022.

Gráfico 1 - Duração (h) X Grupo de Paradas (tipo)



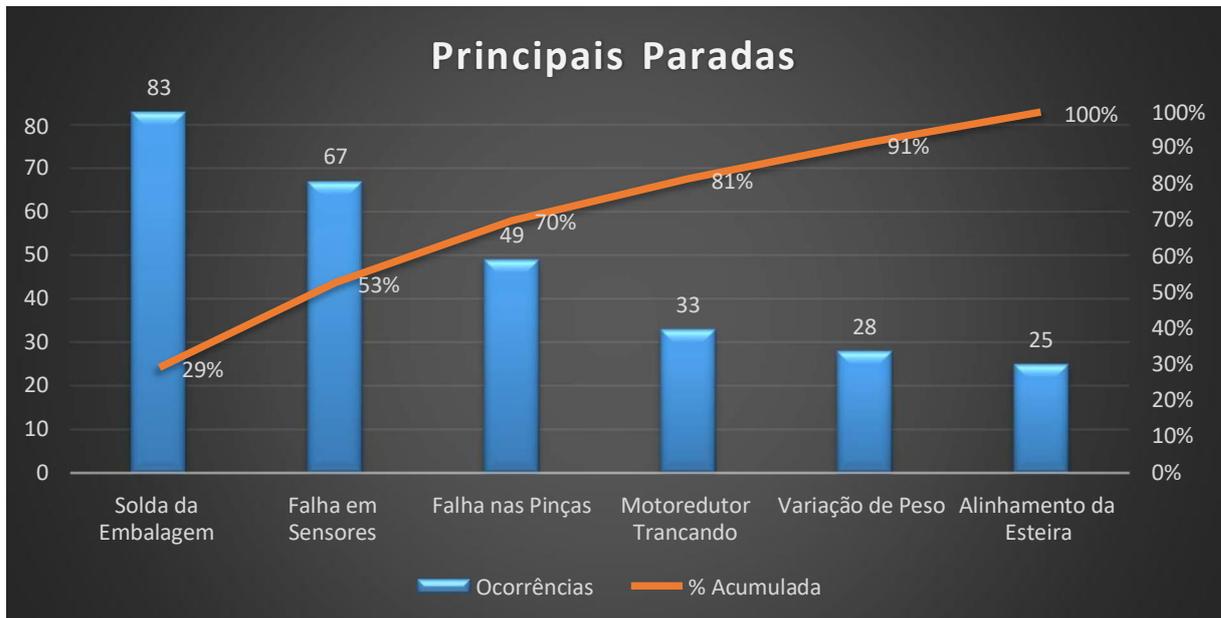
Fonte: Berté (2023)

Como o foco deste Trabalho, é a elaboração de um plano de manutenção preventiva para esta ensacadeira, o dado que mais nos interessa do gráfico acima é a terceira coluna na cor vermelho escuro, que diz: Equipamento de Ensacamento. Ou seja, dentre as paradas que a linha de ensaques teve neste intervalo de tempo em que ela esteve programada para operar, a segunda maior parada com 4.743 horas, foi em função de paradas do ensacamento em si. Desta forma, buscou-se entender o que causou esta quantidade de horas de equipamento parado.

A manutenção da empresa registra as intervenções que sua equipe exerce, através de ordens de manutenção que estão em meio *online*, através do sistema SAP. Na busca por dados que expliquem estas quebras, a autora analisou e compilou 289 ordens de manutenção para este equipamento no período de janeiro de 2020 a dezembro de 2022, e elencou os 6 principais motivos para os chamados recebidos.

No gráfico abaixo, pode-se observar um Diagrama de Pareto, com estes principais motivos encontrados.

Gráfico 2 - Diagrama de Pareto



Fonte: Berté (2023)

Um dos pioneiros da gestão de qualidade, Joseph Juran, realizou uma série de estudos no início da década de 90, nos trabalhos do economista Vilfredo Pareto. Ele formulou que, aproximadamente 20% do povo detinha 80% da riqueza, criando uma condição desigual na distribuição de renda. E assim, formou uma semelhança com Pareto, de 20/80, onde 20% dos defeitos de determinado sistema era responsável por 80% dos problemas existentes. Tendo essa afirmação como base, Joseph Juran, criou o “Diagrama de Pareto”, segundo Machado (2012).

