**PROPOSTA DE MELHORIA DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM UMA EMPRESA AGROINDUSTRIAL DO TRIÂNGULO MINEIRO**

*Luciana Mahler Assunção Valentino¹*

lumahler@hotmail.com

*Murilo Tasse de Melo²*

murilotasse@yahoo.com.br

*Sthéfanne Caroline Rodrigues Silva³*

sthefanne\_crs@hotmail.com

*Wagner Cardoso4*

wagner.cardoso@uniube.br

**RESUMO**

O presente trabalho tem a finalidade de propor melhorias através de um plano de manutenção preventiva em uma empresa do setor agroindustrial, localizada no Triângulo Mineiro. Para isso, utilizou-se métodos de pesquisa e coleta de dados tendo como principal objetivo implementar um plano de manutenção para melhor utilização dos equipamentos. Fundamentou-se alguns conceitos, como manutenção, tipos de manutenção e plano de manutenção, bem como identificação da situação atual da empresa, apontando as principais consequências da falta de um planejamento e controle efetivo da manutenção. Como resultado da implementação do plano e suas ferramentas, busca-se facilitar o controle dos serviços da manutenção, padronização dos procedimentos, codificação dos equipamentos e a execução da manutenção preventiva, facilitando o gerenciamento e, consequentemente, diminuindo as perdas.

**Palavras-Chave:** Manutenção Preventiva, Plano de Manutenção, Gerenciamento.

**PROPOSAL FOR IMPROVEMENT OF THE PREVENTIVE MAINTENANCE PROGRAM IN AN AGROINDUSTRIAL COMPANY OF THE TRIÂNGULO MINEIRO**

**ABSTRACT**

The present work has the purpose of proposing improvements through a preventive maintenance plan in a company of the agroindustrial sector, located in the mining triangle. For this, research and data collection methods were used, with the main objective of implementing a maintenance plan for better use of the equipment. Some concepts, such as maintenance, types of maintenance and maintenance plan, as well as identification of the current situation of the company were pointed out, pointing out the main consequences of the lack of effective maintenance planning and control. As a result of the implementation of the plan and its tools, it is sought to facilitate the control of maintenance services, standardization of procedures, codification of equipment and execution of preventive maintenance, facilitating management and, consequently, reducing losses.

**Key Words:** Preventive Maintenance, Maintenance Plan, Management.

1. **INTRODUÇÃO**

Este artigo tem como meta a apresentação de uma proposta de melhoria da Manutenção Preventiva (MP) à uma empresa agroindustrial, situada no distrito industrial III de Uberaba-MG. A escolha por esta empresa e tema, se deve à percepção do grupo aos constantes acontecimentos de empresas com grandes estruturas para implantação e desenvolvimento da MP e que não as fazem. O tema proposto é de grande importância para qualquer empresa, pois com a execução correta e bem feita, só trará benefícios e consequentemente bons resultados. A empresa escolhida já apresenta a Manutenção Preventiva implantada, porém não a está sendo utilizada com total eficácia. O foco do estudo será a coleta de dados reais, os quais serão analisados e estudados, com a intenção de apresentar bons argumentos e cálculos, a importância de uma Manutenção Preventiva bem planejada. Trazendo os principais benefícios de uma boa execução, como redução de custos com Manutenção Corretiva, e também, redução de tempo perdido com paradas de máquinas para a realização da mesma.

A Manutenção Preventiva, segundo Costa (2013), é a manutenção voltada para evitar que a falha ocorra, através de manutenções em intervalos de tempo pré-definidos. Para Slack (2002, p. 645), “visa eliminar ou reduzir a probabilidade de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de tempo pré-planejados”. De acordo com Almeida (2000, p.3), “todos os programas de gerência de manutenção preventiva assumem que as máquinas degradarão com um quadro típico de sua classificação em particular”. Ou seja, os reparos e recondicionamentos de máquinas, na maioria das empresas, são planejados a partir de estatísticas, sendo a mais largamente usada a curva do tempo médio para falha – CTMF (ALMEIDA, 2000).

Para obtenção de uma maior segurança, confiabilidade nos equipamentos e qualidade dos produtos, a manutenção em máquinas e equipamentos é de extrema importância, pois além de reduzir os custos da produção, ela evita desperdícios.

A Manutenção Preventiva consiste em reduzir ou evitar a quebra ou falha em equipamentos, além de seu custo ser menor quando comparada à Manutenção Corretiva. Ela é feita com uma maior frequência, sendo executada quando o equipamento ainda não obteve falha. Já a Manutenção Corretiva, segundo Jordaan e Visser (2009) “as ações só são executadas quando uma máquina ou equipamento quebra. Não há intervenções até ocorrer uma falha”. Ou seja, ela existe para restaurar ou corrigir funcionamento da máquina.

A empresa em estudo possui Manutenção Corretiva e também a Manutenção Preventiva, porém a mesma não está sendo executada com eficiência devido principalmente à escassa mão de obra. Porém, existem outros fatores que também influenciam na sua execução não adequada. Além de pouca mão de obra especializada, a empresa não prioriza a execução da MP, o que acaba sendo sempre deixado para depois.

Sabe-se que grande parte das empresas que possuem um controle de Manutenção Preventiva e o executa de maneira correta e eficaz, têm como resultado uma probabilidade razoavelmente baixa de ocorrer falhas em equipamentos, ou seja, quanto mais frequente essa manutenção acontecer, menor é a chance de ocorrer quebras, o que resulta em uma redução considerável de desperdícios. De acordo com Rodrigues (2012), a Manutenção Preventiva tem como pontos positivos a facilidade por parte da produção em cumprir o planejado, assegurar a continuidade do funcionamento das máquinas, aumento do tempo de vida útil, diminuição do número total de intervenções corretivas, além de reduzir o custo da Manutenção Corretiva.

Porém, existem também alguns pontos negativos da manutenção preventiva, que são a substituição prematura de componentes que poderiam operar por um tempo maior do que previsto, além de causar possíveis defeitos no equipamento por falha humana, de peças sobressalentes e falhas dos procedimentos de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2013).

