

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GUSTAVO GOULART**

**ESTUDO DE CRITICIDADE E ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE EM FÁBRICA DE  
UTENSÍLIOS DOMÉSTICOS NA CIDADE DE PATO BRANCO**

**PATO BRANCO**

**2022**

**GUSTAVO GOULART**

**ESTUDO DE CRITICIDADE E ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE EM FÁBRICA DE  
UTENSÍLIOS DOMÉSTICOS NA CIDADE DE PATO BRANCO**

**Study of Criticality and Analysis of Availability in Factory of Domestic  
Utensils in the City of Pato Branco**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador(a): Sergio Luiz Ribas Pessa

**PATO BRANCO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GUSTAVO GOULART**

**ESTUDO DE CRITICIDADE E ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE EM FÁBRICA DE  
UTENSÍLIOS DOMÉSTICOS NA CIDADE DE PATO BRANCO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 23/Junho/2022

---

Prof. Dr. Giovanni Bratti  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Profa. Dra. Geocris Rodrigues dos Santos  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PATO BRANCO**

**2022**

Dedico este trabalho aos meus pais, minha  
namorada e amigos que sempre me ajudaram  
durante a graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais que fizeram tudo para que fosse possível chegar nessa etapa. Segundo, agradeço a minha namorada Fernanda por sempre me apoiar em todas as horas difíceis e em todas as vezes que pensei em desistir. Terceiro, agradeço aos professores desta instituição que sempre deram o seu melhor para que fosse possível o aprendizado.

## RESUMO

Esta pesquisa aborda temas técnicos relacionados a gestão de manutenção, utilizando uma metodologia conhecida na área de manutenção, abordando a disponibilidade dos equipamentos em operação e a sua criticidade em relação ao processo produtivo. Esse trabalho ocorreu em uma fábrica de utensílios domésticos pelo motivo de necessidade em relação a uma maior organização do setor de manutenção industrial. São utilizados os conceitos de Tempo Médio entre Falhas, Tempo Médio de Reparos e Disponibilidade, gerando indicadores de manutenção, verificando se a mesma é eficaz ou não. Os critérios de criticidade servem para mapear os equipamentos da empresa e demonstrar como agir em relação a forma de manutenção, seja ela corretiva, preventiva ou preditiva. Foi possível analisar que a manutenção industrial da empresa é eficiente, porém com uma maior organização no setor ela pode diminuir ainda mais os custos de manutenção futuramente.

Palavras-chave: Manutenção; Disponibilidade; Criticidade; Indicadores

## **ABSTRACT**

This research approach technical themes related to maintenance management, working with a known methodology in the maintenance area, approaching the availability study and the criticality criteria. This work was made in a factory of domestic utensils because it seems a need of organization in the maintenance sector. The concepts of Mean Time Between Failure, Mean Time to Repair and Availability are used to demonstrate maintenance indicators, verifying if the maintenance is effective or not. The criticality criteria can map the company's equipment and demonstrate how to act in relation of the style of maintenance to use, corrective, preventive or predictive. It was possible to analyze that the industrial maintenance is effective, but if the organization increases the costs of maintenance can be smaller in the future.

**Keywords:** Maintenance; Availability; Criticality; Indicators

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 - Exemplo de Classificação ABC.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2 - Fluxograma de Criticidade .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3 - Fluxograma de Criticidade .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 4 - Fluxograma de Operação Linha de Panela de Pressão .....</b>	<b>28</b>
<b>Quadro 1 - Critério de Criticidade .....</b>	<b>21</b>
<b>Quadro 2 - Critério de Criticidade .....</b>	<b>26</b>
<b>Quadro 3 - Criticidade das Prensas .....</b>	<b>32</b>
<b>Quadro 4 - Criticidade Usinadores Conjunto.....</b>	<b>33</b>
<b>Quadro 5 - Criticidade Usinadores Borda Quadrada .....</b>	<b>33</b>
<b>Quadro 6 - Criticidade Usinadores Panela de Pressão .....</b>	<b>34</b>
<b>Quadro 7 - Criticidade Conformadora .....</b>	<b>35</b>
<b>Quadro 8 - Criticidade Dobra Invertida.....</b>	<b>35</b>
<b>Quadro 9 - Criticidade Cabines de Pintura.....</b>	<b>36</b>



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cálculo do MTBF, MTTR e Disponibilidade .....	29
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>14</b>
1.1.1	Objetivos Específicos	14
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Conceito de manutenção</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Gestão de manutenção</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Manutenção corretiva</b>	<b>17</b>
2.3.1	Manutenção corretiva não-programada	17
2.3.2	Manutenção corretiva programada	18
<b>2.4</b>	<b>Manutenção preventiva</b>	<b>18</b>
<b>2.5</b>	<b>Manutenção preditiva</b>	<b>19</b>
<b>2.6</b>	<b>Criticidade dos equipamentos</b>	<b>20</b>
<b>2.7</b>	<b>Indicadores de manutenção</b>	<b>22</b>
2.7.1	Tempo Médio entre Falhas	22
2.7.2	Tempo Médio de Reparo	23
2.7.3	Disponibilidade	23
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da empresa</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Estudo de disponibilidade</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>Estudo de criticidade</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da empresa</b>	<b>28</b>
<b>4.2</b>	<b>Disponibilidade</b>	<b>29</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise de Criticidade</b>	<b>31</b>
4.3.1	Criticidade das Prensas	32
4.3.2	Criticidade dos Usinadores	32
<u>4.3.2.1</u>	<u>Usinadores de Conjunto</u>	<u>32</u>
<u>4.3.2.2</u>	<u>Usinadores Borda Quadrada</u>	<u>33</u>
<u>4.3.2.3</u>	<u>Usinadores Panela de Pressão</u>	<u>34</u>
4.3.3	Criticidade Conformadores	35
<u>4.3.3.1</u>	<u>Dobra Invertida</u>	<u>35</u>
4.3.4	Pintura	36

<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>
	<b>APÊNDICE A - Tabela dos Indicadores de Manutenção .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Durante os séculos, partindo da Primeira Revolução Industrial na Inglaterra, os métodos de manutenção foram evoluindo. Dessa maneira, reduziu-se os custos de manutenção e aumentou-se a disponibilidade e confiabilidade das máquinas e equipamentos.

Segundo Almeida (2014), manutenção pode ser definida como o conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e também ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas.

Um dos maiores desafios do setor de manutenção de uma empresa é manter a disponibilidade e a confiabilidade das máquinas em níveis altos, assim diretamente resultando em uma produtividade alta. Entretanto, essa produtividade pode ser ainda mais afetada quando a falta de manutenção ou a manutenção ineficaz causam aumento dos tempos de produção pela redução do desempenho, mesmo não havendo uma parada efetiva do equipamento (MARCORIN, LIMA. 2003).

“Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (ABNT NBR 5462:1994).

Dessa maneira, manter um Programa de Manutenções organizado é de suma importância o bom funcionamento da planta fabril, mantendo a produtividade alta e com uma boa disponibilidade. O principal desafio é não permitir que manutenção se torne cara demais, assim equacionando o custo da manutenção e a lucratividade da empresa.

O trabalho foi realizado em uma empresa de utensílios domésticos na cidade de Pato Branco, Paraná, Brasil. Devido ao fato da empresa trabalhar apenas com manutenções corretivas e autonômas, foi sentida a necessidade da mesma se organizar em relação a manutenção industrial, buscando poupar recursos e pessoal.

Para isso, foi utilizada uma metodologia para que gerou um estudo de criticidade dos equipamentos em relação a sua função dentro da empresa. Devido ao fato da empresa trabalhar com prensas, conformadores, usinadores e rebitadores, essas operações foram separadas por critérios claros em relação a ter substitutos, importância no processo e custo de parada.

Outro fato é que aparentemente alguns equipamentos tinham a disponibilidade baixa, por isso uma análise de disponibilidade das máquinas também

foi feita para se encontrar o real estado do maquinário em relação a esse critério que é muito importante para uma boa gestão de ativos.