Para Sales (2013), o objetivo desta ferramenta é a melhoria dos pontos, que no processo produtivo, venham a apresentar mais deficiência. Já para Selemer e Stadler (2010), esta ferramenta permite que sejam identificados e classificados aqueles problemas de maior importância e que devem ser corrigidos primeiramente. Solucionando o primeiro problema, o segundo se torna o mais importante.

De acordo com o gráfico acima, pode-se observar que 81% do acúmulo dos problemas que levaram a parada da máquina, estão entre os 4 primeiros pilares:

- Solda de Embalagem
- Falha em Sensores
- Falha nas Pinças
- Motoredutor Trancando

O manual do fabricante, *Payper*, não estipula um plano de manutenção para o equipamento. Neste documento, no que diz respeito a manutenção, consta apenas as a resolução de problemas pontuais na máquina. Como por exemplo: o passo a passo para eliminar um erro específico na *IHM*, da máquina. Além dos documentos e desenhos fornecidos pelo fabricante, ele sugere que a empresa que adquire este tipo de equipamento, faça um contrato bimensal com a equipe técnica da *Payper* Brasil, para que eles possam efetuar as manutenções preventivas necessárias. Não disponibilizando assim, o que seria executado em cada preventiva.

No banco de dados de preventiva do SAP, podemos encontrar um cadastro de uma manutenção preventiva mensal neste equipamento, conforme observado abaixo.

Figura 11 - Plano de Manutenção Preventiva Mensal

Item manutenção	7575	MANUT PREVENTIV ENSACADEIRA AUTOMÁTIC
Estratégia	PM-MON	ESTRATÉGIA MENSAL
Ctg.plano manut.	PM Ordem de manutenção	

Item	Lista de objetos item	Localização item
------	-----------------------	------------------

Objeto de referência	
Loc.instalação	POA1-0203-EN01 UNIDADE DE ENSAQUE AUTOMÁTICO 1
Equipamento	10005652 ENSACADEIRA AUTOMATIZADA PAYPER 1
Conjunto	

Dados de planejamento					
Centro planej.	POA1	Unidade de Porto Alegre I	Grp.plnj.PM	MIS	MISTURAS
Tipo de ordem	ZTIM	Planejada por tempo	Tp.ativ.PM	109	Revisão
CenTrab respon.	PM-2ELE	/ POA1 ELÉTRICA TURNO 2	Divisão	0001	0001
Prioridade	2 Elevado		Norma de apropriação		
Doc.vendas					

Lista de tarefas			
Tp.	GrpLisTar.	NmdGp	Descrição
A	691	1	MANUTENÇÕES PREVENTIVAS EM ENSACADEIRAS

Plano manutenção atribuído	
Plano manut.	2735 MANUT PREVENTIV ENSACADEIRA AUTOMÁTICA 1

Fonte: Berté (2023)

Porém, neste cadastro não aponta dados importantes para se ter em uma preventiva, como por exemplo: o que fazer; parâmetros; etc. Sendo assim, apesar de existir um plano no sistema, ele não é eficaz, pois não se tem um padrão de manutenção. Fazendo com que a preventiva dependa da percepção do técnico executante da atividade.

## **4.2 Aplicação da Metodologia 5 Por quês**

Um dos principais pontos levado em consideração pela autora para a elaboração deste plano de manutenção preventiva é a avaliação o histórico da máquina como já apresentado neste capítulo. Com os dados que o gráfico 1, nos trouxe, foi aplicado a metodologia 5 Por quês, nos primeiros 4 pilares. Desta forma, acredita-se que os principais motivos que levaram a ocorrerem as falhas, se tratadas em uma preventiva, não voltem a ocorrer. Deixando assim, o equipamento mais confiável para operação. A seguir, podemos observar a metodologia aplicada para cada pilar.