Ainda segundo Kardec e Nascif (2013), os fatores que influenciam para adotar a Manutenção Preventiva ocorrem quando não é possível realizar a Manutenção Preditiva, quando existirem aspectos relacionados com a segurança pessoal, quando houver risco de agressão ao meio ambiente e em equipamentos complexos ou que atuam em operações contínuas.

Entre vários fatores, os principais resultados que a implantação desta Manutenção Preventiva na empresa pode causar são:

* Redução das paralisações na produção por motivo de quebra de máquinas;
* Longevidade do maquinário: os equipamentos passam a ter um ganho considerável em seu tempo de vida útil, e conferem maior valor aos ativos da organização, devido ao seu estado de conservação;
* Possibilidade de prever os gastos com a contratação de um técnico ou auxiliar de manutenção, além de reduzir a incidência de despesas inesperadas representadas pela Manutenção Corretiva.

O objetivo deste artigo é analisar os benefícios de uma Manutenção Preventiva bem implantada no ambiente fabril, bem como a sua importância para um efetivo gerenciamento. Outro objetivo também, é propor melhorias à indústria através da avaliação dos custos, análise da rentabilidade de sua manufatura com o aumento de disponibilidade dos equipamentos.

Os objetivos específicos são:

* Quantificar as paradas não planejadas;
* Levantar os custos da manutenção corretiva;
* Levantar as perdas de produtividade por paradas não planejadas e o valor de faturamento não obtido;
* Quantificar os custos de mão de obra ociosa, devido parada não planejada;

Algumas de nossas propostas são, a implantação da ferramenta FMEA do equipamento e também o melhoramento na Manutenção Preventiva da fábrica.

A elaboração do artigo proposto mostrará quão grande é a importância de uma Manutenção Preventiva efetiva, eficaz e eficiente, dentro da empresa escolhida. Apresentando à mesma, os custos de equipamentos quebrados, produção parada e reprocesso, cruzando estes dados com o custo de aumento do quadro de mão de obra. Será exposto ao final do trabalho, redução de custos, entre vários outros benefícios que a empresa conseguirá com a proposta de melhoria do Programa de Manutenção Preventiva.

1. **MANUTENÇÃO PREVENTIVA**
	1. **Histórico**

A Manutenção de máquinas e equipamentos é considerada de extrema importância ao setor industrial desde meados dos anos quarenta. Porém, neste período a manutenção industrial ainda encontrava-se em fase de desenvolvimento, e era limitada apenas à reparação de falhas ou à substituição das peças danificadas.

Segundo Carreira, Silva e Caneira (2010),

A partir dos anos cinquenta, com o aparecimento das linhas de produção, as empresas começaram a reconhecer a importância da manutenção de equipamentos, como uma ação autônoma e específica. Deste modo, a Manutenção Industrial passou a ser encarada de outra forma, pois as avarias e as paragens das máquinas tinham um grande impacto sobre o custo final do produto. Também o desenvolvimento da aviação comercial adicionou novos desafios à manutenção, porque obrigou ao desenvolvimento de métodos preventivos, já que a reparação durante o vôo raramente é possível e, além do mais, despertou para o problema da segurança de pessoas e bens. Nasce então a Engenharia de Manutenção que vai criar processos científicos de manutenção preventiva, em que a preocupação dominante é a disponibilidade dos equipamentos.

Ainda de acordo com Carreira, Silva e Caneira (2010), “em uma segunda fase de evolução da manutenção surge o conceito de Manutenção Preventiva Sistemática, que é baseada em intervenções de periodicidade fixa (semanal, mensal, anual), e pode ser aplicada de duas formas:

* Visitas ou Inspeções Sistemáticas, constituídas por verificações periódicas a pontos críticos do equipamento, originando intervenções quando a inspeção o revele necessário;
* Revisões Gerais, constituídas por trabalhos de manutenção programados efetuados periodicamente com paragem geral da fábrica ou instalação.

Na terceira fase de evolução da manutenção surge o conceito de Manutenção Preventiva Condicional, que surgiu nos anos 70-80, afim de designar uma nova abordagem de Manutenção Preventiva, baseada no conhecimento do estado real das máquinas, a partir da implementação de um sistema de controle de condição, que hoje pode ser chamada de Manutenção Preditiva. Este tipo de manutenção é baseada em intervenções de periodicidade variável, efetuadas de acordo com o estado do equipamento, que é avaliado através do controle das suas condições de funcionamento, e permitem decidir a necessidade de intervenção nos equipamentos a partir do conhecimento do seu estado real, evitando a realização de trabalhos de Manutenção Preventiva em intervalos fixos, como foi referido anteriormente.

 Nos dias atuais, cada vez mais os gestores de grandes empresas preocupam-se com o quesito concorrência. E o que os tornam diferentes nesse sentido, é principalmente a sua forma de trabalhar, ou seja, o que agrega valor ao que é produzido, através das melhorias executadas. Como por exemplo, redução do tempo com manutenção corretiva e também redução de peças com falhas por motivo de incidentes com máquinas e equipamentos. Também pode-se considerar uma melhoria, a redução com os custos gerados na Manutenção Corretiva, já que com a MP bem executada, essa manutenção se tornará cada vez mais escassa.

Segundo Kardec (2002, apud MOREIRA NETO, 2011), esta nova postura é fruto dos novos desafios que se apresentam para as empresas neste novo cenário de uma economia globalizada e altamente competitiva, onde as mudanças se sucedem em alta velocidade e a manutenção, como uma das atividades fundamentais do processo produtivo, precisa ser um agente proativo.

A fim de obter uma vantagem competitiva, é de importância fundamental o engajamento do fator humano na organização. Esse engajamento é caracterizado por sua iniciativa, colaboração, empenho, vontade, motivação, disciplina, comprometimento e por sua satisfação em executar um trabalho que o realize e que realize também sua equipe. A manutenção depende cada vez mais da disposição de seus colaboradores em quebrar paradigmas e encarar novos desafios dentro da atividade. (FERNANDES; GOMES; SOUZA, 2011).