## **1.1 Objetivos**

O objetivo principal desse trabalho é desenvolver uma metodologia de avaliação da criticidade de máquinas e avaliar a disponibilidade das máquinas e equipamentos da empresa.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

Para atingir o objetivo principal os seguintes objetivos específicos devem ser alcançados:

- Caracterização da empresa;
- Estudo de Disponibilidade das máquinas;
- Estudo de Criticidade das máquinas e equipamentos da empresa.

## **1.2 Justificativa**

O setor de manutenção de empresas de pequeno e médio porte muitas vezes não tem uma organização nos seus processos, sem conseguir ter um controle sobre os mesmos. Dessa forma, é necessário que se estabeleça uma metodologia em relação a sua organização.

Utilizando uma metodologia conhecida, é possível mapear como está a manutenção e gerar melhorias em relação a gestão de ativos, evitando perdas no processo produtivo e podendo realocar recursos para outros setores da empresa.

Por muitas vezes a manutenção tem as ferramentas para que se melhore a sua gestão, porém estas não são utilizadas. Um exemplo são as Ordens de Serviço que são preenchidas e arquivadas, sem a realização de uma análise relacionada aos dados contidos nestas. Por isso a utilização de indicadores de manutenção é de suma importância para que seja possível encontrar aonde estão os gargalos que afetam a produção.

Essas empresas utilizam o setor de manutenção apenas para que se “apague o incêndio” quando são necessárias intervenções, enxergando o setor apenas como um custo e assim muitas vezes deixando a equipe sem função, caso não haja necessidade de uma intervenção.

Esse trabalho busca utilizar uma metodologia conhecida que consiga organizar todo o setor de manutenção e assim diminuir o gargalo relacionado ao problema e pensando que futuramente seja possível diminuir os custos relacionados a paradas desnecessárias por falta de uma manutenção organizada.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Conceito de manutenção**

Pode-se definir manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações (ENGENHARIAECIA, 2022).

Segundo Keepee (2020), a estratégia adequada de manutenção tem reflexo direto nos resultados empresariais, tais como:

- Aumento da disponibilidade;
- Crescimento do faturamento e lucro;
- Aumento da segurança pessoal e das instalações;
- Redução da demanda de serviço;
- Redução de custos e lucros cessantes;
- Preservação ambiental.

A função da manutenção consiste em reparar os ativos sempre que as quebras ocorrem e agir de forma preventiva para evitar ao máximo que essas quebras ocorram (ENGETELES, 2021).

De acordo com Engeteles (2021) a manutenção precisa controlar uma série de processos que visa estabelecer rotinas de serviços, coletar e analisar dados, visando garantir a máxima eficiência ao menor custo possível.

### **2.2 Gestão de manutenção**

Segundo Mendes e Ribeiro (2014) a manutenção é planejada utilizando a experiência dos funcionários envolvidos e a orientação contida nos manuais dos fabricantes dos equipamentos e portanto melhorias na confiabilidade e disponibilidade podem contribuir para o aumento da competitividade.

Porém os manuais não podem ser totalmente confiáveis, pois corre-se o risco dessas recomendações não serem baseadas em dados reais, pois alguns fabricantes de equipamentos, a fim de maximizar vendas de componentes ou diminuir suas responsabilidades, orientam intervalos curtos de revisão e substituição (MENDES, RIBEIRO, 2014 apud LAFRAIA, 2001; RAUSAND, 1998).

Atualmente, o grande desafio para o planejamento da manutenção é exatamente a definição de quando e que tipo de manutenção deve ser feita em determinado equipamento (MENDES; RIBEIRO, 2014). A elaboração de planos de

manutenção baseados em análises quantitativas é essencial para a compreensão do tipo e do intervalo de manutenção mais adequado ao comportamento da taxa de falhas de cada equipamento (MENDES; RIBEIRO, 2014).

Em síntese, a gestão da manutenção, consiste em definir no nível tático, objetivos operacionais que sejam capazes de apoiar a empresa a atingir suas metas estratégicas (SANTOS; PACHECO, 2016).

Santos e Pacheco (2016) apud Kardec e Ribeiro (2002) fala que a manutenção não basta apenas ser eficiente, precisa ser eficaz, não bastando reestabelecer o funcionamento dos equipamentos, mas precisa manter sua função disponível para a operação.

Observa-se que a maioria das indústrias possui um departamento de manutenção, normalmente operando de maneira precária, mas de alguma forma conseguindo cumprir suas funções, embora com despesas elevadas (SANTOS; PACHECO, 2016).

Dessa forma, pode-se gerir a Manutenção com três grandes modelos. Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva.

### **2.3 Manutenção corretiva**

“Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida” (ABNT NBR 5462:1994).

O problema dessa política não está em fazer intervenções corretivas, mas que a sua aplicação isolada requer enormes estoques de peças para suportar as sucessivas quebras (MARCORIN; LIMA, 2003). A manutenção corretiva é o tipo de manutenção mais caro, que toma mais tempo e traz mais prejuízo a empresa (ENGETELES, 2018). Segundo Marcorin e Lima (2003) a manutenção corretiva é a melhor opção quando os custos da indisponibilidade são menores que os custos para evitar a falha.

#### **2.3.1 Manutenção corretiva não-programada**

“É aquela que é realizada após a falha funcional do equipamento e por esse motivo o equipamento deve ser reparado em caráter de urgência” (ENGETELES, 2018). É chamada de não programada pelo fato de ter pulado as etapas de planejamento e programação.



Ocorre de maneira randomizada e inesperada, ou seja, não há nenhum tipo de supervisão sobre o equipamento (ABECOM, 2021). Neste caso, é comum que o equipamento apresente falhas graves e deixe de funcionar. E em geral, esses aspectos afetam diretamente a produção da empresa (ABECOM, 2021).

### 2.3.2 Manutenção corretiva programada

A Manutenção Corretiva Programada é aquela realizada para eliminar a falha potencial antes que ela evolua para a falha funcional (ENGETELES, 2018). Se a falha potencial não trazer risco à segurança ou problemas de qualidade, pode ser programada para ser eliminada no momento em que for mais conveniente para a empresa (ENGETELES, 2018).

É um pouco menos custoso do que a Manutenção Emergencial (ABECOM, 2021), baseando-se na identificação prévia de um problema, podendo ser chamada de previsível, ou ainda, de pré-determinada.

## 2.4 Manutenção preventiva

Segundo a ABNT NBR 5462:1994 é aquela efetuada em intervalos determinados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

O simples fato de a manutenção preventiva reduzir o risco de paradas não programadas devido a falhas no equipamento já a coloca como uma opção melhor do que a manutenção corretiva em máquinas ligadas diretamente ao processo (MARCORIN; LIMA, 2003).

Além do estoque elevado para cobrir a imprevisibilidade das falhas, a manutenção preventiva apresenta o inconveniente de intervenções muitas vezes desnecessárias, que reduzem a produtividade e elevam o custo operacional total. (MARCORIN; LIMA, 2003)

Segundo Engeteles (2018) a manutenção preventiva ainda não é a manutenção com o melhor custo-benefício, custando em média três vezes mais do que a manutenção preditiva.

“A manutenção preventiva traz resultados apenas nos equipamentos onde as falhas que estão relacionadas diretamente com a idade do equipamento” (ENGETELES, 2018). O objetivo da manutenção preventiva é restabelecer as

condições originais do equipamento, visando reduzir a sua probabilidade de falhas (ENGETELES, 2018).

Segundo Engeteles (2018) deve ser usada de forma estratégica, visando a redução na probabilidade de falhas que tem relação direta com a idade do equipamento.

## **2.5 Manutenção preditiva**

Segundo Marcorin e Lima (2003) caracteriza-se pela medição e análise de variáveis da máquina que possam prognosticar uma eventual falha reduzindo assim o custo com estoques e evitando paradas desnecessárias.

Exige uma mão-de-obra mais qualificada para o trabalho e alguns aparelhos ou instrumentos de medição. (MARCORIN; LIMA, 2013). Segundo Baldissareli e Fabro (2019) a manutenção preditiva se destaca pela capacidade de antecipação de falhas, direcionando para a indústria 4.0.