### **4.2.1 Solda da Embalagem**

Dentro da ensacadeira, existe um componente denominado “barra de solda”. Este componente é composto por uma barra de polipropileno com as extremidades vazadas no diâmetro do parafuso de fixação. Nesta barra, é aplicada uma fita em teflon com uma malha metálica que transmite corrente elétrica e aquece o material. O teflon aquecido em contato com a embalagem, tem a função de uma solda por temperatura. Esta solda faz com que a extremidade da embalagem seja vedada. Caso a soldagem não ocorra de maneira uniforme pela embalagem em contato, ela não irá vedar, fazendo com que o produto venha a vazar pela extremidade não soldada. Atabela 3, a seguir mostra a metodologia aplicada no primeiro pilar do gráfico 1, deste Trabalho.

Quadro 3 Falha na Barra de Solda

<b>Análise 5 Porquês</b>					
<b>Data:</b> 25/04/2023	<b>Equipamento / Setor:</b>	Ensacadeira 01 / Linha de Ensaque Automatizado	<b>Participantes:</b>	Paula Berté, Supervisor de Manutenção e Técnico Mecânico	
<b>Problema</b>	Falha na barra de solda de embalagens				
<b>1.Por que?</b>	A barra de solda não soldou totalmente a sacaria, deixando parte dela aberta e ocorrendo uma parada de máquina por vazamento de produto				
<b>2.Por que?</b>	Pois a corrente elétrica que faz com que a barra aqueça, não estar chegando em todos os pontos da barra				
<b>3.Por que?</b>	Pois a barra de solda estava com um segmento comprometido por oxidação				
<b>4.Por que?</b>	A umidade do ambiente e o produto em contato com o material da barra, fizeram ele oxidar				
<b>5.Por que?</b>	Não há rotina limpeza da máquina e inspeção técnica no início de cada turno.				
<b>Causa Raiz</b>					
<b>Conclusão:</b>	A causa raiz foi a falta de limpeza periódica para a remoção da umidade na barra, junto com a falta de inspeção de manutenção neste componente.				
<b>Plano de Ação</b>					
<b>O que?</b>	<b>Como?</b>	<b>Quem?</b>	<b>Quando?</b>	<b>Onde?</b>	<b>Status</b>
Implementar preventiva contemplando a inspeção ou substituição deste item caso ele apresente defeitos	Criando o documento de manutenção preventiva e inserindo este item	PCM	Até 30/07/23	SAP	Sob implementação
Implementar um check list de limpeza de início e fim de turno	Limpeza com ar comprimido e soprador térmico	Operador	Até 30/07/23	SAP	Sob implementação

Fonte: Berté (2023)

#### 4.2.2 Falha em Sensores

Na ensacadeira, para o acesso aos componentes internos, existem 4 portas. Para cada uma dessas portas, e de acordo com a Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos – NR12, deve existir um sistema que faça com que os equipamentos não funcionem caso qualquer colaborador tenha acesso às suas partes móveis, segundo a Portaria Mtb nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Esta norma serve

para garantir a segurança do colaborador ao acessar um equipamento com potencial risco de acidente (pensamento, esmagamento etc.).

Nesta ensacadeira, existe um sensor do tipo chave magnética, que faz o intertravamento das portas enquanto sua operação. Caso algum colaborador venha a abrir uma destas portas, por qualquer motivo que seja, esta chave faz com que o equipamento entenda que deve parar de operar (desarma). O equipamento só voltará a funcionar quando todas as portas e seus sensores, estiverem fechados e alinhados. Assegurando assim, que nenhum colaborador que esteja trabalhando ou inspecionando os seus componentes internos, venha a sofrer algum dano.

Quadro 4 - Falha em Sensor

<b>Análise 5 Porquês</b>					
<b>Data:</b> 26/04/2023	<b>Equipamento / Setor:</b>	Ensacadeira 01 / Linha de Ensaque Automatizado	<b>Participantes:</b>	Paula Berté, Supervisor de Manutenção e Técnico Mecânico	
<b>Problema</b>	Falha em Sensor (Chave magnética de intertravamento das portas para acesso a parte interna da máquina - NR12)				
<b>1.Por que?</b>	O sensor de intertravamento das portas da ensacadeira não atuou, impedindo o funcionamento do equipamento				
<b>2.Por que?</b>	Pois o sensor "entendeu" que a porta estava aberta				
<b>3.Por que?</b>	Desalinhamento das partes que compõe a chave				
<b>4.Por que?</b>	Suporte da chave estava mal fixado				
<b>5.Por que?</b>	Ausência de revisão da fixação do componente, uma vez que o equipamento trabalha com "chute pneumático", e, portanto, há vibração				
<b>Causa Raiz</b>					
<b>Conclusão:</b>	A causa raiz deste problema foi a falta de reaperto das bases onde estão fixadas as chaves de intertravamento das portas para acesso aos componentes internos da máquina				
<b>Plano de Ação</b>					
<b>O que?</b>	<b>Como?</b>	<b>Quem?</b>	<b>Quando?</b>	<b>Onde?</b>	<b>Status</b>
Implementar na preventiva da máquina um item contemplando a inspeção desta base para evitar o desalinhamento do componente	Incluindo este item na preventiva do equipamento	PCM	Até 30/07/23	SAP	Sob implementação

