

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

HUDSON CÂMARA PIRES

**Estudo de Caso da Implantação de Melhorias no Processo de Gestão da  
Manutenção**

Uberlândia

2021

HUDSON CÂMARA PIRES

Estudo de Caso da Implantação de Melhorias no Processo de Gestão da Manutenção

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecatrônica

Área de concentração: Manutenção

Orientador: Daniel Duarte Abdala

Uberlândia

2021

HUDSON CÂMARA PIRES

Estudo de Caso da Implantação de Melhorias no Processo de Gestão da Manutenção

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecatrônica

Área de concentração: Manutenção

Uberlândia, 17 de Junho de 2021

Banca Examinadora:

---

Daniel Duarte Abdala – Dr.rer.nat (FACOM)

---

João Cícero da Silva – Esp. (FEMEC)

---

Pedro Augusto Queiroz de Assis – Dr. (FEMEC)

Para meus pais, sem vocês nenhuma conquista  
seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meus pais, no total apoio e incentivo enquanto as adversidades se fizeram presente; a meu irmão.

Agradeço a minha namorada por toda a ajuda, mas além disso, pelo apoio e paciência durante a caminhada.

Ao Prof. Daniel Abdala pelo companheirismo, direcionamento e solicitude na execução deste trabalho.

Ao corpo docente da UFU que contribuiu para a minha formação.

Aos profissionais da empresa que contribuíram de alguma forma para a elaboração deste trabalho.

*“O homem e a vaidade movem o mundo”*

(Michel Foucault)

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso do processo de alteração do sistema de gestão e agendamento das atividades do setor de manutenção. Devido ao impacto e à importância que a manutenção representa nas corporações, foi realizado um estudo de caso cujos objetivos foram avaliar a implementação do modelo de gestão de ativos, em especial os indicadores de custo e indisponibilidade para os anos de 2019 e 2020. O trabalho aponta que a atualização no esquema de gestão e o agendamento de atividades de manutenção apresentou impacto positivo. No entanto foi identificado que, embora fosse alocado 50% do tempo de trabalho dos manutentores para atividades de manutenção não agendadas, em muitos casos elas não ocorriam, incorrendo em ociosidade da mão de obra disponível com impacto tangível no backlog. Propusemos consequentemente a modelagem matemática para avaliar a eficiência da mão de obra disponível e diminuir o backlog das equipes de manutenção.

**Palavras-chave:** Workflow, Gestão de Ativos, Custo de Manutenção, Indisponibilidade, Disponibilidade, Backlog.

## ABSTRACT

This work presents a case study regarding the changing in the scheduling managing system used to address the activities in the maintenance sector. This case study was carried out given the impact and importance regarded to the maintenance by corporations. The study focus aimed to evaluate the actives management model in special the cost and availability indexes for the time period encompassed by the years of 2019 and 2020. The findings seem to indicate that the upgrade in the management and scheduling activity model was positive. However, it also identified that despite the fact that circa 50% of the maintenance technicians working time was allocated for not scheduled activities in many cases they would not take place culminating in work force idleness. This fact has a direct impact in the tasks backlog. It was proposed a mathematical modeling targeting to evaluate the work force efficiency with impact in the shortening of the maintenance backlog.

**Keywords:** Workflow, Actives Management, Maintenance Cost, Unavailability, Availability and Backlog.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Figura 1 -   | Estrutura de manutenção em linha .....                           | 15 |
| Gráfico 1 -  | Produção realizada para o processo A .....                       | 38 |
| Figura 2 -   | Estrutura matricial .....  | 16 |
| Gráfico 2 -  | Indisponibilidade para o processo A .....                        | 39 |
| Figura 3 -   | Estrutura Mista .....  | 16 |
| Gráfico 3 -  | Indisponibilidade de manutenção para o processo A .....          | 40 |
| Figura 4 -   | Estratégias de manutenção utilizadas a partir de 2020 .....      | 28 |
| Gráfico 4 -  | Produção realizada para o processo B .....                       | 41 |
| Figura 5 -   | Fluxo de atendimento das ordens de manutenção .....              | 29 |
| Gráfico 5 -  | Indisponibilidade para o processo B .....                        | 42 |
| Figura 6 -   | Fluxo de priorização das ordens pendentes a partir de 2020 ..... | 30 |
| Gráfico 6 -  | Indisponibilidade de manutenção para o processo B .....          | 43 |
| Figura 7 -   | Fluxo de priorização das ordens pendentes a partir de 2019 ..... | 31 |
| Gráfico 7 -  | Produção realizada para o processo C .....                       | 44 |
| Figura 8 -   | O iceberg dos custos totais de manutenção .....                  | 32 |
| Gráfico 8 -  | Indisponibilidade para o processo C .....                        | 45 |
| Figura 9 -   | Custos <i>versus</i> nível de manutenção .....                   | 33 |
| Gráfico 9 -  | Indisponibilidade de manutenção para o processo C .....          | 46 |
| Figura 10 -  | Lucro <i>versus</i> disponibilidade .....                        | 34 |
| Gráfico 10 - | Produção realizada para o processo D .....                       | 48 |
| Gráfico 11 - | Indisponibilidade para o processo D .....                        | 48 |
| Gráfico 12 - | Indisponibilidade de manutenção para o processo D .....          | 50 |
| Gráfico 13 - | Custo de manutenção para toda a fábrica .....                    | 51 |

## LISTA DE TABELAS

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Tabela 1 -  | Tipos de manutenção.....  | 17 |
| Tabela 2 -  | Matriz de determinação do fator de risco no ano de 2019.....            | 19 |
| Tabela 3 -  | Matriz de determinação do fator de risco a partir de 2020 .....         | 20 |
| Tabela 4 -  | Criticidade dos equipamentos em 2019 .....                              | 20 |
| Tabela 5 -  | Criticidade dos equipamentos a partir de 2020 .....                     | 21 |
| Tabela 6 -  | Resumo das ações <i>versus</i> código ABC no ano de 2019 .....          | 22 |
| Tabela 7 -  | Resumo das ações <i>versus</i> código ABCD a partir de 2020 .....       | 24 |
| Tabela 8 -  | Criticidade dos equipamentos <i>versus</i> planejamento em 2019 .....   | 26 |
| Tabela 9 -  | Criticidade dos equipamentos <i>versus</i> planejamento a partir 2020 . | 26 |
| Tabela 10 - | Indisponibilidade estratificada do processo A no ano de 2020 .....      | 40 |
| Tabela 11 - | Indisponibilidade estratificada do processo A no ano de 2019 .....      | 41 |
| Tabela 12 - | Indisponibilidade estratificada do processo B no ano de 2020 .....      | 43 |
| Tabela 13 - | Indisponibilidade estratificada do processo B no ano de 2019 .....      | 44 |
| Tabela 14 - | Indisponibilidade estratificada do processo C no ano de 2020 .....      | 46 |
| Tabela 15 - | Indisponibilidade estratificada do processo C no ano de 2019 .....      | 47 |
| Tabela 16 - | Indisponibilidade estratificada do processo D no ano de 2020 .....      | 50 |
| Tabela 17 - | Indisponibilidade estratificada do processo D no ano de 2019 .....      | 50 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas  |
| Backlog | Relação entre as horas das demandas de serviços e a capacidade da equipe                          |
| FHWA    | <i>Federal Highway Administration</i> – Departamento Federal de Rodovias                          |
| ISO     | <i>International Organization for Standardization</i> - Organização Internacional de Normalização |
| PCM     | Planejamento e Controle de Manutenção   |
| PCP     | Planejamento e Controle de Produção   |
| PIB     | Produto Interno Bruto   |
| RH      | Recursos Humanos  |
| TPM     | Manutenção Produtiva Total  |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                | <b>12</b> |
| <b>1.1 Objetivos.....</b>                               | <b>13</b> |
| <b>1.2 Justificativa .....</b>                          | <b>13</b> |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>                     | <b>14</b> |
| <b>2.1 Gestão de Ativos .....</b>                       | <b>14</b> |
| <b>2.2 Estrutura Organizacional da Manutenção .....</b> | <b>15</b> |
| <b>2.3 Tipos de Manutenção .....</b>                    | <b>17</b> |
| 2.3.1 Manutenção Corretiva .....                        | 17        |
| 2.3.2 Manutenção Preventiva .....                       | 18        |
| 2.3.3 Manutenção Preditiva .....                        | 18        |
| <b>2.4 Classificação dos Equipamentos .....</b>         | <b>19</b> |
| <b>2.5 Planos de Manutenção .....</b>                   | <b>26</b> |
| <b>2.6 Fluxo de Trabalho .....</b>                      | <b>28</b> |
| <b>2.7 Indicadores de Manutenção.....</b>               | <b>32</b> |
| 2.7.1 Custo.....  | 32        |
| 2.7.2 Disponibilidade e Indisponibilidade.....          | 34        |
| 2.7.3 Backlog.....                                      | 35        |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>                               | <b>37</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                    | <b>38</b> |
| <b>4.1 Processo A .....</b>                             | <b>38</b> |
| <b>4.2 Processo B.....</b>                              | <b>41</b> |
| <b>4.3 Processo C .....</b>                             | <b>44</b> |
| <b>4.4 Processo D .....</b>                             | <b>47</b> |
| <b>4.5 Custo Geral .....</b>                            | <b>50</b> |
| <b>4.6 Modelagem Matemática da Mão de Obra.....</b>     | <b>52</b> |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>                                 | <b>54</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                 | <b>55</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Xenos (1998), durante vários anos as atividades de manutenção foram consideradas como parte indesejada do processo de produção. No entanto, houve mudanças e atualmente as atividades de manutenção são vistas como uma função estratégica, de modo que quaisquer intervenções, por mais pequenas que sejam, podem acarretar em consequências desastrosas. Deste modo, a manutenção passou a ser parte crucial do processo, podendo ser considerada como base de toda atividade industrial.

Sendo a manutenção parte crucial do processo, é necessário que ela seja um agente proativo, onde não há espaços para arranjos e improvisos e assim a companhia caminhe rumo à excelência operacional. Para Alves e Falsarelai (2009), no ambiente da manutenção um recurso que pode ser o distintivo entre prejuízo e eficiência é a informação. Uma das formas de avaliar se as atividades de manutenção estão sendo bem empregadas é através da análise de indicadores, tais como: queda na indisponibilidade, aumento do faturamento e do lucro, redução de custos, redução da demanda de serviços.

Existem várias ferramentas gerenciais disponíveis de modo a melhorar a área de manutenção, entre elas: TPM (Manutenção Produtiva Total), Gerência da Rotina, Seis Sigma, Gestão de Ativos, sendo esta última utilizada no estudo de caso proposto. A necessidade de se implementar ferramentas gerenciais se explica por vários fatores, entre eles o custo. Segundo dados publicados por Santos (2014), o custo de manutenção na Europa pode ser entre 12 a 14% do PIB europeu, desta forma, otimizar os custos com manutenção é de suma importância nas receitas de uma empresa. Ainda nesta linha, Corrêa e Dias (2016) apontam que o custo fixo do produto pode ser composto por até 20% devido a intervenções manutentivas. De acordo com Smith (1993), a dificuldade para otimização dos custos se deve ao ciclo de manutenção, em especial “quando se deve fazer intervenções” e “como fazer tais intervenções”. A indisponibilidade também acarreta custos para a organização referentes a perda de produção, má qualidade dos produtos, recomposição da produção, penalidades comerciais, eventuais danos à imagem da empresa e a deterioração de máquinas e equipamentos no âmbito de intervenções ineficazes (MARCORIN; LIMA, 2003).

Para buscar assertividade nas questões levantadas de “quando” e “como” as intervenções devem ser aplicadas, é necessário que o ciclo de manutenção e os planos de manutenção estejam bem estruturados. Uma das maneiras de se implementar um ciclo de manutenção eficiente é através do workflow.

Pode-se definir workflow como “fluxo de trabalho”. Um dos objetivos das ferramentas gerenciais e do workflow é que as intervenções sejam por curto período e programadas, de modo a diminuir os impactos em custo e aumentar a disponibilidade. Devido a isto, é de suma importância que as manutenções preventivas, preditivas estejam bem implementadas, diminuindo a probabilidade de paradas para manutenções corretivas.

## **1.1 Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo primário estudar o impacto da implantação da metodologia de gestão de ativos em uma empresa do ramo alimentício. O trabalho objetivou especificamente:

- Explicar os modelos de gestão de ativos antigo (até 2019) e novo (a partir de 2020);
- Propor uma modelagem baseada nos dados coletados para estipular o índice de apropriação dos técnicos de manutenção;
- Propor ações de ajuste com o intuito de impactar positivamente o backlog da cadeia de manutenção.

## **1.2 Justificativa**

A FHWA (1999) classificou a gestão de ativos como uma metodologia estratégica cujo intuito é obter uma alocação ótima de recursos na parte de gestão, operação, manutenção e conservação. Na empresa analisada, a implantação do modelo mobilizou parte da equipe de manutenção, porém não foi feita uma análise comparando o biênio 2019-2020 em termos de produtividade e indisponibilidade.

Outro fator preponderante para a escolha do tema é a possibilidade de estudar a aplicação de uma ferramenta relativamente recente na manutenção e poder contribuir para o crescimento organizacional da empresa.

O restante desta monografia está organizado como segue. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, o capítulo 3 elucida a metodologia utilizada no trabalho, o capítulo 4 e 5 apresentam respectivamente os resultados obtidos e as conclusões.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre os conceitos referentes à manutenção industrial e políticas de manutenção empregadas na empresa analisada.

### 2.1 Gestão de Ativos

De acordo com Amaral (2016), as organizações vêm exigindo dos responsáveis de manutenção uma nova postura sendo cada vez menos “gestores de máquinas” e cada vez mais “gestores de ativos”. Para Coelho (2015) e Cardoso (2017), a gestão de ativos é uma forma de otimizar o emprego de recursos para gestão, operação, manutenção e conservação de ativos. Com este conceito bem aplicado, é possível fazer uma integração entre diferentes setores como: controladoria, RH, manutenção, produção e gestão da informação de forma a definir as melhores estratégias em termos de custo.

Segundo a ISO 55.000 (2014), Gestão de Ativos é definida como: “Atividade corporativa organizada que busca a geração de valores pelos ativos”. Segundo Taves e Gomes (2015), o termo “Atividade Corporativa” tem um significado amplo e pode incluir, por exemplo, os projetos e suas aplicações. Já o termo “A Geração de Valores” normalmente irá envolver o equilíbrio entre custos, riscos, oportunidades e benefícios de melhoria de desempenho. E por fim, o termo “Valores” podem ser tangíveis e intangíveis, financeiros e não financeiros e incluem considerações de riscos e confiabilidade.

Ainda de acordo com a ISO 55.000 (2014), a gestão de ativos orienta uma organização para examinar a necessidade e o rendimento dos ativos e seus sistemas, em diferente níveis. Além disso, orienta a aplicação dos enfoques analíticos na gestão de ativos nas diferentes etapas de seu Ciclo de Vida (o qual pode começar com a concepção de sua necessidade até sua desativação e inclui o manejo de qualquer possível eliminação dos ativos desnecessários).