Sabe-se que uma empresa que consegue oferecer seus trabalhos com sua linha de produção e máquinas funcionando corretamente, consegue fornecer seus produtos ou serviços com melhor qualidade e também menor custo e tempo de produção. Por isso, os profissionais responsáveis pela manutenção têm que ser empenhados e também qualificados para manter esses equipamentos em ordem e assim proporcionando benefícios para a empresa.

Alguns benefícios trazidos pela qualidade da mão de obra são, segundo, Fernandes, Gomes e Souza (2011):

* Qualidade final do produto ou serviço fornecido ao cliente – benefício muito importante, pois é com a qualidade final que você conquista ou perde seu cliente;
* Credibilidade – através da boa qualidade entregue ao cliente, consegue-se a credibilidade exigida por ele;
* Garantia – com a credibilidade que tem com o cliente que se consegue a garantia de mantê-lo;
* Competitividade no mercado – se não houver qualidade no produto que oferece, consequentemente perde a competitividade que a empresa tem no mercado.
	1. **Definição dos tipos de manutenção**

Na busca da excelência, alta produtividade, redução de custo, as empresas no atual cenário industrial, necessitam aproveitar o máximo de suas capacidades produtivas, com isto é necessário que seja montada uma equipe capacitada e principalmente preparada para que sua manutenção seja efetiva e eficiente, reduzindo as falhas e aumentando a vida útil de seus equipamentos.

Segundo Selene (2015, p. 18) “a manutenção é uma função realizada normalmente em circunstâncias adversas e de estresse, tendo como seu principal objetivo restaurar no menor tempo possível o estado de disponibilidade exigido do equipamento.”. Já para Branco Filho (2008, p. 5), “Manutenção: Todas as ações técnicas e administrativas que visem preservar o estado de um equipamento ou sistema, ou para recolocar o equipamento ou sistema de retorno a um estado no qual ele possa cumprir a função.”. Segundo Kumar e Kapil, (2013) “manutenção não significa eliminar apenas a falha, mas identificar a causa e compreender as conseqüências.”.

Para que a empresa tenha uma boa técnica de manutenção, a literatura fornece alguns tipos de manutenção, sendo elas: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva. O uso de cada um dos tipos depende da estratégia gerencial de cada empresa, onde se busca enxugar ao máximo o quadro de funcionários, reduzindo o custo da mão de obra. Além disso, busca sempre a redução de horas paradas por Manutenção Corretiva e a eliminação de gastos por falta da Manutenção Preventiva.

 Para o bom funcionamento é necessário um bom Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), para que possa haver um bom aproveitamento de hora-homem de sua equipe. A seguir serão detalhados todos os tipos de manutenção e PCM.

PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) segundo Branco Filho (2008) “é uma área responsável pelo gerenciamento das atividades de manutenção que vão desde o seu planejamento e programação, até a devida verificação através de padrões já conhecidos. A partir do controle podem ser tomadas ações para retificar desvios e falhas.”.

Manutenção Corretiva, segundo Branco Filho (2008, p. 6) é “Todo o trabalho de manutenção realizada em máquinas que estejam em falha, para reparar a falha.”, a qual é dividida em Manutenção Corretiva Planejada e Não Planejada:

Manutenção Corretiva Planejada, segundo Otani e Machado (2008) é a “correção que se faz em função de um acompanhamento preditivo, detectivo ou até mesmo pela decisão gerencial de se operar até ocorrer a falha.”.

Manutenção Corretiva não Planejada, segundo Otani e Machado (2008) é a “correção da falha de maneira aleatória, ou seja, é a correção da falha ou desempenho menor que o esperado após a ocorrência do fato.”.

De acordo com Branco Filho (2006, p. 6)

O uso da estratégia Manutenção Corretiva, apena, leva a uma continua e lenta degradação das máquinas e da instalação onde poderá acontecer perda de produção, risco à integridade das instalações, risco de degradação do meio ambiente e ainda, o que é mais grave, trazer risco à vida humana, não só dos empregados, mas também dos clientes e usuários dos produtos. Internamente o clima é tenso, as pessoas trabalham por demais preocupadas com o próximo problema e muitas vezes fazendo improvisações.

Quando se trata de manutenção corretiva, pode ser notado perante aos autores citados, que o objetivo é corrigir e consertar falhas e defeitos já existentes, sem a devida preocupação com o futuro dos equipamentos e das instalações.

Manutenção Preventiva, segundo Branco Filho (2008, p. 7), é “Todo o trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em condições operacionais, ainda que com algum defeito”, sendo uma manutenção muito cara, exigindo grandes paradas de máquinas, podendo ser complexas, onerosas e às vezes desnecessárias, ocorrendo utilização de peças sobressalentes em demasia, completa.

Já segundo Fouladgar et al (2012, apud MOSTAFAA; DUMRAKB; SOLTANC, 2015), “ a Manutenção Preventiva (PM) é realizada de acordo com os critérios prescritos. Pretende reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de um item.”.

Manutenção Preditiva, segundo Marcorin e Lima (2003), “A manutenção preditiva caracteriza-se pela medição e análise de variáveis da máquina que possam prognosticar uma eventual falha.”. Já para Branco Filho (2008, p. 8), é “todo trabalho de acompanhamento e monitoração das condições da máquina, de seus paramentos operacionais e eventual degradação.”.

Este tipo é muito utilizado na manutenção de equipamentos que contém peças de alto custo ou fluidos lubrificantes utilizados em grande quantidade de volume, para que possam ser aproveitadas o máximo possível de sua vida útil, sem sua quebra ou trocas prematuras destes componentes.

Na busca de uma gestão da manutenção ideal, pode-se utilizar da Manutenção Autônoma em apoio à equipe da manutenção, utilizando dos operadores, os quais conhecem melhor que ninguém as máquinas que operam. Assim, possibilitando uma melhor manutenção dos equipamentos, sua conservação e auxiliando com informações objetivas aos técnicos da manutenção, percebidas no dia a dia. E ainda, possibilitando também detectar possíveis falhas que venham ocorrer com o equipamento futuramente.