Fonte: Berté (2023)

#### 4.2.3 Falha nas Pinças

Outro componente da ensacadeira, é a pinça. Este item é responsável por segurar a embalagem que foi preenchido com produto em três posições: posição de

solda do fundo da embalagem, posição de enchimento de produto junto ao bico de envase e posição de solda no topo da embalagem.

As pinças desempenham uma das funções mais importantes para o processo de ensaque, e caso elas não atuem de acordo com a sequência do processo, a produção irá parar.

Quadro 5 Falha nas Pinças

<b>Análise 5 Porquês</b>					
<b>Data:</b> 27/04/2023	<b>Equipamento / Setor:</b>		Ensacadeira 01 / Linha de Ensaque Automatizado	<b>Participantes:</b>	Paula Berté, Supervisor de Manutenção e Técnico Mecânico
<b>Problema</b>	Falha nas Pinças				
<b>1.Por que?</b>	As pinças não seguraram a embalagem a ser soldada e posteriormente preenchida com produto				
<b>2.Por que?</b>	A garra da pinça travou				
<b>3.Por que?</b>	Pois o ambiente onde ela está inserida e a falta de lubrificação no componente faz com que ela oxide e pare de exercer o movimento				
<b>4.Por que?</b>	Pois não há uma rotina de limpeza e lubrificação contemplada no plano de manutenção do equipamento				
<b>5.Por que?</b>					
<b>Causa Raiz</b>					
<b>Conclusão:</b>	Neste caso, a causa raiz foi encontrada antes da aplicação do 5° Por quê. A falta de limpeza e lubrificação da garra da pinça faz com que ela não funcione corretamente.				
<b>Plano de Ação</b>					
<b>O que?</b>	<b>Como?</b>	<b>Quem?</b>	<b>Quando?</b>	<b>Onde?</b>	<b>Status</b>
Implementar na preventiva da máquina um item contemplando a lubrificação do componente	Incluindo este item na preventiva do equipamento	PCM	Até 30/07/23	SAP	Sob implementação
Implementar a periódica limpeza do componente	Através de um check list	Supervisor de Operação	Até 30/07/23	SAP	Sob implementação

Fonte: Berté (2023)

#### 4.2.4 Motoredutor Trancando

Os motoredutores são redutores acoplados a um motor elétrico. Eles possuem um eixo de entrada e outro de saída, um conjunto de engrenagens imersas em óleo lubrificante, rolamentos e uma carcaça. O equipamento é responsável por fazer a troca direta entre velocidade e força, segundo Redutores e Motoredutores SEW, Edição 07 (2006). Neste equipamento o motoredutor é acoplado a um eixo responsável pelo movimento de giro da esteira que carrega as embalagens com produto para o pallet.

Quadro 6 Motoredutor Trancando

<b>Análise 5 Porquês</b>					
<b>Data:</b> 28/04/2023	<b>Equipamento / Setor:</b> Ensacadeira 01 / Linha de Ensaque Automatizado		<b>Participantes:</b> Paula Berté, Supervisor de Manutenção e Técnico Mecânico		
<b>Problema</b>	Motoredutor Trancando				
<b>1.Por que?</b>	Pois houve desgaste no conjunto de engrenagens				
<b>2.Por que?</b>	Devido ao nível de óleo estar abaixo do recomendado pelo fabricante para a operação				
<b>3.Por que?</b>	Vazamento de óleo na tampa do motoredutor				
<b>4.Por que?</b>	Ressecamento da tampa devido o tipo de ambiente onde está inserido				
<b>5.Por que?</b>	Falta de uma rotina de lubrificação e manutenção do equipamento				
<b>Causa Raiz</b>					
<b>Conclusão:</b>	Neste caso, a causa raiz foi encontrada antes da aplicação do 5° Por quê. A falta de limpeza e lubrificação da garra da pinça faz com que a mesma não funcione corretamente.				
<b>Plano de Ação</b>					
<b>O que?</b>	<b>Como?</b>	<b>Quem?</b>	<b>Quando?</b>	<b>Onde?</b>	<b>Status</b>
Implementar na preventiva da máquina um item contemplando a lubrificação do componente	Incluindo este item na preventiva do equipamento	Analista de PCM	Até 30/07/23	SAP	Sob implementação
Implementar na preventiva da máquina uma avaliação da tampa do redutor	Incluindo este item na preventiva do equipamento	Analista de PCM	Até 30/07/23	SAP	Sob implementação

Fonte: Berté (2023)

### 4.3 Plano de Manutenção Preventiva

Com a conclusão da aplicação do método 5 Porquês, através dos principais pilares do Diagrama de Pareto, onde acredita-se que se pode resolver 80% dos problemas da máquina se atuarmos preventivamente em 20% das principais falhas ocorridas. Foi então elaborado um plano de manutenção preventiva para a ensacadeira, conforme pode-se observar no quadro abaixo.

Quadro 7 Plano de Manutenção Preventiva

Plano de Manutenção Preventiva Mensal - Ensacadeira Automatizada 01									
TÉC. EXECUTANTE		OS.:							
MECÂNICA E ELÉTRICA									
POA1-0203-EN01	IT	COMPONENTES PARA A MANUTENÇÃO	O ITEM ESTÁ CONFORME?			SUBSTITUIÇÃO DO COMPONENTE	REAPERTO / ALINHAMENTO	LUBRIFICAÇÃO	COMENTÁRIOS
			SIM	NÃO	NA				
BALANÇA	1	Rolamentos				X		X	
	2	Condição das borrachas de vedação das comportas				X			
	3	Folga das rótulas e articulações					X		
UNIDADE DE BOBINA	4	Folga das rótulas e articulações					X		
	7	Rolamentos dos roletes do alimentador de sacos				X		X	
	8	Limpeza com ar comprimido							
	9	Barras de solda				X			
	10	Lubrificação dos componentes metálicos						X	
	11	Fixação das barras de solda					X		
PARTE INTERNA - ENCHIMENTO	12	Alinhamento dos conjuntos de pinças intermediárias					X	X	
	13	Verificar condições das pinças						X	
	14	Verificar alinhamento das ventosas					X		
	15	Tensionamento, desgaste, emenda e alinhamento das correntes					X		
	16	Limpeza do cilindro de abertura de vácuo							
	17	Folga das rótulas e articulações					X	X	
	18	Verificar rolamentos da mesa de elevação						X	
	19	Verificar rolamentos das esteiras						X	
PARTE INTERNA - SOLDADURA DE BOCA	20	Verificar condições das borrachas do prensa saco				X			
	21	Folga das rótulas e articulações					X	X	
	24	Folga nas correntes de tração					X		
	25	Revisão da tampa da caixa de óleo do motoredutor				X			
	26	Completar nível de óleo do motoredutor						X	
	27	Condições do roletes da esteira de transporte das sacarias						X	
	28	Condição dos roletes da caída de sacos inclinada						X	
CONJUNTO HIDRÁULICO	29	Verificar rolamentos das esteiras						X	
	30	Verificar se existe vazamento de óleo nos cilindros hidráulicos				X			
	31	Limpar alívio dos cilindros hidráulicos							

Fonte: Berté (2023)

É importante que todo documento preenchido envolvendo inspeções ou preventivas, seja armazenado em um banco de dados, para que se tenha um histórico possível de analisar para uma futura tomada de decisão. Além disso, através das análises das falhas, pode-se obter informações sobre os componentes que estão suscetíveis a quebras.

Com estas informações, a empresa está fazendo um cadastro em seu sistema SAP, para que os principais componentes possam ser itens de estoque, a fim de evitar

que a máquina fique parada por muito tempo, caso o componente não possa ser recuperado após a quebra.