A manutenção preditiva é uma metodologia de manutenção que foca em análises e técnicas de prevenção de danos e previsibilidade de falhas (ABECOM, 2021). Sua base está no monitoramento contínuo do equipamento. Podendo ser por análise de vibração, ultrassom, termografia, inspeções e técnicas para análise não destrutivas (ABECOM, 2021).

Segundo Abecom (2021) objetivo da manutenção preditiva é antecipar e encontrar a causa raiz de problemas em máquinas e equipamentos. Como resultado otimiza os recursos de manutenção, reduz os custos operacionais, melhora a integridade e o desempenho geral dos ativos.

As vantagens da manutenção preditiva segundo Totvs (2021):

- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Otimização de produtividade;
- Prevenção de falhas;
- Redução de Custos;
- Redução de Riscos de Acidentes;
- Economia com Energia;
- Cumprir com exigências da ISO 9001.

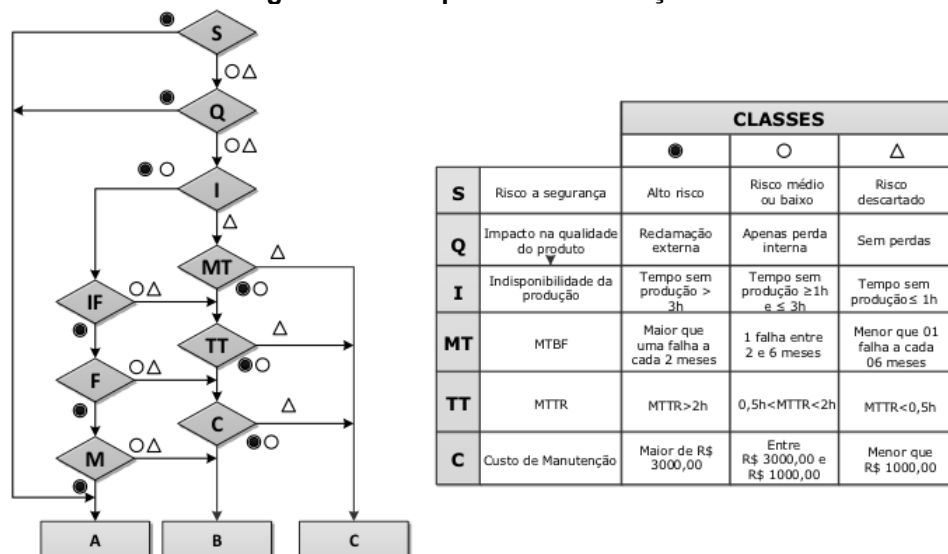
## 2.6 Criticidade dos equipamentos

Uma característica principal da gestão de manutenção é a definição dos equipamentos críticos de sua operação, a qual, associada a uma estratégia de manutenção adequada, deverá garantir muito maior previsibilidade de disponibilidade e continuidade operacional (ENGETAG, 2020).

Equipamentos classificados como críticos são aqueles cujo efeito de falha ou baixo desempenho podem resultar em graves consequências, como acidentes sérios com pessoas, danos ambientais, impactos econômicos e operacionais (ENGETAG, 2020).

O Japan Institute of Plant Maintenance (1995) recomenda a utilização da classificação ABC, como uma ferramenta para avaliar a criticidade de uma máquina ou sistema dentro de um processo industrial, mediante a utilização de um fluxograma decisional (BARAN; TROJAN, 2016).

Figura 1 - Exemplo de Classificação ABC



Fonte: JIPM (1995)

Como demonstrado pela Figura 1, pode-se classificar os equipamentos em:

- Classe A: Equipamentos altamente críticos para o processo, sendo fundamental uma política preventiva com: preditiva e preventiva, análise das falhas manutenção e operação, equipes de melhoria focada, equipes focadas na redução de falhas.

- Classe B: Equipamentos importantes para o processo, sendo aceitável aplicação de alguma das seguintes técnicas: preventiva ou preditiva, equipes e times de melhoria, análise das falhas pela manutenção.

- Classe C: Equipamentos com baixo impacto no processo, com as seguintes políticas de manutenção: corretiva, preditiva e/ou preventiva em equipamentos utilitários, monitoramento de falhas para evitar recorrências.

Para o trabalho em questão, foi utilizado o quadro de criticidade demonstrado abaixo:

**Quadro 1 - Critério de Criticidade**

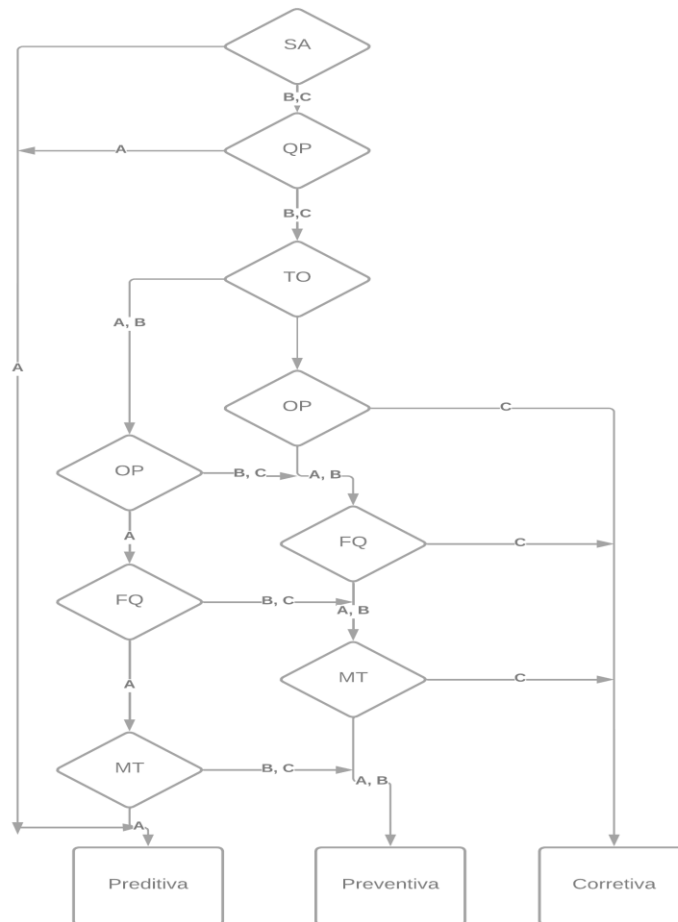
<b>A PARADA REPENTINA DO EQUIPAMENTO PROVOCA</b>				
		<b>Alta (A)</b>	<b>Média (B)</b>	<b>Baixa (C)</b>
<b>SA</b>	<b>Segurança e Meio Ambiente</b>	Acidentes Pessoais, Agressões ao Meio Ambiente e Danos Materiais	Exposição à Riscos de Acidentes ao Meio Ambiente ou do Patrimônio	Nenhum risco
<b>QP</b>	<b>Qualidade e Produtividade</b>	Produtos com defeito, redução da Velocidade e redução da produção	Variação da Qualidade ou da Produtividade	Não Afeta
<b>OP</b>	<b>Oportunidade</b>	Cessa todo o Processo	Cessa parte do Processo	Não Afeta
<b>TO</b>	<b>Taxa de Ocupação</b>	24 horas por dia	Dois Turnos ou Horário Administrativo	Não Afeta
<b>FQ</b>	<b>Frequência de Quebra</b>	Intervalo menor que 6 meses	Em média uma vez ao ano	Raramente Ocorre
<b>MT</b>	<b>Mantenabilidade</b>	O tempo e/ou custo do reparo são elevados	O tempo ou o custo do reparo são suportáveis	O tempo e/ou custo do reparo são irrelevantes

**Fonte: Blog Rede Industrial (2016)**

A utilização do quadro 1 foi pelo fato de que ele se adequa quase completamente em relação a como as máquinas e equipamento da empresa. Esse foi o motivo da escolha.