Segundo Marcorin e Lima (2003), “Pode-se entender por manutenção autônoma aquela realizada pelos próprios operadores. Ela constitui-se em uma ferramenta muito eficaz de manutenção preventiva e preditiva, a um custo menor que o observado em outros instrumentos.”. Ainda segundo Marcorin e Lima (2003) apresentam a manutenção autônoma como uma forma de reduzir os custos com pessoal de manutenção e aumentar a vida útil do equipamento, concentrando-se, basicamente, em limpeza, lubrificação, reapertos e inspeção diária.

 Parte da própria empresa junto com seus gestores, a escolha pelo método ideal de manutenção a ser implantado, utilizando de ferramentas e do conhecimento do seu processo produtivo para que venha ter êxito nesta escolha. Possibilitando o aproveitamento máximo de sua capacidade produtiva, reduzindo os custos e deixando o seu produto final bem competitivo no mercado.

* 1. **Ferramentas utilizadas na Manutenção Preventiva**

“Manutenção é vista na indústria como um mal necessário, uma despesa ou perda em que a organização deve incorrer para manter operando seu processo de produção” (MATA et al, 2008).A Manutenção Preventiva tem como característica a busca sistemática para impedir a ocorrência de falhas, mantendo um controle consecutivo sobre os equipamentos, executando operações julgadas convenientes. Ela é considerada um elemento fundamental nas atividades de manutenção e, conforme afirma Xenos (2004), envolve algumas tarefas programadas, como inspeções, reformas e troca de peças.

A manutenção preventiva é uma filosofia para a gestão de ativos que visa maximizar a operação através de inspeções de rotina com frequência crescente quando não há anormalidades a exibir. Isto leva a um aumento na probabilidade de falha devido à intervenção repetitiva e ao erro humano inerente. Recentemente, pesquisas de previsão ou pesquisa preditiva foram abordadas para obter estratégias de manutenção eficazes e avaliar e gerenciar o risco residual em equipamentos susceptíveis à degradação. (HOLGUÍN et al, 2016)

Para Black (1991), a Manutenção Preventiva além de levar a um aumento da confiabilidade dos equipamentos, garante um nível elevado de flexibilidade para a execução dos trabalhos de manutenção, podendo estes ser executados nos finais de semana ou quando melhor se encaixarem à produção, evitando assim interferências na produtividade.

Para sincronizar todos os processos que interagem na manutenção, segundo Silva (2001), é fundamental a existência de um sistema de controle de manutenção que permita a realização de determinados recursos, considerando:

* Quais serviços serão realizados;
* Quando os serviços serão realizados;
* Quais recursos serão necessários para a execução dos serviços;
* Quanto tempo será gasto em cada serviço;
* Qual será o custo de cada serviço, custo por unidade e o custo total;
* Quais materiais serão aplicados;
* Quais máquinas, dispositivos e ferramentas serão necessárias.

O plano de manutenção é a essência do gerenciamento do setor de manutenção, segundo Xenos (2004). Portanto, esse plano deve ser elaborado tendo como base informações apresentadas pelo próprio fabricante do equipamento e pela experiência acumulada da empresa na operação de equipamentos e processos similares. Esse conhecimento deve ser consolidado nos padrões de manutenção, que são a origem das informações do plano.

De acordo com Pereira (2009), para o plano de manutenção ser eficiente deve conter em sua base o cadastro de equipamentos de forma hierarquizada, considerando:

* O processo, sistema ou fábrica;
* Equipamentos (todos os equipamentos da empresa, que estão sujeitos a manutenção);
* Subprocessos ou subconjunto;
* Componente ou peça de reposição (sobressalente);

O cadastramento deve suportar, ao menos, as seguintes características:

* *Tagnumber* (número de registro do equipamento no plano);
* Fornecedores: serviços e materiais;
* Peças de reposição (sobressalente) com codificação;
* Serviço interno ou terceirizado;
* Documentação dos ativos (manuais, desenhos, planos de preventiva, inspeções etc.).

Conforme Tavares (1999), para iniciar o plano de manutenção, o primeiro passo é providenciar o levantamento dos equipamentos e a coleta de dados, além da identificação dos elementos que compõem a instalação industrial ou serviços. Todos os equipamentos deverão ser identificados e registrados através de formulários, pastas e arquivos, o que facilita o acesso às informações e agiliza as comparações e análises.

Em resumo, Xenos (2004) afirma que as ações preventivas mais usadas são:

1. Inspeção – é uma forma simples de aplicação da Manutenção Preventiva que pode ser realizada pelo pessoal envolvido na manutenção ou até mesmo pelo próprio operador da máquina. É uma parte importante que utiliza os sentidos humanos – visão, tato, olfato e audição, dando resultados rápidos e eficazes.
2. Tempo – tem como objetivo substituir ou restaurar, em intervalos determinados, peças e componentes que têm tendência a falhar à medida que envelhecem. Uma vez que seu limite de tempo foi atingido, essas ações são executadas independentes do estado que a peça se encontre no dia da troca. Lembrando que as ações baseadas no tempo só serão eficazes quando existir uma relação entre a idade do componente ou peça e sua probabilidade de falha.
3. Condição – estas ações são os resultados das inspeções periódicas e, a partir delas são realizados acompanhamentos e tiradas conclusões afim de detectar anomalias em peças e componentes. Desta forma, pode-se agir antes que as falhas aconteçam.

A padronização é um meio para melhorar tanto a execução quanto o gerenciamento das atividades de manutenção, tornando o processo mais simples, segundo Xenos (2004). Neste contexto, a realização da manutenção deve ser entendida como o trabalho operacional efetivado no “chão de fabrica”. Os principais benefícios da padronização são:

* Aumento da capacidade de treinamento de novos profissionais num espaço de tempo mais curto, permitindo que um maior número de técnicos seja capaz de executar tarefas relativamente complexas, que antes eram feitas somente pelos técnicos mais experientes;
* Possibilidade da transferência de tarefas simples de manutenção para os operadores de produção, resultando no aumento da eficiência do serviço de manutenção;
* Aumento da confiabilidade das ações corretivas e preventivas da manutenção, reduzindo as paradas de produção por falha reincidente e diminuindo a probabilidade de ocorrências de falhas induzidas pela execução e ações de Manutenção Preventiva;
* Domínio tecnológico sobre a manutenção dos equipamentos da empresa, evitando que o conhecimento se perca à medida que as equipes de manutenção vão sendo substituídas;
* Melhoria do planejamento da manutenção ao longo do ano, reduzindo os tempos para execução das tarefas, facilitando o planejamento logístico e a redução da indisponibilidade dos equipamentos;
* Otimização dos custos de manutenção através de melhor aproveitamento da mão-de-obra, eliminação dos desperdícios com peças de reposição e materiais sem utilização, e aumento da produtividade sem impor sobrecargas com horas-extras ou excesso de tarefas.

