



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

BRUNO RAYAN BARROS SILVA

**ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO INDICADOR DE EFETIVIDADE GLOBAL  
DE EQUIPAMENTO RELACIONADO COM ÍNDICES DE MANUTENÇÃO EM  
UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

CARAÚBAS

2022

BRUNO RAYAN BARROS SILVA

**ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO INDICADOR DE EFETIVIDADE GLOBAL  
DE EQUIPAMENTO RELACIONADO COM ÍNDICES DE MANUTENÇÃO EM  
UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador (a): Prof. Dr. Jackson de Brito Simões

CARAÚBAS

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B586e Barros Silva, Bruno Rayan.

Estudo de caso: aplicação do indicador de efetividade global de equipamento relacionado com índices de manutenção em uma indústria têxtil /Bruno Rayan Barros Silva. - 2022.

54 f. : il.

Orientador: Jackson de Brito Simões.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Mecânica, 2022.

1. Manutenção. 2. Indicadores. 3. Eficiência Global de Equipamento. 4. Gargalo. I. Simões, Jackson de Brito, orient. II. **Título.**

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Biblioteca Campus Caraúbas  
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues  
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

BRUNO RAYAN BARROS SILVA

**ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO INDICADOR DE EFETIVIDADE GLOBAL  
DE EQUIPAMENTO RELACIONADO COM ÍNDICES DE MANUTENÇÃO EM  
UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Monografia apresentada a Universidade  
Federal Rural do Semi-Árido como requisito  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica.

Defendida em: 18 / 06 / 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

JACKSON DE BRITO  
SIMOES: [REDACTED]  
Assinado de forma digital por JACKSON DE BRITO  
SIMOES: [REDACTED]  
Dados: 2022.06.25 08:03:37 -03'00'

Prof. Dr. Jackson de Brito Simões (UFERSA)  
Presidente

DIEGO DAVID SILVA  
DINIZ: [REDACTED]  
Assinado digitalmente por DIEGO DAVID SILVA DINIZ:  
DN: CN=DIEGO DAVID SILVA DINIZ, [REDACTED] OU=UFERSA  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, O=ICPEdu, C=BR  
Razão: Eu estou aprovando este documento  
Localização: sua localização de assinatura aqui  
Data: 2022.06.24 20:40:29-03'00'  
Foxit PDF Reader Versão: 11.2.2

Prof. Dr. Diego David Silva Diniz (UFERSA)  
Membro Examinador

PAMELA LARISSA DE  
SOUSA VIEIRA: [REDACTED]  
Assinado de forma digital por PAMELA LARISSA DE SOUSA VIEIRA: [REDACTED]  
Dados: 2022.06.25 11:11:13 -03'00'

Prof. Pâmela Larissa de Sousa Vieira (UFERSA)  
Membro Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente sou grato a Deus por me proporcionar saúde, conhecimento e paciência para concluir essa etapa na minha vida.

Aos meus pais Raimundo Nonato da Silva e Maria do Socorro Barros da Silva, pelo amor, atenção, apoio e por acreditarem no meu potencial.

Agradeço a minha namorada Maria Eduarda Carvalho Ribeiro, por me apoiar sempre e estar ao meu lado em todas as situações desde sempre.

Ao meu avô Bruno Barros de Oliveira que poderá me ver com essa conquista, assim como meus avós falecidos José Rebouças da Silva, Maria de Lourdes Rebouças e Raquel Barbosa Barros, todos símbolos de respeito, lealdade e paciência.

A meus tios, tias e primos em geral que fazem parte desta grande família.

Agradeço a meu orientador Prof. Dr. Jackson de Brito Simões, que me preparou e guiou, sem ele este trabalho não teria se concretizado.

Assim como todos os professores, colegas, técnicos e servidores que contribuíram de alguma forma para minha evolução acadêmica e mais ainda pelo crescimento pessoal.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste ciclo.

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis. ”.*

José de Alencar

## RESUMO

No segmento das indústrias têxteis, a qualidade dos produtos é um fator primordial para o diferencial quanto a competitividade no mercado. Diante do contexto da manutenção relacionada a produtividade e qualidade dos produtos, este trabalho, tem como objetivo geral, elaborar um estudo de caso em uma indústria têxtil, aplicando o indicador de eficiência global de equipamentos e relacionando-os com os índices de desempenho da manutenção. A metodologia utilizada nesse estudo aconteceu em etapas, partindo da apresentação da proposta a gerência da empresa, em seguida definiu-se o equipamento a ser estudado, realizou-se o monitoramento e coleta dos dados para o cálculo e determinação dos indicadores: Tempo Médio Entre Falhas – MTBF e Tempo Médio Para Reparo – MTTR, por fim determinou-se a Eficiência Global de Equipamento – OEE e fez-se analogias para buscar relações de monitoramento e melhorias com os índices de manutenção. Com a realização desse estudo de caso, foi possível averiguar a prática do indicador OEE como ferramenta de monitoramento para auxiliar a identificar onde encontram-se as maiores deficiências no gargalo de uma linha de produção. Analisando as seis grandes perdas do equipamento durante o período de estudo, obteve-se o valor do OEE de 96,09%, com Índice de Disponibilidade de 98,96%, Índice de Performance de 97,22% e Índice de Qualidade de 99,88%. Estes valores se encaixam dentro da classe mundial para indústrias de fluxo contínuo, que foi o caso da empresa em estudo.

**Palavras-chave:** Manutenção, Indicadores, Eficiência Global de Equipamento, Gargalo.

## ABSTRACT

In the context of the textile industries, the quality of the products is a key factor for the differential in terms of competitiveness in the field. Considering the context of maintenance related to productivity, this work has as general objective to elaborate a case study in a textile industry, applying the overall equipment effectiveness indicator and relating them with the maintenance performance indicators. The methodology used in this study took place in stages, starting with the presentation of the proposal to the company's management, then the equipment to be studied was defined, monitoring and data collection was carried out for the calculation and determination of the indicators: Mean Time Between Failures - MTBF and Mean Time to Repair - MTTR, and finally the Overall Equipment Effectiveness - OEE was determined and analogies were made to seek monitoring relationships and improvements with maintenance rates. With this case study, it was possible to verify the practice of the OEE indicator as a monitoring tool to help identify where the biggest deficiencies are in the bottleneck of a production line. Analyzing the six major equipment losses during the study period, the OEE value of 96,09% was obtained, with an Availability Index of 98.96%, a Performance Index of 97,22%, and a Quality Index of 99,88%. These values fit within the world-class for continuous flow industries, which is the case of the studied company.

**Keywords:** Maintenance, Indicators, Overall Equipment Effectiveness, Bottleneck.



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Fluxograma das etapas da pesquisa .....                     | 24 |
| Figura 2 - Esquema da operação de produção .....                       | 25 |
| Figura 3 - Modelo virtual da Open End Rotor Spinning RIETER R 36 ..... | 27 |
| Figura 4 - Open End Rotor Spinning RIETER R 36 .....                   | 27 |
| Figura 5 - Parte mecânica da máquina.....                              | 28 |
| Figura 6 - Fuso unitário .....                                         | 28 |
| Figura 7 - Exemplar de bobina de fio .....                             | 29 |
| Figura 8 - Modelo de folha de verificação para registros.....          | 30 |
| Figura 9 - Seção histórico de eventos no painel da máquina.....        | 31 |
| Figura 10 - Rendimento de Produção mostrado no painel da máquina.....  | 32 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - As seis grandes perdas.....                         | 18 |
| Tabela 2 - Tempos envolvidos nas perdas.....                   | 31 |
| Tabela 3 - Valores de estudos relacionados.....                | 40 |
| Tabela 4 - Valores obtidos para indústria têxtil na Índia..... | 40 |
| Tabela 5 - Classe Mundial do OEE .....                         | 41 |
| Tabela 6 - Dados de entrada para cálculo de regressão .....    | 41 |
| Tabela 7 - Informações da regressão OEE x MTBF .....           | 42 |
| Tabela 8 - Informações da regressão OEE x MTTR .....           | 43 |

## **LISTA DE GRÁFICOS**

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 - MTBF semanal.....                         | 33 |
| Gráfico 2 - MTTR semanal .....                        | 34 |
| Gráfico 3 - Índices de Disponibilidade semanais ..... | 35 |
| Gráfico 4 - Índices de Performance semanais .....     | 36 |
| Gráfico 5 - Índices de Qualidade semanais .....       | 38 |
| Gráfico 6 - OEE semanais .....                        | 39 |

## SUMÁRIO

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO.....                                   | 14        |
| 1.1 Objetivos.....                                   | 15        |
| <b>1.1.1 Objetivo Geral .....</b>                    | <b>15</b> |
| <b>1.1.2 Objetivos Específicos.....</b>              | <b>15</b> |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO.....                          | 16        |
| 2.1 Manutenção Industrial .....                      | 16        |
| 2.2 Tipos De Manutenção.....                         | 16        |
| <b>2.2.1 Manutenção Preventiva .....</b>             | <b>16</b> |
| <b>2.2.2 Manutenção Preditiva .....</b>              | <b>16</b> |
| <b>2.2.3 Manutenção Corretiva .....</b>              | <b>17</b> |
| 2.3 Manutenção Produtiva Total (TPM) .....           | 17        |
| <b>2.3.1 As Grandes Perdas .....</b>                 | <b>18</b> |
| 2.4 Indicadores de Desempenho na Manutenção .....    | 19        |
| <b>2.4.1 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF).....</b>    | <b>19</b> |
| <b>2.4.2 Tempo Médio Para Reparo (MTTR).....</b>     | <b>20</b> |
| 2.5 Eficiência Global de Equipamento (OEE).....      | 20        |
| <b>2.5.1 Cálculo do OEE .....</b>                    | <b>21</b> |
| <b>2.5.2 Benefícios do OEE .....</b>                 | <b>22</b> |
| <b>2.5.3 Manutenção x OEE .....</b>                  | <b>23</b> |
| 2.6 Teste de Anderson-Darling para Normalidade ..... | 23        |
| 3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....                      | 24        |
| 3.1 Introdução Sobre a Empresa.....                  | 24        |
| 3.2 Processo Produtivo .....                         | 25        |
| 3.3 Definição do Equipamento .....                   | 26        |
| 3.4 O Produto (Bobina de Fio) .....                  | 29        |

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| 3.5 Definição do Período de Análise .....              | 29        |
| 3.6 Obtenção dos Dados .....                           | 29        |
| 3.7 Determinação do OEE .....                          | 32        |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....                       | 33        |
| 4.1 Índices de Manutenção .....                        | 33        |
| 4.2 Eficiência Global de Equipamento .....             | 34        |
| <b>4.2.1 Índice de Disponibilidade.....</b>            | <b>34</b> |
| <b>4.2.2 Índice de Performance .....</b>               | <b>36</b> |
| <b>4.2.3 Índice de Qualidade.....</b>                  | <b>37</b> |
| <b>4.2.4 OEE.....</b>                                  | <b>39</b> |
| 4.3 Relação entre OEE e os Índices de Manutenção ..... | 41        |
| <b>4.3.1 OEE X MTBF .....</b>                          | <b>42</b> |
| <b>4.3.2 OEE X MTTR.....</b>                           | <b>42</b> |
| <b>4.3.3 Análise das relações .....</b>                | <b>43</b> |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                          | 45        |
| REFERÊNCIAS .....                                      | 47        |
| APÊNDICES .....                                        | 49        |

## 1. INTRODUÇÃO

Para grande maioria das indústrias a qualidade é vista como um fator primordial, principalmente no segmento das indústrias têxteis, por se tratar de um setor cuja concorrência é muito alta, ocasionando em níveis de exigência cada vez maiores pelos clientes. Os consumidores pressionam com exigências e a oferta é enorme, não há espaço para erros ou falhas quando se trata de qualidade e isso está diretamente associado com o setor da manutenção das empresas, já que máquinas que não exercem sua função adequadamente, produzem produtos desconformes. Diante desse contexto, a qualidade não é apenas um fator desejável, mas sim um diferencial para as empresas enquadrarem-se neste mercado competitivo (LIMA, 2020).

Zuashkiani *et al.* (2011) aborda que a automação industrial obrigou as indústrias a incumbir mais tarefas as máquinas, tornando o gerenciamento de ativos e a manutenção mais cruciais. A percepção da importância da manutenção pela administração abrange várias perspectivas. Enquanto alguns veem isso como apenas consertos em uma fábrica, outros com uma visão mais ampla a consideram crítica para a lucratividade de uma empresa.

A gestão das empresas recorre a um conjunto de indicadores, geralmente de natureza apenas econômico-financeira, relacionados ao mercado e competitividade, deixando de lado indicadores representativos da atividade produtiva e das operações, quando estas estão na origem dos fatores determinantes da competitividade e resultados econômicos (SILVA, 2009).

Deste modo é uma das condições básicas de uma boa gestão administrativa, possuir um conjunto de indicadores do desempenho da fábrica e operações em geral. Maximizar as operações e o desempenho dos equipamentos em função da eficiência e qualidade deve ser um objetivo permanente dos gestores em sistemas produtivos que dependam do bom desempenho dos equipamentos.

É neste contexto que se enquadram as diversas abordagens para medir o desempenho dos equipamentos quanto a sua eficiência e eficácia também como a qualidade relacionada a manutenção. Este trabalho utilizará como base para o estudo de caso em uma indústria têxtil os indicadores: Tempo médio entre falhas – MTBF (*Mean Time Between Failures*); Tempo médio de reparo - MTTR (*Mean Time to Repair*); a Eficiência Global do Equipamento – OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) e os índices que a compõem: Disponibilidade, Performance e Qualidade.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral realizar um estudo de caso em uma indústria têxtil, aplicando o indicador de eficiência global de equipamentos e relacionando-os com os índices de desempenho da manutenção.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Revisar teoricamente a manutenção industrial, com foco nos indicadores de desempenho;
- Coletar dados para realização do cálculo dos índices de manutenção MTBF e MTTR;
- Coletar e analisar dados de produção e manutenção de uma indústria têxtil para aplicação e determinação do OEE;
- Empregar ferramentas estatísticas que possibilitem investigar impacto da relação entre os indicadores de manutenção com a OEE;

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Manutenção Industrial

A palavra manutenção, derivada do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem, uma definição bem antiga. Já a manutenção industrial teve origem acerca do século XVI, quando a produção industrial começou a tomar espaço da produção artesanal (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018).

Gregório, Santos e Prata (2018), relatam que, manutenção define-se como um grupo de ações administrativas e técnicas, com o intuito de manter ou reincluir um item ou componente em estado que possa desempenhar uma função requerida. Tal função se dá pelo conjunto de atribuições necessárias para realização de uma ação.

### 2.2 Tipos De Manutenção

Megiolaro (2015) expõe que os diferentes tipos de manutenção se caracterizam pelas diferentes maneiras de agir, também pelo momento específico em que são feitas as intervenções em equipamentos, instalações e sistemas que integram a planta das indústrias.

#### 2.2.1 Manutenção Preventiva

De acordo com a Norma ABNT NBR 5462/1994, p. 07, é a “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”. Ou seja, é uma manutenção periódica, de acordo com fatores e critérios estabelecidos, com o objetivo de reduzir as falhas e quebras operacionais. Já para Pinto & Xavier (2009), manutenção preventiva é a execução que é realizada visando reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, seguindo planos preestabelecidos, baseados em intervalos definidos de tempo.

#### 2.2.2 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é um método desenvolvido com o propósito de verificar as reais condições das peças e componentes de uma máquina, equipamento ou instalação,



acompanhando assim os fenômenos provenientes dos defeitos com o intuito de planejar uma operação de manutenção corretiva para os reparos (ALMEIDA, 2015).

A definição segundo ABNT NBR 5462/1994, p. 07, “Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”.

### **2.2.3 Manutenção Corretiva**

Almeida (2015) define manutenção corretiva como um conjunto de procedimentos que são executados com a intenção de atender imediatamente a produção, referente a máquina ou equipamento que sofreu a parada.

Outra definição se dá por a manutenção que é efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida (ABNT, 1994).

- **Manutenção Corretiva Não-Planejada**

Este tipo de manutenção acontece após a falha ou perda de desempenho de um equipamento, sem que haja tempo para a preparação dos serviços. Esse tipo de manutenção, que apesar de todos os transtornos, ainda é muito praticada atualmente. Na visão de Pinto e Xavier (2009), a manutenção corretiva não planejada é caracterizada pela “atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho inferior ao esperado”.

- **Manutenção Corretiva Planejada**

É a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra (PINTO e XAVIER, 2009).

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

Após a Segunda Guerra Mundial, as empresas japonesas buscaram diversas formas para se reestruturarem em questão de infraestrutura, financeira e principalmente visando gerar empregos para a população. Várias ferramentas administrativas foram surgindo dentre elas destacou-se uma modalidade de manutenção que envolvia técnicas preventivas e preditivas juntamente com a capacitação dos operadores dos maquinários para participarem ativamente dos procedimentos de manutenção (ALMEIDA, 2015).

A Manutenção Produtiva Total, do inglês *Total Productive Maintenance* (TPM), pode ser definida como uma abordagem organizacional em que algumas atividades e responsabilidades geralmente atribuídas ao setor ou departamento de manutenção são distribuídas com outros funcionários e setores da empresa. Por exemplo, a manutenção da condição dos equipamentos é responsabilidade do operador, cabendo a ele realizar outras ações caso passe por treinamentos (CORRÊA; CORRÊA, 2017).

De acordo com Gregório e Silveira (2018), o principal objetivo visado pela TPM é a eficácia da empresa. Para tal, é necessário que ocorra melhoria nos equipamentos juntamente a uma qualificação dos funcionários. Maximização do uso dos equipamentos, minimização de paradas de máquinas, uso de novas tecnologias e redução de despesas operacionais são algumas frentes de trabalhos incorporadas a eficácia.

### 2.3.1 As Grandes Perdas

As grandes perdas ou perdas ocultas são falhas operacionais recorrentes em operações de transporte, contudo, em virtude da falta de ferramentas tecnológicas que diagnostiquem o problema, tais falhas permanecem nas operações, acumulando prejuízos financeiros e estruturais. As principais perdas, suas causas e a relação de influência direta são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - As seis grandes perdas.

| As 6 Grandes Perdas                                                 | Causa               | Influência direta         |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| 1- Quebras<br>2- Mudança de Linha                                   | Paralisação         | Tempo de Operação         |
| 3- Operação no vazio e Pequenas Paradas<br>4- Redução de Velocidade | Queda de velocidade | Tempo Efetivo de Operação |
| 5- Defeitos na Produção<br>6- Queda de Rendimento                   | Defeitos            | Tempo Efetivo de Produção |

Fonte: Adaptado de Pinto e Xavier (2009)

A filosofia TPM é baseada nas estratégias de redução de uso e da redução de custos, onde se observa direta relação com as grandes perdas. Realçando a devida atenção a estes citados, é possível aumentar a competitividade e a flexibilidade do processo produtivo utilizado (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018).

## 2.4 Indicadores de Desempenho na Manutenção

Conforme explana Martins (2012), os indicadores de desempenho são empregados da forma em que seja possível analisar e compreender a frequência que ocorrem as falhas, os tempos de reparo, a disponibilidade dos equipamentos para tais serviços, tudo isso implica no sucesso da política de manutenção da empresa.

Os principais indicadores da gestão da manutenção são o Tempo Médio Entre Falhas - MTBF e o Tempo Médio Para Reparo - MTTR. Estes serão melhor abordados a seguir, com as definições e formulações para os seus respectivos cálculos.

### 2.4.1 Tempo Médio Entre Falhas - MTBF

Do inglês *Mean Time Between Failures* (MTBF) é o índice expresso pela relação entre o tempo em que a linha de produção esteve disponível para produzir pela qualidade de falhas ocorridas durante o período analisado. É obtido através da Equação 1 (CUTRIN, 2021).

$$MTBF = \frac{T}{n_f} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que  $T$  corresponde ao tempo total de produção e  $n_f$  ao número de falhas ocorridas.

O tempo médio entre falhas (MTBF) refere-se à quantidade média de tempo que um dispositivo ou produto funciona antes de falhar. Esta ferramenta 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. Os valores de MTBF são frequentemente usados para projetar a probabilidade de uma única unidade falhar dentro de um certo período.

Um aspecto importante do MTBF é que aqueles que analisam esses tipos de estatísticas devem saber se a medição pode ser aplicada a uma unidade que funcione até a falha ou se muitas unidades diferentes são executadas por um curto período, em que o MTBF representa a probabilidade de falha nesta fase mais curta de teste. Por si só, o MTBF nem sempre indica quanto tempo é o processo de teste para uma determinada unidade. Por exemplo, se mil dispositivos forem executados por várias horas cada e 1% deles apresentarem mau funcionamento, isso produzirá resultados diferentes do que se uma unidade for testada até que eventualmente falhe (CUTRIN, 2021).

### 2.4.2 Tempo Médio Para Reparo - MTTR

Para Soeiro, Olívio, Lucato (2017), traduzido do inglês *Mean Time to Repair* (MTTR), tempo médio para reparo, é um indicador muito utilizado aplicável quando o tempo de reparo do equipamento é significativo equiparado com o tempo de operação. A unidade desse indicador se dá na razão entre a soma dos tempos de reparo e o número de ocorrências, como mostrado na Equação 2.

$$MTTR = \frac{\sum \text{horas de reparo}}{n_f} \quad (\text{Eq. 2})$$

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. É uma medida básica da manutenção de equipamentos e peças. Isso inclui o tempo de notificação, o diagnóstico e o tempo gasto no reparo real, além de outras atividades necessárias para que o equipamento possa ser usado novamente.

O tempo médio de reparo representa quanto tempo leva para que o equipamento volte à condição de trabalho, levando em consideração a notificação inicial da falha, o tempo necessário para enviar o equipamento para reparos, diagnóstico, tempo real de reparo, montagem, calibração, teste e depois enviá-lo de volta ao campo. Basicamente, abrange o tempo desde o momento em que um usuário envia o item para reparos até o usuário recuperar o item.

O MTTR é calculado dividindo o tempo total necessário para reparo ou manutenção pelo número total de reparos realizados em um período específico. Quanto menor o MTTR, maior a qualidade de um item ou equipamento específico. Por exemplo, um item que possui um MTTR de 24 horas é melhor que um com um MTTR de 7 dias se o tempo médio antes da falha (MTBF) for igual, pois isso significa que a disponibilidade operacional do equipamento é maior. Quando o equipamento falha, há apenas um tempo de inatividade de 24 horas antes que a operação possa retomar, em oposição a 7 dias de inatividade.

### 2.5 Eficiência Global de Equipamento (OEE)

Do inglês, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), a Eficiência Global de Equipamento é o indicador caracterizado por apresentar a relação entre os resultados dos

equipamentos na prática e suas previsões estimadas (SANTOS, 2018). Seu surgimento ocorreu na TPM, com seu criador Seiichi Nakajima, que o utilizou como forma de quantificar o desempenho e métrica da melhoria contínua dos equipamentos (SILVA, 2009).

O OEE é um dos indicadores de desempenho de equipamento que são usados para demonstrar a situação da produtividade real. É uma quantificação da eficiência e eficácia de uma empresa em comparação com a sua capacidade projetada, durante um período de operação planejado (ZUASHKIANI *et al.* 2011).

### 2.5.1 Cálculo do OEE

Megiolaro (2015) indaga que o cálculo do OEE multiplica fatores que indicam a disponibilidade, velocidade e qualidade do processo executado por determinado equipamento ou linha produtiva. O resultado dessa multiplicação é dado em porcentagem e determina a efetividade do processo analisado.

Para Silva (2009), o OEE é obtido pela multiplicação dos índices desses três fatores: disponibilidade do equipamento para produzir; eficiência demonstrada durante a operação; qualidade do produto obtido, conforme mostrado na Equação 3.

$$OEE = Disponibilidade \times Eficiencia \times Qualidade \quad (Eq. 3)$$

Hansen (2002), aponta três métodos diferentes de se quantificar e calcular o OEE, são:

1. Utiliza os dados de produção, tempos de operação realizado, tempo teórico, tempos de paradas operacionais ou técnicas e identificando unidades contaminadas;
2. Dispondo dos tempos registrados dos eventos;
3. Baseando-se nas unidades boas produzidas;

**Disponibilidade:** Para Corrêa e Corrêa (2017), este índice considera as paradas originadas por falhas, por necessidade de ajustes, por *setups*, entre outros. É calculado pela Equação 4:

$$ID = \frac{\text{Tempo de produção planejado} - \text{Tempo das paradas não planejadas}}{\text{Tempo de produção planejado}} \quad (Eq. 4)$$

**Performance:** Índice relacionado as perdas por performance, seja por perdas na velocidade, na cadência nominal, aumento de tempo-ciclo das operações, pequenas avarias etc. Segundo Corrêa e Corrêa (2017), é dado pela Equação 5:

$$IP = \frac{\text{Tempo de ciclo unitário} \times \text{Quantidade de produtos processados}}{\text{Tempo em produção}} \quad (\text{Eq. 5})$$

A cadência nominal, que é baseada no tempo de ciclo ideal, para o cálculo da eficiência, tem deficiência de algumas precauções, caso contrário os valores obtidos podem não corresponder com a realidade. Se por alguma razão, o tempo de ciclo do equipamento não possa ser mensurado, ou é alterado com variações repetidas o OEE deverá ser baseado em uma nova realidade (SILVA, 2009). Uma forma de equação alternativa para essa mensuração é mostrada na Equação 6:

$$IP = \frac{\text{Tempo total operacional} - \text{Tempo das perdas de performance}}{\text{Tempo total operacional}} \quad (\text{Eq. 6})$$

**Qualidade:** Este indicador é mensurado partindo da quantidade total de produtos fabricados com a quantidade de produtos defeituosos ou refugados. De acordo com Nakajima (1989), também com Gregório e Silveira (2018), este índice é obtido pela Equação 7:

$$IQ = \frac{\text{Total de produtos fabricados} - \text{Quantidade de produtos defeituosos/refugo}}{\text{Total de produtos fabricados}} \quad (\text{Eq. 7})$$

Uma meta ideal para ser alcançada, referindo-se aos equipamentos de uma empresa, é um OEE de 85%. Para alcançar esta meta é necessário que seus índices sejam, por exemplo: 90% disponibilidade, 95% performance e 99% qualidade (NAKAJIMA, 1989, *apud* SANTOS, 2018).

### 2.5.2 Benefícios do OEE

Gregório e Silveira (2018) apontam algumas grandes contribuições que evidenciam a importância do OEE:

- Permite identificar qual recurso com menor eficiência do processo produtivo, sendo este considerado o gargalo do sistema e é quem determina o rendimento do processo. O gargalo deve ser prioridade no planejamento da manutenção já que para melhorar os resultados é fundamental aumentar a eficiência de tal;
- Direciona quanto ao local das perdas reais e potenciais;
- Possibilita quantificar o nível de melhoria do equipamento ao longo do tempo, facilitando o acompanhamento e avaliação da sua evolução, podendo mensurar os resultados das ações implementadas;

Ressalta-se o quão benéfico e importante é o OEE aplicado nas indústrias, por ser um indicador simples e de fácil mensuração quando se dispõe dos dados necessários. Permite que a empresa visualize as perdas relacionadas a operação de determinado equipamento, possibilitando o planejamento das ações para colaborar com a redução dos desperdícios (GREGORIO; SILVEIRA, 2018).

### 2.5.3 Manutenção x OEE

Zuashkiani *et al.* (2011) apontam que a manutenção afeta diretamente os três fatores que integram o OEE. No caso, a disponibilidade é afetada devido a ações de manutenção programadas ou não programadas. Desligamentos, avarias e tempos com baixas velocidades afetam o desempenho. Equipamentos defeituosos ou com falta de manutenção geram produtos desconformes reduzindo a qualidade, também podem causar desperdício de matéria prima.

Atualmente as gerências das empresas reconhecem a importância da manutenção, tendo o conhecimento dos efeitos diretos dela no OEE, abandonando a ideia de minimizar os custos relacionados a esse setor. Os gastos com manutenção são tratados agora como investimentos que potencializam os retornos (ZUASHKIANI *et al.* 2011).

## 2.6 Teste de Anderson-Darling para Normalidade

O teste de Anderson-Darling é definido como um teste estatístico utilizado com o propósito de verificar se um conjunto de dados é proveniente de uma determinada distribuição de probabilidade. Para demonstrar a relação de uma distribuição normal, as duas hipóteses utilizadas para o teste de Anderson-Darling são (SILVA; ARAÚJO; COSTA FILHO, 2010):

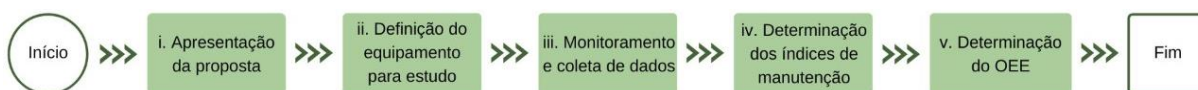
- $H_0$  = os dados seguem a distribuição normal
- $H_1$  = os dados diferem a distribuição normal.

A hipótese nula é a que os dados são normalmente distribuídos e hipótese alternativa é a que os dados não seguem uma distribuição normal. Se o nível de significância (valor -p) for pequeno ( $p \leq 0,05$ ), a hipótese nula é rejeitada e conclui-se que os dados analisados não seguem uma distribuição normal.

### 3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo, discute-se as etapas para a realização do estudo de caso, partindo por uma breve introdução sobre a empresa, bem como o processo produtivo envolvido. Define-se o equipamento alvo do estudo, seu modo de funcionamento, tarefas de execução e características gerais de operação. Por fim, aborda-se os dados obtidos, a partir da forma que foram coletados e registrados. As etapas sequenciais para a realização deste trabalho podem ser observadas na Figura 1:

Figura 1 - Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria

- i. Apresentação da proposta: Momento no qual foi discutido, juntamente com a gerência da empresa, os benefícios e melhorias que poderiam ser adquiridos com a aplicação do estudo;
- ii. Definição do equipamento para estudo: Etapa que em foi determinado qual equipamento seria analisado, em conjunto com a supervisão da manutenção e a gerência da empresa;
- iii. Monitoramento e Coleta de dados: Foi realizado o levantamento dos dados necessários para realizar os cálculos dos índices através do monitoramento do equipamento escolhido;
- iv. Determinação dos índices de manutenção: Etapa de obtenção dos índices (MTBF e MTTR);
- v. Determinação do OEE: Nesta etapa, calculou-se a Eficiência global de equipamento e fez-se analogias para buscar relações de monitoramento e melhorias com os índices de manutenção

#### 3.1 Introdução Sobre a Empresa

Situada no interior do Ceará, a empresa é uma indústria têxtil que funciona há 24 anos. Completamente inserida no mercado globalizado, se destacou pela tecnologia utilizada na produção de fios coloridos de algodão a partir da recuperação de fibras têxteis. Também

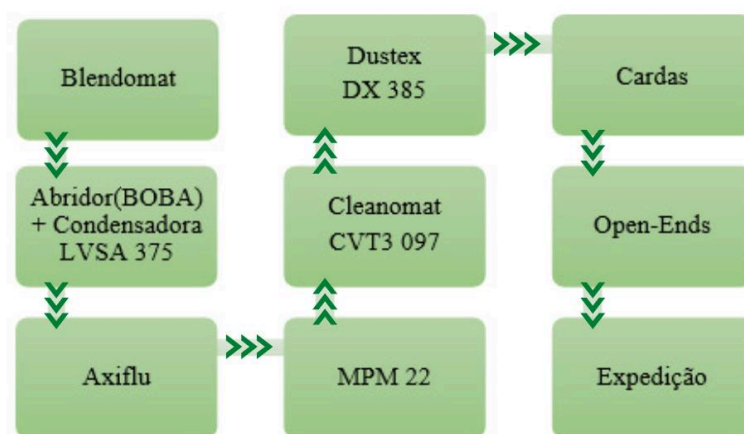


ganhou atenção devido a relação com as questões ambientais, pois a tecnologia utilizada na fabricação do fio, além de reaproveitar os subprodutos têxteis, o que já minimiza efeitos ao meio ambiente, possibilita que o fio produzido seja da mesma cor da matéria prima utilizada, não necessitando de procedimentos de tingimento.

### 3.2 Processo Produtivo

A Figura 2 a seguir, mostra o esquema do processo produtivo que é adotado pela empresa estudada.

Figura 2 - Esquema da operação de produção



Fonte: Autoria própria

Cada componente desse processo produtivo é descrito por:

- *Blendomat*: responsável por abrir o material que está inicialmente compactado em fardos dispostos numa pista, separando-o em pedaços menores;
- Abridor (BOBA) e condensadora LVSA 375: a combinação desses equipamentos permite adicionar o banho de antiestático enquanto abre e limpa o material, depois transporta-lo para o restante da linha;
- *Axiflu*: função de limpar o material, retirando as impurezas maiores e a poeira existente;
- MPM 22: tem o papel de misturar o material para que ele fique o mais homogêneo possível;
- *Cleanomat CVT3 097*: com a finalidade de limpar mais severamente o material retirando as impurezas e a poeira existente;

- *Dustex* DX 385: com a função de limpar o material retirando o restante da poeira e transportá-lo pela tubulação até o próximo estágio;
- Cardas: têm a função de retirar o restante da sujeira do material, penteá-lo e transformá-lo em uma fita que será depositada de maneira organizada em um latão;
- *Open-Ends*: utiliza a fita como alimentação para originar o fio, podendo esse variar a sua espessura de acordo com a necessidade;
- Expedição: último setor, cuja função é inspecionar, separar, embalar e pesar os lotes do produto;

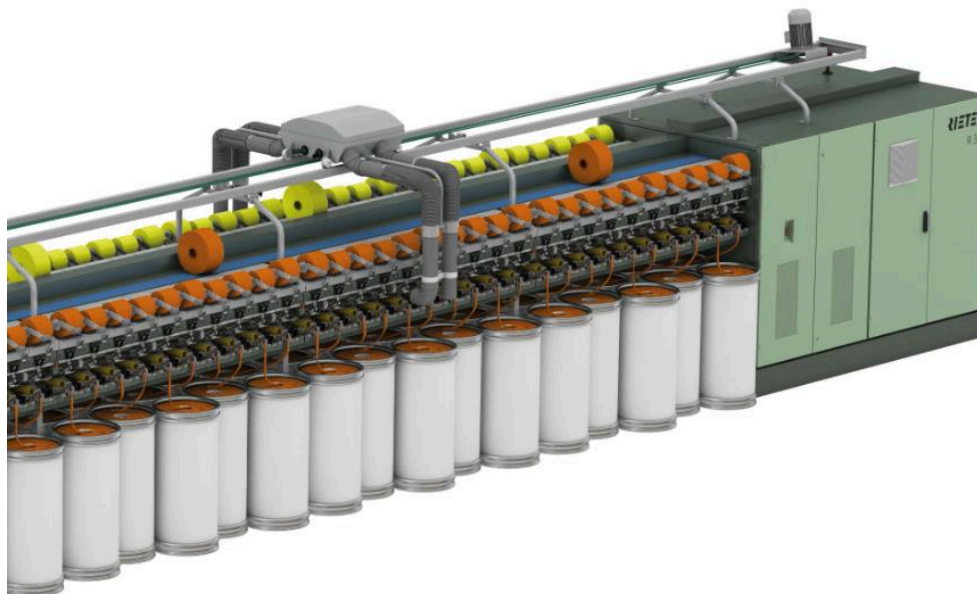
### 3.3 Definição do Equipamento

Segundo Hansen (2002), numa linha de produção, deve-se aplicar o OEE primeiramente aos gargalos que afetam a produtividade ou outros setores críticos e valiosos para a determinada indústria. Esses setores são essenciais para tornar a planta eficaz, fazendo uma diferença significativa quando manejados com sucesso, assim, as etapas não gargalos devem ser subordinados às etapas gargalo.

O gargalo do processo de produção estudado é o setor da fiação composto pelas Cardas e as *Open Ends*. As Cardas fabricam a fita que são a alimentação para o procedimento de fabricação do fio nas *Open Ends*. Uma lata de fita corresponde a aproximadamente uma unidade de bobina de fio produzida. Para isso o fio leva entre 4 e 8 horas para completar uma bobina dependendo do fio a ser produzido, enquanto a lata é preenchida com fita em torno de 15 a 20 minutos. Com isso, a produção do fio nas *Open Ends* é que caracteriza a produção total da linha.

A *Open End* de fiação a rotor (*rotor spinning*) R 36 da fabricante RIETER (Figuras 3 e 4), é uma máquina capaz de funcionar em altas velocidades de rotação com grande produtividade e uma ótima qualidade de fio. Possui um sistema que permite efetuar a rápida partida da máquina após falhas de energia refletindo na eficiência dela.

Figura 3 - Modelo virtual da Open End Rotor Spinning RIETER R 36



Fonte: Rieter (2018)

Figura 4 - Open End Rotor Spinning RIETER R 36



Fonte: Autoria própria

O procedimento da fabricação do fio na máquina é conhecido como fiação *Open End Rotor Spinning* e acontece igualmente em cada fuso unitário, pois estes estão ligados aos mesmos eixos de rotação (Figura 5). A fita depositada na lata serve de alimentação para o fuso, ao entrar a fita passa pela cardinha que separa as fibras para serem torcidas no rotor, conforme vão sendo torcidas, as fibras vão se tornando fio, que sai por um canal levando-o ao guia fio, ou viajante, que direciona o fio na formação da bobina.

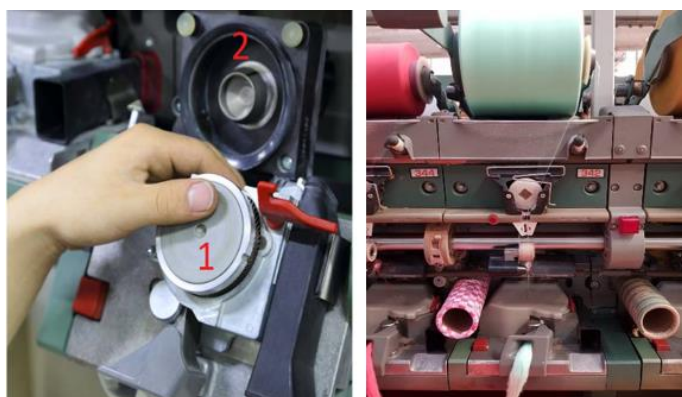
Figura 5 - Parte mecânica da máquina



Fonte: Autoria própria

Quando a bobina atinge as especificações determinadas de acordo com o tipo do fio a se produzir, o fuso aciona um sensor que sinaliza que o produto está completo, então o operador desloca a bobina para a esteira e repõe com uma nova para recomençar o procedimento. A máquina tem um grande comprimento e é composta por 360 fusos, dispostos 180 em cada lado. Um exemplo de fuso unitário é mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Fuso unitário



Fonte: Autoria própria

A empresa conta com 03 unidades da *Open End Rotor Spinning* RIETER R 36, porém o setor da manutenção apontou que a máquina 01 é a que apresentava um histórico com mais ocorrências de falhas e intervenções. Isso está relacionado a fatores como: produzir um fio de maior espessura, tornando o processo mais pesado; possuir um tamanho de rotor maior do que as outras, influenciando nos parâmetros e configurações de operação da máquina.

### 3.4 O Produto (Bobina de Fio)

Durante o período de estudo, foram fabricados fios de diversas colorações, de acordo com os lotes em pedido. O peso de uma unidade do produto tinha valores entre 3,4kg e 3,7kg, variação dada de acordo com cada cor produzida e seus parâmetros de especificação. Um exemplar é mostrado na Figura 7:

Figura 7 - Exemplar de bobina de fio



Fonte: Autoria própria

### 3.5 Definição do Período de Análise

O período de análise do equipamento em estudo foi definido em conjunto com o pesquisador, a direção da empresa e as supervisões da produção e da manutenção, sendo definido 4 semanas do mês de abril de 2022 totalizando 28 dias. De acordo com eles, este mês recebeu uma demanda acima da média dos anos anteriores, ocasionando em uma produtividade maior, surgindo então uma boa oportunidade para a aplicação do estudo.

É importante levar em consideração o fator da estratificação relacionado as condições climáticas devido à época das chuvas na região durante esse período abordado.

### 3.6 Obtenção dos Dados

O equipamento foi monitorado por 28 dias com 3 turnos por dia, totalizando 672 horas. A coleta de dados foi realizada através dos relatórios de produção e de ocorrências de

eventos registrados em um modelo de folha de verificação (Figura 8). Conforme os dados eram obtidos de forma diária, os mesmos eram registrados pelos responsáveis de cada turno.

Figura 8 - Modelo de folha de verificação para registros

| CONTROLE DE OCORRÊNCIAS DIÁRIAS<br>OPEN END R36 01 |                    |   |   |          |
|----------------------------------------------------|--------------------|---|---|----------|
| Registros<br>do dia                                | Eventos por Turnos |   |   | Produção |
|                                                    | A                  | B | C |          |
| Dia 01:<br>Sex<br>dd/mm                            |                    |   |   |          |
| Dia 02:<br>Sab<br>dd/mm                            |                    |   |   |          |
| Dia 03:<br>Dom<br>dd/mm                            |                    |   |   |          |
| Dia 04:<br>Seg<br>dd/mm                            |                    |   |   |          |
| Dia 05:<br>Ter<br>dd/mm                            |                    |   |   |          |
| Dia 06:<br>Qua<br>dd/mm                            |                    |   |   |          |
| Dia 07:<br>Qui<br>dd/mm                            |                    |   |   |          |

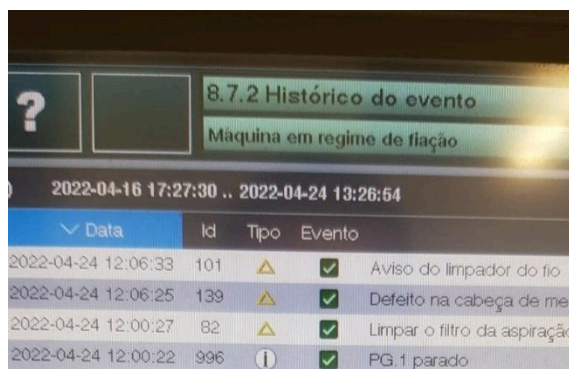
  

| SEMANA 1             |                                       |                                   |                                 |                 |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Tempo<br>Operacional | $\Sigma$ Perdas de<br>Disponibilidade | $\Sigma$ Perdas de<br>Performance | $\Sigma$ Perdas de<br>Qualidade | Total Produzido |
|                      |                                       |                                   |                                 |                 |

Fonte: Autoria própria

O empenho dos setores da supervisão e controle da produção e da manutenção mecânica foi crucial para o registro dos tempos dos eventos e ocorrências no equipamento analisado. Houve também coleta de dados no painel da máquina, na seção de histórico de eventos (Figura 9), para registrar os tempos dos eventos e intervenções.

Figura 9 - Seção histórico de eventos no painel da máquina



Fonte: Autoria própria

A Expedição, que é o setor onde os produtos são inspecionados, embalados e pesados, também foi de bastante vitalidade para a obtenção dos dados da quantidade produzida e dos produtos defeituosos e refugos.

Os dados diários coletados de ocorrências/eventos e da produção estão disponíveis na folha de verificação do APENDICE A. