

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**ALISSON LUIS CANDIDO**

**MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

**Varginha**  
**2018**

**ALISSON LUIS CANDIDO**

**MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica Do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Esp. Jonathan de Oliveira Nery.

**Varginha  
2018**

**ALISSON LUIS CANDIDO**

**MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica Do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros.

Aprovado em     /     /

---

Prof.

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela saúde e forças em vários momentos de dificuldade durante esta caminhada e a minha família pelo incentivo constante.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os familiares, amigos feitos durante o curso e aos parceiros de profissão pelo auxílio na elaboração do trabalho.

“Algo só é impossível até que alguém duvide e resolva provar ao contrário”

Albert Einstein.

## RESUMO

Este projeto apresenta ferramentas para a gestão e controle de manutenção em uma indústria alimentícia, onde apresenta-se diferença e viabilidade da manutenção preventiva e preditiva. A opção pela implementação das manutenções preventivas e preditivas vem da capacidade de fornecer a melhor capacidade de produção das máquinas, minimizando sempre as quebras inesperadas dos equipamentos. O propósito é apresentar ferramentas e tecnologias para que os diferentes tipos de manutenção tragam uma maior confiabilidade e disponibilidade ao equipamento. A implantação de qualquer que seja o tipo de manutenção, é possível através de levantamentos em campo e indicadores em Excel, que permita filtrar e analisar as principais paradas da máquina. A análise dos indicadores fornece um banco de dados capaz de gerencialmente oferecer a capacidade de discernimento entre a implantação da manutenção preventiva e/ou preditiva, após as realizações de manutenção que disponha maior produção com maior disponibilidade do equipamento. O trabalho ainda apresenta a periodicidade do plano de manutenção preventiva, técnicas de manutenção preditiva aplicadas, redução da porcentagem de manutenção corretiva, aumento do número de peças cadastradas, redução no quadro de funcionários e aumento de disponibilidade dos equipamentos.

**Palavras-Chave:** Manutenção Preventiva. Manutenção Preditiva. Equipamento.

## ABSTRACT

*This project presents tools for the management and control of maintenance in a food industry, where difference and feasibility of preventive and predictive maintenance is presented. The option to implement preventive and predictive maintenance comes from the ability to provide the best production capacity of the machines, always minimizing unexpected equipment breakdowns. The purpose is to present tools and technologies so that the different types of maintenance bring a greater reliability and availability to the equipment. The implementation of whatever type of maintenance is possible through field surveys and indicators in Excel, which allows filtering and analyze the main stops of the machine. The analysis of the indicators provides a database capable of managerially offering the ability to discern between the implementation of preventive and / or predictive maintenance, after the maintenance realizations that have more production with greater equipment availability. The work also presents the periodicity of the preventive maintenance plan, applied predictive maintenance techniques, reduction of the percentage of corrective maintenance, increase in the number of registered parts, reduction in the number of employees and increase of equipment availability.*

**Keywords:** *Preventive Maintenance. Predictive Maintenance. Equipament.*



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Sistema de monitoramento de máquinas de uso geral .....	21
Figura 02: Resultados x Tipos de manutenção .....	24
Figura 03: Organograma 5W2H .....	25
Figura 04: Indicador de manutenção corretiva .....	29
Figura 05: Gráfico de Pareto principais falhas .....	30
Figura 06: Gráfico de Pareto por máquinas.....	30
Figura 07: Histórico de falhas .....	31
Figura 08: Legenda plano preventivo.....	35
Figura 09: Índice de manutenção corretiva .....	39
Figura 10: Índice de cadastro de peças .....	40
Figura 11: Quadro de funcionários .....	40
Figura 12: Índice de disponibilidade .....	41
Figura 13: Desenho técnico máquina 1 .....	42
Figura 14: Análise MCA .....	44
Figura 15: Resultado de Análise de vibração .....	45
Figura 16: Resultado de alinhamento a laser .....	46
Figura 17: Resultado de análise termográfica .....	47
Figura 18: Indicador de corretiva após manutenção preditiva .....	48
Figura 19: Indicador de disponibilidade após manutenção preditiva.....	48
Figura 20: Índice de cadastro de peças após manutenção preditiva .....	49
Figura 21: Quadro de funcionários após manutenção preditiva .....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Tipos e instrumentos de monitoramento objetivo .....	18
Tabela 02: Análise físico químicas de lubrificantes.....	22
Tabela 03: Banco de dados histórico de falhas .....	32
Tabela 04: Arvore de equipamentos .....	33
Tabela 05: Plano de manutenção anual .....	34
Tabela 06: Plano de manutenção linha 10. ....	35
Tabela 07: Ficha de inspeção de rota .....	36
Tabela 08: Cronograma de preditiva 2018 .....	38

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
<b>2.1 Manutenção .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Tipos de manutenção .....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Manutenção corretiva.....	14
2.2.1.1 Manutenção corretiva não planejada .....	15
2.2.1.2 Manutenção corretiva planejada .....	15
2.2.2 Manutenção Preventiva.....	15
2.2.2.1 Métodos de manutenção preventiva.....	16
2.2.3 Manutenção Preditiva .....	16
2.2.3.1 Técnicas de manutenção preditiva .....	17
2.2.3.1.1 Monitoramento subjetivo .....	17
2.2.3.1.2 Monitoramento objetivo .....	17
2.2.3.1.3 Monitoramento contínuo.....	20
2.2.3.2 Principais técnicas de manutenção preditiva .....	20
<b>2.3 Ferramentas para qualidade de manutenção.....</b>	<b>24</b>
2.3.1 5W2H.....	24
2.3.2 Matriz de prioridade.....	25
2.3.3 Histórico de manutenção.....	25
<b>2.4 Plano de manutenção .....</b>	<b>26</b>
2.4.1 Plano Preventivo .....	26
2.4.2 Plano Preditivo.....	26
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Análise da empresa de realização dos estudos. ....</b>	<b>28</b>
3.1.1 – Condições atuais da Indústria .....	28
<b>3.2 Ferramentas de elaboração para o plano de manutenção na indústria de massas. 28</b>	
3.2.1 Indicadores de manutenção .....	29
3.2.2 Histórico de falhas .....	31
3.2.3 Matriz de criticidade .....	32
3.2.4 Mapeamento de equipamentos.....	32

<b>3.3 Plano de manutenção aplicado .....</b>	<b>33</b>
3.3.1 Plano de manutenção preventiva .....	33
3.3.2 Plano de manutenção preditiva .....	35
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 Resultados com manutenção preventiva .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2 Resultados com manutenção preditiva .....</b>	<b>41</b>
4.2.1 Análise de circuito motor – MCA .....	41
4.2.2 Análise de vibração .....	44
4.2.3 Análise Termográfica .....	46
4.2.4 – Evolução de indicadores pós manutenção preditiva.....	47
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>51</b>
REFERÊNCIAS .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos tem uma grande responsabilidade com o comércio brasileiro e mundial, e vem crescendo cada vez mais com qualidade e visando sempre ser uma unidade de alto rendimento, implantando projetos de melhoria contínua e ferramentas como o “Just-In-Time” a famosa estoque zero, que visa conter em seu estoque somente o giro de vendas do mercado, evitando perdas ou reprocesso de produtos. Para que isso aconteça é necessário um processo com poucas falhas e para evitar ou minimizar ao máximo estas falhas, principalmente as de máquinas e equipamentos, que representam a base de uma produção de qualidade se adotam as manutenções preventivas e preditivas, que visam garantir uma maior vida útil dos equipamentos e uma maior confiabilidade ao processo. Este trabalho é embasado em ferramentas e tecnologias que podem auxiliar no processo produtivo, impedindo falhas de máquinas e equipamentos.

O objetivo da pesquisa é apresentar ferramentas e tecnologias que podem auxiliar no processo produtivo impedindo falhas de máquinas e equipamentos. Considerando que a opção pela implementação das manutenções preventivas e preditivas vem da capacidade de fornecer a melhor capacidade de produção das máquinas, minimizando sempre as quebras inesperadas dos equipamentos.

Atualmente utiliza-se a manutenção preventiva pela confiabilidade que ela fornece ao equipamento, porém depende de sua aplicação e viabilidade, pois seus custos são considerados altos, já que quando para-se uma máquina para manutenção preventiva é realizada a substituição de varias peças, mesmo sem uma pré-avaliação de sua vida útil.

A manutenção preditiva vem ganhando mercado, pois além de uma confiabilidade ao equipamento, ela trás uma capacidade de se utilizar ao máximo a vida útil da peça, já que possibilita ao manutentor a fiscalização e acompanhamento periódico daquela peça através de equipamentos de precisão.

A opção pela manutenção preditiva ou preventiva difere-se nas empresas levando-se em consideração o tipo de processo. Na indústria de alimentos a manutenção preventiva é mais adotada, visto que o processo é contínuo e qualquer parada de máquina acarreta um alto custo, com reprocesso, perda de produto, perda de mão de obra, perda de embalagem, entre outros que vão desde a produção até o consumidor. Então nestes casos, mesmo a preventiva sendo uma manutenção com o custo mais elevado, tem-se uma recompensa com a confiabilidade de funcionamento da máquina e se torna um custo irrelevante frente as perdas no processo frente a uma para repentina.

A adoção da manutenção preditiva refere-se a um custo de implantação elevado, pois é necessário investimentos em equipamentos de precisão como câmeras termográficas, equipamentos de análise vibracional, entre outros equipamentos. Porém é um custo recompensado referente a seu payback, visto que os equipamentos se bem cuidados possuem uma extensa vida útil, com resultados confiáveis. Na indústria de alimentos viabiliza-se a utilização destas análises em redutores, painéis elétricos e equipamentos rotativos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A seguir será apresentado um estudo referente a diferentes tipos e técnicas de manutenção, com foco principal em manutenção preventiva e preditiva, pois são as que apresentam maior confiabilidade e redução de custos ao ramo industrial.

### **2.1 Manutenção**

“Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (Saleme 2015, p 19.)

### **2.2 Tipos de manutenção**

Os tipos de manutenção podem ser abordadas de diferentes possibilidades, isto varia na forma como são encaminhadas as intervenções nos instrumentos de produção. Observa-se que há um consenso, com algumas variações irrelevantes, em torno das seguintes classificações:

- a) Manutenção corretiva não planejada;
- b) Manutenção corretiva planejada;
- c) Manutenção preventiva;
- d) Manutenção preditiva;
- e) Manutenção detectiva;
- f) Engenharia de manutenção.

#### **2.2.1 Manutenção Corretiva.**

De acordo com a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1994) manutenção corretiva é a “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condições de executar uma função requerida. Segundo Kardec e Nascif (2009) é a manutenção executada após o equipamento apresentar desempenho abaixo do esperado ou apresentar uma parada por falha. Ou seja, quando se faz alguma intervenção para corrigir algum desempenho abaixo do esperado ou para corrigir alguma falha, está se aplicando a manutenção corretiva.

Ainda na manutenção corretiva, temos as divisões em manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada descrita pela forma em que se conduz a correção da falha.

#### 2.2.1.1 Manutenção corretiva não planejada

Caracteriza-se pela atuação de manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho menor do que o esperado. Implica altos custos, pois a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda de qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2009).

#### 2.2.1.2 Manutenção corretiva planejada

É caracterizada pela atuação da manutenção antes do acontecimento da falha, de acordo com um controle preditivo, ou seja, sabendo-se que a falha já tem um grande potencial de ocorrer em função do monitoramento de dispositivos de controle de desempenho do sistema. (Salene, 2015).

#### 2.2.2 Manutenção Preventiva

Pode-se classificar como manutenção preventiva todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero defeito.

São serviços efetuados em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falha, desta forma proporcionando uma “tranquilidade” operacional necessária para o bom andamento das atividades produtivas (VIANA, 2002).

Para Salene (2015) a manutenção preventiva trás vantagens como:

- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Redução de custos, mesmo que a curto prazo;
- Diminuição de intervenções em fluxo produtivo;
- Melhoria da qualidade dos produtos, por manter as condições operacionais dos equipamentos.



### 2.2.2.1 Métodos de manutenção preventiva

A manutenção preventiva tem a característica de atuar no equipamento para evitar sua quebra, para isso conforme Saleme (2015) existem ações e métodos a serem realizados periodicamente que são:

- **Inspeção:** Inspecionar equipamentos, máquinas ou itens para que seja determinada sua qualidade e necessidade de manutenção, comparando suas características atuais com os padrões esperados.
- **Manutenção:** Realização de limpeza e lubrificação dos equipamentos, instruindo para os cuidados periódicos necessários para evitar pequenas falhas.
- **Calibração:** Consiste na comparação de dois instrumentos, um padrão com certificação e precisão conhecida, servindo para detectar e ajustar discrepância na precisão do material ou parâmetros com valor padrão estabelecido e o equipamento a ser calibrado.
- **Testes:** Testes e verificações para determinar necessidades de manutenção ou intervenções nos equipamentos e detectar degradação de sistemas.
- **Alinhamento:** Fazer alterações em elementos com variáveis especificadas de um item com a finalidade de alcançar o desempenho ideal.
- **Regulagem:** Ajustes de elementos de acordo com especificações de equipamentos, alcançando o desempenho ideal do sistema.
- **Instalação:** Substituir itens com vida útil limitada, de acordo com o tempo, onde acusa desgaste ou degradação, para manter o sistema especificado dentro dos limites de tolerância exigidos.

### 2.2.3 Manutenção Preditiva

Segundo a ABRAMAM 2018 “é manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejado, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragens, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Manutenção desempenhada com base no acompanhamento ou monitoramento de determinados parâmetros do equipamento (vibração, temperatura, ruído)”.

### 2.2.3.1 Técnicas de manutenção preditiva

A manutenção preditiva é aquela onde indica aos gestores ou manutentores a necessidade de intervenção com base no estado do equipamento. A avaliação deste estado surge através de medições, acompanhamentos e monitoramento de parâmetros. Para Kardec e Nascif (2009) este acompanhamento pode ser feito de três formas:

- Acompanhamento ou monitoramento subjetivo.
- Acompanhamento ou monitoramento objetivo.
- Monitoramento contínuo.

#### 2.2.3.1.1 Monitoramento subjetivo

Segundo Kardec e Nascif (2009) variáveis como temperatura, vibração, ruído e folgas são acompanhadas através do tempo pelos profissionais de manutenção, independente da existência de instrumentos de medição.

Ainda para Kardec e Nascif (2009) o profissional experiente de manutenção pode desenvolver técnicas para análises subjetivas como colocar as mãos sobre uma caixa de mancais e diagnosticar se a temperatura está boa ou ruim, ou através de seu tato reconhecer se o óleo está “grosso” ou fino”, identificando assim a viscosidade do óleo e realizar um comparativo entre um produto novo e um usado. O ruído é outro sentido em que os profissionais de manutenção se utilizam, muitas vezes na identificação de folgas em equipamentos.

#### 2.2.3.1.2 Monitoramento objetivo

“A monitoração ou acompanhamento objetivo são feitos com base em medições utilizando equipamentos ou instrumentos especiais.” (Kardec e Nascif, 2009, p.237)

É objetiva por:

- Fornecer um valor de medição do parâmetro que está sendo acompanhado;
- Ser o valor medido independente do operador do instrumento, desde que utilizado o mesmo procedimento.

Para Kardec e Nascif (2009) atualmente estão disponíveis várias técnicas de monitoramento objetivo descritas no quadro abaixo:

Tabela 1: Tipos e instrumentos de monitoramento objetivo.

<b>MECÂNICA - EQUIPAMENTOS ROTATIVOS</b>		
<b>Bombas Centrifugas e Rotativas, Motores Elétricos e Geradores, Compressores, Ventiladores, Redutores e Multiplicadores, Turbinas a Vapor, Turbinas a Gás</b>		
<i>Condição</i>	<i>Análise</i>	<i>Instrumento</i>
Lubrificação Qualidade do óleo	* Análise espectrográfica * Ferrografia * Viscosidade Cromatografia	* Espectógrafo * Espectômetro de absorção atômica Cromatógrafo gasoso * Ferrógrafo de leitura direta * Viscosímetro
Forças  Vibração Deformação Tensão Ruído	* Análise de vibração * Verificação do balanceamento * Verificação do alinhamento dos eixos * Verificação de ruído * Tensão de linhas	* Medidor, coletor e analisador de vibração * Alinhador mecânico  * Alinhador a laser * Estetoscópio * Dinamômetro * Células de carga * Verificador de tensão de correias * Balanceadora
Calor  Temperatura	* Temperatura de mancais * Temperatura de carcaça	* Termômetro de contato * Fitas indicadoras de temperatura * Lápis ou giz indicador de temperatura * Termômetros infravermelhos * Termógrafos
<b>ELÉTRICA - EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA</b>		
<b>Motores Elétricos, Geradores, capacitores, Transformadores, Alimentadores, Barramentos.</b>		
<i>Condição</i>	<i>Análise</i>	<i>Instrumento</i>
Óleo  Qualidade do óleo	* Rigidez dielétrica * Viscosidade * Cromatografia gasosa	* Espectógrafo * Espectrômetro de absorção atômica * Cromatógrafo gasoso * Viscosímetro * Aparelho de teste de rigidez dielétrica
Forças Vibrações eletromagnéticas Energia de choque em rolamentos	* Análise de vibração	* Analisador de vibração * Shock pulse meter (medidor de pulso de choque)
Calor Temperatura	* Temperatura contatos * Temperatura barramentos * Temperatura carcaça	* Termômetro de contato * Termômetros infravermelhos * Termógrafos

<b>ELÉTRICA - EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA E CONTROLE</b>		
<b>Disjuntores, Relés, Starters</b>		
<i>Condição</i>	<i>Análise</i>	<i>Instrumento</i>
Calor Temperatura	* Temperatura contatos * Temperatura barramentos	* Termômetros infravermelhos * Termógrafos
Energia  Tensão Corrente Resistência Capacitância	* Medição de corrente  * Medição de tensão * Medição de resistência * Medição de capacitância * Calibração de relés	* Mega * Medidor de resistência ohm/micro-ohm * Teste de carga com alta corrente * MultAmp * Teste duplo
<b>ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS DE ÓLEOS LUBRIFICANTES</b>		
<i>Padrão</i>	<i>Ensaio</i>	<i>Finalidade</i>
ASTM D 1500	Cor	Padronização de produção e estado de oxidação do óleo lubrificante.
ASTM D 445 (Sayboit Universal)	Viscosidade	Propriedade mais importante do óleo lubrificante, definida como a resistência ao escoamento apresentado pelos fluidos
ASTM D 2270	Índice de viscosidade	Variação da viscosidade com a temperatura
ASTM D 92 (Open Cup)	Ponto de fulgor	Determinação da mais baixa temperatura na qual uma amostra de óleo desprende vapores, ao ser aquecida, em proporção suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar e provocar um "flash" ou se aproximar uma chama padrão definida no ensaio.
ASTM D 644	Índice de Acidez (TAN)	Grau de acidez do óleo lubrificante
ASTM D 4793	Índice de Basicidade (TBN)	Determinação de reserva alcalina do óleo lubrificante
ASTM D 2711	Demulsibilidade	Característica de um óleo separa-se da água rapidamente
ASTM D 1401	Emulsibilidade	Característica de se misturar com a água, necessária em certos tipos de óleo.
ASTM D 482	Cinzas	Materiais não-combustíveis presentes no óleo
ASTM D 892	Espuma	Estabilidade da espuma formada sob condições de aeração
ASTM D 189	Resíduo de carbono (Conrad Residue Carbon Test)	Resíduo obtido quando da evaporação lenta sem a presença de ar em condições definidas

ASTM D 130	Corrosão em lâmina de cobre	Utilizado para combustíveis, óleos lubrificantes, solventes e graxas para indicar o grau de corrosividade
ASTM D 6304 ASTM D 1744 ASTM D 95	Teor de água	Quantidade de água presente no óleo. Pode ser determinada por destilação ou pelo método Karl Fischer (ASTM D95 - água por destilação)
NBR - 6859	Rigidez Dielétrica	Específico para óleos de transformadores, mede a capacidade de suportar tensões elétricas sem falhas
ASTM D 893	Insolúveis em Pentano / Tolueno	Determinar o nível e a composição dos contaminantes insolúveis presentes no óleo.

Fonte: O Autor – Adaptado de Kardec e Nascif (2009), p. 240.

#### 2.2.3.1.3 Monitoramento contínuo

Segundo Kardec e Nascif (2009) o monitoramento contínuo ou acompanhamento objetivo é adotado onde o tempo de desenvolvimento do defeito é muito curto e em equipamento de alta responsabilidade. Isso significa uma proteção de excelentes resultados, associados a equipamentos que em primeiro momento alarmam e em seguida promovem a parada ou desligamento do equipamento.

Ainda de acordo com Nascif e Kardec (2009), é possível monitorar algumas várias típicas do processo como densidade, vazão, pressão e outras variáveis relacionadas com o processo como vibração, temperatura de mancais, temperatura do enrolamento de motores elétricos, etc.

#### 2.2.3.2 Principais técnicas de manutenção preditiva

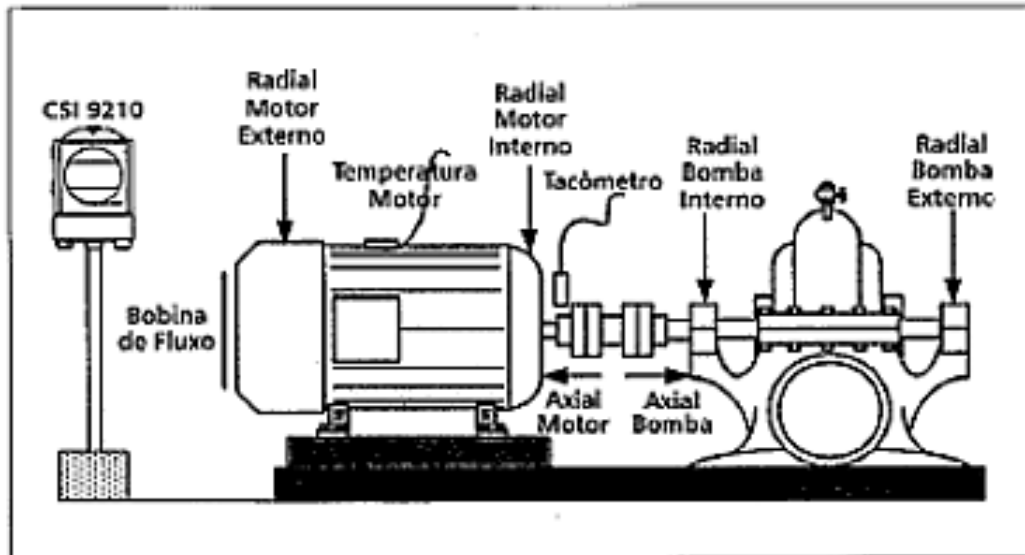
##### 2.2.3.2.1 – Análise de vibração

Para Nepomuceno (1989) “vibração é o fenômeno observado quando uma partícula executa movimento entorno de uma posição em equilíbrio” e na indústria ocorrem em equipamentos e máquinas rotativas.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), os parâmetros de vibração relacionados com máquinas e equipamentos é expresso de acordo com deslocamentos, velocidade e aceleração e todas as três podem representar o quanto o equipamento esta vibrando. Com isso existem

alguns sistemas de monitoramento geral e trabalham interligados com sistemas de dados da planta, os equipamentos monitorados por este sistema são bombas, redutores e motores e turbinas por exemplo.

Figura 1: Sistema de monitoramento de máquinas de uso geral



Fonte: Kardec e Nascif 2009, p.267.

#### 2.2.3.2.2 – Análise de temperatura

Para Kardec e Nascif (2009) o acompanhamento da variação de temperatura permite constatar alterações nas condições dos equipamentos. Alguns exemplos onde pode ser aplicado o acompanhamento de temperatura é:

- Temperatura de mancais em máquinas rotativas – A alta temperatura em mancais pode resultar da falta de lubrificação ou desgaste.
- Temperatura de superfície de equipamentos estacionários – A elevação de temperatura pode indicar danos de isolamentos, como queda de refratário.
- Temperatura em barramentos e equipamentos elétricos – Geralmente altas temperaturas estão relacionadas a mau contato, rompimento de cabos ou sujeira em componentes elétricos.

### 2.2.3.2.3 – Análise do lubrificante

De acordo com Kardec e Nascif (2009) a análise do lubrificante é um dos métodos mais utilizados, pois a análise do lubrificante em laboratórios podem identificar contaminantes que de acordo com as características e da quantidade, determinam a condenação do lubrificante e podem indicar desgaste de equipamentos em que este óleo esta sendo utilizado.

Tabela 2: Análise físico químicas de lubrificantes.

<b>ENSAIOS FÍSICO QUÍMICOS DE ÓLEOS LUBRIFICANTES</b>		
<i>Padrão</i>	<i>Ensaio</i>	<i>Finalidade</i>
ASTM D 1500	Cor	Padronização de produção e estado de oxidação do óleo lubrificante.
ASTM D 445 (Sayboit Universal)	Viscosidade	Propriedade mais importante do óleo lubrificante, definida como a resistência ao escoamento apresentado pelos fluidos
ASTM D 2270	Índice de viscosidade	Variação da viscosidade com a temperatura
ASTM D 92 (Open Cup)	Ponto de fulgor	Determinação da mais baixa temperatura na qual uma amostra de óleo desprende vapores, ao ser aquecida, em proporção suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar e provocar um "flash" ou se aproximar uma chama padrão definida no ensaio.
ASTM D 644	Índice de Acidez (TAN)	Grau de acidez do óleo lubrificante
ASTM D 4793	Índice de Basicidade (TBN)	Determinação de reserva alcalina do óleo lubrificante
ASTM D 2711	Demulsibilidade	Característica de um óleo separa-se da água rapidamente
ASTM D 1401	Emulsibilidade	Característica de se misturar com a água, necessária em certos tipos de óleo.
ASTM D 482	Cinzas	Materiais não-combustíveis presentes no óleo
ASTM D 892	Espuma	Estabilidade da espuma formada sob condições de aeração
ASTM D 189	Resíduo de carbono (Conrad Residue Carbon Test)	Resíduo obtido quando da evaporação lenta sem a presença de ar em condições definidas

ASTM D 130	Corrosão em lâmina de cobre	Utilizado para combustíveis, óleos lubrificantes, solventes e graxas para indicar o grau de corrosividade
ASTM D 6304 ASTM D 1744 ASTM D 95	Teor de água	Quantidade de água presente no óleo. Pode ser determinada por destilação ou pelo método Karl Fischer (ASTM D95 - água por destilação)
NBR - 6859	Rigidez Dielétrica	Específico para óleos de transformadores, mede a capacidade de suportar tensões elétricas sem falhas
ASTM D 893	Insolúveis em Pentano / Tolueno	Determinar o nível e a composição dos contaminantes insolúveis presentes no óleo.

Fonte: O Autor – Adaptado de Kardec e Nascif (2009), p. 293.

#### 2.2.4 Manutenção Detectiva

Segundo Kardec e Nascif (2009) a manutenção detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção ou sistemas de comando que visam detectar falhas potências e ocultas que não são perceptíveis aos profissionais de operação e manutenção.

Para Kardec e Nascif (2009) a identificação das falhas não visíveis é primordial para garantir a confiabilidade do equipamentos. "Um exemplo simples e objetivo é o botão de teste de lâmpada de sinalização e alarme de painéis".

#### 2.2.5 Engenharia de Manutenção

Para Seleme (2015) a engenharia de manutenção é a atividade da manutenção de equipamentos, que pressupõe o desenvolvimento de conceitos, critérios e alguns requisitos técnicos dando apoio nas fases conceituais, de aquisição de máquinas ou materiais e mantido durante a fase operacional.

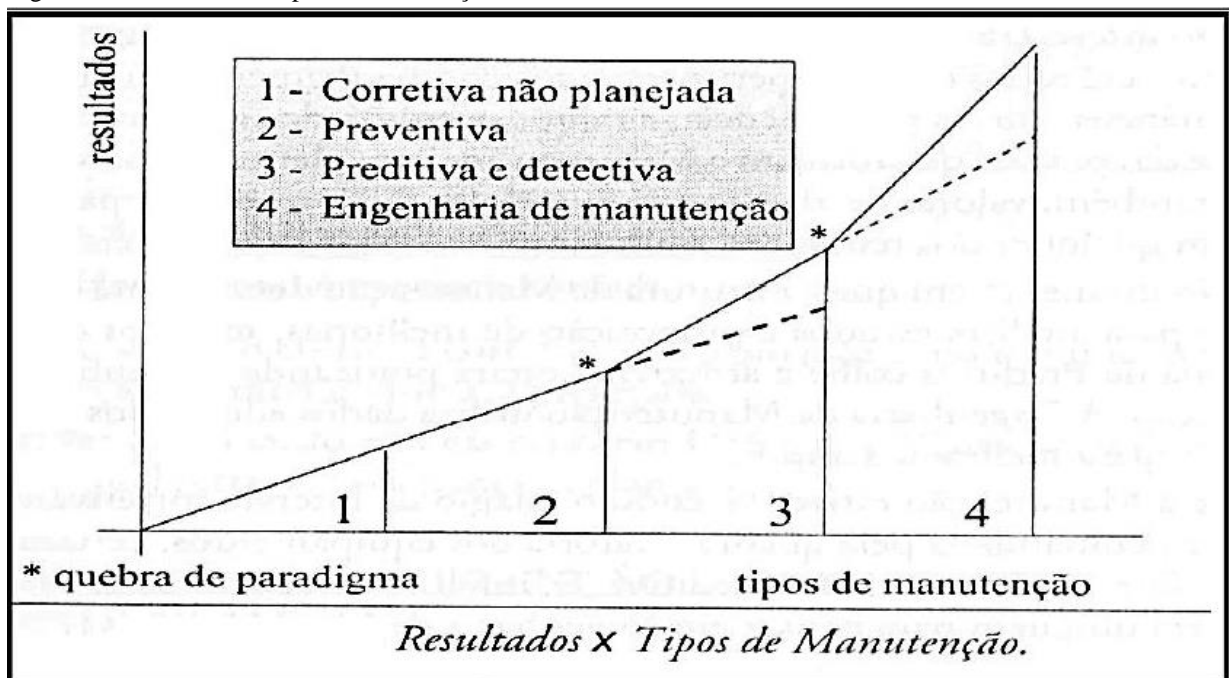
De acordo com Kardec e Nascif (2009) dentre as principais atribuições da Engenharia de Manutenção na indústria estão:

- Aumento de confiabilidade
- Aumento de disponibilidade de equipamentos
- Melhoria de mantentabilidade.
- Aumento de segurança de funcionários e máquinas.
- Eliminação de problemas crônicos.



- Solução de problemas tecnológicos.
- Melhoria de capacitação de funcionários.
- Gerenciamento de materiais e sobressalentes.
- Participação de novos projetos (interface com a engenharia).
- Suporte e execução de trabalhos.
- Análises de falhas e estudos.
- Elaboração de planos de manutenção e de inspeção de análises críticas.
- Acompanhamento de indicadores de desempenho.
- Zelar pela documentação técnica.

Figura 02: Resultados x Tipos de manutenção.



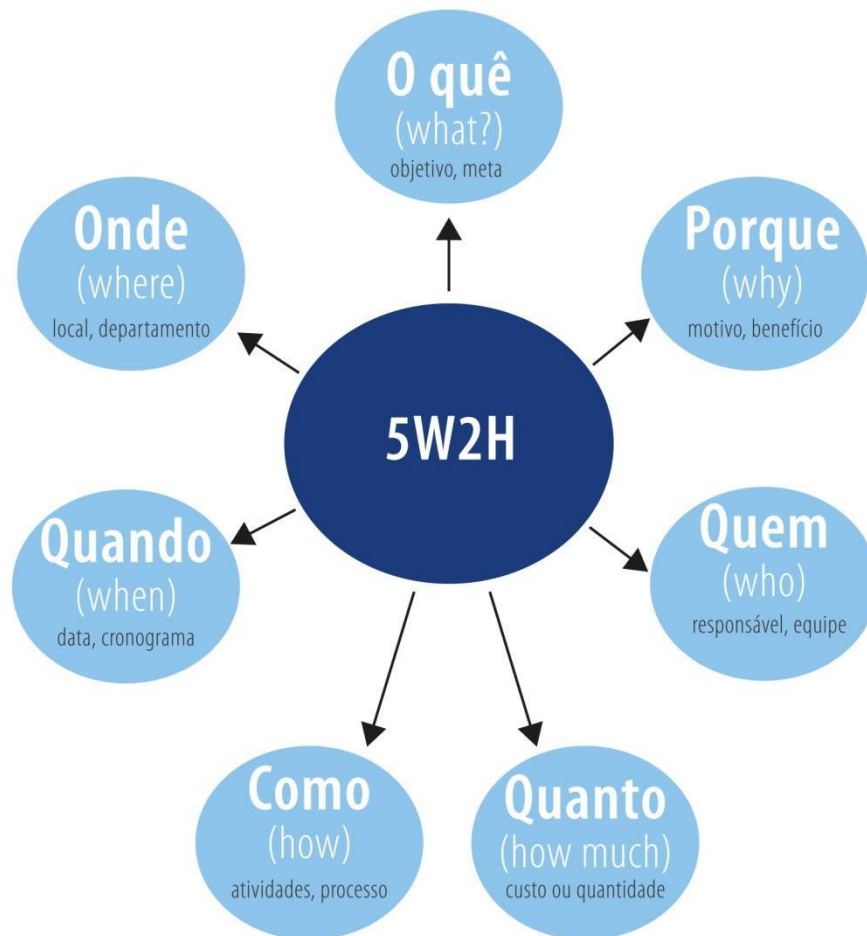
Fonte: Kardec e Nascif, 2009.

## 2.3 Ferramentas para qualidade de manutenção

### 2.3.1 5W2H

Segundo Saleme (2015) a ferramenta 5W2H, refere-se a perguntas com o objetivo de obter respostas que esclareçam problemas a serem resolvidos ou que estruturam a resolução de problemas. A aplicação desse recurso possibilita o profissional de manutenção a realização de uma ação para resolução de problemas complexos em equipamentos

Figura 3: Organograma 5W2H



Fonte: [wiki.redejuntos.org.br/](http://wiki.redejuntos.org.br/) Acesso em 13/09/2018.

### 2.3.2 Matriz de prioridade

Para Viana (2002) a matriz de prioridade consiste na combinação da criticidade do equipamento e o nível de urgência do serviço. Combinando estas informações se obtém o grau de prioridade do equipamento, porém a definição de urgência é uma ação humana e depende da determinação de uma área crítica de manutenção.

### 2.3.3 Histórico de manutenção

Viana (2002) salienta que o reporte dos trabalhos de manutenção e falhas ocorridas nos equipamentos, tem grande importância no gerenciamento de um processo produtivo, pois um banco de dados organizado possibilita o acompanhamento da trajetória do equipamento, além de estudos para possíveis trocas de fornecedores e sobressalentes, melhoria da

mantenibilidade e principalmente decisões baseadas em fatos mensuráveis que contribuem para a elaboração do plano de manutenção.

## **2.4 Plano de manutenção.**

O plano de manutenção Industrial consiste de um plano de tarefas a ser executado a fim de manter a confiabilidade e disponibilidade das máquinas e equipamentos, para Viana (2002), este cronograma de tarefas podem ser divididos em dois planos, sendo plano preditivo e plano preventivo.

### 2.4.1 Plano Preventivo.

Para Viana (2002) o plano preditivo consiste em cumprir regularmente tarefas de manutenção preventivo, com um tempo pré-determinado gerencialmente, garantindo que a máquina ou o equipamento possa trabalhar em sua melhor eficiência de produção. Neste plano ainda deve se contar tempo de manutenção de cada equipamento, pois a partir deste o programador de manutenção irá gerar as ordens de serviço “OS” para cada manutentor.

Viana (2002) ainda ressalta que um bom plano de manutenção é aquele em que sempre esta em atualização, pois os equipamentos podem se comportar de diferentes formas de maneira em que sua vida útil vai se aproximando do fim, ou aos ambientes e esforços de trabalho em que eles estarão expostos. O plano preventivo também poderá sofrer modificações de produção da empresa ou por decisão gerencial.

Após a conclusão do plano preventivo Viana (2002) salienta que seja importante a interligação dos tags (identificação dos equipamentos), ao plano visando a assertividade de manutenção e o melhor controle do histórico de manutenção daquele equipamento.

### 2.4.2 Plano Preditivo.

De acordo com Viana (2002), o plano preditivo se assemelha muito com o plano preventivo, porém com uma visão diferenciada com meios as intervenções, pois em um plano se atua de forma preventiva, ou seja são repostos peças de uma máquina ou equipamento, já o plano preditivo visa acompanhar os “sintomas” deste mesmo equipamento.