# A ferramenta FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos é um formulário de simples preenchimento que busca a causa raiz da falha, o qual será desenvolvido por uma equipe multidisciplinar treinada, preparada para o bom aproveito da ferramenta.

“A ferramenta FMEA é um guia para analisar, de maneira organizada, as causas sãs possíveis quebras do equipamento. Para evitar quebras, um grupo de trabalhadores é reunido para estudar os problemas e falhas que podem ocorrer. Esta equipe estabelece planos de ação para evitar as falhas identificadas.”.Santos, Wisk e Torres (2009, p. 103).

Esta ferramenta se baseia em:

1. Funções do equipamento;
2. Modos de falhas;
3. Efeitos da falha, a este é dado uma nota de Severidade, em uma escala de 1 à 10, sendo que mais próximo à 1 é menos grave e mais próximo à 10 é mais grave;
4. Causas da falha, neste uma nota para Ocorrência, em uma escala de 1 à 10, sendo que mais próximo à 1 não muito frequente e mais próximo à 10 é muito frequente;
5. Controles reais, já neste uma nota para Detecção, também em uma escala de 1 à 10, sendo que mais próximo à 1 quando controle detecta a causa, e mais próximo à 10 se dificilmente a causa é detectada.

Figura 1 - Formulário de FMEA



Fonte: McDermott et. al. (2009)

Estas notas para cada efeito de falha são multiplicadas e lançadas no campo NPR, sendo que o de maior resultado é o que se torna com maior importância na busca de uma melhor manutenção.

Na prática, para que todos os resultados sejam alcançados, os padrões e os procedimentos de manutenção contendo todas as informações e passos devem ser elaborados e disponibilizados para utilização por toda a equipe de manutenção.

1. **ESTUDO DE CASO**

**3.1 Caracterização da Empresa**

A empresa a ser estudada, é uma empresa agroindustrial do ramo de defensivo agrícola localizada no Triângulo Mineiro. É uma organização de grande porte e está no mercado a mais de 7 anos. Possui uma capacidade de produção de 100 milhões de litros/ano. Conta com uma equipe especializada de 260 colaboradores internos e externos. Possui um espaço de 40.000 m² de área construída, com laboratórios de pesquisa e linhas de produção totalmente automatizadas, garantindo assim a maior qualidade de seus produtos. Seu Sistema de Gestão Integrada conquistou todas as certificações que garantem alta confiabilidade em todos os processos: Inmetro em Boas Práticas de Laboratórios (BPL) para estudos de resíduos em vegetais, ISOs 9001 (garantia da qualidade) e 14001 (meio ambiente) e OHSAS 18001 (segurança). A empresa acredita que a sustentabilidade, o respeito à vida e o desenvolvimento individual de seus colaboradores são fundamentais para o seu sucesso e crescimento econômico.

 **3.2 Metodologia**

Tomando por referência os objetivos propostos, utilizou-se a base teórica a partir dos conhecimentos e ferramentas apresentadas no decorrer de toda graduação, bem como a coleta de dados e informações relevantes para a construção do estudo. Em vista da realização deste estudo de caso, a aplicação metodológica ocorreu durante o mês de abril de 2017. Sendo desenvolvidas nas seguintes etapas:

a. Visitas à empresa Química, onde o coordenador do setor apresentou a área produtiva, o envase de produto acabado, as informações sobre o processo e esclareceu dúvidas.

b. Foram coletadas junto ao sistema da empresa todas as paradas de equipamentos ocorridas no período de 07 de novembro a 24 de abril de 2017 e liberado sua divulgação.

c. Análise dos dados coletados.

**3.3 Diagnóstico da Situação Atual**

Para possibilitar uma efetiva visualização dos dados recebidos e uma melhor análise da situação atual da empresa, em relação à disponibilidade dos equipamentos, os dados foram tabulados em planilhas, conforme a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Tempo e quantidade de paradas de máquinas

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Equipamentos | Minutos parados | Quantidade de paradas | Horas paradas |
| Bosch P | 6880 | 181 | 114,7 |
| Serac | 3638 | 124 | 60,6 |
| Rotuladora | 2375 | 95 | 39,6 |
| Comas | 2035 | 63 | 33,9 |
| Robô primário | 1558 | 50 | 26,0 |
| Formadora de caixas | 1329 | 54 | 22,2 |
| Inkjet | 1208 | 44 | 20,1 |
| Fechadora de caixas | 545 | 17 | 9,1 |
| Bosch S | 535 | 22 | 8,9 |
| Robô secundário | 535 | 22 | 8,9 |
| Stretch | 490 | 14 | 8,2 |
| Esteiras | 390 | 11 | 6,5 |

Fonte: Acervo dos autores (2017).

Por meio desta planilha foi empregado à ferramenta, Gráfico de Pareto, Tabela 2 e Gráfico 1 onde possibilitou a identificação do equipamento mais crítico em paradas.

Tabela 2– Planilha para cálculo de Pareto

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Equipamentos | Minutos parados | Horas paradas | Percentual acumulado |
| Bosch P | 6880 | 114,7 | 32% |
| Serac | 3638 | 60,6 | 49% |
| Rotuladora | 2375 | 39,6 | 60% |
| Comas | 2035 | 33,9 | 69% |
| Robô primário | 1558 | 26,0 | 77% |
| Formadora de caixas | 1329 | 22,2 | 83% |
| Inkjet | 1208 | 20,1 | 88% |
| Fechadora de caixas | 545 | 9,1 | 91% |
| Robô secundário | 535 | 8,9 | 93% |
| Bosch S | 535 | 8,9 | 96% |
| Stretch | 490 | 8,2 | 98% |
| Esteiras | 390 | 6,5 | 100% |
|   |   | Total: 358,6 |   |

Fonte: Acervo dos autores (2017).