Após a reunião com a coordenação e gerência de apresentação do plano, a empresa optou por adotar este plano de manutenção preventiva imediatamente, tendo maio de 2023, como o mês de referência para dar início ao plano. E apesar de ele ser o primeiro passo para tornar a máquina mais confiável, a empresa pretende ir incluindo pontos de melhoria no plano com o passar do tempo. O acompanhamento da eficácia dele, será feito quadrimestralmente, através da extração de dados de performance do equipamento no software Evocon. Uma vez que ele é utilizado para o monitoramento da disponibilidade técnica deste equipamento. Assim, com o gráfico extraído pelo software, será possível visualizar se houve um aumento ou redução das falhas.

## 5 CONCLUSÕES

### 5.1 Conclusão

Este Trabalho teve como objetivo principal elaborar uma proposta de um plano de manutenção preventiva em uma ensacadeira automatizada, presente em uma unidade de mistura de fertilizantes, com a finalidade de reduzir os custos com manutenção e paradas não desejadas. Outro ponto que a autora propôs, foi o mapeamento das falhas que o equipamento apresentou num período de janeiro de 2020 a dezembro de 2022. Onde atingiu o resultado com a utilização de um software para a extração de dados do comportamento da máquina neste período, e com isso pode compilá-los em um gráfico de Pareto. Visualizando então, os principais pontos de quebra ou parada da máquina. E concluindo assim seu outro objetivo que era o de gerar um gráfico das falhas do equipamento em função do tempo.

A partir destes dados, ela também se propôs a aplicar a ferramenta “Os 5 Porquês”, para encontrar as possíveis causas dos problemas. Conforme visto no decorrer deste Trabalho, esta proposta também foi atingida, pois com os dados do Pareto, a autora selecionou os quatro primeiros pilares do gráfico, onde estavam os maiores problemas, e aplicou a ferramenta para encontrar a causa raiz em cada um dos pilares. Com isso, percebeu que os maiores causadores de problemas no equipamento estavam na falta de um procedimento de limpeza, de lubrificação e de inspeção.

Conforme já visto no conceito de manutenção preventiva, a tendência dos componentes é que eles se degradem com o passar do tempo e com seu uso. E por isso, faz sentido a aplicação de uma preventiva no equipamento, onde ela ajuda a prolongar o tempo de vida dele. Visto que nesta ensacadeira não existia um plano de manutenção preventiva, com os dados gerados após a análise dos problemas, a autora pode completar mais um objetivo proposto, que era o de elaborar um plano de manutenção preventiva que contemplasse todos os pontos estudados. Ela considera que o plano elaborado foi satisfatório, uma vez que colocando em prática, junto com as inspeções da produção, a tendência é de que as falhas venham a diminuir. A apresentação da proposta para a empresa, foi outro objetivo atingido, uma vez que o plano é facilmente aplicado e foi muito bem aceito pelos gestores.

Vale dizer também, que assim como toda a implementação de melhoria, para que esta proposta seja implementada da melhor forma possível, se faz necessária a realização de treinamentos para a operação, a fim de instruir o novo formato de gestão do equipamento.

O acompanhamento da efetividade também era um dos objetivos deste Trabalho, no entanto, em razão do prazo em que este Trabalho tem para ser entregue, não foi possível a coleta dos dados. Assim como também não foi possível a aplicação do plano de preventiva sugerido pela autora. Como já mencionado anteriormente, a empresa implementou o plano em maio 2023, e o acompanhamento de sua eficácia será feito quadrimestralmente, através do software Evocon.

Ainda assim, pode-se concluir que o Trabalho atingiu o objetivo geral proposto, bem como seus objetivos específicos, tendo boas perspectivas de resultados após uma implementação futura.

## **5.2 Recomendações para Trabalhos Futuros**

Com o encerramento desta Trabalho, surgem algumas propostas de continuidade:

- Realização de melhorias no plano baseado em resultados da sua eficiência;
- Análise da eficiência do plano de manutenção através de indicadores de manutenção e sistema Evocon;
- Realização de um plano de manutenção para os demais equipamentos da linha de ensaio automatizado;

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE ALMEIDA, Paulo Samuel. **Manutenção Mecânica Industrial – Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Saraiva Educação S.A., 2018.