Segundo Viana (2002) as tarefas e ações do plano de preditiva serão executadas de maneira em que foram programadas inicialmente, porém este mesmo poderá ocorrer

modificações em seu processo de implantação, visto que a assertividade de periodicidade das análises irá modificando até que se tenha chegado a um tempo ideal de intervalo de cada análise. Os materiais e equipamentos para as análises devem já estar dispostos ao local de trabalho, com instruções de uso e funcionários capacitados em cada técnica de análise preditiva que seja adotado pela empresa.

Ao final das análises de cumprimento do plano, os assuntos pertinentes e resultados das análises deverão ser encaminhadas ao departamento de engenharia de manutenção e ao programado de manutenção, para que com estes resultados em mãos se tome as medidas e precauções cabíveis para intervenção no equipamento antes que este chegue a falha de maneira inesperada. Viana (2002).

### **3 METODOLOGIA**

A seguir serão apresentados ferramentas de análises de criticidade, histórico de manutenção e métodos realizados neste trabalho a partir de técnicas e manutenção preventiva e preditiva.

#### **3.1 Análise da empresa de realização dos estudos.**

A empresa de realização dos estudos trata-se de uma empresa de alimentos, líder mineira no seguimento de massas e uma das referências em produtos alimentícios Brasileira.

Dentro ambiente fabril a empresa conta com uma área de utilidades, contendo caldeiras, bombas de vácuo, compressores e chillers, que são responsáveis por abastecer as 9 máquinas de produção de massas longas, cortadas e ninho, além de 9 máquinas de produção de misturas para bolo, refresco, pão de queijo e gelatina.

##### **3.1.1 – Condições atuais da Indústria.**

Sendo referência nacional no mercado de alimentos, a indústria preza pela qualidade de seus produtos e responsabilidade com seus prazos de entrega pós venda. Para que se garanta a política de prazos e qualidade da empresa os equipamentos devem corresponder em alto nível com disponibilidade e confiabilidade de produção.

Portanto se julga indispensável a utilização de um completo plano de manutenções preventivas e preditivas em um local de tal porte e máquinas de alta complexidades de intervenções.

#### **3.2 Ferramentas de elaboração para o plano de manutenção na indústria de massas.**

A indústria de alimentos tem complexidades e particularidades que interferem de maneira direta na elaboração de um plano de manutenção de excelência, pois conta com um cronograma de trabalho de 24 horas e um processo de mistura de matéria prima, cozimento, secagem e refrigeração que variam de 6 a 10 horas, tempo este que a máquina tem de estar toda enclausurada, evitando contato da massa com o ar ambiente. A exposição da massa ao ar ambiente podem causar algumas anomalias no produto que a levam ao reprocesso ou descarte, que são estes:

- Caneamento do produto: Pontos brancos na massa ocasionado pela ausência de temperatura e vácuo.
- Desponte: Massa com espessuras e maiores que a permitida, atrapalhando no empacotamento e qualidade do produto final.
- Massa úmida: Umidade de produto final abaixo de 12%, ocasionando baixa relativa no prazo de validade do produto.

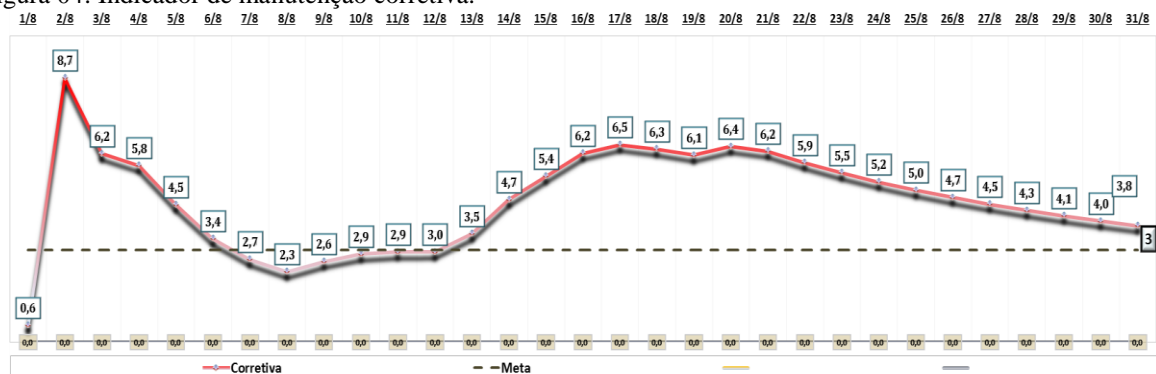
A elaboração do plano de manutenção é realizado após análises de alguns indicadores, essenciais para a discriminação gerencial do prazo de cada intervenção a ser realizada nas máquinas, como indicadores de manutenção, histórico de falhas, matriz de criticidade e mapeamento de equipamentos.

### 3.2.1 – Indicadores de manutenção.

Para que se tenha um acompanhamento preciso das máquinas é necessário a implantação de ferramentas capazes de indicar diariamente o desenvolvimento do setor de manutenção, para isso foi adotado na empresa a implantação da ferramenta KPI de manutenção.

Este indicador possibilita que o analista de PCM juntamente com a equipe de manutenção vise diariamente a porcentagem de falha de equipamento e os principais motivos de falhas de cada máquina. Com isso pode-se tomar decisões de diferentes maneiras de atuações para que se previna ou diminua a possibilidade de recorrência destas falhas.

Figura 04: Indicador de manutenção corretiva.



Fonte: Autor.

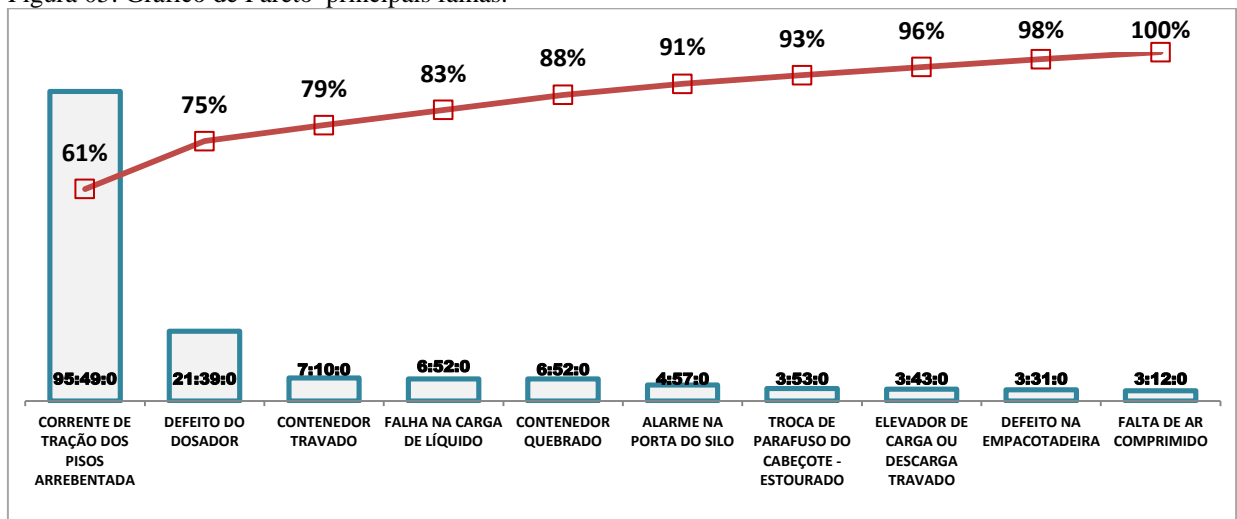
O indicador de manutenção corretiva conforme imagem do gráfico da figura 04, apresenta o percentual de indisponibilidade da máquina, calculado através da formula 1.

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas ocorridas}}{\text{Número de horas de operação}} \times 100$$

1

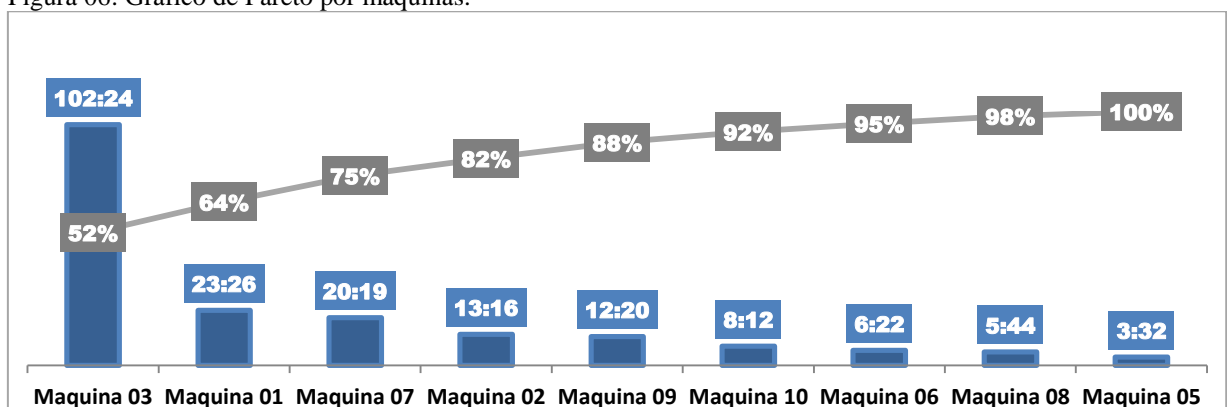
Para otimizar ainda mais a visualização das principais falhas de equipamentos, pode-se utilizar um gráfico de Pareto com a somatória de horas de falhas, com isso é possível a identificação de falhas frequentes ou intermitentes que estão afetando o resultado de disponibilidade de cada máquina. Isso gera embasamento para a decisão gerencial quanto ao prazo de intervenção de manutenção preventiva, tanto quanto para a visualização de possíveis técnicas de avaliação preditiva.

Figura 05: Gráfico de Pareto principais falhas.



Fonte: Autor.

Figura 06: Gráfico de Pareto por máquinas.

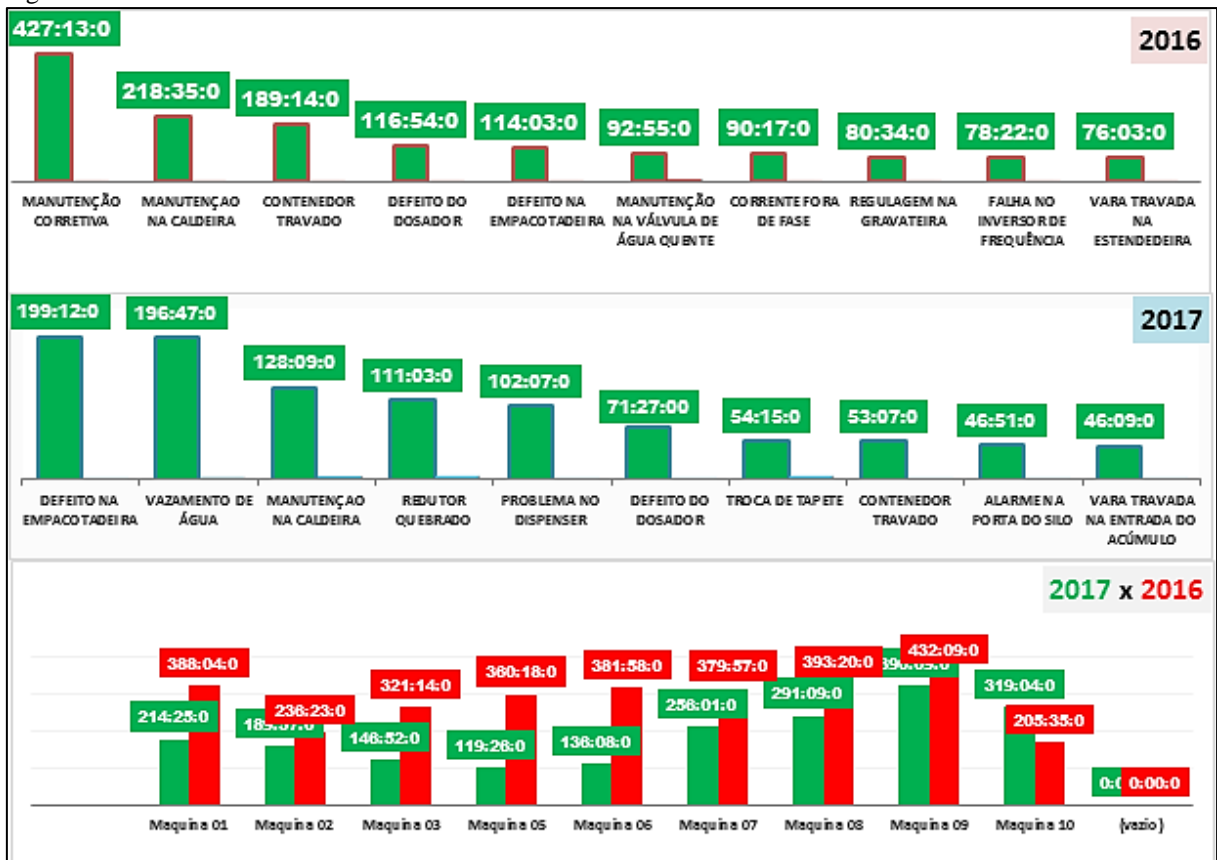


Fonte: Autor.