 Gráfico 1 – Gráfico de Pareto

Fonte: Acervo dos autores (2017).

Com o Pareto foi possível analisar que dentro de todos os equipamentos utilizados no processo de envase da empresa referida, a Bosch, sendo uma envasadora primária de produto em pó, foi a que mais gerou ocorrências, ocasionando maior perda de produção, devido à falhas e ajustes. Estas falhas promoveram 114,7 horas de máquina parada.

Observando a Tabela 3 a seguir, é possível identificar que as paradas geraram 9,8% de perdas na produção, sendo que a máquina produz em média 50 peças por minuto de 500g. Assim, deixa de produzir 172.050 quilogramas de produto nas 114.7 horas, na qual o de menor valor custa R$30,50, impedindo o faturamento de R$ 5.247.525,00 no referido período, de 07 de novembro de 2016 à 24 de abril de 2017.

 Tabela 3 – Tempo disponível para produção

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| DIAS/SEMANAS | TURNOS | TURNOS/SEMANA |  |  |  |
| 4 | 3 | 12 |  |  |  |
| 5 | 2 | 10 |  |  |  |
| 1 | 1 | 1 |  |  |  |
| 5 | 3 | 15 |  |  |  |
| 3 | 1 | 3 |  |  |  |
| 5 | 3 | 15 |  |  |  |
| 5 | 2 | 10 |  |  |  |
| 4 | 1 | 4 |  |  |  |
| 3 | 2 | 6 |  |  |  |
| 5 | 2 | 10 |  |  |  |
| 1 | 2 | 2 |  |  |  |
| 1 | 1 | 1 |  |  |  |
| 5 | 2 | 10 |  |  |  |
| 4 | 3 | 12 |  |  |  |
| 5 | 3 | 15 |  |  |  |
| 5 | 1 | 5 |  |
| 5 | 1 | 5 |  |
| 5 | 3 | 15 |  |
| 1 | 2 | 2 |  |
| 2 | 3 | 6 |  |
| 5 | 3 | 15 |  |
| Total de turnos | 174 |  |
| Minutos/turno | 405 |
| Horas/turno | 6,75 |
| Minutos disponíveis | 70470 |
| Horas disponíveis | 1174,5 |
| Horas paradas | 114,7 |
| Percentual das paradas | 9,8% |

 Fonte: Acervo dos autores (2017).

Para melhor compreensão da tabela 3, quando é citado dias por semana e turnos por dia, é observado que existiu uma grande variação, isto ocorre devido ao quadro enxuto de mão de obra, o qual é distribuído em 6 equipes de envase para os 3 turnos. Na fábrica existe 5 linhas de envase, onde necessitaria de 15 equipes, porém devido à demanda, as 6 equipes flutuam dentro da necessidade e da programação da produção no dia, gerando estas variações.

Com os dados extraídos do histórico da empresa pode-se calcular a disponibilidade da máquina, para uma melhor compreensão do tempo disponível sem falhas do equipamento.

A seguir, são demonstradas as equações (1) Cálculo do Tempo Médio entre as Falhas; (2) Cálculo do Tempo Médio de Reparo e (3) Cálculo da disponibilidade da máquina.

1. **MTBF Tempo Médio Entre Falhas**

MTBF= Tempo operacional

 Número de falhas

MTBF= 70470

 181

MTBF= 389,33 min

1. **MTTR Tempo Médio de Reparo**

MTTR= Tempo total no estado de falha

 Número de falhas

MTTR= 6880

 181

MTTR= 38,01 min

1. **Disponibilidade da máquina**

Disponibilidade= MTBF x100%

 MTBF + MTTR

 Disponibilidade= 389,33 x 100%

 389,33 + 38,01

Disponibilidade= 91,1%

Segundo Mendes (2011), quanto maior é o MTBF, menor é o número de falhas do sistema, e, consequentemente, menor é o tempo gasto em atividades de reparo, o que permite que a capacidade produtiva seja melhor aproveitada. Do mesmo modo, quanto menor for o MTTR, menor será o tempo gasto em manutenções corretivas, o que aumenta a disponibilidade do sistema.

Com isso, após o estudo realizado, foi possível compreender a atual situação da empresa:

1. Equipamento com alto número de falhas;
2. Grande perda na produtividade;
3. Manutenção ineficiente;
4. Tempo médio de reparos alto;
5. Tempo médio entre falhas muito baixo.

**3.4 Propostas de Melhoria**

Analisando os resultados obtidos e conhecendo a realidade da empresa, propõe-se:

* + 1. **Implantação da ferramenta FMEA do Equipamento**

Com o intuito de facilitar a visualização dos principais pontos a serem melhorados, e principalmente para uma redução nas paradas, foi indicada a implantação da ferramenta FMEA, a qual foi desenvolvida neste estudo de caso utilizando do histórico de paradas obtido na empresa, representada na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – FMEA da Bosch Primaria.