A figura 2 se relaciona com o quadro 1 formando assim um quadro de manutenção como se demonstra abaixo:

**Figura 2 - Fluxograma de Criticidade**



Fonte: Blog Rede Industrial (2016)

## 2.7 Indicadores de manutenção

Uma forma de analisar a manutenção é por meio de indicadores. Os principais indicadores utilizados são:

- Tempo Médio entre Falhas ou Mean Time Between Failures (MTBF);
- Tempo Médio de Reparo ou Mean Time to Repair (MTTR);
- Disponibilidade.

### 2.7.1 Tempo Médio entre Falhas

O tempo médio entre falhas (MTBF) refere-se à quantidade média de tempo que um dispositivo ou produto funciona antes de falhar. Esta unidade de medida inclui apenas o tempo operacional entre falhas e não inclui os tempos de reparo, assumindo que, se houve falha, o item foi reparado e começou a funcionar novamente. (FM2S, 2019). A equação (1) para o cálculo do MTBF é demonstrada abaixo:

$$MTBF = \frac{(\text{Tempo total disponível} - \text{Tempo perdido})}{\text{Número de paradas}} \quad (1)$$

Esse indicador é utilizado para estimar uma probabilidade de falha em um equipamento. Segundo Infraspak (2018) é uma base para a programação de manutenções preventivas, portanto um MTBF alto indica que o ativo é confiável na sua operação.

### 2.7.2 Tempo Médio de Reparo

O tempo médio de reparo (MTTR) é uma medida da capacidade de manutenção de um item reparável, que informa o tempo médio necessário para reparar um item ou componente específico e retorná-lo ao status normal de trabalho (FM2S, 2019). A equação (2) para o cálculo do MTTR é demonstrada abaixo:

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

O MTTR se relaciona com a eficácia da manutenção, portanto quanto menor o seu valor, melhor a eficácia da manutenção.

### 2.7.3 Disponibilidade

Segundo a NBR 5462 (1994) é a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado.

A disponibilidade é calculada pela equação (3) abaixo:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTTR+MTBF} \quad (3)$$

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta etapa do trabalho foram explicados os procedimentos metodológicos aplicados, sendo referenciados pela revisão bibliográfica e assim demonstrando o rumo que a pesquisa tomou.

#### 3.1 Caracterização da empresa

A empresa foi caracterizada segundo a sua localização, seu ramo de atuação, matéria prima utilizada e e processos produtivos utilizados.

#### 3.2 Estudo de disponibilidade

A empresa mantém arquivadas as Ordens de Serviço de manutenção em uma planilha no Microsoft Excel, estando separado pela data de parada, tempo utilizado para manutenção, horário de volta ao funcionamento. Esta planilha foi disponibilizada pelo setor de manutenção para a obtenção dos dados do estudo. Com isso foi possível analisar a disponibilidade de cada equipamento em relação ao período em que o estudo foi feito.

Com as Ordens de Serviço em mãos foi realizada uma análise quantitativa em relação a disponibilidade do maquinário da empresa. Foi considerado os tempos de parada por manutenção, o intervalo entre paradas, encontrando dessa maneira a disponibilidade do maquinário da empresa.

Foram utilizados os indicadores MTBF (Tempo Médio entre Falhas), MTTR (Tempo Médio de Reparo) e Disponibilidade. Esses indicadores são amplamente utilizados na indústria devido a sua facilidade de obtenção de dados, assim gerando tabelas e gráficos de fácil compreensão.

O MTBF como apresentado na seção 2.7.1, refere-se à quantidade média de tempo que um dispositivo ou produto funciona antes de falhar. É possível encontrar o valor do MTBF dos equipamentos de acordo com a equação 1, demonstrada novamente:

$$MTBF = \frac{(\text{Tempo total disponível} - \text{Tempo perdido})}{\text{Número de paradas}} \quad (1)$$

O MTTR como apresentado na seção 2.7.2, é uma medida da capacidade de manutenção de um item reparável, que informa o tempo médio necessário para reparar um item ou componente específico e retorná-lo ao status normal de trabalho. É possível encontrar o valor do MTTR dos equipamentos de acordo com a equação (2), demonstrada novamente:

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

A Disponibilidade como apresentado na seção 2.7.3 é a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado. Pode-se encontrar a Disponibilidade dos equipamentos de acordo com a equação (3), demonstrada novamente:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTTR+MTBF}} \quad (3)$$

O cálculo do MTBF, MTTR e da Disponibilidade foram apresentados no Apêndice A . A partir destes cálculos, foi gerado o gráfico relacionado a disponibilidade das máquinas e equipamentos da empresa.

### **3.3 Estudo de criticidade**

Foi elaborado um estudo qualitativo quanto a criticidade dos equipamentos da planta fabril. Foi utilizado o quadro abaixo para que se encontre a criticidade dos equipamentos como visto na seção 2.6 e apresentado novamente no Quadro 1:



Quadro 2 - Critério de Criticidade

<b>A PARADA REPENTINA DO EQUIPAMENTO PROVOCA</b>				
		<b>Alta (A)</b>	<b>Média (B)</b>	<b>Baixa (C)</b>
<b>SA</b>	<b>Segurança e Meio Ambiente</b>	Acidentes Pessoais, Agressões ao Meio Ambiente e Danos Materiais	Exposição à Riscos de Acidentes ao Meio Ambiente ou do Patrimônio	Nenhum risco
<b>QP</b>	<b>Qualidade e Produtividade</b>	Produtos com defeito, redução da Velocidade e redução da produção	Variação da Qualidade ou da Produtividade	Não Afeta
<b>OP</b>	<b>Oportunidade</b>	Cessa todo o Processo	Cessa parte do Processo	Não Afeta
<b>TO</b>	<b>Taxa de Ocupação</b>	24 horas por dia	Dois Turnos ou Horário Administrativo	Não Afeta
<b>FQ</b>	<b>Frequência de Quebra</b>	Intervalo menor que 6 meses	Em média uma vez ao ano	Raramente Ocorre
<b>MT</b>	<b>Mantenabilidade</b>	O tempo e/ou custo do reparo são elevados	O tempo ou o custo do reparo são suportáveis	O tempo e/ou custo do reparo são irrelevantes

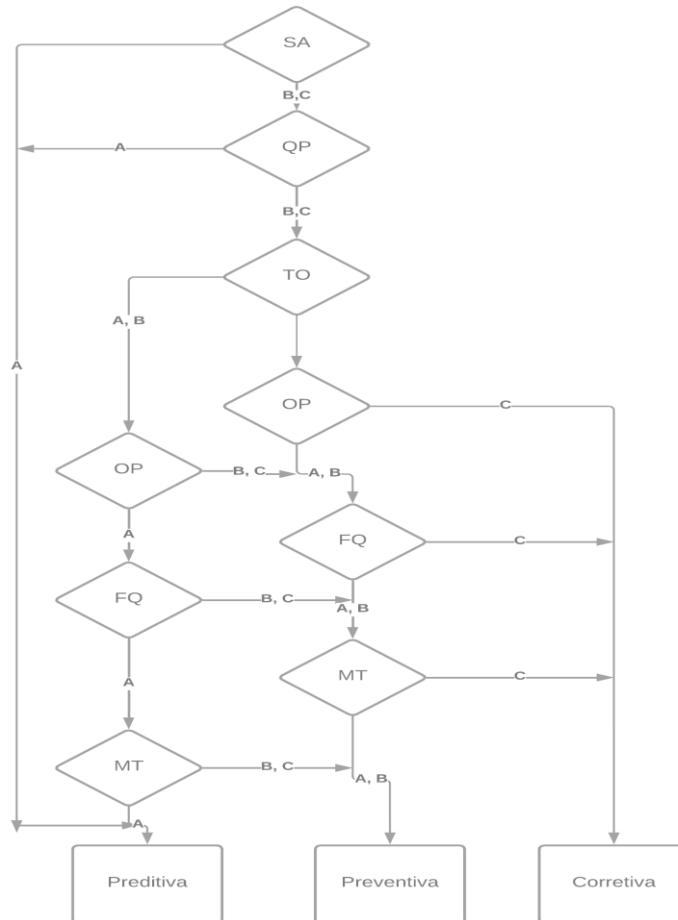
Fonte: Blog Rede Industrial (2016)

O Quadro 1 detalhou os critérios utilizados para que seja possível formar um fluxograma para que se avalie a criticidade dos equipamentos de uma planta fabril. Adaptações foram feitas para que fosse possível utilizar essa tabela durante a avaliação dos critérios da empresa.