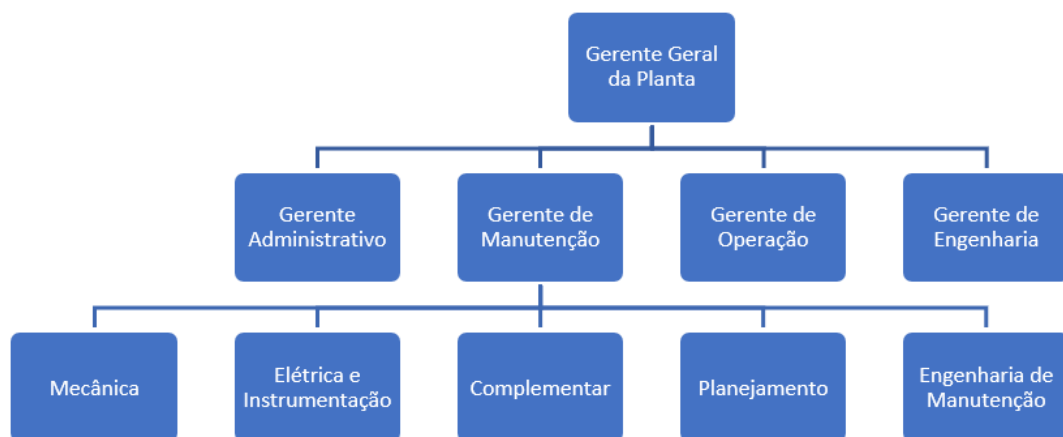
## 2.2 Estrutura Organizacional da Manutenção

Devido à variedade de nichos em que a manutenção é empregada, se torna complicado definir qual a melhor estruturação e subordinação devem ser implementadas. Dentre os fatores que determinam a forma da estrutura organizacional, destacam-se: tamanho da empresa, tipo de produto, tamanho do parque fabril, etc. Segundo Kardec e Nascif (2013), a estrutura organizacional da manutenção pode se apresentar:

- Em linha direta, convencional ou tradicional;
- Em estrutura matricial;
- Em estrutura mista, a partir de formação de times.

A Figura 1 ilustra a representação em linha direta.

Figura 1 – Estrutura de manutenção em linha.



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2013, p. 75).

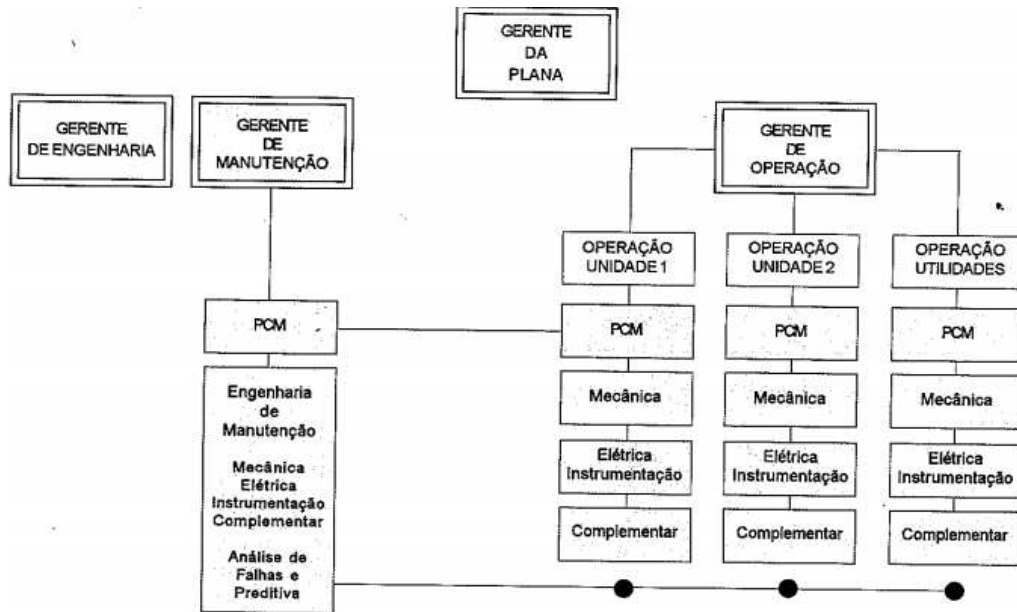
Dentre as vantagens encontradas nesta forma de manutenção, destacam-se a facilidade no remanejamento de recursos, seja mão de obra ou custo; o Gerente de Manutenção é conhecedor dos problemas que são encontrados no processo, visto que toda equipe manutentiva é subordinada a ele, facilitando a tomada de decisões estratégicas; os colaboradores empregados na manutenção se tornam especialistas em todas as operações. Porém, esse tipo de organização também apresenta desvantagens, entre elas: grande esforço empregado para tornar todos os manutentores proficientes nas operações de todos os processos; forte centralização de problemas no Gerente de Manutenção.

A Figura 2 representa a organização numa estrutura matricial. Dentre as vantagens apresentadas, destacam-se a maior cooperação entre manutenção e operação; descentralização



das equipes de manutenção quanto à gerência de manutenção; equipes tendem a possuir maior cooperação e união. Contudo, algumas desvantagens são percebidas, tais como falta de padronização para atividades iguais; dificuldade de ajuda entre as equipes; possibilidade de choque de ideias devido a dupla gestão.

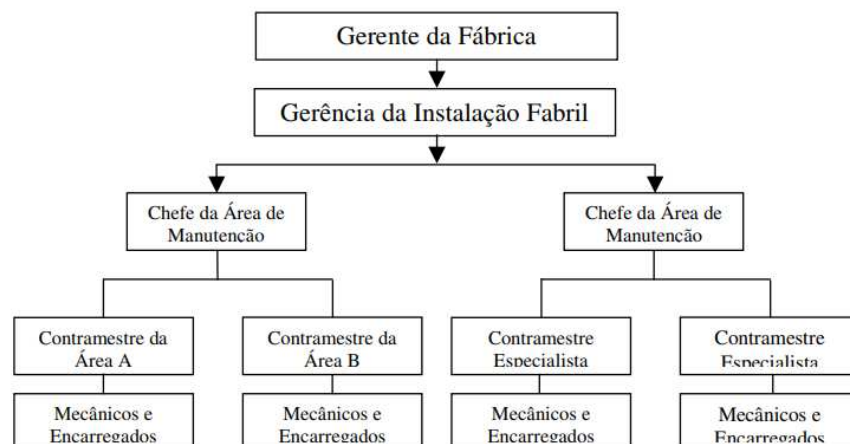
Figura 2 – Estrutura matricial.



Fonte: Kardec e Nascif (2013, p. 76).

A Figura 3 representa a organização numa estrutura mista. É basicamente a junção da estrutura matricial e estrutura em linha. A vantagem é que cada área possui sua equipe de manutenção especializada no processo sem o choque de ideias numa dupla gestão.

Figura 3 – Estrutura mista.



Fonte: Nepomuceno (1989).

## 2.3 Tipos de Manutenção

Dentre as formas que existem para classificar os tipos de manutenção Darwich (2019) apresenta a Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de Manutenção

| <b>Categoria</b>    | <b>Corretiva</b>    | <b>Preventiva</b>  | <b>Preditiva</b>  |  |
|---------------------|---------------------|--|---|--|
| <b>Ações</b>        | Reativas            | Proativas  |   |  |
| <b>Tipo</b>         | Corretiva           | Periódica  | Diagnóstico de Condições                                    | Prognóstico de Condições   |
| <b>Abordagem</b>    | Reparo após a falha | Manutenção periódica   | Manutenção baseada no diagnóstico das condições monitoradas | Manutenção baseada no prognóstico de utilização                  |
| <b>Planejamento</b> | Não aplicável       | Baseado tempo de vida útil padrão ou histórico de falhas do componente | Baseado nas condições atuais do componente                  | Baseado na previsão de tempo de vida útil restante do componente |

Fonte: Darwich (2019).

Essas categorias são detalhadas na sequência.

### 2.3.1 Manutenção Corretiva

Durante alguns anos, as organizações pautaram suas intervenções nas máquinas baseadas nas falhas, cujo ativo é utilizado até sofrer uma parada. Para Viana (2002), a manutenção corretiva se caracteriza como a intervenção necessária assim que um equipamento sofre uma pane ou está na iminência de acarretar um desastre para os instrumentos de produção, segurança do trabalhador ou ao meio ambiente. Em resumo, se caracteriza como uma intervenção sem prévio planejamento. De acordo com Marcorin e Lima (2003), a manutenção corretiva é uma alternativa quando os custos da indisponibilidade são menores do que os custos necessários para suprimir a quebra.

### **2.3.2 Manutenção Preventiva**

De acordo com Viana (2002), pode-se classificar a manutenção preventiva como sendo aquela em que os equipamentos sofrem intervenções sem estarem com falhas e aptos a operar. Tais intervenções são feitas periodicamente baseadas na frequência com o que os fabricantes recomendam. Em suma, o objetivo é reduzir a chance de falha ao adotar a substituição ou reparo dos componentes após um número específico de ciclos ou de tempo de utilização. Um dos objetivos é assegurar disponibilidade operacional. Para Wireman (2013), a adoção de comportamentos que passam a adotar posturas preventivas na sua rotina de manutenção é um indicativo de que a companhia passou por um processo de amadurecimento operacional tendendo a diminuir o comportamento reativo baseado na manutenção corretiva. A preventiva pode ser aplicada de várias formas e contextos, desde uma simples lubrificação na corrente, até a desmontagem por completo de uma máquina (NETO, 2009).

Para Marcorin e Lima (2003), o estoque de peças reservas nesta modalidade podem ser elevados para cobrir as imprevisibilidades de falhas, visto que o desgaste das peças pode não ser uniforme. Desta forma, a preventiva é indicada para equipamentos que apresentem um ciclo de desgaste bem definido. Ainda de acordo com os autores, a manutenção preventiva também apresenta o incômodo de realizar intervenções as vezes desnecessárias, reduzindo a disponibilidade e aumentando os custos operacionais.

### **2.3.3 Manutenção Preditiva**

A manutenção preditiva é uma ferramenta que visa identificar falhas nascentes antes que se tornem graves possibilitando um planejamento mais eficaz em termos de custo e mão de obra. A preditiva se diferencia da manutenção preventiva devido ao fato de que ela se baseia na condição real da máquina, em vez de alguma programação predefinida. Em resumo, a preditiva é um conjunto de técnica baseada no monitoramento em tempo real ou quase real, avaliando a condição do equipamento mediante condições normais de uso (SETHIYA, 2006). Ainda de acordo com o autor, com o funcionamento adequado das técnicas preditivas, pode-se obter uma economia entre 8 a 12% em comparação com a preventiva, além de proporcionar redução no tempo de inatividade do equipamento ou processo entre 35 e 45%. No entanto, existem custos relacionados a compra dos equipamentos de diagnósticos e o treinamento da equipe.

Outra vantagem apontada por Marcorin e Lima (2003), é que as preditivas dão a oportunidade da equipe de manutenção se programar para adquirir as peças para reposição para a intervenção da máquina, reduzindo custos desnecessários e aumentando a produtividade.

## 2.4 Classificação dos Equipamentos

Desejando obter a otimização do custo e mão de obra, os recursos devem ser empregados de forma certa, procurando realizar as intervenções mais assertivas. Desta forma, se faz necessário elaborar critérios de atendimento nos equipamentos, ou seja, analisar sua importância no processo e o impacto que será causado caso este equipamento venha a sofrer uma falha.

A análise dos equipamentos é feita criando uma matriz de criticidade dos equipamentos. A empresa analisada, no ano de 2019, considerava 6 itens na análise de criticidade: saúde e segurança (S), meio ambiente (M), produção (P), custo (C), qualidade (Q) e frequência de falhas (F). Para cada um dos itens existe uma pontuação dada ao equipamento baseado em uma série de critérios. Por exemplo, no critério de Segurança se há histórico de vítimas com danos irreversíveis ou lesões incapacitantes, o equipamento tem pontuação igual a 30. Os critérios considerados para a pontuação dos equipamentos nos itens de análise de criticidade foram omitidos de forma a não divulgar a política de classificação utilizada na empresa. Desta forma, tanto em 2019 quanto a partir de 2020, o risco do equipamento é a soma das notas atribuídas em cada um dos itens pontuados multiplicada pela frequência de falhas. A frequência varia dependendo da quantidade de falhas, por exemplo, se o equipamento apresenta pelo menos uma falha entre 1 e 7 dias, a pontuação é igual a 8. A pontuação máxima do Risco é 1400,

$$Risco = (S + M + P + C + Q) \times F \quad (1)$$

A Tabela 2 determina o fator de risco do equipamento para o ano de 2019 e a Tabela 3 para os equipamentos a partir de 2020. A lógica utilizada é simples, de posse do Risco obtido na Equação (1) é obtido qual o Fator de Risco. A partir de 2020, foi inserido um critério automático, caso Saúde e Segurança, Qualidade ou Produção obtenham pontuação igual a 30, o fator de Risco do equipamento é igual a 1 automaticamente.

Tabela 2 – Matriz de determinação do fator de risco no ano de 2019.

| Fator de Risco |             | Risco  |        |
|----------------|-------------|--------|--------|
|                |             | $\geq$ | $\leq$ |
| 1              | Alta        | 701    | 1400   |
| 2              | Média       | 501    | 700    |
| 3              | Baixa       | 301    | 500    |
| 4              | Muito Baixa | 1      | 300    |

Fonte: Adaptado de Guia de Padrões de Manutenção da Empresa analisada (2019).

Dentre as diferenças entre os anos de 2019 e 2020, destacam-se a classificação automática do fator de risco para alto quando Saúde e Segurança, Qualidade ou Produção tenham pontuação igual a 30.

Tabela 3 – Matriz de determinação do fator de risco a partir de 2020.

| Fator de Risco |             | Risco      |        | Saúde e Segurança | Qualidade | Produção  |
|----------------|-------------|------------|--------|-------------------|-----------|-----------|
|                |             | $\geq$     | $\leq$ | Pontuação         | Pontuação | Pontuação |
| 1              | Alta        | Automático |        | 30                | 30        | 30        |
| 1              | Alta        | 701        | 1400   |                   |           |           |
| 2              | Média       | 501        | 700    |                   |           |           |
| 3              | Baixa       | 301        | 500    |                   |           |           |
| 4              | Muito Baixa | 1          | 300    |                   |           |           |

Fonte: Book de Gestão de Ativos da Empresa analisada (2020).

A obtenção da criticidade é feita na Tabela (4) cruzando o Risco obtido na equação (1) e o Fator de Risco obtido na Tabela (2).

De posse da criticidade dos equipamentos e visando a correta aplicação da Engenharia de Manutenção, no ano de 2019 era feita uma avaliação para verificar o percentual dos equipamentos em função da sua criticidade. O objetivo aqui é evitar que haja um desbalanceamento nos equipamentos, por exemplo, muitos equipamentos A implicará em custos, pois serão empregadas mais técnicas de manutenção. As técnicas empregadas em função da criticidade dos equipamentos serão explicadas no tópico 2.5.

Tabela 4 – Criticidade dos equipamentos em 2019.

|                |   | Faixa de Risco |         |         |            |
|----------------|---|----------------|---------|---------|------------|
|                |   | 1-300          | 301-500 | 501-700 | 701-1400   |
|                |   | Muito Baixo    | Baixo   | Alto    | Muito Alto |
| Fator de Risco | 1 | B              | B       | A       | A          |
|                | 2 | C              | B       | B       |            |
|                | 3 | C              | C       |         |            |
|                | 4 | C              |         |         |            |

Fonte: Adaptado de Guia de Padrões de Manutenção da Empresa analisada (2019).

Criticidade A – Alvo de 20% aceitável entre 15% e 25%;

Criticidade B – Alvo de 40% aceitável entre 35% e 45%;

Criticidade C – Alvo de 40% aceitável entre 35% e 45%.