|  |  |
| --- | --- |
| **ANÁLISE DO MODO E EFEITO DAS FALHAS** | FMEA Nº0000001 |
| FMEA de Projeto ( ) de Processo ( x ) | Página: de |
| Projeto/ Processo: Envasadora Primária | Nome/Código do Produto: | Data Inicia: 26/04/2017 | Data Limite: 18/05/2017 |
| Maquina/Operação: Bosch Primaria | Revisão/Data: |
| Preparado por: Murilo Tasse | Respons. Projeto/Processo: | Aprovação da Gerência: |
| Equipe: Luciana Mahler e Sthéfanne Caroline |
| **Item/ Etapa** | **Função** | **Modo de falha** | **Efeito da falha** | **Severidade** | **Causa da falha** | **Ocorrência** | **Controles atuais** | **Detecção** | **Risco (NPR)** | **Ações recomendadas** | **Responsável/ Prazo** | **Ação tomada** | **Após ação** |
| **Severidade** | **Ocorrência** | **Detecção** | **Risco (NPR)** |
| Correia transporte | Tracionar o filme | Desgaste alinhamento | Filme dançando | **8** | Falta de preventiva, operadores sem preparo, qualidade do filme. | **5** | Manutenção corretiva, ajustes. | **2** | **80** | Manutenção preventiva, treinamento da operação. |  |  |  |  |  |  |
| Solda vertical | Soldar o filme | Desgaste, sobre carga de temperatura. | Solda falsa, micro furo, vazamento | **10** | Peça desgastada, alta temperatura. | **8** | Manutenção corretiva, ajustes. | **8** | **640** | Manutenção preventiva, treinamento da operação. |  |  |  |  |  |  |
| Solda horizontal | Soldar o filme | Desgaste, sobre carga de temperatura. | Solda falsa, micro furo, vazamento. | **10** | Peça desgastada, alta temperatura. | **8** | Manutenção corretiva, ajustes. | **8** | **640** | Manutenção preventiva, treinamento da operação. |  |  |  |  |  |  |
| Faca | Cortar a embalagem | Mau ajuste, desgaste | Embalagem mal cortada | **5** | Peça desgastada, Falta de conhecimento. | **4** | Ajuste. | **3** | **60** | Treinamento da operação |  |  |  |  |  |  |
| Rosca dosadora | Dosar o produto | Material estranho. | Obstrução, variação no peso. | **5** | Peça quebras anterior a rosca, embalagem | **6** | Conscientização. | **8** | **240** | Melhoria para o corte de rejeitos |  |  |  |  |  |  |
| Fecho tampa | Cortar o respingo do produto | Material estranho, desgaste. | Solda falsa. Vazamento | **5** | Peça quebras anterior a rosca, embalagem | **4** | Conscientização. | **8** | **160** | Melhoria para o corte de rejeitos |  |  |  |  |  |  |
| Correia comando transporte | Transmissão | Desgaste | Parada da produção | **8** | Desalinhamento, preventiva | **4** | Manutenção corretiva. | **10** | **320** | Manutenção preventiva e preditiva |  |  |  |  |  |  |
| Inversor do dosador | Dosar o produto | Má operação | Parada da produção | **5** | Trabalhar com baixa rotação | **4** | Manutenção corretiva. | **1** | **20** | Treinamento da operação |  |  |  |  |  |  |
| Mexedor | Controlar o peso | Limpeza | Variação no peso | **5** | Limpeza com água, rolamento travado. | **4** | Manutenção corretiva. | **6** | **120** | Melhoria no processo de limpeza. |  |  |  |  |  |  |
| Raspador do silo | Alimentação de produto na maquina | Falha humana | Travamento, quebra, falta de produto na maquina | **10** | Deixar ligado durante as paradas | **4** | Manutenção corretiva, orientação. | **3** | **120** | Intertravamento da rosca com a máquina |  |  |  |  |  |  |

Fonte: Acervo dos autores (2017).

Com a realização do FMEA, foi possível detectar que a solda vertical e horizontal, têm o maior impacto na produção. Principalmente a qualidade na entrega do produto, pois se tratando de um produto químico, de maneira alguma pode ocorrer vazamento de produto. E analisando a fundo, possibilita perceber que 70% da falha ocorrem devido à falta de manutenção preventiva.

* + 1. **Melhoramento na Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva na empresa já existe “no papel”, por necessidade de certificação, pois dentro de sua gerencia de manutenção, no setor de PCM, há um planejamento de manutenção preventiva, porém esta não é eficiente. Um dos principais fatores que leva a este acontecimento, é devido ao pequeno quadro de mão de obra. Com isto, o planejamento fica abafado, pois os colaboradores ficam presos na grande quantidade de ordens de serviços de manutenção corretiva, principalmente não planejada. E quando é feita a manutenção preventiva, ela é realizada muito superficialmente, ou seja, uma lubrificação e inspeção para troca de peças desgastadas, que poderia ser trocada anteriormente, acaba sendo trocada somente por quebra ou defeito, isso geralmente acontece devido à falta de um treinamento adequado.

Não existe parada para uma boa manutenção preventiva, a qual será sugerida em momentos que não afete sua produção, em intervalos de trocas de produtos ou em tempos de baixa na produtividade, por se tratar de uma empresa perene, que tem pico de produção no segundo semestre.

Para que a manutenção preventiva seja eficaz, é sugerido que haja um aumento no seu quadro de funcionários, dedicando um funcionário exclusivo a este tipo de manutenção, dando a ele os devidos treinamentos com o intuito de uma melhor qualidade no serviço. Analisando bem as informações obtidas, percebe-se que se calcular o custo de uma hora de produção parada, fica em torno de R$ 45.750,00 e o custo médio de hora de manutenção obtido é de R$ 180,00 (fonte da empresa).

Como plano de ação, pode-se citar algumas estratégias:

Estratégia A - Melhorar o grau de instrução e conhecimento dos funcionários em relação à manutenção.

Ação A1: Oferecer aulas e treinamentos gratuitos para os interessados a concorrer ao cargo que será destinado a somente este tipo de serviço.

Ação A2: Subsidiar uma porcentagem de alguns cursos técnicos à quem esteja interessado no cargo.

Estratégia B - Implementar um sistema de avaliação aos candidatos à vaga.

Ação B1: Estruturar um formulário de avaliação.

O formulário de avaliação será elaborado de maneira objetiva, envolvendo situações cotidianas de manutenção na empresa. Este formulário terá como objetivo a avaliação e reconhecimento do operador mais capacitado a assumir o cargo.