O critério Taxa de Ocupação foi alterado pois a fábrica trabalhava apenas com um turno, o do horário comercial. O critério Frequência de Quebras também foi alterado pois alguns equipamentos tinham quebras muito mais recorrentes do que o intervalo estipulado.

O Quadro 1 se relaciona com a Figura 2, que é o fluxograma de criticidade e é demonstrado novamente, como visto na seção 2.6.

**Figura 3 - Fluxograma de Criticidade**



**Fonte: Blog Rede Industrial (2016)**

O fluxograma de criticidade (Figura 2) apresenta os passos a serem seguidos para que se elabore o quadro de criticidade, dessa maneira tornando possível organizar o setor de manutenção em relação aos critérios estabelecidos no Quadro 1. Analisando a Figura 1, houve a percepção de que os critérios Meio Ambiente e Segurança (SA) e Qualidade e Produtividade (QP) são os mais críticos, pois quando estes param pode-se causar acidentes ou diminuir a qualidade do que se é produzido na empresa. Dessa maneira, caso o risco seja alto nesses casos, já se considera como um Equipamento de Classe A, tal como é exemplificado na seção 2.6.

Foi utilizado o Microsoft Excel 2016 para a elaboração dos quadros de criticidade dos equipamentos da fábrica. O software foi escolhido devido a sua versatilidade e facilidade de apresentação de dados.

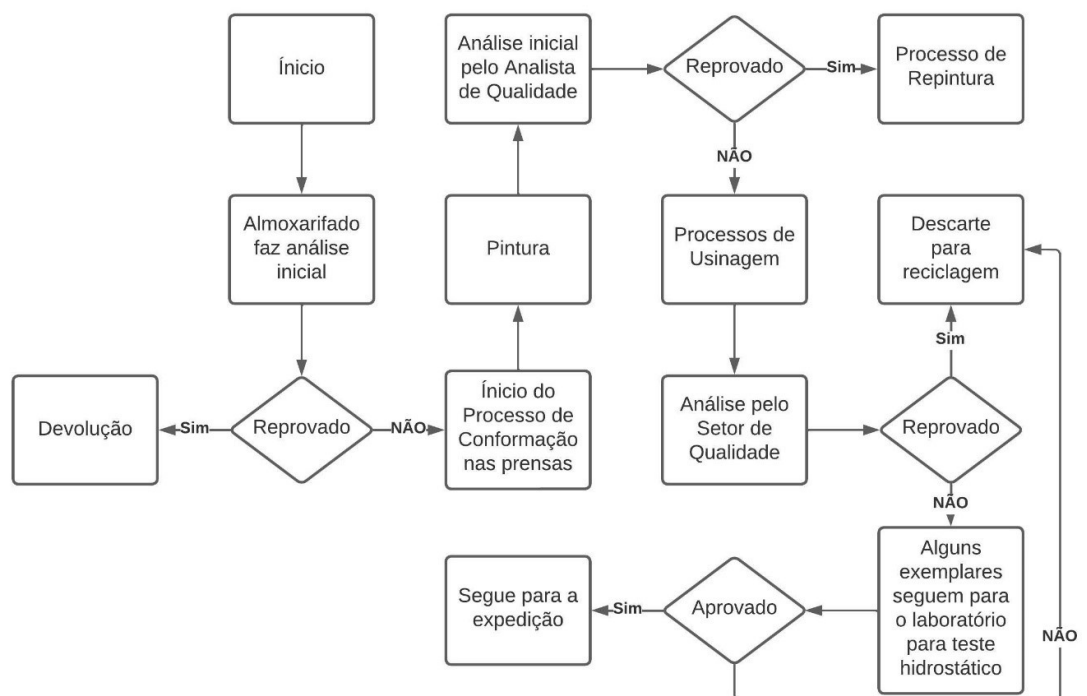
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização da empresa

A empresa onde o estudo foi elaborado fica localizada na cidade Pato Branco, Paraná. Atua no ramo de utensílios domésticos de alumínio. Atua nacionalmente na venda de utensílios domésticos por meio de representantes e de sua loja online.

A organização do processo produtivo da linha de painéis de pressão ocorre por meio do fluxograma abaixo:

**Figura 4 - Fluxograma de Operação Linha de Painel de Pressão**



**Fonte: Autoria Própria**

Os outros produtos que são produzidos na empresa passam por praticamente o mesmo processo produtivo, exceto a parte dos testes hidrostáticos, pois não há a necessidade de validação. Foi possível perceber por meio da Figura 3 que ocorriam três grandes operações para a fabricação dos utensílios domésticos:

- Conformação;
- Pintura;
- Usinagem.

## 4.2 Disponibilidade

A empresa trabalhava apenas com manutenções corretivas e fabricação dos componentes para que tenha um estoque em caso de falha dos componentes em serviço.

A partir do dia 1º de Abril de 2021 a empresa passou a utilizar uma planilha no Microsoft Excel com as suas Ordens de Serviço, agilizando assim a forma de trabalho e dispensando o uso de papel. Por esse motivo os dados foram utilizados a partir desta data, devido ao descarte das antigas Ordens de Serviço.

Considera um intervalo de cento e setenta dias úteis, do dia 1º de Abril de 2021 ao dia 23 de Novembro de 2021, foi possível calcular o Tempo Médio entre Falhas (MTBF), o Tempo Médio de Reparo (MTTR) e a Disponibilidade das máquinas e equipamentos. Para isso foi elaborada uma planilha no Microsoft Excel para a obtenção destes dados.

Abaixo segue um recorte desta planilha, demonstrando os equipamentos com menor MTBF:

<b>Tabela 1 - Cálculo do MTBF, MTTR e Disponibilidade</b>						
<b>Equipamento</b>	<b>Horas úteis totais</b>	<b>Horas de Parada</b>	<b>Número de Paradas</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>Disponibilidade</b>
Corte Oval 5L Panela de Pressão	1496	35,06	25	58,44	1,4024	0,976564171
Usinador de Borda Quadrada	1496	19,56	25	59,06	0,7824	0,986925134
Usinador de Borda do Conjunto	1496	16,35	25	59,19	0,654	0,989070856
Usinador de Tampa Panela de Pressão	1496	4,11	25	59,68	0,1644	0,997252674
Dobra Invertida Panela de Pressão Automática	1496	20,36	21	70,27	0,96952381	0,986390374
Furador 5L Panela de Pressão	1496	24,58	18	81,75	1,36555555 6	0,983569519
Prensa 40T Hidralmac 4407	1496	9,775	18	82,57	0,54305555 6	0,993465909
Usinador de Fundo do Conjunto	1496	33,78	16	91,39	2,11125	0,977419786
Refilador Linha Manual	1496	8,16	14	106,27	0,58285714 3	0,994545455
Prensa 40T Hidralmac 4345	1496	7,7	14	106,31	0,55	0,994852941
3 Funções Panela de Pressão	1496	6,25	14	106,41	0,44642857 1	0,995822193

Equipamento	Horas úteis totais	Horas de Parada	Número de Paradas	MTBF	MTTR	Disponibilidade
Prensa 40T Hidralmac 4406	1496	5,95	13	114,62	0,457692308	0,996022727
Furador Conjunto	1496	15,58	11	134,58	1,416363636	0,989585561
Prensa Tampa 30T Hidralmac 3630	1496	19,5	7	210,93	2,785714286	0,986965241
Tombador Esteira e Conjunto	1496	61	6	239,17	10,166666667	0,959224599
Prensa Jacaré	1496	16,5	6	246,58	2,75	0,988970588
Usinador de Fundo Quadrado	1496	12,65	6	247,23	2,108333333	0,991544118
Painel Prensa Hidralmac 4346	1496	3,16	6	248,81	0,5266666667	0,997887701
Alimentador Linha de Usinagem	1496	2,53	6	248,91	0,4216666667	0,998308824
Fundo e Boda Compressor 4050	1496	13,73	5	296,45	2,746	0,990822193