### 3.2.2 – Histórico de falhas

Outro fator a se considerar na elaboração do plano de manutenção é o histórico de falhas de cada equipamento, pois ele lhe permite saber quais estão sendo os principais casos recorrentes de falhas, disponibilizando na decisão de intervenções ou investimentos em novos equipamentos.

Figura 07: Histórico de falhas.



Fonte: Autor.

O agrupamento de informações é uma maneira de se otimizar o histórico de manutenção, na forma de criação de códigos, como exemplo manutenção na caldeira, código 1010, isso possibilita uma base mais compacta para a elaboração do Gant, porém para que esta informação não seja tão genérica e interfira de maneira negativa na tratativa de decisão é necessário também a criação de um banco de dados de justificativas, este sim por sua vez lhe informará pontualmente o problema, indicando o tempo total e horário de cada falha.



Tabela 3: Banco de dados histórico de falhas

				6:08:00
FALTA DE AR COMPRIMIDO	M aquina 01	08/mar	FUSIVEL DO PAINEL DE DISTRIBUIÇÃO DA SALA DE BOMBAS E COM PRESSORES QUEIMADO	2:27:00
		15/jun	FALTA DE AR COMPRIMIDO/FALHA NA COMPRESSOR S22.	0:37:00
			AJUSTE NO SENSOR DE NÍVEL DO COMPRESSOR S22	0:16:00
		22/abr	(vazio)	0:36:00
		03/mar	ALARME NO INVERSOR DE FREQUENCIA DO COMPRESSOR CPVS 200, FOI DESLIGADO O MESMO E LIGADO OS COMPRESSORES S#	0:25:00
		05/jun	SOBRECARGA NO COMPRESSOR (S22)	0:17:00
		11/abr	(vazio)	0:15:00
		08/jun	TROCA DE UM CABO QUE DERRETEU POR AQUECIMENTO NO COMPRESSOR S#	0:14:00
		09/jul	ALARME NO COMPRESSOR S22 (SENSOR DE PRESSÃO)	0:12:00
		19/mar	BLOCO TERMICO NO MOTOR DO COMPRESSOR s22	0:12:00
		4/mar	COMPRESSOR DESARMADO. OBS: ALTA TEMPERATURA DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA	0:11:00
		02/04/2018	Falha no inversor de frequência do CPVS 200	0:07:00
		07/mar	FALTA DE AR COMPRIMIDO (SECADOR DE AR CONGELADO)	0:06:00
		M aquina 01 Total		

Fonte: Autor.

### 3.2.3 – Matriz de criticidade

A matriz de criticidade é uma das principais ferramentas na elaboração do plano de manutenção, pois classifica através de critérios de avaliação os equipamentos em criticidade A,B,C ou D.

A classificação da criticidade do equipamento envolve além do setor de manutenção, os setores de produção, qualidade e segurança do trabalho, para que em comum acordo avalie cada item para a conclusão da matriz.

Após a conclusão da matriz, ela dá a possibilidade de avaliação ao Analista de PCM avaliar com a equipe de manutenção as formas de atuação do equipamento, se terá de ter uma manutenção preditiva, se terá um acompanhamento diário em forma de check list, a manutenção será realizada apenas nas paradas de programação preventiva entre outras formas.

### 3.2.4 – Mapeamento de equipamentos

O mapeamento de equipamentos é a ferramenta que possibilita a gestão de estoque e controle de peças sobressalentes do plano de manutenção.

A listagem de equipamentos é considerada a fase mais ampla e complexa de uma indústria, pois como são máquinas importadas e já com um determinado tempo de vida útil, algumas não constam com manuais ou já sofreram muitas alterações, isso faz com que o

mapeamento seja realizado com inspeções e algumas vezes apenas após uma manutenção preventiva agendada, pode-se citar o caso de retentores de redutores.

Após a conclusão do mapeamento dos equipamentos, esta lista possibilita melhorias como otimização de estoque de peças, otimização de custos, redução de índice de falhas e de tempo para intervenção.

Tabela 4: Arvore de equipamentos

LOCAL DE INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS - LINHA 2 - MASSAS						
1º Nível		3º NÍVEL				
Conjunto	Sub-conjunto	Equipamento	Componente	QTD.	Referência comercial	Código
PRENSA	TURBO SPRAY	MOTOR	ROLAMENTO 6206-ZC3	-	RETENTOR 95x80x10MM VEDABRAS 726147	C101002747
PRENSA	TURBO SPRAY	MOTOR	ROLAMENTO 6206-ZC3	-	ANEL O'RING NBR 70 SHORE 95x5MM	C101002316
PRENSA	TURBO SPRAY	MOTOR	RETENTOR 100.75.10	-	ROLAMENTO AUTOCOMP SKF 22210 E	C101000699
PRENSA	TURBO SPRAY	MOTOR	RETENTOR 80.55.8	-	ANEL INTERNO SAE 52100 INA IR65x55x35	C101003247
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - DIREITO	RETENTOR VB 80x55x10	2	MANCAL PEDESTAL EIXO 30MM FRM P206	C101001480
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - DIREITO	ANEL O'RING 85x5	1	RETENTOR 95x80x10MM VEDABRAS 726147	C101002747
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - DIREITO	ROLAMENTO SKF 22210	1	RETENTOR 50x72x8MM VEDABRAS 733883	C101004712
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - DIREITO	ANEL INA 50x55x35	1	ANEL O'RING NBR 70 SHORE 95x5MM	C101002316
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - DIREITO	MANCAL	1	ROLAMENTO AUTOCOMP SKF 22210 E	C101000699
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - ESQUERDO	RETENTOR VB 80x55x10	2	ANEL INTERNO SAE 52100 INA IR65x55x35	C101003247
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - ESQUERDO	RETENTOR 50x72x8 R5	1	MANCAL PEDESTAL EIXO 30MM FRM P206	C101001480
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - ESQUERDO	ANEL O'RING 85x5	1	-	-
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - ESQUERDO	ROLAMENTO SKF 22210	1	ACOPAMENTO TRANSMOTECNICA TETEFLEX D-9	C101000626
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - ESQUERDO	ANEL INA 50x55x35	1	ROLAMENTO ROLOS CONICOS SKF 32011 NQ	C101001125
PRENSA	AMASSADEIRA	MANCAL - ESQUERDO	MANCAL	1	ROLAMENTO ROLOS CONICOS SKF 32308	C101000133
PRENSA	AMASSADEIRA	MOTOR	ROLAMENTO	-	ANEL INTERNO SAE 52100 INA IR65x60x35	C101002007
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 150	ACOPLAMENTO D-9	1	RETENTOR 60x80x8MM VEDABRAS 729793	C101002643
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 150	ROLAMENTO 32011 SKF	1	ANEL INTERNO SAE 52100 INA IR65x75x28	C101003250
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 150	ROLAMENTO 32308 SKF	1	RETENTOR 75x100x10MM SABO 00609BR	C101000421
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 150	ANEL INA 95x80x35	1	ROLAMENTO ESFERAS SKF 6215 22	C101000200
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 150	RETENTOR 80x60x8MM - VITON	2	ROLAMENTO ESFERAS SKF 6215 22	C101000200
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 150	ANEL INA 75x65x30	2	-	-
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 150	RETENTOR 100x75x10MM - VITON	2	-	-
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 150	ROLAMENTO 6215 22	2	-	-
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 150	GUARNIÇÃO	2	-	-
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 110	RETENTOR 85x60x10 - VITON	-	-	-
PRENSA	AMASSADEIRA	REDUTOR AMASSADEIRA MVF - 110	RETENTOR 85x60x8 - VITON	-	-	-

Fonte: Autor.

### 3.3 Plano de manutenção aplicado


Após levantamento das condições e comportamentos das máquinas através de indicadores e histórico de manutenção, foi realizada pelos profissionais da área de planejamento de manutenção uma análise crítica sobre os resultados e a empresa chegou a conclusão que a periodicidade de parada para manutenção preventiva para cada máquina seria de 5 a 10 dias em um intervalo de 8 a 12 meses, levando ainda em consideração o porte e complexidade de cada máquina.

Para garantir que a máquina tenha uma boa disponibilidade neste intervalo de tempo, foi implantado um plano de manutenção preditiva com intervalos diferentes para cada técnica, que inspeciona o comportamento de equipamentos como redutores, motores, componentes elétricos e conjuntos rotativos e se necessário é gerado uma manutenção corretiva planejada.

### 3.3.1 Plano de manutenção preventiva

O plano de manutenção preventiva da empresa conta com uma periodicidade de 8 a 12 meses, onde as linhas de produção de massas podem parar de 2 a 10 dias e a área de utilidades normalmente em um dia, a não ser que por reforma geral do equipamento, conforme programação anual, podendo ser modificada o seu mês de parada de acordo com demandas de produção ou decisão gerencial.

Tabela 5: Plano de manutenção anual

	PLANO DE MANUTENÇÃO											
	2018											
MASSAS	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Linha 1											10	
Linha 2								5				
Linha 3	7											
Linha 5			7									
Linha 6			2									
Linha 7							4					
Linha 8				1					8			
Linha 9										8		
Linha 10		5										
Lava trafila							1	1				
Comodo de Ovos												2
UTILIDADES	2018											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Caldeira 1						1	2					1
Caldeira 2												1
Caldeira 3							2					1
Compressores		2		1			1					
Chiller			2			1	1					
Geradores	30	28	30		1					1		
Bomba de Vácuo		3					2					
Elevadores		3										
Poço Artesiano			3									
Farinheira						1	1					2

Fonte: Autor.

Uma importante informação do plano de manutenção é visualização dos principais setores da máquina para programação dos pontos a serem realizados a manutenção preventiva, visualizando uma programação anual, porém deve ter um link com a árvore de equipamentos, pois nela estará descrito detalhadamente as peças que serão utilizadas na manutenção.

O plano de manutenção é uma ferramenta geradora de histórico de atuações em determinada máquina, por este motivo deve se registrar caso haja alguma manutenção corretiva e também os equipamentos que passaram por uma análise preditiva, pois estes não serão acompanhados novamente na parada programada para manutenção preventiva.

Tabela 6: Plano de manutenção linha 10.

PLANO DE MANUTENÇÃO - LINHA 10 - LAMÉN																				
Nº	1º Nível	2º Nível	MÊS	JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO					ABRIL			
	Conjunto	Sub-conjunto	SEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	FARINHEIRA	COMPRESSOR VÁLVULA ESTRELA																		
2	PRENSA	DOSADORES CENTRÍFUGA PAINEL																		
		AMASSADEIRA ESPALHADOR DE MASSA DISTRIBUIDOR DE MASSA ANTERIOR																		
		MOVIMENTO																		
		ROLO LAMINADOR SUPERIOR ROLO LAMINADOR INFERIOR CONJUNTO MOVIMENTO																		
4	1º CONJUNTO ROLO LAMINADOR	MOVIMENTO																		
		ROLO LAMINADOR SUPERIOR ROLO LAMINADOR INFERIOR CONJUNTO MOVIMENTO																		
		MOVIMENTO																		
5	2º CONJUNTO ROLO LAMINADOR	ROLO LAMINADOR SUPERIOR ROLO LAMINADOR INFERIOR CONJUNTO MOVIMENTO																		

Fonte: Autor.

A legenda de programação do plano segue de maneira simples para visualização rápida conforme imagem abaixo:

Figura 08: Legenda plano preventivo.



Fonte: Autor.

### 3.3.2 Plano de manutenção preditiva.

O plano de manutenção preditiva da empresa contém algumas das técnicas de manutenção preditiva, que são análises de óleo, análise termográfica, análise de circuito motor, análise de vibração e também utilizamos para compor o plano uma inspeção de rota conforme tabela 7, realizado por um técnico experiente, no qual este ainda utiliza muitos sentidos visuais e sonoros para detectar falhas por ruídos, vibrações e temperaturas.