Tabela 5 – Criticidade dos equipamentos a partir de 2020.

|                |   | Faixa de Risco |         |         |            |
|----------------|---|----------------|---------|---------|------------|
|                |   | 1-300          | 301-500 | 501-700 | 701-1400   |
|                |   | Muito Baixo    | Baixo   | Alto    | Muito Alto |
| Fator de Risco | 1 | B              | B       | A       | A          |
|                | 2 | C              | C       | B       |            |
|                | 3 | D              | C       |         |            |
|                | 4 | D              |         |         |            |

Fonte: Adaptado de Book de Gestão de ativos da Empresa Analisada (2020).

A obtenção da criticidade a partir de 2020 é feita na Tabela (5) cruzando o Risco obtido na equação (1) e o Fator de Risco obtido na Tabela (3). De posse da criticidade dos equipamentos, a partir de 2020, também é feita uma avaliação para verificar o percentual dos equipamentos em função da sua criticidade. Caso o percentual dos equipamentos fique fora da métrica abaixo, é refeita as análises dos equipamentos com a equipe multidisciplinar até que o percentual fique dentro do estabelecido.

Criticidade A – Alvo de 29%, aceitável entre 26% e 32%;

Criticidade B – Alvo de 20%, aceitável entre 17% e 23%;

Criticidade C – Alvo de 34%, aceitável entre 31% e 37%;

Criticidade D – Alvo de 17%, aceitável entre 14% e 20%;

Nota-se que houve o acréscimo dos equipamentos de criticidade D, onde sua principal característica é a de que a falha do equipamento não traz quaisquer tipos de danos ao processo ou a área.

As Tabelas 6 e 7 fazem um resumo das criticidades nos anos analisados e suas implicações em variáveis como características, objetivos e políticas de sobressalentes.

A Tabela 6 resume as estratégias de manutenção baseada na criticidade dos equipamentos no ano de 2019.

Tabela 6 – Resumo das ações *versus* Código ABC no ano de 2019.

| Fatores                      | Código ABC  |   |   |
|------------------------------|---|---|---|
|                              | A   | B   | C   |
| <b>Características</b>       | - Operando 100% do tempo, paradas do equipamento tem graves consequência para o processo  | - A parada do equipamento afeta o processo de forma parcial, pode comprometer quantidade ou qualidade | - A falha do equipamento não provoca consequências significativas para o processo   |
| <b>Abordagem</b>             | - Máxima confiabilidade   | - Parâmetros balanceados de disponibilidade e custo   | - Vida útil máxima, custo mínimo  |
| <b>Objetivos</b>             | - Intervenções corretivas devem ser eliminadas  | - Menor número de intervenções não programadas  | - Mínimo aporte de recursos da manutenção   |
| <b>Métodos de Manutenção</b> | - Monitoramento das condições e das variáveis de desempenho<br>- Preditiva (baseada na condição)<br>- Preventiva baseada em intervalos constantes, para os itens que não seja possível a preventiva baseada na condição | - Monitoramento preditivo observando a confiabilidade do equipamento                                  | - Monitoração para maximização do uso de componentes e redução do esforço da manutenção<br>- Corretiva planejada somente quando for viável reparar o equipamento após a falha |

Tabela 6 – Continuação.

|                                   |  |   |  |
|-----------------------------------|--|---|--|
| <b>Política de sobressalentes</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preferência por substituição de peças, ao invés de recuperação</li> <li>- Disponibilidade plena de sobressalentes de uso corrente</li> <li>- Nacionalização de peças com base em testes e registro</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperação usual de componentes durante as intervenções</li> <li>- Disponibilidade de sobressalentes de uso corrente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise crítica do custo das alternativas de recuperar ou substituir peças</li> <li>- Disponibilidade apenas de sobressalentes de uso corrente</li> </ul> |
| <b>Política de Investimentos</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade para investimentos que buscam aumentar a confiabilidade</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade para os equipamentos que apresentem maior taxa de falhas</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade para investimentos tendo como objetivo a redução do esforço da manutenção</li> </ul>   |
| <b>Engenharia de Manutenção</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise permanente dos dados de desempenho operacional</li> <li>- Análise imediata de qualquer anormalidade apresentada</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise das anormalidades com base no histórico</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise de falhas de equipamentos que têm taxa de falhas elevadas</li> </ul>  |
| <b>Atendimento</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade para atendimento</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade subjetiva, avaliar as circunstâncias</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Programação de acordo com a disponibilidade de recursos</li> </ul>  |
| <b>Confiabilidade</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elemento determinando na definição da estratégia de manutenção</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possui peso relevante na estratégia de manutenção e analisado em conjunto com o custo</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Importante, porém secundária em relação ao custo</li> </ul>   |

Fonte: Adaptado de Guia de Padrões de Manutenção da Empresa Analisada (2019).

A Tabela 7 resume as estratégias de manutenção baseada na criticidade dos equipamentos atualmente.



Tabela 7 – Resumo das ações *versus* Código ABCD atualmente.

| Fatores                      | Código ABC   |   |   |   |
|------------------------------|--|---|---|---|
|                              | A  | B   | C   | D   |
| <b>Características</b>       | - Operando 100% do tempo, qualquer parada do equipamento tem graves consequência para o processo   | - A parada do equipamento afeta o processo de forma parcial, podendo comprometer quantidade ou qualidade do produto | - A falha do equipamento não provoca consequências significativas para o processo   | A falha do equipamento não traz consequências para o processo |
| <b>Abordagem</b>             | - Máxima confiabilidade  | - Confiabilidade baseada em segurança, qualidade e meio ambiente  | - Parâmetros balanceados de disponibilidade e custo   | - Vida útil máxima, custo mínimo                              |
| <b>Objetivos</b>             | - Intervenções corretivas devem ser eliminadas   | - Número mínimo de intervenções não programadas   | - Mínimo aporte de recursos da manutenção   | - Somente intervenções não programadas                        |
| <b>Métodos de Manutenção</b> | - Monitoramento das condições e das variáveis de desempenho<br>- Preditiva<br>- Preventiva baseada em intervalos constantes, para itens que não seja possível a preventiva baseada na condição | - Monitoramento preditivo observando a confiabilidade do equipamento<br>- Preventiva baseada em intervalos fixos    | - Monitoração para maximização do uso de componentes e redução do esforço da manutenção<br>- Corretiva planejada somente quando for viável reparar o equipamento após a falha | - Corretiva após a identificação da falha                     |

Tabela 7 – Continuação.

|  |   |  |  |  |
|--|---|--|--|--|
| <b>Política de sobressalentes</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Preferência por substituição de peças, ao invés de recuperação</li> <li>- Disponibilidade plena de sobressalentes de uso corrente</li> <li>- Nacionalização de peças com base em testes e registro</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Recuperação usual de componentes durante as intervenções</li> <li>- Disponibilidade de sobressalentes de uso corrente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise crítica do custo das alternativas de recuperar ou substituir peças</li> <li>- Disponibilidade apenas de sobressalentes de uso corrente</li> </ul> | Não recomendado estoque  |
| <b>Política de Investimentos</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade para investimentos que buscam aumentar a confiabilidade</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade para os equipamentos que apresentem maior taxa de falhas ou para aumentar confiabilidade</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade para os equipamentos que apresentem maior taxa de falhas</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade para investimentos tendo como objetivo redução do esforço da manutenção</li> </ul> |
| <b>Engenharia de Manutenção e Confiabilidade</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise permanente dos dados de desempenho operacional</li> <li>- Análise imediata de qualquer anormalidade apresentada</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise das anormalidades com base no histórico</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise de falha por demanda específica</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise de falha por demanda específica</li> </ul>  |
| <b>Atendimento</b>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade para atendimento</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade subjetiva, avaliar as circunstâncias</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prioridade negociada em função dos recursos</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Programação de acordo com disponibilidade de recursos</li> </ul>                              |

Fonte: Adaptado de Book de Gestão de Ativos da Empresa Analisada (2020).

## 2.5 Planos de Manutenção

Finalizada a classificação dos equipamentos, são elaborados os planos de manutenção. Os planos de manutenção podem ser definidos para Viana (2002) como um conjunto de instruções e informações necessárias para a prática da manutenção preventiva. A elaboração dos planos de manutenção deve levar em consideração o histórico do equipamento em termos de falhas, os manuais de fabricantes, conhecimento das pessoas envolvidas no equipamento e normas de referência da empresa, órgãos especializados em manutenção e normas governamentais.

Tabela 8 – Criticidade dos equipamentos *versus* planejamento no ano de 2019.

| Equipamento | Preditiva | Preventiva | Inspeção de Rota | Roteiro Qualidade | Manutenção Autônoma | Roteiro Segurança | Corretiva Planejada | Lubrificação |
|-------------|-----------|------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| A           | x         | x          | x                | x                 | x                   | x                 | x                   | x            |
| B           |           | x          | x                | x                 | x                   | x                 | x                   | x            |
| C           |           |            |                  |                   |                     | x                 | x                   | x            |

Fonte: Adaptado de Guia de Padrões de Manutenção da Empresa Analisada (2019).

Tabela 9 – Criticidade dos equipamentos *versus* planejamento a partir de 2020.

| Equipamento | Preditiva | Preventiva | Inspeção de Rota | Manutenção Autônoma | Corretiva Planejada | Lubrificação |
|-------------|-----------|------------|------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| A           | x         | x          | x                | x                   | x                   | x            |
| B           | x         | x          | x                | x                   | x                   | x            |
| C           |           |            | x                |                     | x                   | x            |
| D           |           |            |                  |                     | x                   | x            |

Fonte: Adaptado de Book de Gestão de Ativos (2020).

As rotinas de manutenção são ilustradas nas Tabelas (8), (9), sendo que cada operação será aplicada de acordo com a criticidade do equipamento analisado.

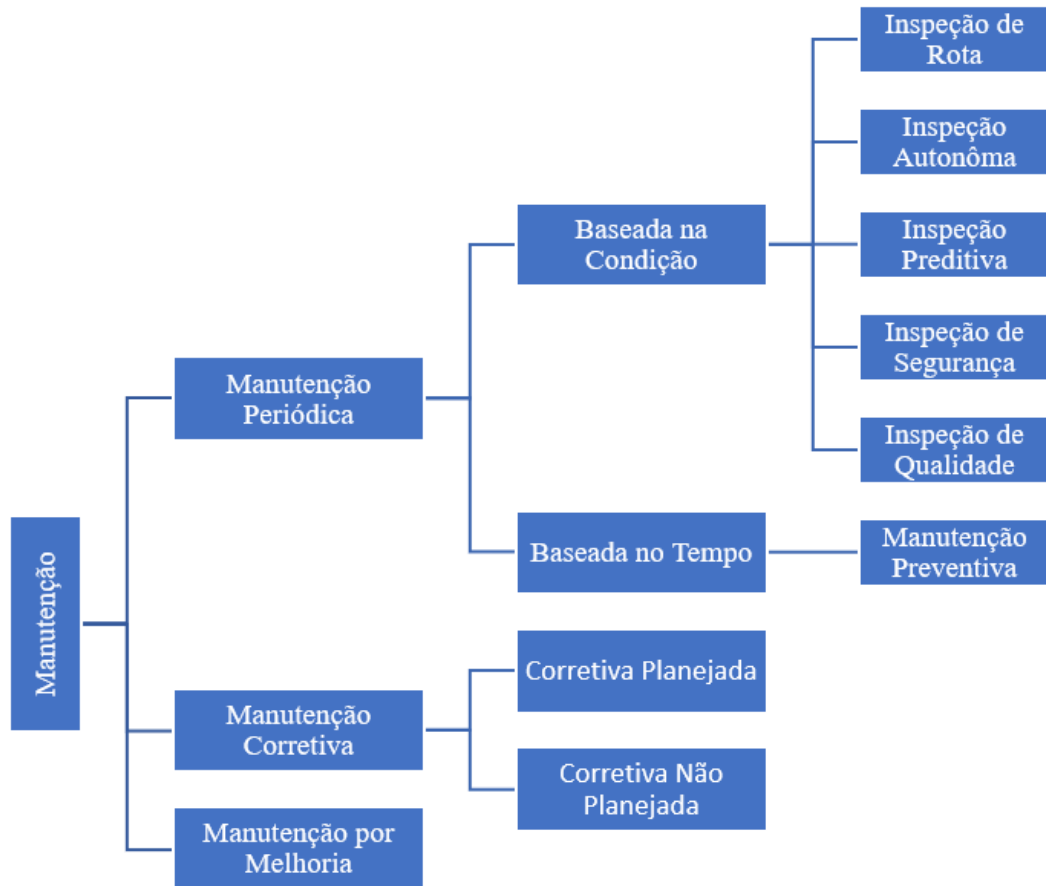
A lubrificação é empregada em todos os equipamentos e sua função é aumentar a vida útil dos ativos, atenuando fatores como umidade, sujidade, atrito, entre outros.

As inspeções de rota são ferramentas para análise dos equipamentos na manutenção preventiva planejada e caso nestas inspeções se verifique uma não conformidade, é criado um monitoramento de rota. As inspeções de rota são divididas em:

- Elétricas: são verificados itens, por exemplo, corrente por fase; temperatura; fixação; integridade física dos equipamentos; ruído; vibração, entre outros;
- Mecânicas: são checados os itens em geral, polias, correntes, correias; vazamentos de líquidos ou gases; limpeza; fixação; temperatura; ruído; vibração; nível de óleo; alinhamento;
- Civil: são verificados itens que estão em estágio inicial de falhas, evitando assim a abertura em demasia de notas;
- Rotas de qualidade: as rotas de qualidade visam identificar pontos de contaminação no processo, entre os itens checados, destacam-se – integridade das estruturas e verificação de problemas apontados em rotas passadas;
- Inspeção de segurança ou Roteiro de Segurança: as inspeções de segurança visam antecipar condições inseguras para as pessoas e o processo, entre os itens verificados, têm-se – sistema de detecção de alarme de emergência, detectores de gases, iluminação de emergência;
- Rotas de excelência energética: tais rotas verificam condições que não propiciam economia de energia.

Já a manutenção autônoma ou inspeção autônoma se refere a um programa em que o próprio operador faça o monitoramento da máquina e realize pequenas intervenções no equipamento. O plano de manutenção neste caso sai como um checklist e o operador faz a verificação. A Figura 4 resume a origem das ordens de manutenção.

Figura 4 – Estratégias de manutenção utilizadas.

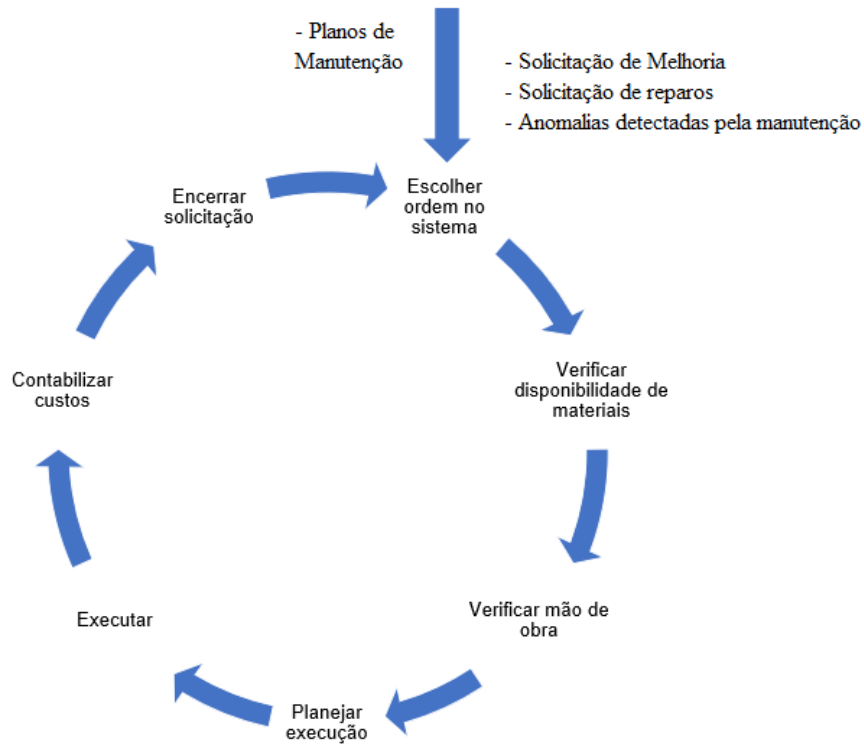


Fonte: Adaptado de Book de Gestão de Ativos da Empresa Analisada (2020).

## 2.6 Fluxo de Trabalho

A equipe de manutenção possui um fluxo de atendimento junto as solicitações e caso estas sejam feitas pela equipe operacional, algumas questões devem ser levantadas em consideração, por exemplo: se a solicitação feita é consistente; se já existe outra solicitação para o mesmo problema; a área que recebeu a solicitação e a responsável pelo atendimento; se a atividade é de responsabilidade da manutenção ou cabe ao setor operacional solucionar a avaria.

Figura 5 – Fluxo de atendimento das ordens de manutenção.



Fonte: O autor.

Conforme a Figura 5 ilustra, as ordens de manutenção têm origem em dois segmentos: planos de manutenção e solicitações vindas de notas. As notas registram a necessidade de reparo. Pode-se classificar as notas em:

- Solicitação de Melhoria (M1): nota cujo intuito é fazer melhorias no processo;
- Solicitação de Reparos (M2): nota que indica uma avaria apontada pela produção;
- Anomalias Detectadas pela Manutenção (M3): também chamadas de notas de ação, são notas similares as M2, porém são abertas exclusivamente pela equipe de manutenção.

Assim que uma ordem é gerada no sistema, é necessário avaliar a disponibilidade de materiais, se os itens são de estoque ou se é necessário efetuar a compra. Após estar com os materiais disponíveis, é necessário realizar uma previsão de homem-hora que será necessário para efetuar o serviço, se os manutentores têm proficiência na atividade e se possuem os treinamentos legais e obrigatórios válidos para a atividade.

Verificados os requisitos de materiais e mão de obra, resta programar a atividade e dar o suporte para manutentores realizarem os devidos reparos. Finalizada a atividade, é feita uma análise dos custos envolvidos na ordem de manutenção e realizada a apropriação de hora dos manutentores, em resumo, o quanto de homem hora foi gasto para realizar a atividade e encerrar a ordem de manutenção, reiniciando assim o ciclo para uma nova demanda.

Como não é possível realizar todas as atividades pendentes de uma só vez, devido a custos e mão de obra disponível, é feita uma priorização de todas as ordens levando em consideração o tipo de atividade de manutenção, a prioridade da ordem de manutenção, custo e mão de obra disponível. A Figura 6 mostra o fluxo de priorização dos serviços a partir de 2020.

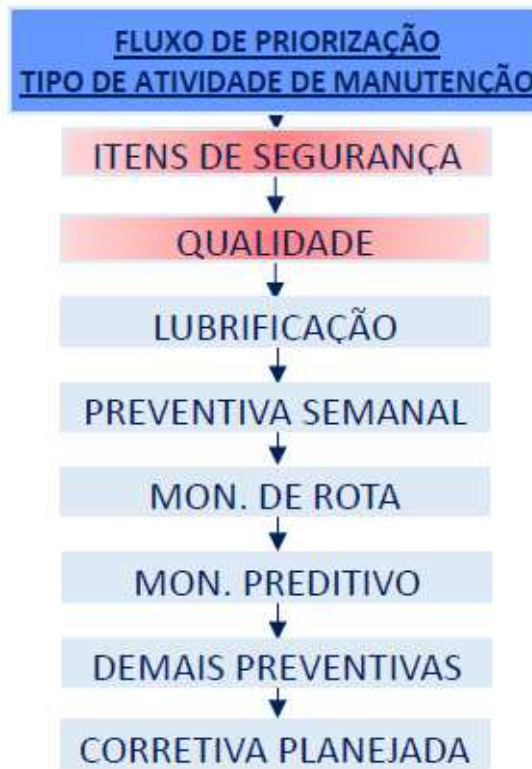
Figura 6 – Fluxo de priorização das ordens pendentes a partir de 2020.



Fonte: Book de Gestão de Ativos da Empresa Analisada (2020).

Já para o ano de 2019, o fluxo de priorização é ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Fluxo de priorização das ordens pendentes no ano de 2019.



Fonte: Guia de Padrões de Manutenção da Empresa Analisada (2019).

Itens como Segurança, Qualidade continuaram com o mesmo status de priorização mesmo diante da reformulação feita, mostrando o compromisso da empresa com itens de segurança e qualidade. A lubrificação continua no mesmo patamar na priorização.

Dentre as modificações feitas quanto à priorização, destacam-se o monitoramento preditivo frente a preventiva semanal e o monitoramento de rota. Uma das explicações é o fato de os equipamentos com criticidade igual a B possuem, a partir de 2020, monitoramento preditivo. Outro ponto é que as preditivas, conforme dito no item 2.3.2, avaliam a real condição do equipamento evitando a troca de peças ou materiais que ainda podem continuar em operação por um período de tempo.



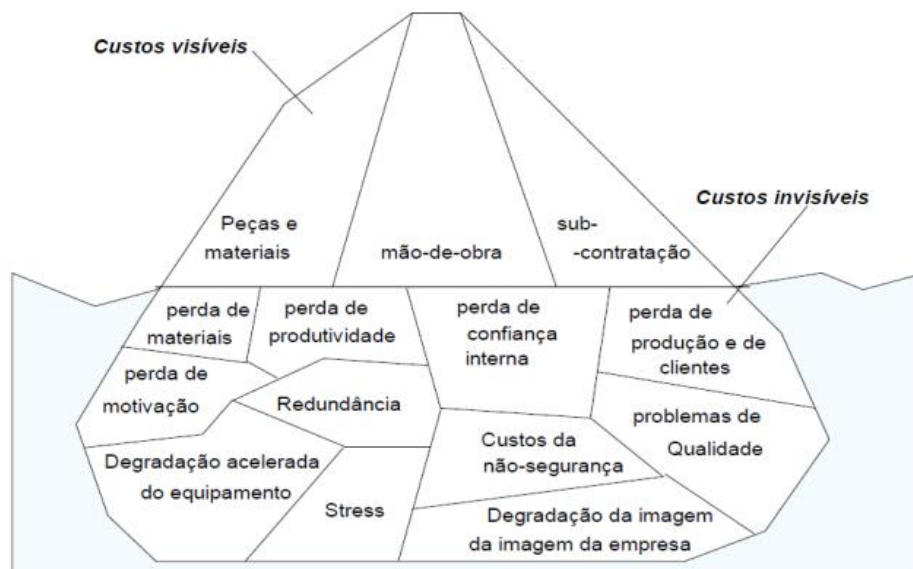
## 2.7 Indicadores de Manutenção

Os indicadores de manutenção podem ser utilizados como métrica para visualizar o panorama da organização e auxiliar nas tomadas de decisões. Seguindo essa lógica, Viana (2002) diz que é necessário que uma organização entenda sua posição, trace objetivos para obter melhoria e comece a acompanhar a evolução, sendo esse processo acompanhado por um ou vários indicadores, ressaltando que para uma determinada organização um tipo de indicador se adequa melhor em comparação com outro. Ou seja, cabe aos gestores do setor de manutenção, ou ao PCM quando existente, indicar qual a melhor forma de realizar o monitoramento.

### 2.7.1 Custo

Segundo Mirshawa & Olmedo (1993), os custos provenientes das atividades de manutenção são apenas a ponta do iceberg. Temos na ponta, Figura 8, os custos vindos de mão de obra, ferramentas, terceirização. Na parte inferior, têm-se os maiores custos que são intimamente ligados com a indisponibilidade das máquinas (MARCORIN; LIMA, 2003).

Figura 8 – O iceberg dos custos totais de manutenção.



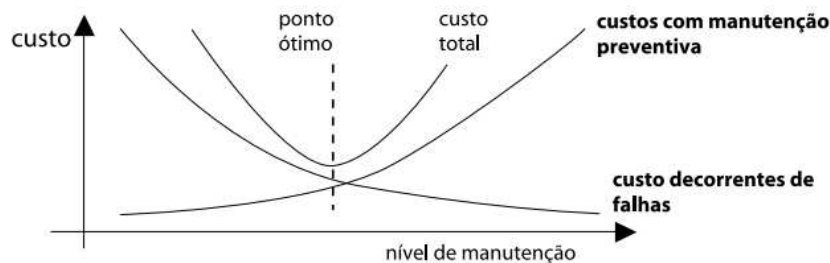
Fonte: (MATOS, 2008).

Para os custos visíveis, Figura 7, a de mão de obra é referente a despesas com salários, bonificações, prêmios e encargos trabalhistas. Já os de peças e materiais são relacionados a reposição de peças e o setor de utilidades. Os de sub contratação relacionam-se com a

terceirização. Já para os custos invisíveis, as perdas de materiais, perda de produtividade e perda de produção e de clientes podem ser resumidas em perda de faturamento e outro que se destaca é a degradação dos equipamentos que são basicamente custos relacionados com aquisição de novos equipamentos e ferramentas.

A Figura 9 ilustra a relação entre custo e nível de manutenção considerando preventivas e o custo decorrentes de falhas. O gráfico mostra que aumentando o investimento em manutenção preventiva acarreta em queda nos custos decorrentes de falhas, porém esse investimento deve ser pautado no ponto ótimo.

Figura 8 – Custo versus nível de manutenção

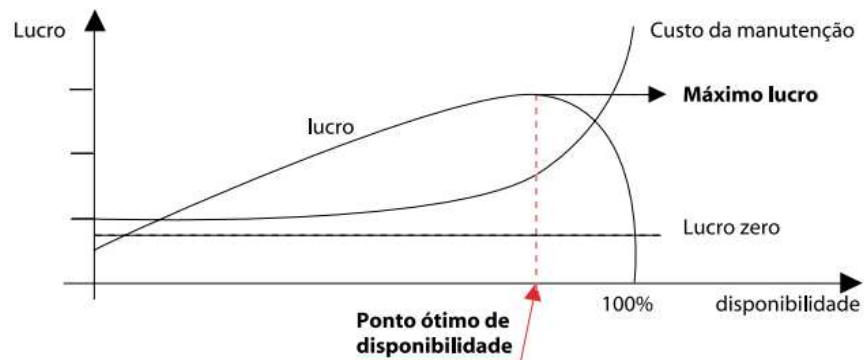


Fonte: Mirshawka (1993).

A partir de um dado momento, elevar o custo com preventivas trazem pouco retorno na redução dos custos decorrentes de falhas. Esse fato foi estudado por Murty & Naikan (1995), onde a modelagem matemática relacionando disponibilidade e lucro é ilustrado na Figura 9.

A Figura 10 mostra que um dado ponto chamado de “ponto ótimo de disponibilidade“, mostra o nível de disponibilidade capaz de criar o maior lucro possível para um dado custo de manutenção. Toda organização busca que sua atividade de manutenção gaste o menor valor possível garantindo a maior produtividade com a menor indisponibilidade. Outro ponto a se analisar é o fato que a busca por 100% de disponibilidade dos equipamentos irá acarretar em um custo altíssimo resultando em um lucro nulo.

Figura 10 – Lucro versus disponibilidade.



Fonte: Murty & Naikan (1995).

Para o cálculo do indicador de custo, a partir de 2020, são analisados 4 fatores: gastos com ordens provenientes de planos de manutenção, gastos com manutenções corretivas, valor de estoque e absoluto de manutenção. No ano de 2019, além dos 4 fatores citados acima, era separado o gasto com terceirização.

### 2.7.2 Disponibilidade e Indisponibilidade

Segundo a NBR 5462 (1994), a disponibilidade pode ser definida como a capacidade de um item estar em condições de executar determinada tarefa em um momento ou durante um período de tempo determinado. De acordo com Viana (2002), não existe uma fórmula única para a disponibilidade, o que acontece é setores ou até mesmo empresas utilizam seu próprio cálculo, sendo assim, de uma maneira geral o autor afirma que a disponibilidade é a relação entre horas trabalhadas e as horas totais no período:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Horas trabalhadas no período}}{\text{Tempo total decorrido}} \times 100\%$$

Outra maneira de se calcular a disponibilidade, é considerando a relação total de horas acumulada de processo e o tempo total transcorrido, em horas:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo decorrido de processo}}{\text{Tempo decorrido processo} + \text{Tempo gasto manutenções}} \times 100\%$$

Outro indicador que relaciona parada de produção com atividades de manutenção é a indisponibilidade. Pode-se definir indisponibilidade como a relação entre o tempo parado por manutenção imprevista e o total de horas no período. A fórmula da indisponibilidade é dada por:

$$\text{Indisponibilidade} = \frac{\text{Tempo de parada não programada}}{\text{Tempo total decorrido}} \times 100\%$$

A indisponibilidade pode ser causada por outros fatores além da manutenção, dentre eles as falhas operacionais e o PCP. Segundo Tubino (1997), o PCP é responsável por fazer o gerenciamento dos recursos físicos e humanos da empresa. Dentre as atribuições do PCP têm-se o de determinar o que produzir, como produzir, quando produzir, quanto produzir, onde produzir, entre outros.

No capítulo 4 será discutido os resultados obtidos nos anos de 2019 e 2020 referente aos indicadores de custo e indisponibilidade de 4 processos distintos.

### 2.7.3 Backlog

Outro indicador importante no setor de manutenção é o backlog. Para Viana (2002), backlog é a relação entre as horas das demandas de serviços e a capacidade da equipe. Em resumo, a soma de todas as horas de trabalho previstas dividida pela capacidade homem hora da equipe.

$$\text{Backlog} = \frac{\text{Horas de trabalho previstas}}{\text{Homem Hora disponível}}$$

O backlog pode ser analisado de diversas formas, caso se queira uma análise mensal é preciso que a homem hora da equipe seja mensal, se for desejado uma análise em dias, a homem hora da equipe deverá ser diária. Ainda de acordo com Viana (2002), a homem hora da equipe

deve sofrer um fator de correção de aproximadamente 20%, visto que a equipe não emprega toda sua capacidade disponível nas atividades pendentes, de modo que algumas atividades como: treinamentos, limpeza do ferramental e da oficina demandam tempo dos manutentores.

É possível fazer uma análise conforme o backlog varia no tempo. Se o indicador tem um comportamento constante ao decorrer do tempo, significa que a equipe está dimensionada para a carga de trabalho rotineira e, se for desejado, pode-se aumentar a mão de obra disponível ou terceirizar parte das ordens de serviço pendente para diminuir o backlog.

Se o indicador apresenta um comportamento ascendente, é possível afirmar que a equipe se encontra subdimensionada de modo que a carga de trabalho vem sofrendo um aumento maior do que a equipe de manutenção consegue absorver. No caso contrário, se o comportamento é descendente, a equipe de manutenção se encontra superdimensionada, de modo que em algum momento a mão de obra irá ficar ociosa.

Para se ter um backlog confiável, é necessário que se tenha uma estimativa assertiva do tempo que será gasto nas intervenções. Existem formas de se estimar esse tempo, uma delas é através do prévio conhecimento da área e das atividades ali desenvolvidas e outra é por meio de dados disponibilizados por fabricantes ou fornecedores. É esperado que a equipe de manutenção realize as atividades propostas no tempo preestabelecido

### 3 METODOLOGIA

Nos tópicos 4.1 até 4.4 serão analisados 4 processos distintos. Os processos A, B e C têm sua produção realizada em 5 dias da semana e, em alguns momentos, há produção no sexto dia. Ainda para esses processos, o dia é dividido em três turnos, com dois turnos para produção e um para higienização pré-operacional. O processo D têm para produção 6 dias na semana, durante três turnos e o sétimo dia é exclusivo para higienização operacional.

A indisponibilidade no processo e a sua causa são apontadas pela equipe operacional e, desta forma, se um turno tem 8 horas e houve 1 hora de parada, a equipe de produção relata o responsável(eis). A indisponibilidade tem quatro causas: desvios operacionais, setor de PCP, agropecuária ou manutenção. Os desvios operacionais são causados pela própria equipe operacional e, por exemplo, um desvio seria carregar uma máquina com insumos além de sua capacidade, travando a mesma e parando a linha. Os desvios devido ao setor de PCP podem ter diversas causas e, por exemplo, um motivo seria falta de embalagem, falta de insumos, etc. Já os desvios relativos à manutenção são ocasionados por falhas oriundas de quebras nos equipamentos e máquinas. E por fim, os desvios devido a agropecuária podem ter algumas causas, entre elas, atraso na entrega dos animais, atraso na entrega de grãos.

O tempo de produção para os anos de 2019 e 2020 se manteve aproximadamente similar e nenhum grande projeto visando o aumento de produção foi implementado para estes processos. Foi escolhido realizar uma comparação mês a mês entre os anos, visto que o processo apresenta características intrínsecas e, deste modo, comparar apenas o resultado anual pode levar a resultados inexatos.

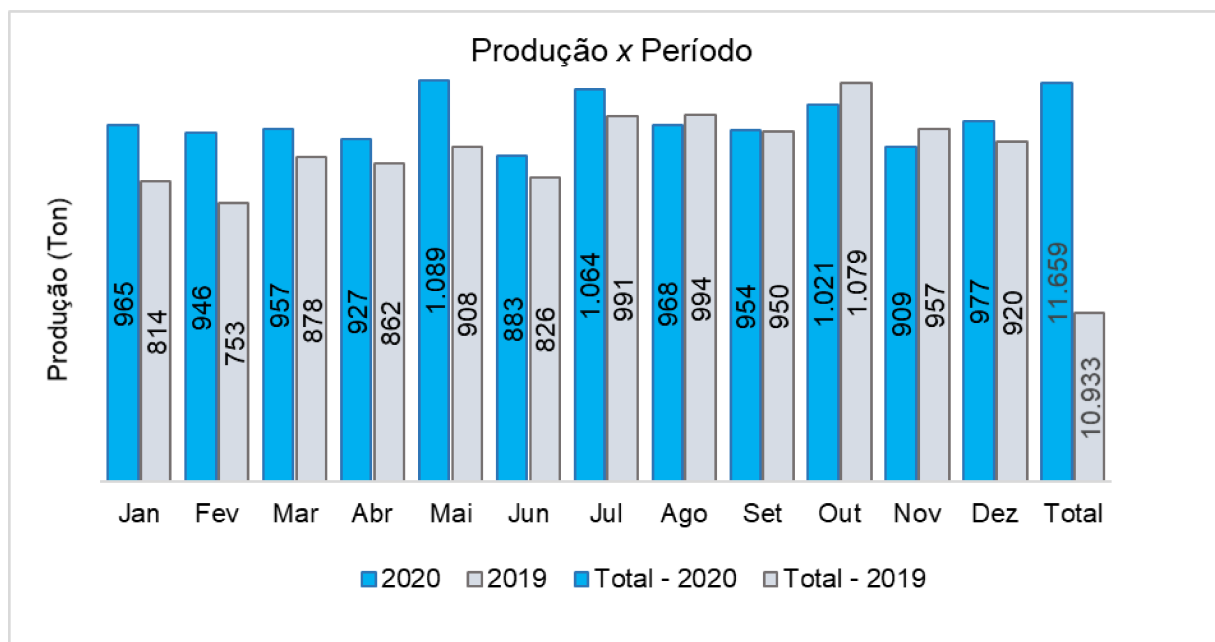
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Processos A e C são marcados pela forte presença de máquinas e equipamentos e baixa intervenção humana, quando comparados ao Processo B, fato esse ilustrado pela indisponibilidade operacional, presente nas Tabelas 12 e 13. Já o Processo D têm como característica maquinário de grande porte, frequente troca de matrizes e a indisponibilidade agropecuária.

### 4.1 Processo A

No Processo A foram analisados dados referentes a produção, disponibilidade, indisponibilidade. O Gráfico 1 mostra que a produção no ano de 2020 fechou quase 7% maior em comparação com 2019.

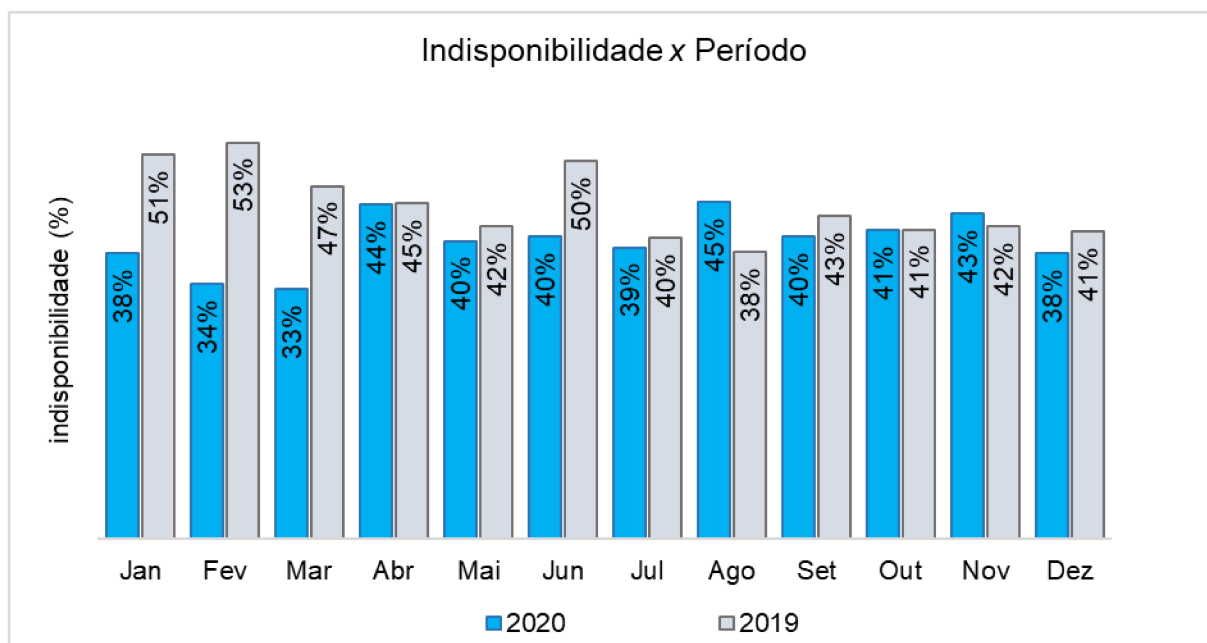
Gráfico 1 – Produção realizada para o Processo A.



Fonte: O autor.

O Gráfico 2 deixa visível a queda na indisponibilidade geral no começo do ano de 2020. Nos meses de abril, outubro e novembro a indisponibilidade de 2020 superou a do ano anterior e esse aumento se deve principalmente ao setor de PCP, conforme Tabela 10. O Gráfico 3 mostra que a indisponibilidade devido à manutenção neste setor é baixa apresentando resultados consideráveis apenas nos meses de fevereiro e novembro.

Gráfico 2 – Indisponibilidade para o Processo A.



Fonte: O autor.

Analisar a indisponibilidade de forma global, Gráfico 2, pode acarretar em um cenário inexistente. Por exemplo, no mês de fevereiro a indisponibilidade foi a segunda menor do ano, em 2020, o que leva a crer que foi um mês exemplar, no entanto houve uma parada não programada de manutenção e a indisponibilidade só fechou baixa devido ao aumento de disponibilidade do setor de PCP, em resumo, um fator compensou outro.

Tabela 10 – Indisponibilidade estratificada do processo A no ano de 2020.

|         | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ope Ind | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Agro    | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Man     | 0,0%  | 0,2%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,4%  | 0,0%  |
| PCP     | 37,9% | 33,6% | 33,2% | 44,4% | 39,6% | 40,2% | 38,7% | 44,8% | 40,1% | 41,0% | 42,9% | 38,0% |

Fonte: O autor.



Tabela 11 – Indisponibilidade estratificada no ano de 2019.

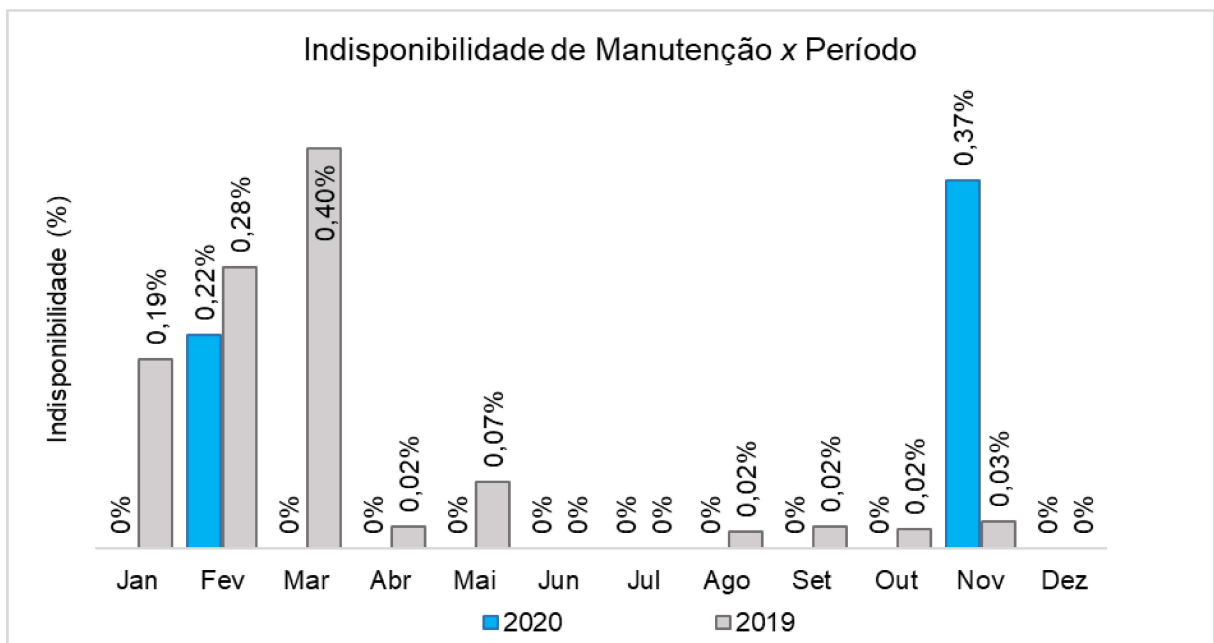
|         | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ope Ind | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,1%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Agro    | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Man     | 0,2%  | 0,3%  | 0,4%  | 0,0%  | 0,1%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| PCP     | 50,9% | 52,4% | 46,5% | 44,5% | 41,5% | 50,1% | 40,0% | 38,1% | 42,9% | 41,1% | 41,6% | 40,9% |

Fonte: O autor.

A parada não programada foi devido à queima de um motor de um equipamento que mistura a salmoura do processo, o tempo de parada foi de 4,5 horas. No mês de novembro, a parada foi devido ao não funcionamento da máquina que faz a injeção de salmoura no produto, 8 horas de parada.

Fica nítido que as paradas devido para manutenções não programada neste processo são baixas e o ciclo de manutenção aplicado se encontra solidificado.

Gráfico 3 – Indisponibilidade de manutenção para o Processo A.

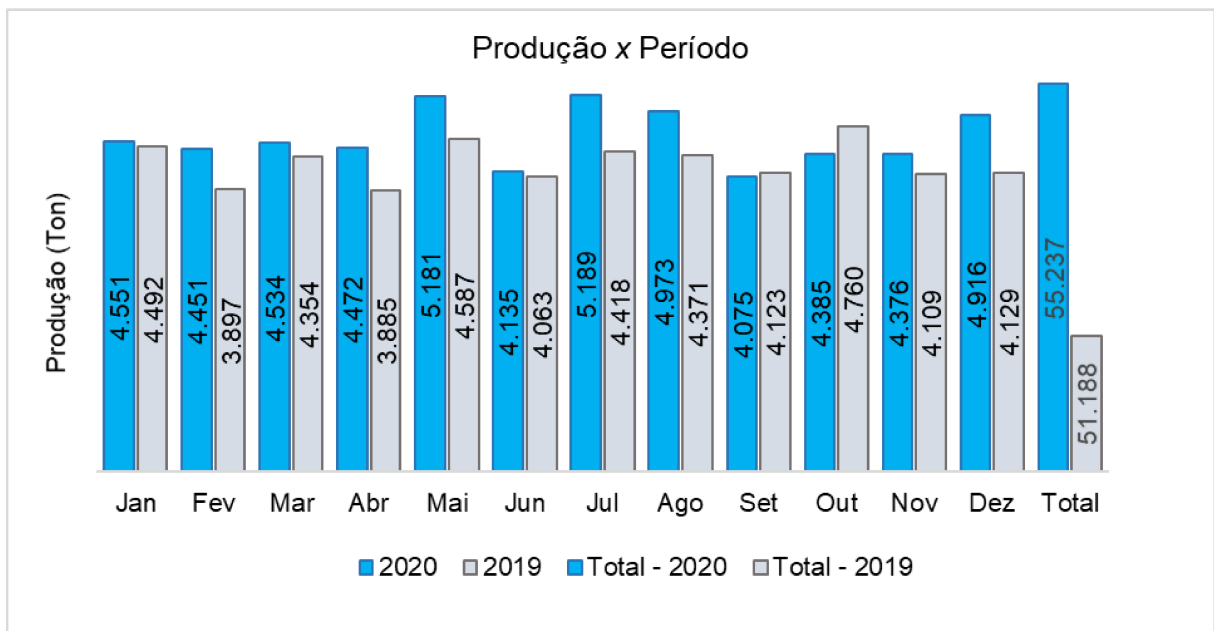


Fonte: O autor.

## 4.2 Processo B

No processo B têm-se o Gráfico 4, onde a produção no ano de 2020 foi em aproximadamente 8% maior do que em 2019. Vale ressaltar que a diferença de produção entre os anos é quase a mesma produção feita no mês de setembro de 2020.

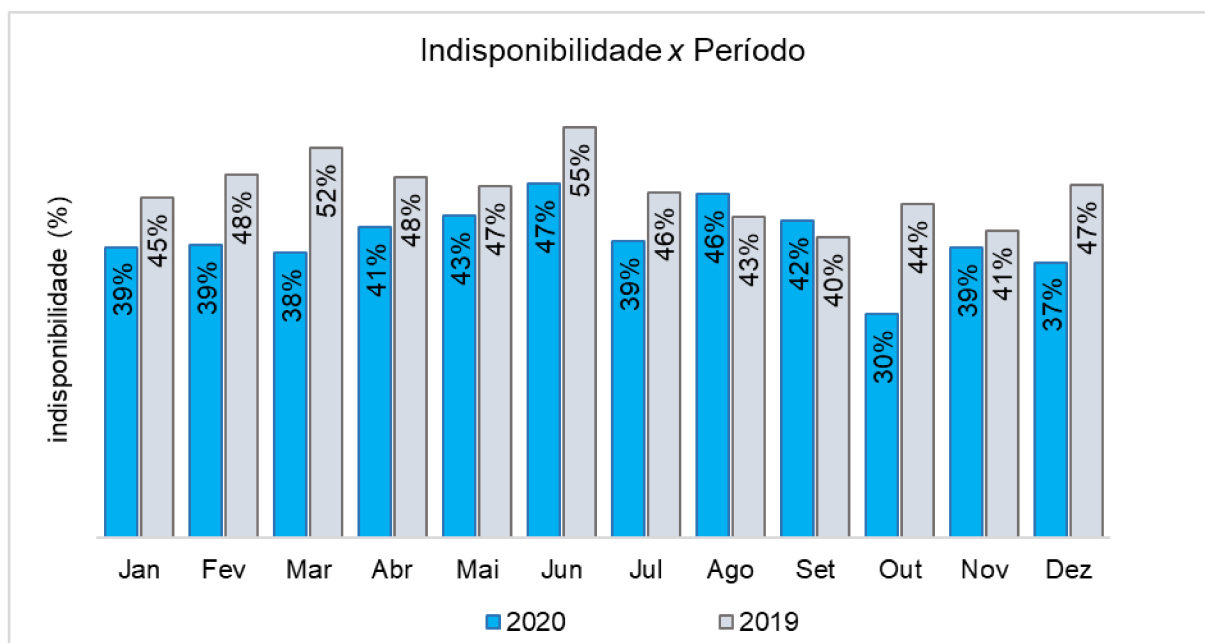
Gráfico 4 – Produção realizada para o Processo B.



Fonte: O autor.

Já a indisponibilidade do processo ficou acima apenas nos meses de agosto e setembro. Esse ano com baixa indisponibilidade se deve ao setor de PCP, onde foi registrado uma melhora na disponibilidade do processo.

Gráfico 5 – Indisponibilidade para o Processo B.



Fonte: O autor.

O mês de agosto registrou uma indisponibilidade alta mesmo com a equipe de manutenção realizando pouca atuação não programada e a equipe operacional obtendo um valor menor em comparação com 2019. Essa alta se deve principalmente ao setor de PCP, onde o valor de 37,2% de indisponibilidade registrado no mês de agosto, Tabela 12, é o terceiro maior valor do ano e quando comparado com o mesmo período de 2019 o aumento foi de quase 29%.

Tabela 12 – Indisponibilidade estratificada do processo B no ano de 2020.

|         | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ope Ind | 12,1% | 13,7% | 10,7% | 2,8%  | 7,8%  | 7,2%  | 8,2%  | 8,6%  | 10,3% | 7,4%  | 10,6% | 9,6%  |
| Man     | 0,2%  | 0,8%  | 0,7%  | 0,2%  | 0,2%  | 0,1%  | 0,1%  | 0,1%  | 0,9%  | 0,7%  | 0,6%  | 0,3%  |
| Agro    | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| PCP     | 26,4% | 24,4% | 26,5% | 38,3% | 34,8% | 39,8% | 31,2% | 37,2% | 31,0% | 21,8% | 27,4% | 26,8% |

Fonte: O autor.

Tabela 13 – Indisponibilidade estratificada do processo B no ano de 2019.

|         | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ope Ind | 3,9%  | 11,9% | 12,2% | 14,2% | 12,4% | 10,2% | 10,7% | 13,8% | 14,4% | 16,5% | 9,1%  | 7,5%  |
| Agro    | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Man     | 0,2%  | 0,5%  | 0,4%  | 0,5%  | 0,6%  | 0,6%  | 0,3%  | 0,1%  | 0,3%  | 0,6%  | 1,4%  | 0,9%  |
| PCP     | 41,2% | 35,9% | 39,3% | 33,3% | 33,8% | 43,8% | 35,1% | 28,8% | 25,2% | 27,3% | 30,2% | 38,6% |

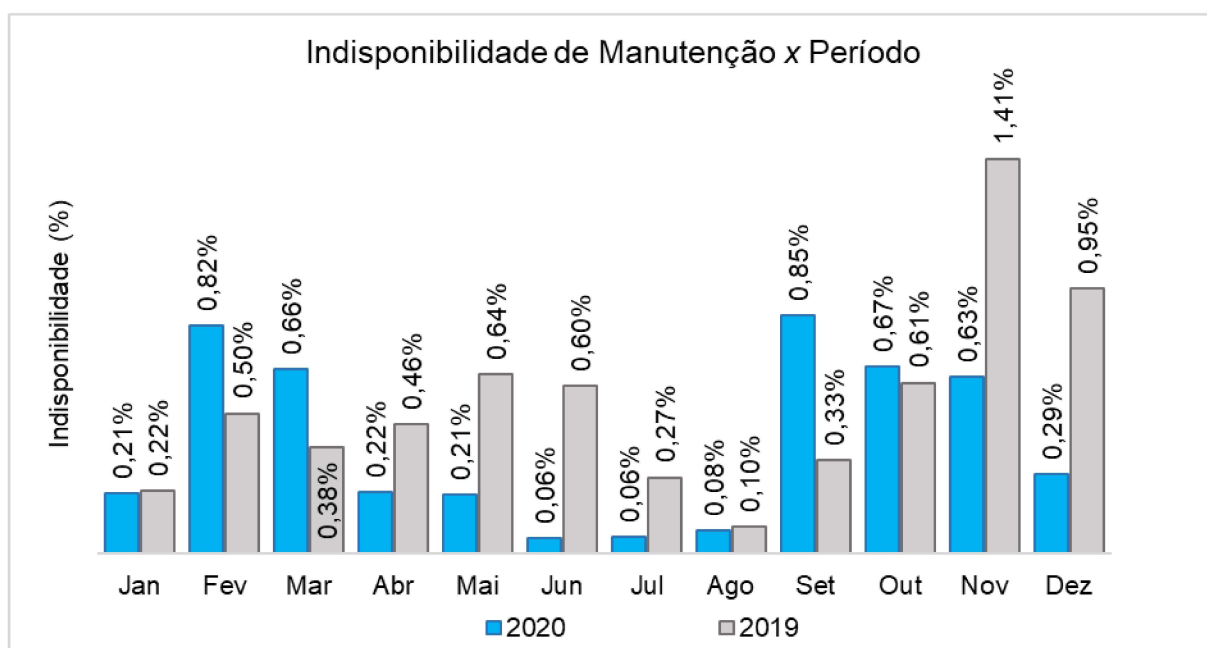
Fonte: O autor.

No mês de setembro, o Gráfico 6 mostra que a indisponibilidade de manutenção registrou o maior valor do ano de 2020. Houve uma parada de 41 horas devido ao atraso no start do processo ocasionando pela falta de afiação do conjunto de corte da liga.

Ainda no Gráfico 6, os dados de indisponibilidade de manutenção nos meses de fevereiro, março, setembro, outubro e novembro destoam do restante do ano. No mês de fevereiro houve duas paradas não programadas: serpentina da estufa de cozimento furada e a correia que transporta os ganchos do processo com desgaste, juntos as paradas somam 124,85 horas.

Já no mês de março, as estufas de cozimento e outro equipamento do processo apresentaram paradas cuja soma resultam em 107 horas. No mês de outubro o elevador de cargas do processo apresentou problemas no sensor, 109 horas. Em novembro as estufas de cozimento apresentaram problemas nos sensores de temperatura, 100 horas.

Gráfico 6 – Indisponibilidade de manutenção para o Processo B.



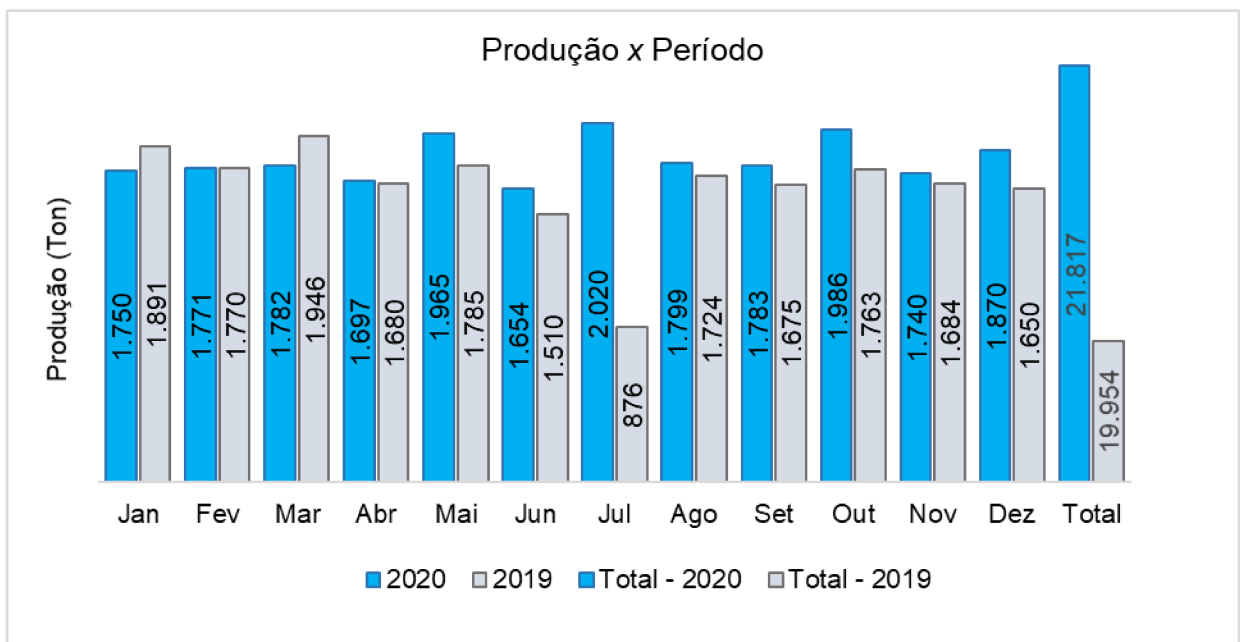
Fonte: O autor.

Mesmo com a indisponibilidade de manutenção tendo ficado acima em 4 meses do ano, o fechamento para a indisponibilidade do processo ficou acima em apenas 2 meses, resultado da melhora no setor de PCP, no entanto cabe uma análise a respeito das paradas de manutenção não prevista nos meses de fevereiro, março, setembro, outubro e novembro. Dentre as sugestões para eliminar tais paradas estão: revisão do plano de manutenção dos equipamentos, verificação da classificação dos equipamentos e materiais sobressalentes.

### 4.3 Processo C

No processo C o Gráfico 7 mostra a produção no ano de 2020 e 2019. O aumento na produção de 2020 mostra que a diferença só foi menor que o produzido em quatro meses do ano de 2020 e, cujo aumento em comparação com acumulado de 2019 foi de 9%.

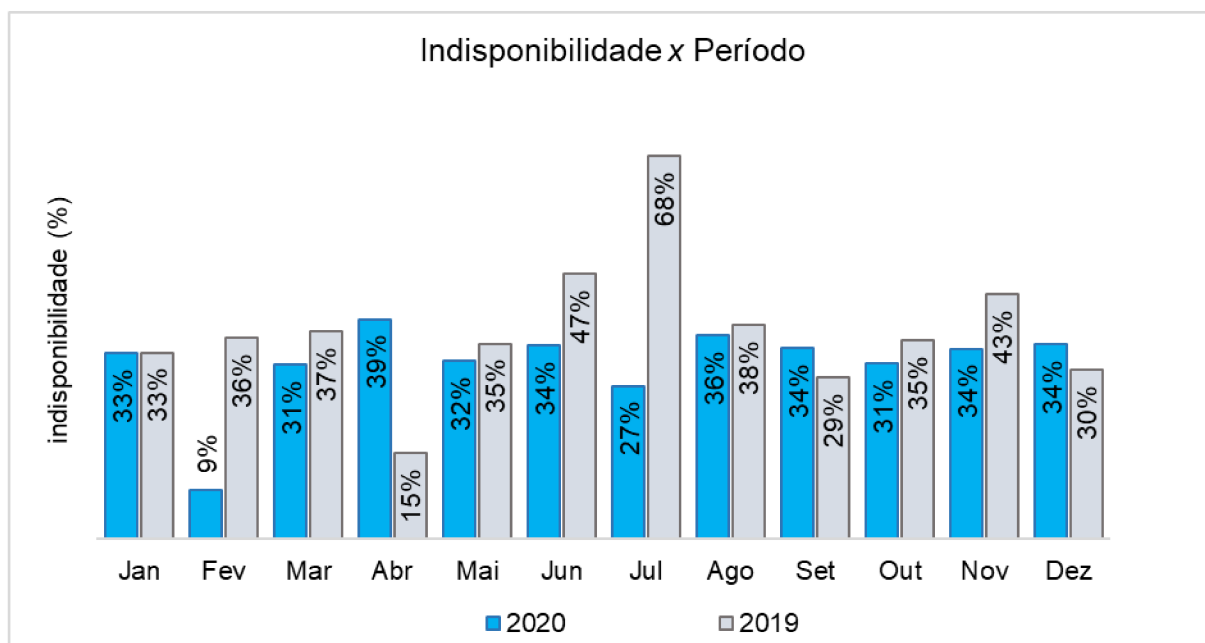
Gráfico 7 – Produção realizada para o Processo C.



Fonte: O autor.

Os meses de abril, setembro e dezembro registraram indisponibilidade maior quando comparado com os mesmos períodos do ano anterior, conforme o Gráfico 8.

Gráfico 8 – Indisponibilidade para o Processo C.



Fonte: O autor.

Os meses de abril, setembro e dezembro registraram indisponibilidade maior quando comparado com os mesmos períodos do ano anterior, conforme o Gráfico 8, e tais desvios são explicados no setor de PCP, Tabelas 14 e 15. Os dados de indisponibilidade do setor de PCP dos meses analisados, estão entre as cinco maiores indisponibilidades no ano de 2020, sendo o mês de abril o maior valor.

Tabela 14 – Indisponibilidade estratificada do processo C no ano de 2020.

|         | Jan   | Fev  | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
|---------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ope Ind | 0,0%  | 0,7% | 0,2%  | 0,1%  | 0,1%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,1%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Agro    | 0,0%  | 0,0% | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Man     | 1,6%  | 0,5% | 1,0%  | 1,2%  | 0,3%  | 0,7%  | 0,2%  | 0,2%  | 0,2%  | 1,4%  | 2,1%  | 2,8%  |
| PCP     | 31,3% | 7,6% | 29,8% | 37,6% | 31,1% | 33,6% | 26,9% | 35,8% | 33,6% | 29,7% | 31,6% | 31,7% |

Fonte: O autor.

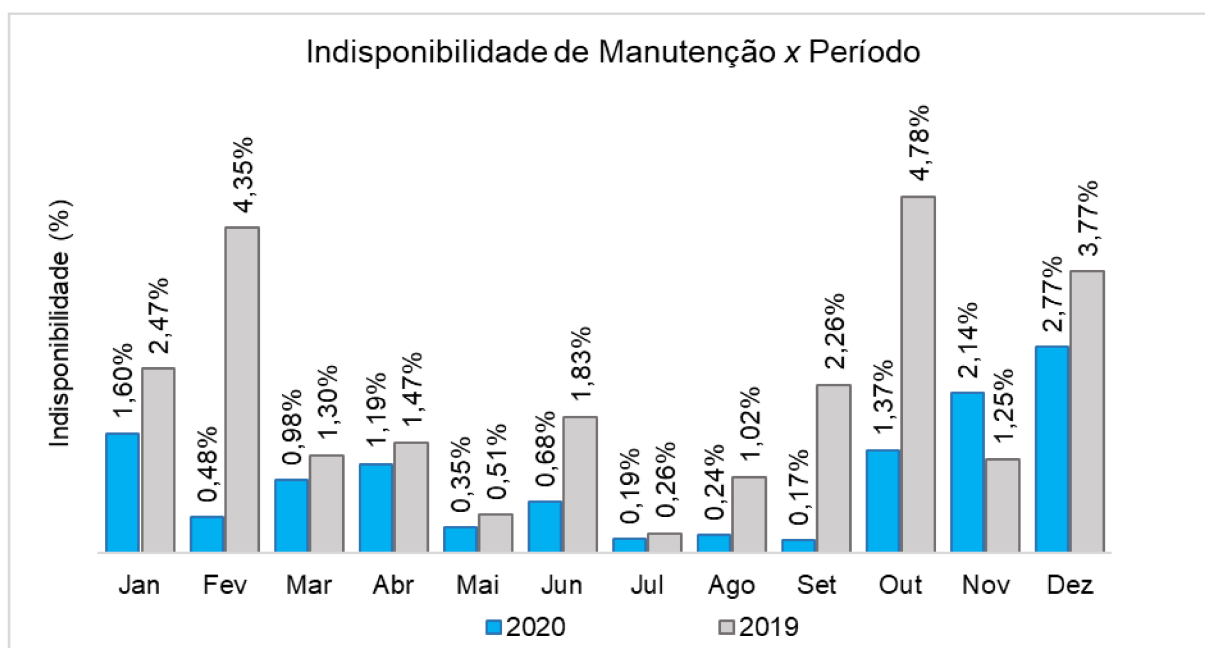
Tabela 15 – Indisponibilidade estratificada no ano de 2019 para o processo C.

|         | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ope Ind | 0,4%  | 0,4%  | 0,3%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,4%  | 0,2%  | 0,7%  | 0,0%  | 0,4%  | 0,1%  | 0,0%  |
| Agro    | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Man     | 2,5%  | 4,3%  | 1,3%  | 1,5%  | 0,5%  | 1,8%  | 0,3%  | 1,0%  | 2,3%  | 4,8%  | 1,3%  | 3,8%  |
| PCP     | 30,1% | 30,9% | 35,1% | 13,7% | 34,1% | 44,7% | 67,4% | 36,1% | 26,4% | 30,1% | 41,9% | 26,2% |

Fonte: O autor.

Analisando a indisponibilidade de manutenção, Gráfico 9, o mês que ficou acima, quando comparado ao ano anterior, foi em novembro, no entanto, o mês de dezembro apresentou a maior indisponibilidade do ano de 2020.

Gráfico 9 – Indisponibilidade de manutenção para o Processo C.



Fonte: O autor.

No mês de novembro, as paradas foram devidas a não conformidade da temperatura ambiente, 6 horas de parada; falta de vácuo e avaria presente nos equipamentos, tempo de parada de 9,43h. Desta forma o tempo total de paradas em novembro foi de 15,43h.

Já no mês de dezembro, houve uma parada referente a falha do pistão pneumático de uma máquina seladora e das correntes de um tombador. As duas paradas, quando somadas, resultam em 20,48 horas de parada.

É válido realizar uma comparação entre os processos A, B e C onde as características dos processos são similares e os responsáveis pelas áreas respondem ao mesmo Gerente de Operação, esquema similar ao apresentado na Figura 2.

Desta forma, O processo A foi o que apresentou a melhor evolução nos quatro segmentos: operacional, agro, manutenção e PCP. O setor de manutenção neste setor se encontra consolidado, porém o desenvolvimento da equipe deve ser de eliminar por completo as paradas não programadas.

O processo B apresentou problemas no operacional nos meses de janeiro, fevereiro, novembro, dezembro, conforme Tabela 12. Como não é o intuito do presente trabalho, cabe aqui uma análise da equipe operacional para verificar se existe uma relação direta dos problemas operacionais com o período do verão e também se tal relação é específica deste processo já que não foi notado tal relação nos outros processos. A queda na indisponibilidade devido ao setor de PCP foi um ponto importante para o processo. De um modo geral, houve aumento na disponibilidade do processo onde no ano de 2019 chegou a ficar em 45,42% e no mesmo período de 2020 fechou em 52,88%.

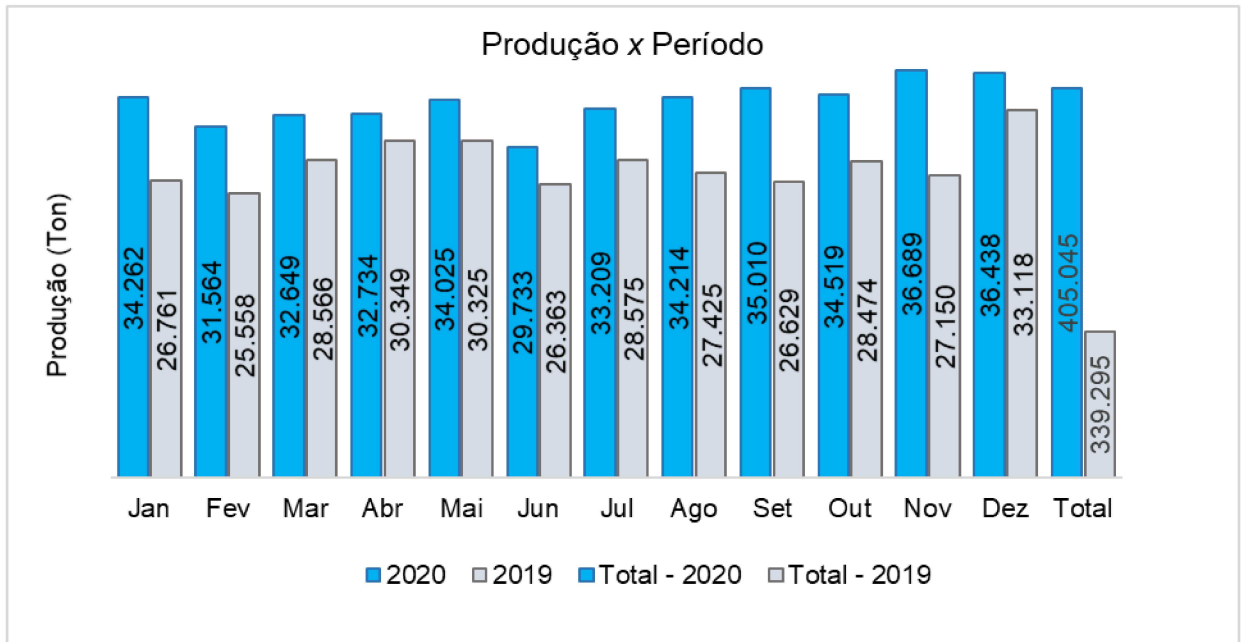
Já o processo C apresentou bastante maturidade na aplicação da gestão de ativos. A queda na indisponibilidade devido a manutenção ficou evidente durante todo o ano de 2020. No entanto, ainda existem oportunidades de melhorias para todos os segmentos, em especial o setor operacional e de PCP.

#### **4.4 Processo D**

No processo D o Gráfico 10 mostra a produção no ano de 2020 e 2019. O aumento na produção de 2020, o acumulado no ano de 2020 foi aproximadamente 19% maior em comparação a 2019.



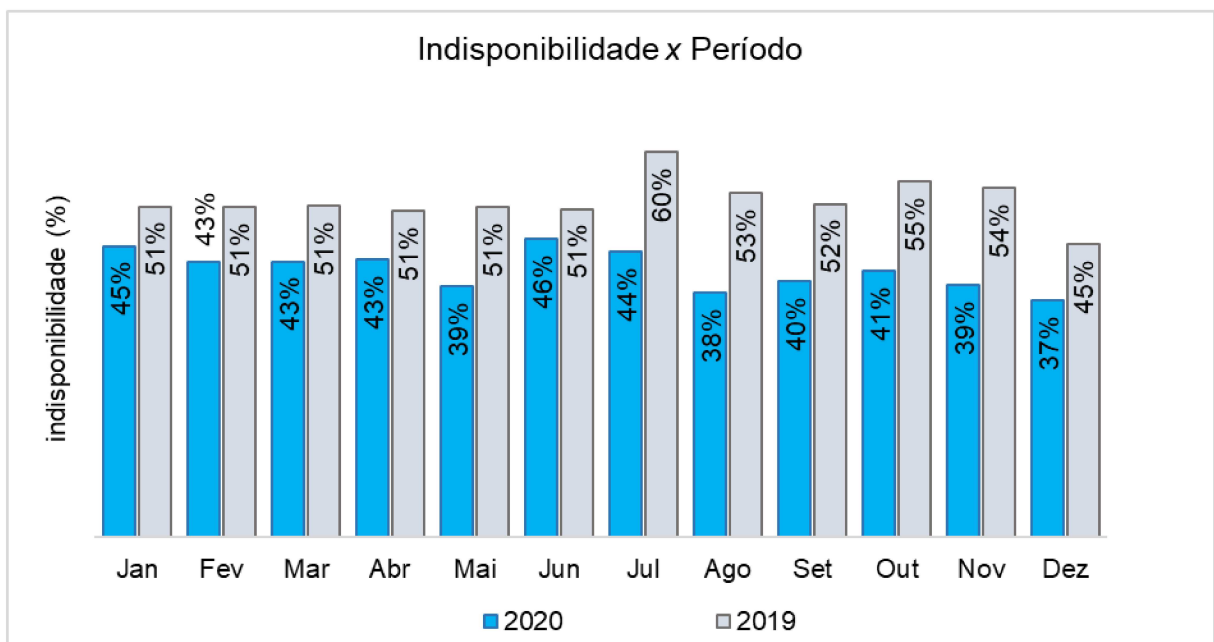
Gráfico 10 – Produção realizada para o Processo D.



Fonte: O autor.

No Gráfico 10, é possível afirmar que houve plena evolução na disponibilidade do processo. Não foi registrado indisponibilidade no ano de 2020 que ficasse maior quando comparado com o mesmo período de 2019. As Tabelas 16 e 17, trazem a indisponibilidade estratificada, mostrando a evolução no operacional e PCP.

Gráfico 11 – Indisponibilidade para o Processo D.



Fonte: O autor.

As Tabelas 15 e 16, mostram que a indisponibilidade operacional não teve evolução em 9 meses do ano de 2020 quando comparada com o ano de 2019. Já o setor de PCP ficou abaixo em todo período de 2020.

Tabela 16 – Indisponibilidade estratificada no ano de 2020 para o processo D.

|         | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ope Ind | 5,7%  | 5,4%  | 3,1%  | 3,5%  | 3,0%  | 3,4%  | 3,2%  | 2,8%  | 3,1%  | 4,1%  | 4,6%  | 3,8%  |
| Agro    | 0,0%  | 0,2%  | 2,6%  | 0,6%  | 0,4%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Man     | 6,0%  | 2,3%  | 3,1%  | 4,2%  | 2,0%  | 2,9%  | 3,4%  | 2,3%  | 2,8%  | 2,4%  | 4,2%  | 1,8%  |
| PCP     | 33,4% | 34,9% | 34,1% | 34,8% | 33,4% | 39,9% | 37,7% | 32,8% | 33,8% | 34,8% | 30,4% | 31,1% |

Fonte: O autor.

Tabela 17 – Indisponibilidade estratificada no ano de 2019 para o processo D.

|         | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ope Ind | 2,8%  | 5,1%  | 4,0%  | 3,3%  | 2,5%  | 2,9%  | 3,7%  | 4,0%  | 3,0%  | 2,6%  | 2,7%  | 3,1%  |
| Agro    | 0,3%  | 0,0%  | 0,4%  | 0,2%  | 0,1%  | 0,0%  | 0,2%  | 0,3%  | 0,3%  | 0,0%  | 0,2%  | 0,4%  |
| Man     | 4,1%  | 2,9%  | 4,1%  | 6,4%  | 5,5%  | 6,2%  | 10,8% | 4,2%  | 4,4%  | 7,5%  | 5,4%  | 4,4%  |
| PCP     | 44,2% | 43,2% | 42,8% | 40,8% | 43,2% | 41,8% | 45,0% | 44,9% | 44,0% | 45,1% | 45,9% | 37,5% |

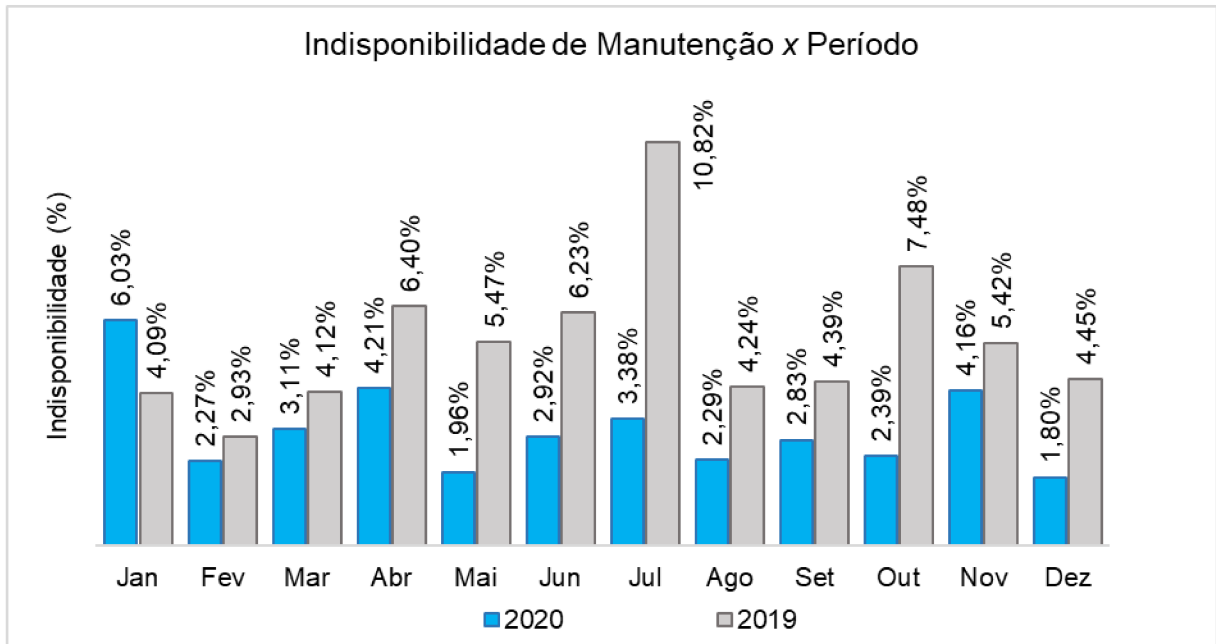
Fonte: O autor.

A indisponibilidade ilustrada no Gráfico 12 mostra a evolução no setor de manutenção. Existem pontos de melhoria no setor de manutenção, onde o único mês que ficou acima do ano anterior é em janeiro, mês este que registrou uma parada de 90,49 horas. Os outros meses que apresentaram indisponibilidade alta, quando comparados no restante do ano de 2020, foram abril e novembro.

No mês de abril houve uma parada de 20 horas, resultado de uma falha na comporta do misturador da linha de produção. E no mês de novembro a engrenagem de uma rosca quebrada, um motor queimado e o elevador de cargas com defeito somaram juntos 76,27 horas de parada.

Vale ressaltar que no mês de setembro a indisponibilidade ficou abaixo quando comparada com o ano de 2019, porém neste mês houve a ocorrência de 47,06 horas de parada e a indisponibilidade só não ficou acima devido a queda de paradas devido ao setor de PCP.

Gráfico 12 – Indisponibilidade de manutenção para o Processo D.



Fonte: O autor.

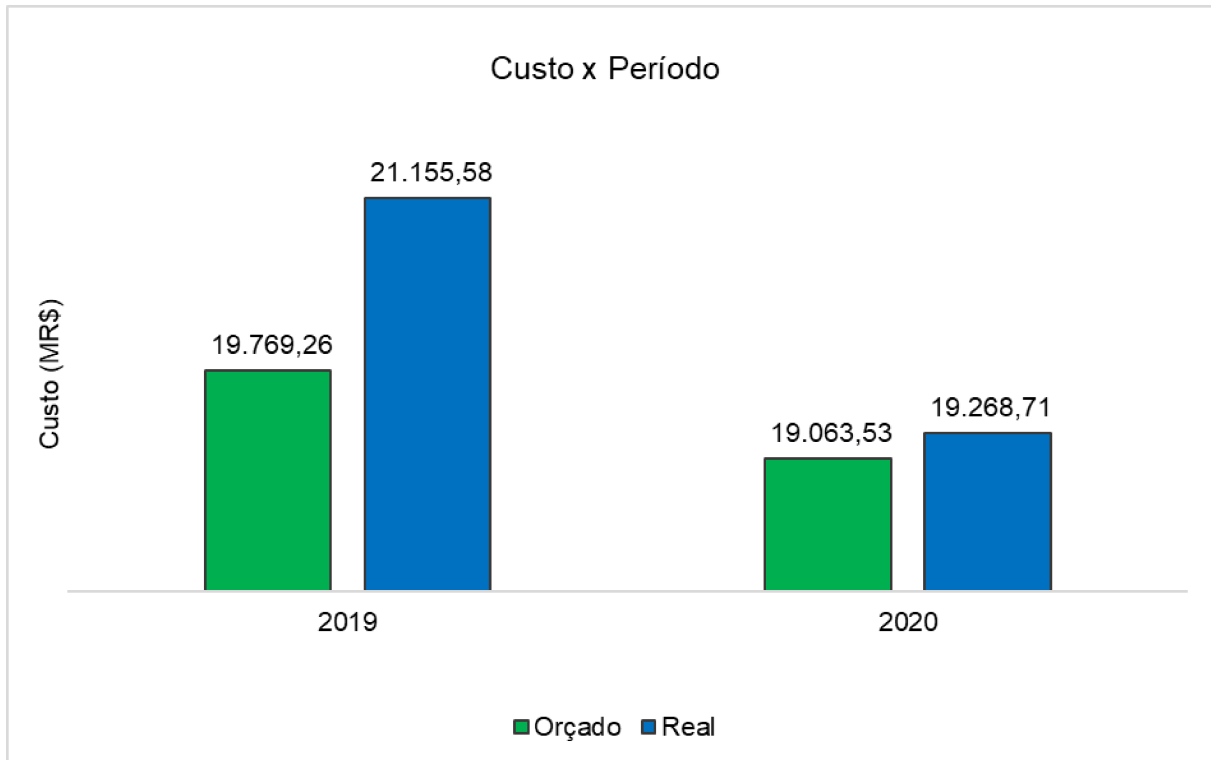
Diante dos fatos apresentados, no Processo D, a manutenção mostrou evolução no ano de 2020 registrando em alguns meses mais de 5% de queda quando comparado ao mesmo período do ano anterior. No entanto, a indisponibilidade no processo ainda se encontra elevada de modo que em alguns meses registre números em torno de 40%, ou seja, se considerarmos um período de 1 hora de disponibilidade para o processo estar produzindo, cerca de 24 minutos a linha irá se encontrar parada devido, em sua maior parte, a problemas operacionais ou de PCP.

Foi constatado que a troca de matrizes é o principal problema de indisponibilidade devido a PCP e a justificativa apresentada é que não é possível prever a demanda externa para os diversos mix de produtos ali fabricados.

#### 4.5 Custo Geral

O custo de manutenção dos anos de 2019 e 2020 estão ilustrados no Gráfico 13. No ano de 2019, o gasto realizado pela equipe de manutenção ficou aproximadamente R\$ 1,39 milhão, ou seja, quase 7% a mais em relação ao orçado disponível. Já no ano de 2020, o custo total fechou em R\$ 205 mil, aproximadamente 1%, maior que o disponível. Mesmo que o custo total não tenha ficado dentro da meta, a queda no desvio entre o orçado e o real, ilustra a maturidade da equipe de manutenção e o resultado do ciclo implementado.

Gráfico 13 – Custo de manutenção para toda fábrica.



Fonte: O autor.

Diante dos fatos apresentados nas seções 3.1 à 3.4, a indisponibilidade devido a intervenções manutentivas não programadas apresentaram quedas quando comparadas ao ano de 2019.

Quando tais intervenções diminuem, o total de equipamentos dos processos analisados se mantêm o mesmo e não foram realizados investimentos na troca ou reforma de maquinário, é plausível acreditar que as manutenções programadas, sejam elas preventivas ou preditivas, aumentaram. De acordo com a seção 2.3.2, as intervenções preventivas podem elevar o custo com manutenção e, diante disso, em 2019, cerca de 60% dos equipamentos eram contemplados com manutenção preventiva. Já em 2020, este número caiu para 49%, ou seja, com um número menor de equipamentos tendo suas peças substituídas a cada intervalo de tempo ou ciclos, o custo tende a cair. Ainda analisando os tipos de manutenções, na seção 2.3.3 foi relatado que as preditivas podem trazer economia para o setor de manutenção, visto que a troca ou reparo de peças e equipamentos só são feitas ao se detectar a real necessidade. Outra vantagem é a possibilidade da equipe de manutenção se planejar na compra de materiais buscando os fornecedores com menor custo e evitar o acréscimo nos custos decorrentes de questões logísticas.

Diante do fato apresentado na seção 2.4, somente os equipamentos A, cerca de 20% dos equipamentos no ano de 2019, recebiam intervenções preditivas. Já no ano de 2020, os equipamentos B também passaram a receber tais manutenções e, deste modo, o percentual dos equipamentos que passaram a receber tais técnicas subiu para 49%.

#### 4.6 Modelagem Matemática da Mão de Obra

Foi constatado que a equipe de manutenção em algumas ocasiões fica ociosa, de modo que serviços que se encontram pendentes de execução não são realizados pois não foram planejados e direcionados para o executor. Desta forma, alguns manutentores proativos buscam ordens no sistema que se encontram pendentes de execução, sem que alguém os direcione, e realizam um levantamento dos materiais necessários para execução das tarefas. Com o intuito de criar uma métrica imparcial e avaliar quais manutentores estão executando os serviços que lhe foram planejados no tempo predeterminado e também aqueles que se predispõe a executar ordens sem que alguém os determine, foi feita a modelagem matemática do índice de apropriação referente a mão de obra.

$$\text{índice de apropriação} = \frac{1}{nc} \sum_i^{nc} \frac{w}{ta/dc}$$

Sendo:

- nc – número de chamadas atendidas;
- w – peso da atividade manutentiva;
- ta – tempo apropriado;
- dc – tempo estimado da chamada;

O índice de apropriação leva em consideração um intervalo de tempo. Através do número de chamadas atendidas pelo manutentor é possível verificar quantas intervenções foram realizadas. Contudo, pode ser que o manutentor esteja realizando intervenções em equipamentos de baixa criticidade, enquanto poderia estar atuando em equipamentos de alta criticidade, indo assim contra a priorização de atendimento preconizada na Tabela 7. Para contornar tal problema, é inserido um fator de correção que leva em consideração a criticidade das máquinas, onde para equipamentos A e B o fator é 1, equipamentos C fator 0,5 e

equipamentos D fator 0,25. O último termo é referente a relação entre o tempo gasto na intervenção e o tempo estimado.

O índice de apropriação permite avaliar se os manutentores estão em conformidade com as determinações do modelo de gestão de ativos e o backlog. Se for percebido que o manutentor em análise está com o índice baixo, as explicações encontradas são que ele não está cumprindo as atividades no tempo previsto; está fazendo poucas intervenções, ou emprega sua mão de obra em equipamentos de baixa criticidade, indo contra o fluxo de priorização. Um índice de apropriação baixo é aquele cujo valor está próximo de zero. Nota-se que quanto mais atendimentos um manutentor realizar melhor é o seu índice de apropriação, pois mais termos serão incluídos no somatório.

Outros fatores poderiam ser incluídos na modelagem, por exemplo: absenteísmo, medidas disciplinares, acidentes de trabalho, entre outros, porém o intuito aqui é avaliar o manutentor apenas em termos de atividades manutentivas e não realizar uma métrica visando gestão de pessoas.

## 5 CONCLUSÃO

Ao concluir este estudo, o autor entende que os objetivos almejados foram atingidos, onde foram levantados os aspectos teóricos referentes a manutenção da empresa analisada e também realizada a análise de outros fatores como disponibilidade, indisponibilidade, custo e a modelagem matemática do índice de apropriação.

Mesmo com a aplicação do modelo de gestão de ativos no ano de 2020, o fluxo de priorização não mudou nos quesitos de segurança, qualidade e lubrificação. Tais itens continuaram com o mesmo status de priorização, mostrando o compromisso da empresa com tais itens. Outro fator que corrobora com tal afirmação é o fato dos equipamentos B no ano de 2020 terem uma abordagem, conforme Tabela 7, baseada em segurança, qualidade e meio ambiente, tal abordagem não era empregada no ano de 2019.

Alguns fatores explicam o aumento na disponibilidade dos processos, entre eles o aumento no número de equipamentos que possuem inspeção preditiva; a política de investimentos de 2019, Tabela 6, onde existe a recomendação que somente equipamentos “A” receberem verbas para aumentar a confiabilidade, porém no ano de 2020, Tabela 7, a política de investimentos também abrange os equipamentos “B” para aumento de confiabilidade; outro ponto que colaborou para o aumento na disponibilidade é a melhora no setor operacional e PCP de todos os processos.

Um ponto que poderia ser melhor explorado é a modelagem matemática do índice de apropriação, porém devido a características intrínsecas da empresa, aplicar tal modelagem na prática requer melhorias no processo, em especial no setor de PCM, onde a recente aplicação do modelo de gestão de ativos fez com que a equipe de planejamento ainda esteja em fase de amadurecimento. Devido a tal fato, em algumas ocasiões, as ordens são planejadas para os manutentores sem que os materiais estejam totalmente disponíveis fazendo que seja gasto um tempo durante a execução na busca de peças, causando um prejuízo no índice de apropriação. Contudo, mesmo diante dos problemas citados, a elaboração de uma métrica para a avaliação dos manutentores já indica qual caminho deve ser tomado para a diminuição para a melhoria dos indicadores, em especial do backlog.

Cabe ressaltar que as análises aqui feita não representam a solução ótima para a indisponibilidade e ociosidade da mão de obra, porém servem de auxílio para as tomadas de decisões dos pontos que necessitam de melhoria.

## REFERÊNCIAS

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

ALVES, Robson de Paula; FALSARELLA, Orandi Mina. Modelo Conceitual de Inteligência Organizacional Aplicada à Função Manutenção. *Gestão & Produção* [online]. 2009, v. 16, n. 2 [Acessado 05 Março 2021], pp. 313-324. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000200013>>.

AMARAL, F. D. (2016), “*Gestão da Manutenção na Indústria*” 1ª ed. Lisboa: Lidel, 2016, 401p.

CARDOSO, Tiago Nunoraposo. Metodologias de Gestão de Ativos na Perspetiva do Prestador de Serviços de Manutenção. 2017. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2017.

COELHO, Russell William Sinclair. Aplicação do conceito de Gestão de Ativos Físicos numa Estação Elevatória de Águas. 2015. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015.

CORRÊA, Rodrigo Fernandes; DIAS, Acires. Modelagem Matemática Para Otimização de Periodicidade nos Planos de Manutenção Preventiva. *Gestão & Produção*, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 267-278, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO).

DARWICH NETO, Edmon. Sistema De Gestão Da Manutenção De Ativos: Desenvolvimento De Método De Implantação Em Uma Universidade Pública. 2019. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte Centro de Tecnologia, Natal, 2019.

FHWA, (1999), “Asset Management Primer”, FHWA-IF-00-010, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Asset Management, Washington, D.C.



KARDEC, A. NASCIF, J. Manutenção: função estratégica. 4. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013

ISO 55000. (2014), International Organization for Standardization, "Asset management - Overview, principles and terminology".

MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. Revista de Ciência & Tecnologia, Roraima, v. 11, n. 22, p. 35-42, 18 dez. 2003. Semestral.

MATOS, João Silva. Estudo do Impacto da Implementação da TPM numa fábrica de componentes para automóveis. Porto, 2008. Dissertação de Mestrado em Manutenção Industrial. .

MISHRA, Rajesh Prasad; ANAND, G.; KODALI, Rambabu. DEVELOPMENT OF A FRAMEWORK FOR WORLD-CLASS MAINTENANCE SYSTEMS. Journal Of Advanced Manufacturing Systems, [S.L.], v. 05, n. 02, p. 141-165, dez. 2006. World Scientific Pub Co Pte Lt.

MIRSHAWKA, Vitor; OLMEDO, Napoleão Lupes. Combate aos Custos da Não-Eficácia – A Vez do Brasil . São Paulo: Makron Books, 1993.

MIRSHAWKA, V.: Criando Valor Para o Cliente, Makron Books do Brasil Editora Ltda, 1993.

MURTY, A.S.R. & NAIKAN, V.N.A. Availability and maintenance cost optimization of a production plant. International Journal of Quality & Reliability Management, Cambridge, 12 (2): 28-35, 1995.

NEPOMUCENO, Lauro X. Técnicas de Manutenção Preditiva, São Paulo, Editora Edgar Blucher, 1989

PRAJAPATI, A., BECHTEL, J. and GANESAN, S. (2012), "Condition based maintenance: a survey", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 18 No. 4, pp. 384-400.

SANTOS, J. L. (2014), “*Avaliação do Desempenho da Função Manutenção.*” Artigo técnico – Revista Manutenção.

SETHIYA, S., Secy Tocme, Wcr and Jbp. “Condition Based Maintenance (CBM).” (2005).

SMITH, A.M. Reliability-Centered Maintenance. Boston: McGraw Hill, 1993.

TAVARES, A. D., and GOMES, C. F. S. (2015). ISO 55000: A Evolução da Gestão de Ativos. Business and Management Review 4, n. 8, 97- 103.

TUBINO, Dalvio Ferrari. Manual de Planejamento e Controle da Produção. São Paulo: Atlas, 1997

XENOS, H. G. P. Gerenciando a manutenção produtiva. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998. 302 p

VIANA, H. R. G. PCM: Planejamento e Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192p

WIREMAN,T. (2013), Maintenance Work Management, Reliabilityweb.com, 3 edition, ISBN:978-1-939740-12-0