Fonte: Autoria Própria

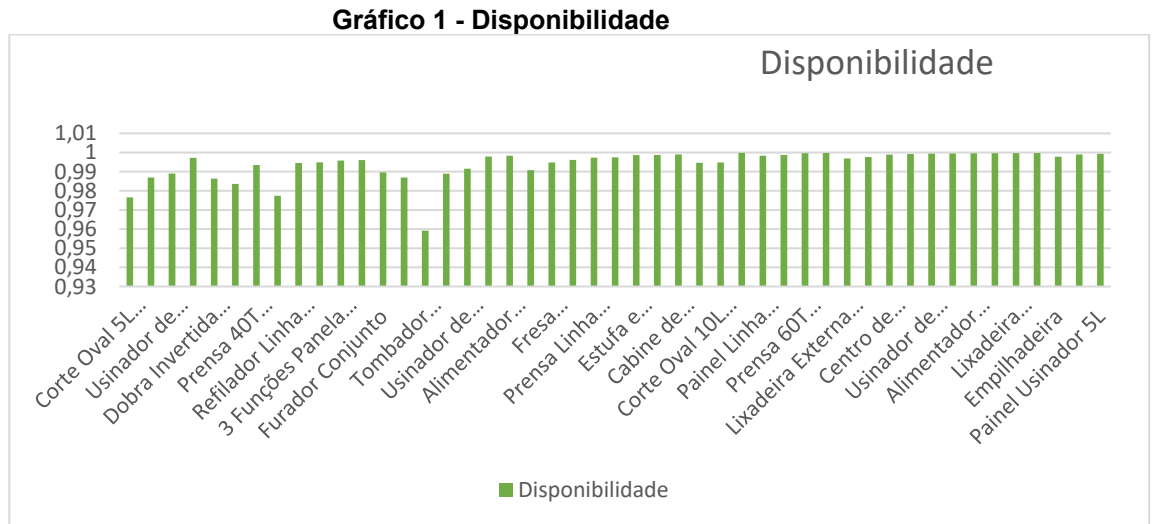
Com os dados da Tabela 1 foi possível analisar que por mais que alguns equipamentos tenham um número alto de paradas para manutenção, o tempo em que elas são realizadas é baixo, indicando assim que a manutenção está ocorrendo de forma eficiente.

Analisando os equipamentos que tiveram o maior número de paradas, especificamente a máquina de Corte Oval para Painéis de Pressão até 5 litros, segundo a equipe de manutenção a mais problemática de toda a linha de produção devido a concepção do seu projeto e pelo fato de já ser uma máquina antiga, o seu MTTR é abaixo de 2, demonstrando assim que a manutenção é boa, muitas vezes pela própria equipe já conhecer onde pode estar ocorrendo os problemas e assim já sabendo agir de forma certa.

O MTBF pode ser utilizado como um parâmetro para se calcular o tempo de parada para possíveis manutenções preventivas, buscando diminuir ainda mais as paradas. Analisando a máquina de Corte Oval, o MTBF foi de 58,44 horas, considerado muito baixo e utilizando esse tempo é possível imaginar que as primeiras manutenções preventivas deveriam ser aplicadas em períodos iniciais de aproximadamente uma semana, tornando inviável a utilização deste tipo de manutenção. Por este motivo seria mais interessante a utilização da manutenção

preditiva nessa máquina, pois esta trata do ativo buscando a contenção de danos e uma maior previsibilidade quanto a paradas.

Com isso, a disponibilidade do maquinário da empresa chega perto dos 100%, como é possível ser visto no gráfico abaixo:



**Fonte: Autoria Própria**

Porém isso pode se tornar um problema devido ao fato da manutenção ocorrer apenas de forma corretiva. Caso haja uma falha grave em algum equipamento de grande importância para os processos de fabricação dos utensílios isto pode acarretar uma parada brusca na produção, podendo levar a atrasos nas entregas, assim causando um prejuízo ainda maior para a empresa.

### 4.3 Análise de Criticidade

Em entrevista com o gestor de manutenção da empresa, foi possível analisar a criticidade dos equipamentos por meio da tabela e fluxograma representados na seção 3.3. Foi dada uma visão geral dos principais equipamentos do processo, sendo possível montar um esquema geral de criticidade.

As principais máquinas e equipamentos do processo são:

- Prensas;
- Usinadores;
- Conformadores;
- Pintura.

#### 4.3.1 Criticidade das Prensas

As prensas hidráulicas, devido a sua importância para o processo foram as primeiras a serem analisadas, como demonstrado no quadro abaixo:

**Quadro 3 - Criticidade das Prensas**

<b>Prensas</b>	
<b>Fatores</b>	<b>Critérios</b>
Segurança e Meio Ambiente	B
Qualidade e Produtividade	A
Oportunidade	A
Taxa de Ocupação	A
Frequência de Quebra	C
Mantenabilidade	B

**Fonte: Autoria Própria**

Seguindo os critérios do fluxograma de criticidade vistos na seção 3.3, as prensas chegaram ao resultado de Alto Risco já no segundo critério, o de Qualidade do Produto. Isto se explica porque se a prensa não estampa o disco de alumínio de maneira adequada, pode simplesmente fazer com que se descarte os discos já estampados.

Seguindo os critérios da seção 3.3 e devido ao fato de ser um equipamento de Alto Risco, a manutenção preditiva se torna a mais adequada para as prensas. Isto se deve ao fato de que a qualidade do produto não deve baixar dos padrões estipulados pela engenharia da empresa.

#### 4.3.2 Criticidade dos Usinadores

Os usinadores da empresa são separados pela linha de conjuntos de caçarolas, linha de painéis de borda quadrada e linha de painel de pressão.

##### 4.3.2.1 Usinadores de Conjunto

Os primeiros usinadores a serem estudados foram os dos conjuntos de painéis, sendo possível a obtenção do quadro abaixo:

**Quadro 4 - Criticidade Usinadores Conjunto**  
**Usinadores Conjunto**

<b>Usinadores Conjunto</b>	
<b>Fatores</b>	<b>Critérios</b>
Segurança e Meio Ambiente	B
Qualidade e Produtividade	B
Oportunidade	B
Taxa de Ocupação	B
Frequência de Quebra	A
Mantenabilidade	B

**Fonte: Autoria Própria**

Utilizando os critérios da seção 3.3, os usinadores do conjunto foram considerados de médio impacto, sendo assim classificados como maquinário importante. Utilizando o fluxograma foi possível perceber que os critérios seguem o caminho para que se utilize a manutenção preventiva. Fatores como Segurança e Meio Ambiente e Qualidade e Produtividade tem a classificação B, considerados assim de médio risco para o processo, não trazendo grandes preocupações relacionadas a esses critérios. Apesar da Frequência de Quebra ter classificação A, o fluxograma leva para a manutenção preventiva ao final do fluxo de decisões.

É possível notar que eles não são utilizados sempre no processo, porém o seu MTBF é baixo, ocorrendo assim uma série de manutenções corretivas durante o período. Sendo assim a manutenção preventiva é a mais ideal para esse usinador.

#### 4.3.2.2 Usinadores Borda Quadrada

O estudo relacionado aos usinadores de borda quadrada foram obtidos segundo o quadro abaixo:

**Quadro 5 - Criticidade Usinadores Borda Quadrada**

<b>Usinadores Quadrada</b>	
<b>Fatores</b>	<b>Critérios</b>
Segurança e Meio Ambiente	B
Qualidade e Produtividade	B
Oportunidade	A
Taxa de Ocupação	B
Frequência de Quebra	A



Mantenabilidade	A
-----------------	---

**Fonte: Autoria Própria**

Seguindo os critérios de avaliação da seção 3.3, os usinadores de borda quadrada são considerados críticos para o processo produtivo, devido ao fato de ser apenas uma linha de produção e com isso não ser possível o remanejamento da produção para outra linha. Até o critério Taxa de Ocupação, o fluxograma estava demonstrando que a manutenção preventiva seria a mais propícia, porém o critério Oportunidade fez com o resultado final do fluxograma se mostrasse como um equipamento crítico ao processo. Sendo assim, a manutenção preditiva se torna a mais ideal para este usinador.