SOEIRO, Marcus Vinícius de Abreu; OLIVIO, Amauri; LUCATO, André Vicente Ricco. **Gestão da Manutenção**. Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM – Planejamento e Controle da Manutenção**. Qualitymark Editora Ltda, 2002.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, V. 171, 1998.

REIS, Zaida Cristine; DENARDIN, Carina Desconzi; MILAN, Gabriel Sperandio. **A Implementação de um Planejamento e Controle de Manutenção, um Estudo de Caso**. Niterói, RJ, 2010.

TAVARES, Lourival. **Administração Moderna da Manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.

TELES, Jhonata. **Plano de Manutenção Preventiva: Como Elaborar**. Disponível em: <https://engeteles.com.br/plano-de-manutencao-preventiva/>. Acesso em 21 de abril de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO (ABRAMAN). **Documento nacional 2007: situação da manutenção no Brasil**. NBR 5462, 1994.

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

KARDEC Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 3 ed. Rev. e atual. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KARDEC Alan; NASCIF, Júlio A. **A Manutenção – função estratégica**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2001.

KARDEC, A. NASCIF, J. A. **A Manutenção – função estratégica**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2010

MOUBRAY, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (Reability-Centered Maintenance-RCM)**. Trad. Kleber Siqueira, São Paulo: Aladon 2000.

MONTAGHARE, O.; PILLAI, A. S.; RAMACHANDRAN, K. I. **Predictive Maintenance Architecture**. Madurai, Índia, 2018.

MONCHY, François. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1 ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987.

ALMEIDA, P. **Manutenção mecânica industrial: princípios técnicos e operações**. São Paulo: Érica, 2016.

KARDEC, A. NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: *Qualitymark* Editora Ltda, 2013.

VERRI, Luiz Alberto. **Gerenciamento Para Qualidade Total na Manutenção Industrial**. 1ª Ed. Editora: *Qualitymark*, 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª Ed. Editora: Atlas 2006.

BRANCO FILHO, Gil. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna, 2006.

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção Preditiva Total – Um modelo adaptado**. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

GIL. A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

HELMAN, Horacio; ANDERY, Paulo Roberto Pereira. **Análise de Falhas (aplicação dos métodos de FMEA – FTA)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

SALES, Matías. **Diagrama de Pareto**. 2013

SEW, Euro Drive. **Redutores e Motoredutores**. Edição 07 (2006)

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PIRES, A. **Proposta de um plano de manutenção preventiva de moinhos horizontais por via úmida utilizados em uma indústria química**. UFOP, 2002.

WEISS, A. E. **Key Business Solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

GARCIA, Fabiano Luiz. **Proposta de Implementação de Manutenção Preventiva em um Centro de Usinagem Vertical: Um Estudo de Caso**. Revista Tecnologia e Tendências, Universidade Feevale, V. 9., 2014.

CARVALHO, Luiz Ricardo Borges Araújo de. **Proposta de Plano de Manutenção Preventiva em Redutores de Velocidade de Eixo de Rebolo de Arraste de Retíficas Centerless**. Editor: Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas, 2022.

ALBUQUERQUE, Felipe Reis; MOTA, Lucas Augusto; MORESCO, Rodrigo; CARDOSO, Wagner. **Proposta de Elaboração de um Programa de Manutenção Preventiva para um Moinho de uma Fábrica de Ração**. URI, 2016.

RAMOS, Elani F. **A gestão de Riscos usando FMEA**. Revista Mundo PM número 10, 2006.

STAMATIS D. H. ***Failure Mode and Effect Analysis. FMEA from Theory to Execution.*** ASQ Quality Press, 2003.

GONÇALVES, Giseli; GONÇALVES, Lucas William Nogueira; CARVALHO, Cleginaldo Pereira. **Gestão da Manutenção de forma estratégica em uma Empresa Metal-Mecânica.** XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Joinville - SC, 2017.

TAVARES, M. C. **Gestão Estratégica.** 2ª Ed. São Paulo: Atlas. 2005.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total.** São Paulo: IMAM, 1993.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais.** 2. ed. rev. e atual. Curitiba: Ibpex, 2010.