* 1. **Resultados Esperados**

Após a implantação da ferramenta FMEA, e conseguir tornar o setor de manutenção eficiente em sua manutenção preventiva, a empresa obterá os devidos resultados:

1. Redução do número de paradas por falhas e quebras;
2. Redução no tempo médio de reparos;
3. Aumento no tempo médio entre falhas;
4. Aumento sim, no custo da hora de manutenção, porém, um aumento significativo do faturamento, por um melhor aproveitamento da disponibilidade da máquina.
5. Um melhor convívio entre os setores de produção e manutenção, por uma maior satisfação, devido à redução de falhas e horas paradas para a produção.
6. **CONSIDRAÇÕES FINAIS**

Com a realização deste trabalho foi possível compreender a complexidade e a importância de um sistema eficaz de manutenção preventiva, considerando diversos fatores que vão desde a mão de obra até a produção. Ficou evidente que, através de um planejamento eficiente de manutenção, pode-se obter ganhos importantes na disponibilidade dos equipamentos.

O desenvolvimento do trabalho, através de pesquisas e coleta de dados, objetivou a implantação de ferramentas para melhorar o planejamento da manutenção nas atividades da empresa estudada. O projeto desenvolveu-se levando em consideração as necessidades da fábrica, levantando dados referentes aos equipamentos, capazes de comprovar ou não, sua implementação.

Com o diagnóstico da situação atual da empresa, foi possível identificar que dentre todos os equipamentos utilizados no processo de envase, a Bosch (envasadora primária de produto em pó) foi a que mais gerou ocorrências, ocasionando maior perda de produção devido à falhas e ajustes. Estas falhas geraram 114.7 horas de máquina parada. As paradas causaram 9,8% de perdas na produção, deixando de produzir 172.050 quilogramas de produto nas 114.7 horas, impedindo o faturamento de R$ 5.247.525,00 no período referido, 07 de novembro de 2016 à 24 de abril de 2017.

Com isso, foi sugerido a implantação da ferramenta FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos), pelo qual será possível constatar a maioria das causas das falhas no equipamento. A aplicação do plano de manutenção preventiva deverá ser realizado por uma equipe capacitada, destinada exclusivamente à manutenção, realizando inspeções e troca de componentes em tempos pré-determinados, buscando um aumento na disponibilidade dos equipamentos, implicando assim na diminuição das perdas.

**REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, Márcio Tadeu de. **Manutenção Preditiva:** Confiabilidade e Qualidade. Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 2000.

BELHOT, R. V.; CAMPOS, F. C. **Relações entre manutenção e engenharia de produção:** uma reflexão. Revista Produção Online. Vol.5, n.2, [s.l.], 2005.

BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1991.

BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2008.

CARREIRA, Filipe; SILVA, Luís; CANEIRA, Tiago. **Manutenção – Evolução e sua Importância.** Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2011.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão Estratégica da Manutenção:** Uma oportunidade para melhorar o resultado operacional. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

JORDAAN, J.; VISSER, J.k.. **A maintenance strategy model for static equipment using inspection methodologies and risk management.** University Of Pretoria, Pretoria, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção:** função estratégica. 4 ed. rev. ampl. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2013.

KUMAR, GoyalRavi; KAPIL, Maheshwari. **Maintenance: From Total Productive Maintenance to World Class Maintenance.** Rajasthan, 2013.

LEMOS, Mateus Albernaz; ALBERNAZ, Claudia Marcia R. Machado; CARVALHO, Rogerio Atem de. **Qualidade na Manutenção.**UENF, Belo Horizonte, 2011.

LIMA, Carlos Roberto Camello; MARCORIN, Wilson Roberto. **Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos.** Anta Bárbara D ́oeste, 2003.

MATA, Daniel. **Análisis probabilístico Del mantenimien to predictivo y correctivo de máquinas eléctricas rotativas en una planta trefiladora.** Puerto Ordaz, 2008.

MCDERMOTT, R. E.; MIKULAK, R. J.; BEAUREGARD, M. R.; **The basics of FMEA**.2nd. New York, NY: Productivity Press, Taylor & Francis Group.

MENDES, Angélica Alebrant. **Manutenção Centrada em Confiabilidade:** uma abordagem quantitativa. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MOREIRA NETO, Teófilo Cortizo. **A história da evolução do sistema de gestão de manutenção.** [s.l.], 2011.

OROZCO, Álvaro Angel; GERMÁN, A. Holguin; [ALVAREZ, Mauricio](http://www.scielo.cl/cgi-bin/wxis.exe/iah/?IsisScript=iah/iah.xis&base=article%5Edlibrary&format=iso.pft&lang=e&nextAction=lnk&indexSearch=AU&exprSearch=ALVAREZ,+MAURICIO); HOLGUIN, Mauricio. **Optimals tate selection and tuning parameters for a degradation model in bearingsusing Mel-Frequency Cepstral Coefficients and Hidden Markov Chains**. Árica, 2016.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira.**A Proposta de Desenvolvimento de Gestão da Manutenção Industrial na Busca da Excelência ou Classe Mundial.** 16 f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2008.

PERREIRA, M.J. **Engenharia de Manutenção:** Teoria e Prática. Ciência Moderna Ltda. Rio de Janeiro, 2009.

RODRIGUES, Felipe Francisco Nalesso. **Estudo de Caso–**Implementação de plano de manutenção preventiva visando a melhoria de desempenho em moldes. Sorocaba, 2012.

SANTOS, Javier; WYSK, Richard A.; TORRES, Jose Manuel. **Otimizando a produção com a metodologia lean.**São Paulo: Leopardo, 2009. 267 p.

SELENE, Robson. **Manutenção Industrial:** mantendo a fábrica em funcionamento. Curitiba: InterAberes, 2015.

SILVA, Romeu Paulo. **Gerenciamento do Setor de Manutenção.**Taubaté, 2004.

SOLTAN, Hassan; DUMRAK, Jantanee; MOSTAFA, Sherif.**Lean Maintenance Roadmap.** Bali, 2015.

SOUZA, Valdir Cardoso. **Organização e Gerência da Manutenção.** São Bernardo do Campo: All Print, 2014.

SOUZA, Alien Viganô de; GOMES, Jonas Canesin; FERNANDES, Rodrigo Sorbo. **Qualidade da mão de obra na manutenção.** Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, 2011.

TAVARES, Lourival A. **Administração Moderna da Manutenção**, Rio de Janeiro, Novo Pólo Publicações e Assessoria Ltda, 1999.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.