#### 4.3.2.3 Usinadores Painela de Pressão

Os usinadores das painelas de pressão são automatizados, sendo assim, pode-se considerar as operações de Corte Oval, Usinador de Fundo, Usinador de Borda e Furador como uma única operação.

O quadro relacionado a criticidade segue abaixo:

**Quadro 6 - Criticidade Usinadores Painela de Pressão**

<b>Usinadores Painela de Pressão</b>	
<b>Fatores</b>	<b>Critérios</b>
Segurança e Meio Ambiente	B
Qualidade e Produtividade	A
Oportunidade	A
Taxa de Ocupação	B
Frequência de Quebra	A
Mantenabilidade	B

**Fonte: Autoria própria**

Os critérios do fluxograma são claros em relação a qual tipo de manutenção é a mais indicada e para esse usinador a manutenção preditiva é a mais indicada. O critério Qualidade e Produtividade foi considerado de Alto Risco, pois caso a operação não ocorra da maneira ideal como projetado pela engenharia da empresa, ocorre o descarte do utensílio doméstico, causando perdas e desperdício. E como esse critério quando aplicado no fluxograma já faz com que ele se torne crítico ao processo e desse modo a manutenção preditiva se torna a ideal.

. Além disso o MTBF de algumas máquinas desse conjunto de operações é baixo, ocorrendo manutenções corretivas de forma corriqueira, demonstrando mais uma vez como a importância de manutenções preditivas relacionadas a estas.

#### 4.3.3 Criticidade Conformadores

O conformador dos conjuntos de painelas tem o seu quadro de criticidade demonstrado abaixo:

**Quadro 7 - Criticidade Conformadora**

<b>Conformadora</b>	
<b>Fatores</b>	<b>Critérios</b>
Segurança e Meio Ambiente	B
Qualidade e Produtividade	B
Oportunidade	A
Taxa de Ocupação	B
Frequência de Quebra	B
Mantenabilidade	B

**Fonte: Autoria Própria**

Seguindo os critérios de decisão da seção 3.3, é possível perceber que ele tem um risco médio em quase todos os critérios, excessão feita ao critério Oportunidade. Por esse motivo, mesmo que a produção pare caso ocorra uma quebra, os outros critérios do fluxograma levam esse conformador a manutenção preventiva, demonstrando que ele é um equipamento importante para o processo.

O risco a segurança é considerado médio devido a todas as proteções que existem e uma quebra causa variação na qualidade do produto e a frequência que esse conformador quebra não é corriqueira. Por esses motivos, a manutenção preventiva se torna a ideal.

##### 4.3.3.1 Dobra Invertida

A operação da dobra invertida ocorre em duas linhas, uma automatizada e a outra manual, sendo assim segue o quadro de criticidade:

**Quadro 8 - Criticidade Dobra Invertida**

<b>Dobra Invertida</b>	
<b>Fatores</b>	<b>Critérios</b>
Segurança e Meio Ambiente	B
Qualidade e Produtividade	B
Oportunidade	B
Taxa de Ocupação	B
Frequência de Quebra	A
Mantenabilidade	B

**Fonte: Autoria Própria**

Seguindo o fluxograma da seção 3.3, a operação da dobra invertida foi considerada como um equipamento importante do processo produtivo, sendo assim a manutenção preventiva se torna a mais ideal. Pelos critérios, apesar da frequência de quebras dessa máquina ser alta, com um MTBF baixo, os outros critérios levam ao resultado final de manutenção preventiva. Pelo período estudado, essa máquina teve 21 paradas para manutenção.

#### 4.3.4 Pintura

A empresa trabalha com cabines de pintura manual a seco, utilizando tinta em pó, operada pelos auxiliares de produção. Sendo assim, foi elaborado o quadro de criticidade abaixo:

**Quadro 9 - Criticidade Cabines de Pintura**

<b>Pintura</b>	
<b>Fatores</b>	<b>Crítérios</b>
Segurança e Meio Ambiente	B
Qualidade e Produtividade	B
Oportunidade	B
Taxa de Ocupação	B
Frequência de Quebra	C
Mantenabilidade	B

**Fonte: Autoria Própria**

Segundo os critérios de criticidade e o fluxograma da seção 3.3, as cabines de pintura devido a sua baixa taxa de utilização cada vez menor nos processos, foram consideradas equipamentos de baixo impacto na produção. Isso se deve pois os critérios Oportunidade, Taxa de Ocupação e principalmente o de Frequência de Quebra levaram para o resultado de ser um equipamento de baixo impacto, não necessitando de grande utilização do tempo do setor de manutenção em relação ao funcionamento das cabines.

Sendo assim, é possível utilizar apenas manutenções corretivas, deixando a equipe de manutenção focada nos equipamentos críticos, que merecem uma atenção maior devido a importância e quantidade de quebra.

## 5 CONCLUSÃO

A área da manutenção é ampla, podendo ser possível desenvolver muitas maneiras de se atingir o desejado. No caso da empresa em questão, foi possível mapear os principais processos produtivos e aplicar conceitos relacionados a criticidade de manutenção dos mesmos. Foi constatado por meio do fluxograma que a linha de produção das painelas de pressão é a mais crítica do processo, sendo possível aplicar um maior empenho da equipe de manutenção em relação a esses equipamentos e caso haja um orçamento disponível a manutenção preditiva serve como melhor caminho, principalmente a análise de vibrações dos processos, devido a todos os problemas que a mesma acarreta.

Com esse estudo também fica constatado que a disponibilidade das máquinas e equipamentos da planta fabril fica próxima dos cem por cento, demonstrando que a equipe de manutenção trabalha de forma ágil para que as máquinas voltem a operar corretamente e que também não houveram falhas graves durante o período estudado.

Foi possível ter a percepção de possíveis intervalos para que ocorram manutenções preventivas, utilizando os indicadores de falha, assim podendo organizar um calendário de manutenções preventivas que possivelmente possam ocorrer no futuro.

Sendo assim, conclui-se que mesmo que a empresa utilize apenas manutenções corretivas, sua equipe de manutenção é eficaz e pode trabalhar futuramente com manutenções preventivas ou preditivas de forma correta.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo Samuel de. *Manutenção Mecânica Industrial – Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada*. 1ª Edição. **Editora Saraiva**. 2014

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

BALDISSARELI, Luciano; FABRO, Elton. *Manutenção Preditiva na Indústria 4.0*. **Revista Scientia cum industria**, v. 7, n. 2, p. 12-22, 2019

BARAN, Leandro Roberto; TROJAN, Flávio. Uma revisão e análise comparativa das técnicas para determinar a criticidade dos sistemas e equipamentos em plantas industriais. **Revista ESPACIOS** | Vol. 37 (No 08) Año 2016, 8 abr. 2016. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a16v37n08/16370801.html>. Acesso em: 16 out. 2020.

CLASSIFICAÇÃO ABC DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. 20 mar. 2016. **Blog Manutenção em Foco**. Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/classificacao-abc/>. Acesso em: 16 out. 2020.

ENGETAG. Cuidado a tomar na classificação de criticidade dos ativos. [s. d.]. Disponível em: <https://www.revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/correlata/cuidado-a-tomar-na-classificacao-de-criticidade-dos-ativos.html>. Acesso em: 16 out. 2020.

Fluxos Básicos para Controle da Manutenção — Criticidade e Prioridade no Atendimento de Ativos. 6 out. 2016. **Medium**. Disponível em: <https://blog.redeindustrial.com.br/fluxos-b%C3%A1sicos-para-controle-da-manuten%C3%A7%C3%A3o-criticidade-e-prioridade-no-atendimento-de-ativos-6223f40f0855>. Acesso em: 27 out. 2020.

LAFRAIA, J. R. B. *Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade*. Rio de Janeiro: **Qualitymark**, 2001.

MANUTENÇÃO: CONCEITOS E OBJETIVOS. 3 jan. 2019. **engenhariaecia**. Disponível em: <https://www.engenhariaecia.eng.br/post/manutenção-conceitos-e-objetivos>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MANUTENÇÃO CORRETIVA: O QUE É, QUANDO FAZER E COMO FAZER. 17 jul. 2018. **Engeteles**. Disponível em: <https://engeteles.com.br/manutencao-corretiva/>. Acesso em: 1 jun. 2022.

MANUTENÇÃO CORRETIVA: O QUE É, QUANDO FAZER E EXEMPLOS. 23 set. 2021. **Abecom Rolamentos SKF**. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/manutencao-corretiva/>. Acesso em: 1 jun. 2022.

MANUTENÇÃO PREDITIVA O QUE É? COMO FUNCIONA E QUAIS AS VANTAGENS? 23 mar. 2021. **Abecom Rolamentos SKF**. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/o-que-e-manutencao-preditiva/>. Acesso em: 1 jun. 2022.

MANUTENÇÃO PREDITIVA: O QUE É, COMO FUNCIONA, VANTAGENS E DICAS. 15 mar. 2021. **TOTVS**. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/manutencao-preditiva/>. Acesso em: 1 jun. 2022.

MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-Manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 11, n 22, p. 35-42 jul./dez. 2003.

MARQUES, Ana Claudia; BRITO, Jorge Nei. Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos / Importance of predictive maintenance to reduce maintenance costs and increase equipment life. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 8913–8923, 8 ago. 2019..

MENDES, A. A.; RIBEIRO, J. L. D. Estabelecimento de um plano de manutenção baseado em análises quantitativas no contexto da MCC em um cenário de produção JIT. **Production**, v. 24, n. 3, p. 675-686 jul./set. 2014

MTTR, MTBF E MTTF - O QUE SÃO ESSES INDICADORES? 15 dez. 2019. **FM2S**. Disponível em: <http://www.fm2s.com.br/mtbf-mttr-mttf/>. Acesso em: 4 out. 2020.

O QUE É GESTÃO DA MANUTENÇÃO ? | PLANEJAMENTO E CONTROLE. 6 maio 2021. **Engeteles**. Disponível em: <https://engeteles.com.br/gestao-da-manutencao-2/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

O QUE É MANUTENÇÃO PREVENTIVA? 30 jul. 2018. **Engeteles**. Disponível em: <https://engeteles.com.br/o-que-e-manutencao-preventiva/>. Acesso em: 1 jun. 2022.

O QUE É O MTBF E COMO CALCULÁ-LO? • INFRASPEAK BLOG. 26 nov. 2018. **Infraspeak Blog**. Disponível em: <https://blog.infraspeak.com/pt-pt/o-que-mtbf/>. Acesso em: 24 jun. 2022.

QUAIS OS CONCEITOS MODERNOS DE MANUTENÇÃO? 15 abr. 2020. **Keepee Facilities**. Disponível em: <https://keepee.com.br/quais-os-conceitos-modernos-de-manutencao/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SANTOS, Leandro Oliveira dos; PACHECO, Diego Augusto de Jesus. Determinantes para o alinhamento entre a gestão da manutenção industrial e o planejamento estratégico. **Revista de Ingeniería Industrial**. Ano 15, n. 1, p. 101-125, 201

## **APÊNDICE A - Tabela dos Indicadores de Manutenção**

## INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Equipamento	Horas úteis totais	Horas de Parada	Número de Paradas	MTBF	MTRR	Disponibilidade
Corte Oval 5L Panela de Pressão	1496	35,06	25	58,44	1,4024	0,976564171
Usinador de Borda Quadrada	1496	19,56	25	59,06	0,7824	0,986925134
Usinador de Borda do Conjunto	1496	16,35	25	59,19	0,654	0,989070856
Usinador de Tampa Panela de Pressão	1496	4,11	25	59,68	0,1644	0,997252674
Dobra Invertida Panela de Pressão Automática	1496	20,36	21	70,27	0,96952381	0,986390374
Furador 5L Panela de Pressão	1496	24,58	18	81,75	1,365555556	0,983569519
Prensa 40T Hidralmac 4407	1496	9,775	18	82,57	0,543055556	0,993465909
Usinador de Fundo do Conjunto	1496	33,78	16	91,39	2,11125	0,977419786
Refilador Linha Manual	1496	8,16	14	106,27	0,582857143	0,994545455
Prensa 40T Hidralmac 4345	1496	7,7	14	106,31	0,55	0,994852941
3 Funções Panela de Pressão	1496	6,25	14	106,41	0,446428571	0,995822193
Prensa 40T Hidralmac 4406	1496	5,95	13	114,62	0,457692308	0,996022727
Furador Conjunto	1496	15,58	11	134,58	1,416363636	0,989585561
Prensa Tampa 30T Hidralmac 3630	1496	19,5	7	210,93	2,785714286	0,986965241
Tombador Esteira e Conjunto	1496	61	6	239,17	10,16666667	0,959224599
Prensa Jacaré	1496	16,5	6	246,58	2,75	0,988970588
Usinador de Fundo Quadrado	1496	12,65	6	247,23	2,108333333	0,991544118
Painel Prensa Hidralmac 4346	1496	3,16	6	248,81	0,526666667	0,997887701
Alimentador Linha de Usinagem Fundo e Boda	1496	2,53	6	248,91	0,421666667	0,998308824
Compressor 4050	1496	13,73	5	296,45	2,746	0,990822193
Fresa Convencional	1496	7,75	5	297,65	1,55	0,994819519
Lixadeira Externa Panela de Pressão	1496	5,76	5	298,05	1,152	0,996149733
Prensa Linha Manual Fromak	1496	4	5	298,40	0,8	0,997326203



Furador Linha Quadrada	1496	3,72	5	298,46	0,744	0,997513369
Estufa e Queimador	1496	2	5	298,80	0,4	0,998663102
Panela de Pressão						
Usinador de Borda Quadrada	1496	1,91	5	298,82	0,382	0,998723262
Cabine de Pintura	1496	1,5	5	298,90	0,3	0,998997326
Panela de Pressão						
Esteira de Montagem Linha	1496	8,08	4	371,98	2,02	0,99459893
Conjunto						
Corte Oval 10L	1496	7,75	4	372,06	1,9375	0,994819519
Panela de Pressão						
Usinador de Fundo 5L	1496	0,28	4	373,93	0,07	0,999812834
Painel Linha Usinador	1496	2,5	3	497,83	0,8333333333	0,998328877
Quadrado					3	
Prensa Hidralmac 4346	1496	1,85	3	498,05	0,6166666667	0,998763369
Prensa 60T Hidralmac 3631	1496	0,53	3	498,49	0,1766666667	0,999645722
Cabine de Pintura	1496	0,36	3	498,55	0,12	0,999759358
Conjunto						
Lixadeira Externa	1496	4,71	2	745,65	2,355	0,996851604
Panela de Pressão						
Lixadeira Interna	1496	3,5	2	746,25	1,75	0,997660428
Linha Manual						
Centro de Usinagem CNC	1496	1,61	2	747,20	0,805	0,998923797
Esteira Entrada	1496	1,16	2	747,42	0,58	0,999224599
Usinador 5L						
Panela de Pressão						
Usinador de Tampa	1496	0,95	2	747,53	0,475	0,999364973
Panela de Pressão						
Lubrificador de Discos	1496	0,83	2	747,59	0,415	0,999445187
Alimentador Linha de Corte e Dobra	1496	0,68	2	747,66	0,34	0,999545455
Conjunto						
Painel Linha de Usinagem 10L	1496	0,5	2	747,75	0,25	0,999665775
Panela de Pressão						
Lixadeira Automática	1496	0,5	2	747,75	0,25	0,999665775
Panela de Pressão						
Esteira de Saída	1496	0,38	2	747,81	0,19	0,999745989
Usinador 5L						
Panela de Pressão						

Empilhadeira	1496	3,25	1	1492,7 5	3,25	0,99782754
Furador Panela de Pressão Manual	1496	1,5	1	1494,5 0	1,5	0,998997326
Painel Usinador 5L	1496	1	1	1495,0 0	1	0,999331551