Tabela 7: Ficha de inspeção de rota

INSPEÇÃO DE ROTA MECÂNICA											
NOME/MATRICULA	DATA	HORA INÍCIO	HORA FIM	TOTAL	ORDEM CONCLUÍDA			SIM:	NÃO:		
ITENS DE VERIFICAÇÃO MECÂNICA											
EQUIPAMENTO	LOCAL / MÁQUINA	FIXAÇÃO	TEMPERATURA	RUÍDO	VIBRAÇÃO	LIMPEZA	VEDAÇÃO	INTEGRIDADE	CONDUTORES ELÉTRICOS	ILUMINAÇÃO	NÍVEL DE ÓLEO
Moega - Pt 1	Compressor										
	Correias										
Moega - Pt 2	Compressor										
	Correias										
Rosca de Alimentação Peneira	Correntes										
Compressor do Triturador	Correia										
	Compressor										
Moinho - Direito	Mancal										
	Correias										
	Motor										
Moinho - Caracol	Mancal										
	Correias										
	Motor										
Compressor do ciclone - moinho	Compressor										
	Correia										
Compressor Triturador da Serra	Compressor										
	Correia										
<b>LEGENDA:</b>	P - Equipamento Parado		OK - Situação conforme								
	N - Situação não conforme		NA - Não se aplica								



O plano de manutenção preditiva implementado conta com uma programação semanal, onde se tem a periodicidade entre as análises e a identificação do quadro com a inicial de cada análises, conforme tabela 8.

Tabela 8: Cronograma de preditiva 2018

CRONOGRAMA DE PREDITIVA 2018																											
Nº	1º Nível SETOR	2º Nível EQUIPAMENTOS	JANEIRO					FEBREIRO					MARÇO					ABRIL					MAIO				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
1	PRODUÇÃO - MASSAS	MÁQUINA 1																									
		MÁQUINA 2																									
		MÁQUINA 3		T																							
		MÁQUINA 5																									
		MÁQUINA 6																									
		MÁQUINA 7																									
		MÁQUINA 8																									
		MÁQUINA 9																									
		MÁQUINA 10																									
		COMODO DE OVOS																									
2	PRODUÇÃO - EMPAC.	MÁQUINA 1																									
		MÁQUINA 2																									
		MÁQUINA 3																									
		MÁQUINA 5																									
		MÁQUINA 6																									
		MÁQUINA 7																									
		MÁQUINA 8																									
		MÁQUINA 9																									
		MÁQUINA 10																									

Fonte: Autor.

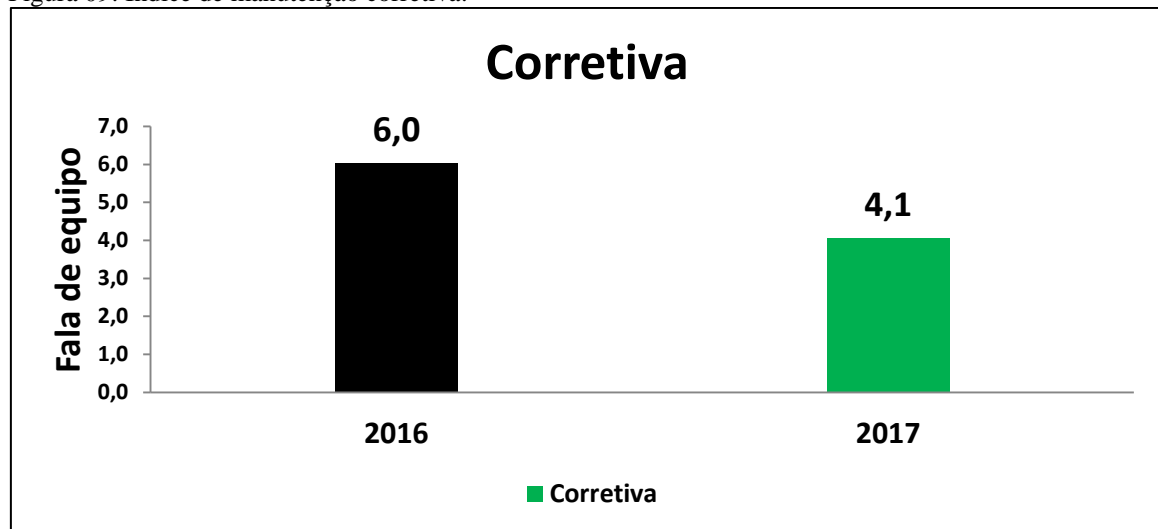
## 4 RESULTADOS

Os resultados após a implantação da manutenção preventiva e preditiva otimizaram muito a manutenção da empresa, contribuindo de formas diferentes em determinadas áreas, porém com o mesmo objetivo.

### 4.1 Resultados com manutenção preventiva.

Com a implantação do plano de manutenção preventiva no final do ano de 2016, foi possível diminuir o índice de falhas de equipamento em um ano de 1,9% conforme imagem abaixo:

Figura 09: Índice de manutenção corretiva.

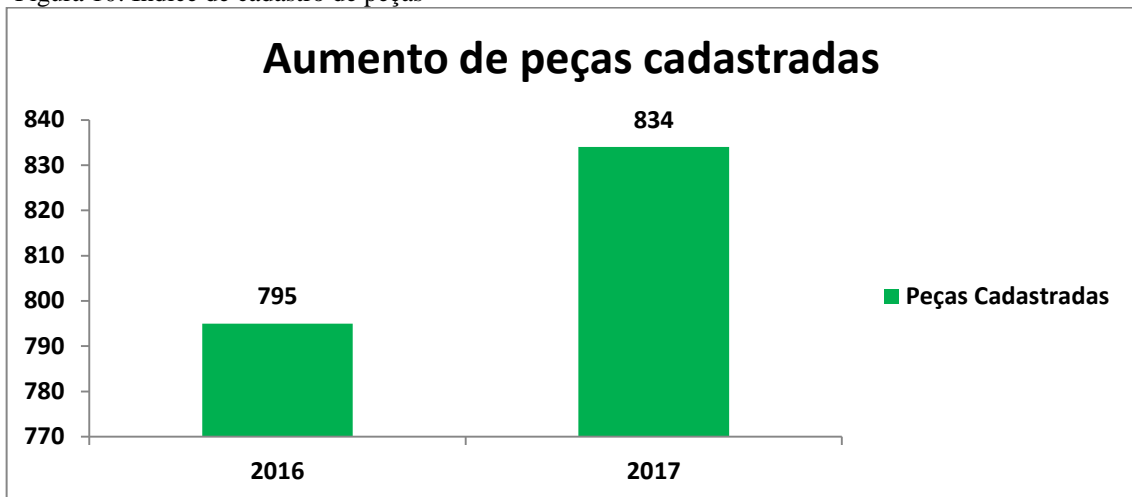


Fonte: Autor.

A desmontagem geral de algumas máquinas proporcionou a manutenção o levantamento de peças, este mapeamento fez aumentar o número de equipamentos cadastrados e o número de peças em estoque, diminuindo assim a possibilidade de que o equipamento falhe e não tenha peça de reposição. Isso também faz com que otimize o número dos indicadores de MTTR – Tempo médio de reparo entre falhas.



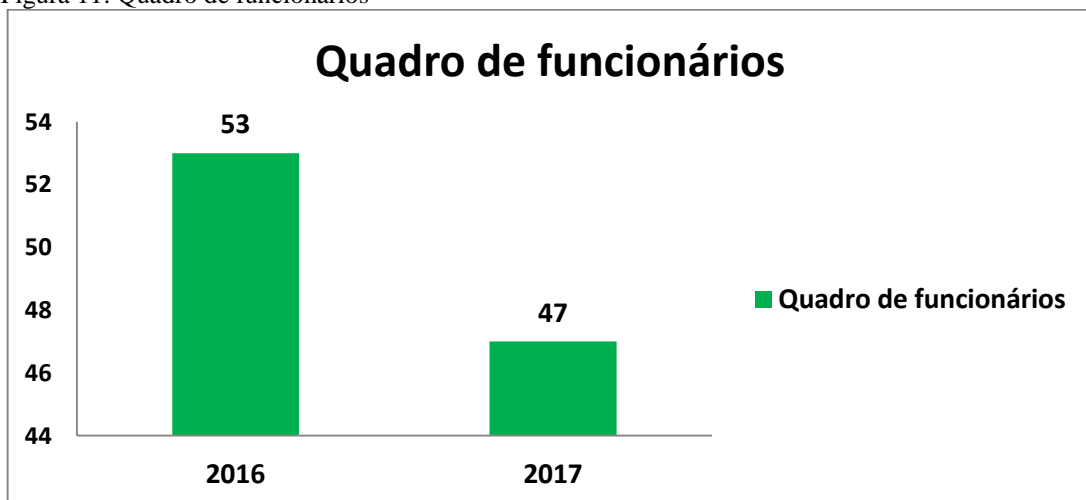
Figura 10: Índice de cadastro de peças



Fonte: Autor.

A redução dos níveis de corretivas através do plano de manutenção preventiva, ainda fez com que a empresa otimizasse seu quadro de funcionários, diminuindo assim seus custos com mão de obra técnica.

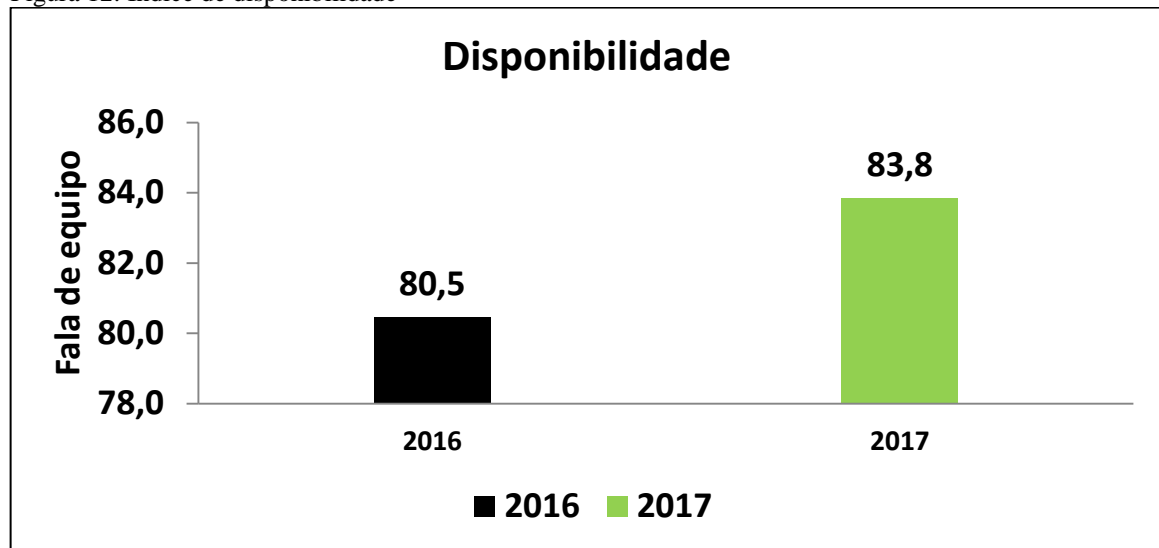
Figura 11: Quadro de funcionários



Fonte: Autor.

Uma desvantagem da implementação do plano de manutenção preventiva adotado pela empresa foi o alto custo de manutenção, pois como não ocorre nenhum tipo de análise de vida útil do equipamento, corre-se o risco de ocorrer a troca, como exemplo um rolamento antes que esteja chegando ao fim de sua vida útil. Porém é um custo compensado quando se analisa o aumento da disponibilidade da máquina conforme a imagem abaixo:

Figura 12: Índice de disponibilidade



Fonte: Autor.

#### 4.2 Resultados com manutenção preditiva.

As diferentes técnicas de manutenção preditiva, trazem a possibilidade de se evitar falhas em equipamentos de grande importância para o bom funcionamento das máquinas, a seguir será comentado resultados de algumas destas técnicas.

##### 4.2.1 – Análise de circuito motor – MCA

A empresa adotou este tipo de análise, pelo motivo de em seu processo exigir muito do funcionamento contínuo de motores, desde o início de produção para mistura de massas e dosagem de produto até o final de processo da massa já empacotada.

Uma das principais máquinas de produção da empresa é a máquina 1, que produz 4.700 toneladas hora de massas longas empacotadas, uma máquina deste porte possui mais de 200 motores para seu processo e alguns deles podem parar toda a fabricação e ocorrerem perdas de produto, já que o processo de cozimento e secagem do macarrão nesta máquina é cerca de 7 horas, ou seja qualquer motor queimado do setor de prensa por exemplo pode ocasionar reprocesso ou perda de mais de 30.000 toneladas de produto, abaixo segue desenho técnico da máquina ilustrando seus motores em azul.




A análise de MCA, antecipa a possibilidade de falha do motor e possibilita ao analista de PCM realizar a programação de parada para realizar os reparos do motor.

Pode-se visualizar no relatório da figura 14, que o motor da amassadeira dois da máquina 1 estava com baixa resistência a isolação, isto indica que o motor já tem indícios de falhas e precisa ser realizado a manutenção de enrolamento ou rejuvenescimento da bobina deste motor antes que este queime.

Caso este motor não fosse identificado e chegasse a queimar, os manutentores levariam cerca de 3 horas para substituí-lo, devido ao local em que ele se encontra, já que iria precisar remove-lo com talha elétrica, precisar de empilhadeira e caminhão para transporte do motor queimado e do motor de reposição. Este tempo de manutenção iria impactar no reprocesso de cerca de 14.000 toneladas de produto, que foram evitados com a programação antecipada da manutenção corretiva planejada.

Figura 14: Análise MCA



## ANÁLISE DE CIRCUITO DE MOTOR (MCA)

6

Empresa	Santa Amália	Referência: Amassadei
Local	Máquina 01	Nº Análises: 1
Motor	Motor da amassadeira 02	Código última análise: 0003
Data última Análise: 29/05/18		Condição: <span style="background-color: red; color: white; padding: 2px;">PERIGO</span>

Análises realizadas:


0003									

**Diagnóstico da última coleta**



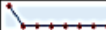
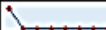
Resistência isolamento (RI)	Enrolamento aterrado, resistência a isolamento muito baixa.
Impedância (Z)	OK
Ângulo de Fase (fi) Test	OK
I/F (corrente/freq.)	OK
Balanceam. Fases (pb)	-
Teste do Rotor (Dinâmi)	-

**PARÂMETROS DE MEDIÇÃO**

**Resistência isolamento (RI)**

Tendência	Data	29/05/18					
	RI (MOhm)	0,9					

**Impedância (Z)**

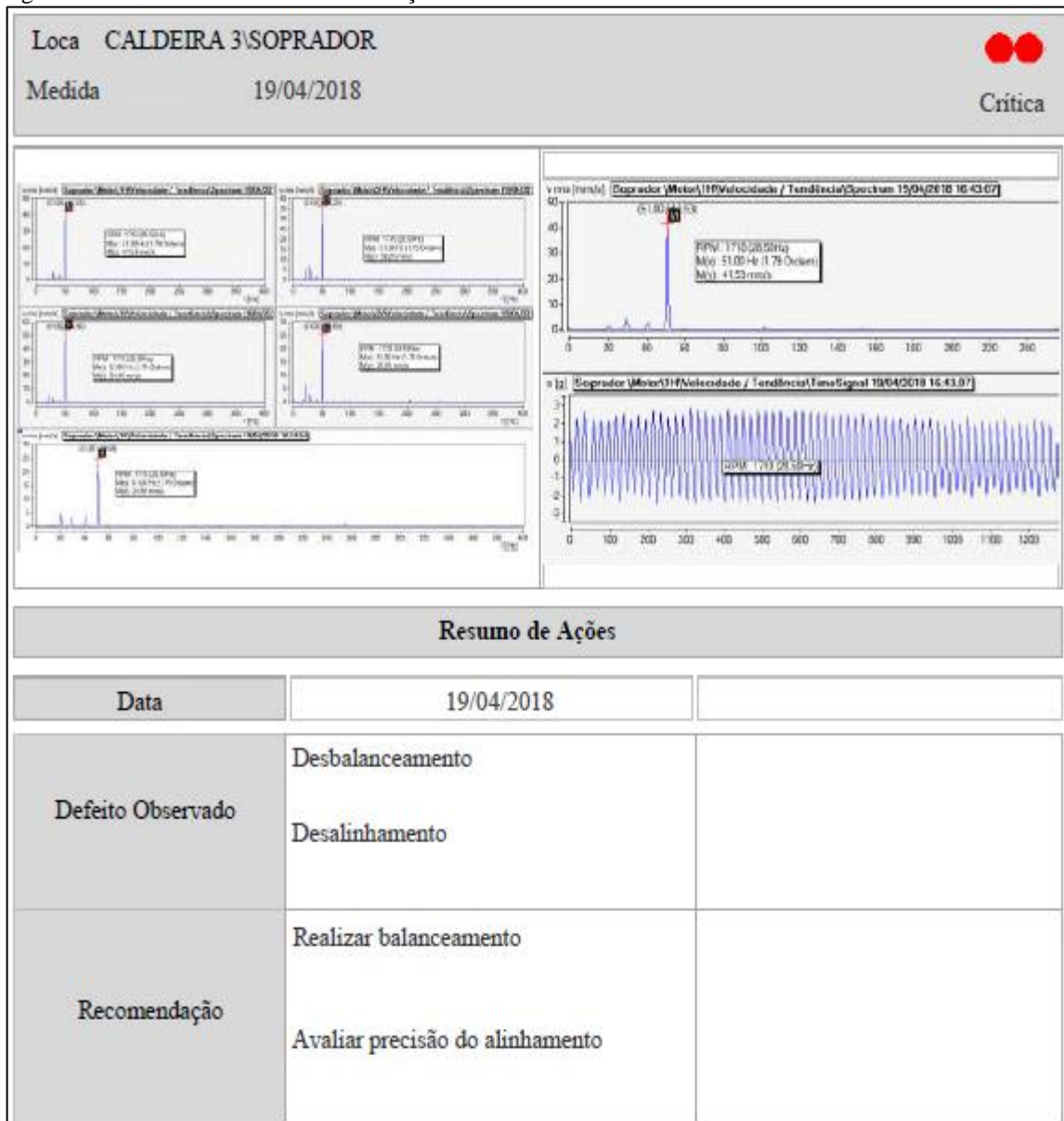
Tendência	Data	29/05/18					
	T1-T2	4,21					
	T1-T3	4,21					
	T2-T3	4,25					
	Condição	0,631					
	Freq.	200					

Fonte: O Autor.

#### 4.2.2 – Análise de vibração.

A análise de vibração possibilita a antecipação de quebra de equipamentos que estejam vibrando por desalinhamento, rolamentos quebrados ou outras falhas que alterem a frequência de vibração do equipamento. Uma falha que foi antecipada por esta análise na empresa foi a falha do soprador da caldeira 3, responsável pelo abastecimento de vapor para a máquina de macarrão instantâneo, foi observado na análise conforme figura 15, o desbalanceamento do rotor e desalinhamento das polias do motor.

Figura 15: Resultado de Análise de vibração.



Fonte: O Autor.

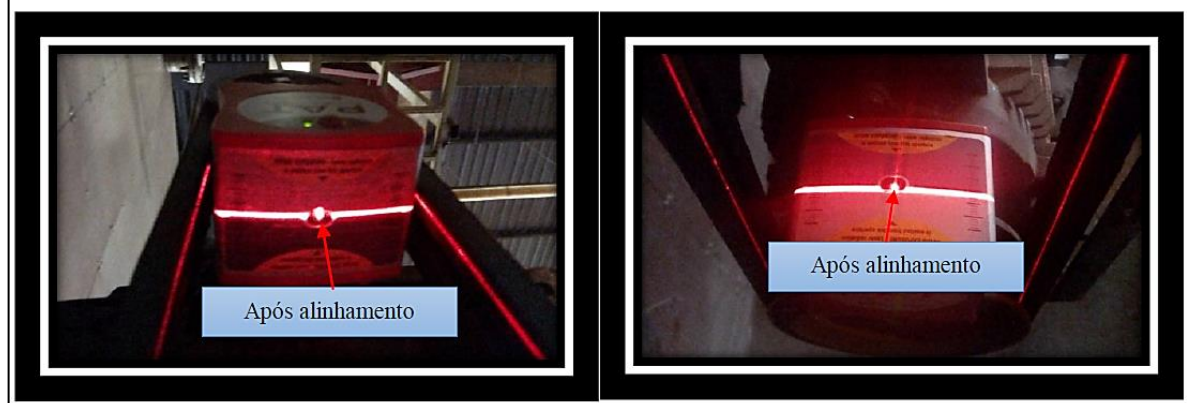
Devido a criticidade do equipamento, foi realizada a programação de parada da caldeira para o alinhamento e balanceamento do soprador.

Através do relatório de análise de vibração foi constatado desalinhando entre polias de 15mm, para este caso foi realizado a modificação na base do motor e um alinhamento a laser que que conclui-se em um perfeito alinhamento conforme a figura 16 demostra como estava o nível de desalinhamento e seu resultado logo após a intervenção.

Figura 16: Resultado de alinhamento a laser.



### **8.3 Fotos após o alinhamento entre polias**



Fonte: O Autor

#### 4.2.3 – Análise Termográfica

Para análises de vibração a empresa conta com equipamento próprio, uma câmera Flir T420 e o responsável pela análise é o Instrumentista da empresa, que quando visualiza alguma anomalia em suas análises gera um relatório conforme figura 17 com a foto do equipamento e abre uma solicitação no sistema SAP, como nota PM para que o analista de PCM programe a manutenção e gere uma ordem de manutenção para o electricista responsável realizar o reparo.



Figura 17: Resultado de análise termográfica.



Fonte: O Autor.

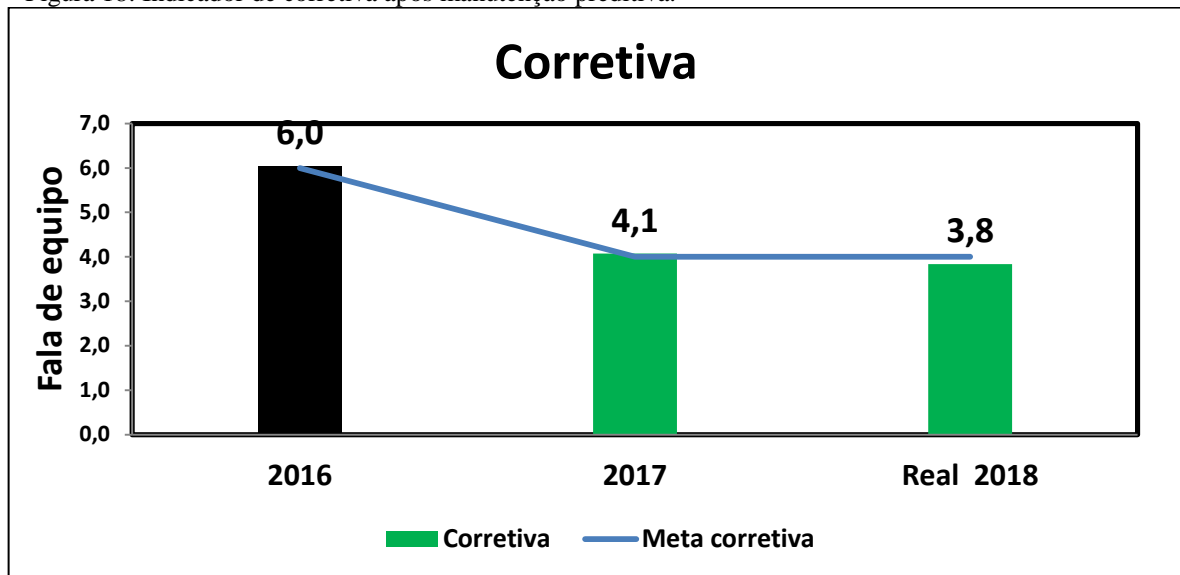
Conforme esta análise o eletricitista verificou o início de rompimento do cabo central da chave geral do painel elétrico de distribuição da máquina 5 e realizou a substituição do cabo, antecipando um possível curto circuito no painel e a parada de produção da máquina.

#### 4.2.4 – Evolução de indicadores pós manutenção preditiva.

Com a implantação de algumas técnicas de manutenção preditiva na empresa no início do ano de 2018, podemos visualizar a queda nos indicadores de manutenção corretiva em 0,3% conforme figura 18.



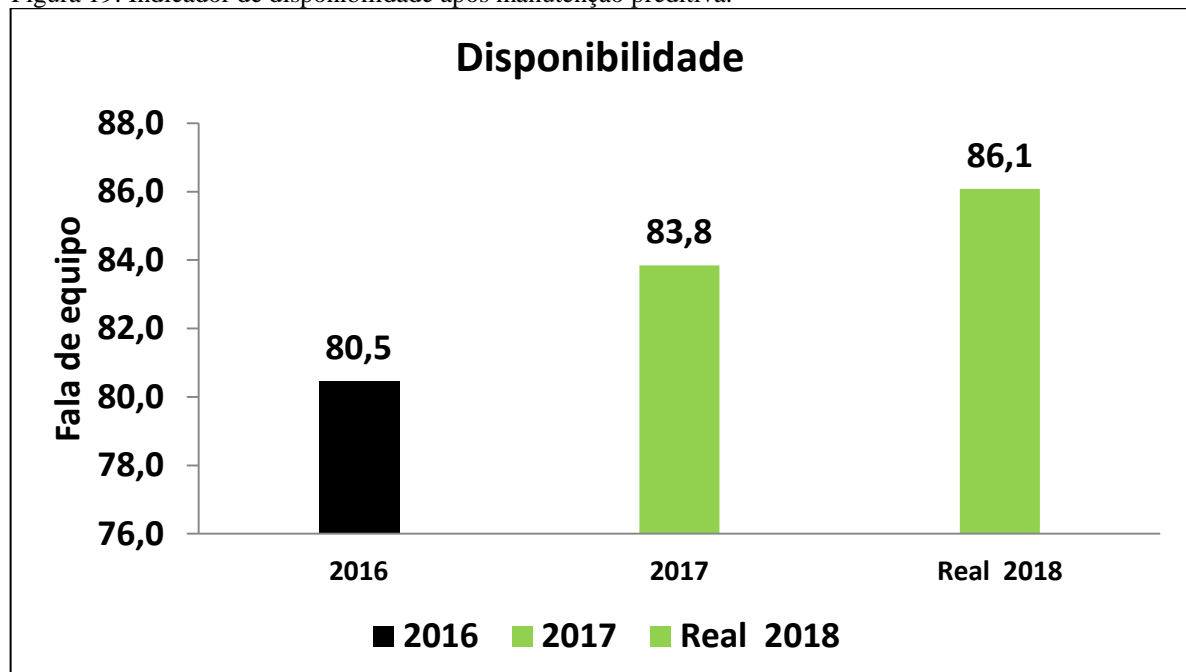
Figura 18: Indicador de corretiva após manutenção preditiva.



Fonte: O Autor

Com estes resultados consequentemente a disponibilidade dos equipamentos aumenta conforme figura 19, já que se tem menos paradas de manutenção corretiva não planejada e uma otimização no tempo de manutenção preventiva.

Figura 19: Indicador de disponibilidade após manutenção preditiva.

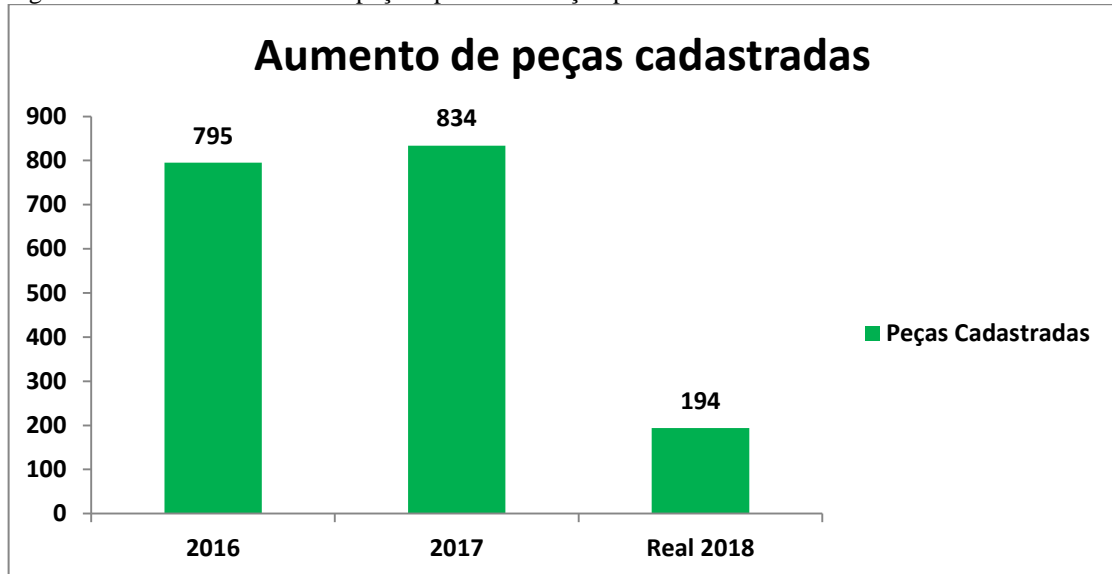


Fonte: O Autor

Através do aumento da disponibilidade dos equipamentos, a empresa conseguiu otimizar seu processo e seu tempo de manutenção, com isso iniciou-se as modificações de equipamentos, buscando repor peças de empacotadeiras e enfiadeiras com a mesma

característica técnica, isto impacta na redução de itens de estoque e redução no número de cadastro de peças conforme figura 20, isto possibilita também a padronização de peças.

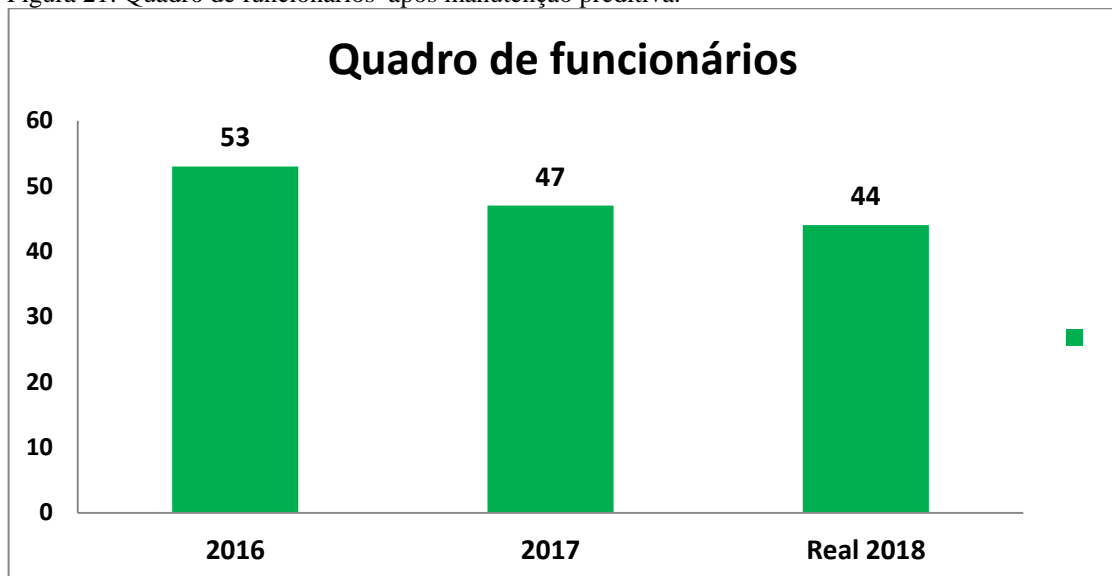
Figura 20: Índice de cadastro de peças após manutenção preditiva.



Fonte: O Autor

Além disso a redução nos indicadores de corretiva não programada possibilidade ainda mais a otimização dos funcionários de manutenção conforme figura 21.

Figura 21: Quadro de funcionários após manutenção preditiva.



Fonte: O Autor

## 5 DISCUSSÃO

Um bom plano de lubrificação, com óleos e graxas específicos para o ambiente úmido e quente das máquinas de massas também é muito importante, levando ainda em consideração de que todos os óleos e graxas nos equipamentos em que podem ter contato direto com o alimento tem de ser de grau alimentício.

Algumas análises e inspeções nos equipamentos trazem possibilidades de melhorias ou acompanhamentos que nascem destes resultados, como exemplo pode-se citar a máquina 2 da empresa acusaram situações de alerta nos motores em seus níveis de vibração, porém através de uma análise de causas pode-se verificar que os rotores dos motores de ventilação, acumulavam uma grande quantidade de poeira do processo em suas pás, ocorrendo assim o desbalanceamento dos rotores. Esta inspeção aprofundada gerou com que fosse implantado um plano de limpeza para os rotores desta máquina.

Com isso fica importante salientar que mesmo com a manutenção preventiva ou preditiva é necessário a análise de causas das falhas de equipamentos e não apenas a execução das manutenções.

Ainda é possível otimizar a manutenção preditivas com algumas outras técnicas, como análise de MCA com equipamentos energizados, pois hoje para realização de análises a máquina desenergizada, desplugando os cabos dos disjuntores para realizar a análise e caso ocorra a indicação da anomalia se confere na caixa de distribuição do motor, para verificar se o defeito acusado é no motor ou no cabeamento, isso leva um tempo alto de análise.

Outro fator ainda a se otimizar é a periodicidade das análises preditivas, pois como as técnicas foram implantadas no ano de 2018, ainda não se tem ao certo um intervalo de tempo confiável entre as análises.

## 6 CONCLUSÃO

Conforme os resultados apresentados a implementação da manutenção preditiva eleva os resultados dos indicadores e possui uma excelente aplicação na indústria de massas, porém é de grande importância que se concilie as manutenções preventivas e preditivas, visando sempre a melhor disponibilidade de confiabilidade das máquinas e equipamentos.

Uma aplicação técnica em que é melhor a utilização das técnicas de manutenção preventiva são em equipamentos rotativos com baixa rotação, pois a baixa rotação não possibilita os resultados precisos de vibração por avaria de equipamentos como eixos e rolamentos.

As máquinas de macarrão tem para seu processo de transporte barras de ferro chato, que são chamadas de varas de transporte ou canas, estas transitam pela máquina em movimento lento para que seja possível a realização do processo de extração de umidade da massa até chegar a um ponto média de 10% a 12% de umidade e a realização de secagem e refrigeração completa. Para que haja a divisão correta de secagem e temperatura as máquinas são divididas em andares, estes são apelidados de pisos nas máquinas de massa longa e na transferência de um piso para o outro há uma peça rotativa com cavidades transferem as varas e neste processo se emite sons altos o que dificulta uma análise de ultrassom para verificar falhas e como é um processo de movimento lento a análise de vibração também não é muito confiável, este é outro setor das máquinas em que viabiliza a implantação da preventiva e repor peças como retentores e rolamentos nas paradas anuais, visando a previsão de falha dos equipamentos nestes pontos.

Então é importante a mesclagem de diferentes técnicas de manutenção, seja elas preventivas ou preditivas, quantitativas ou sensitivas, não se devem desprezar nenhuma informação de operadores e manutentores que tenham experiências nos máquinas, pois eles são a primeira barreira entre a máquina e a falha.

Os principais dados levantados foram a periodicidade em que as máquinas apresentaram falhas após a implantação do plano de manutenção preventiva e o preditiva, o numero de falhas de equipamentos diminuiu, aumentando a disponibilidade dos equipamentos e automaticamente a redução de custos do setor de manutenção, pois conseguiu-se gastar menos com peças e mão de obra.

## REFERÊNCIAS

ABRAMAM, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **Documentação Nacional A Situação da Manutenção no Brasil Edição 2018**. Disponível em: <http://www.eventos.abraman.org.br/pesquisa/glossario.php>. Acesso em 08 Março 2018.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009

NEPOMUCENO, LAURO XAVIER. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. São Paulo: Blucher , 1989. V.1.

NEPOMUCENO, LAURO XAVIER. **Técnicas de Manutenção Preditiva. Volume 2**. São Paulo: Blucher ,1989.

REDE JUNTOS.ORG. **Ferramenta 5W2H**. Disponível em : <https://wiki.redejuntos.org.br/busca/5w2h>. Acesso em 13 Setembro 2018.

SAITOH, MAKOTO. Manutenção Planejada. In: SUZUKI, TOKUTARO. **TPM em Indústria de Processo**. Instituto Japonês de Manutenção de Fábricas. Japão, 1992.

SELEME, ROBSON. **Manutenção Industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. Curitiba: InterSaberes, 2015

SETOYAMA, YKURO. Manutenção da Qualidade. In: SUZUKI, TOKUTARO. **TPM em Indústria de Processo**. Instituto Japonês de Manutenção de Fábricas. Japão, 1992.

SUZUKI, TOKUTARO. **TPM em Indústria de Processo**. Instituto Japonês de Manutenção de Fábricas. Japão, 1992.

VIANA, HERBET RICARDO GARCIA. **PCM – Planejamento e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed. 2002.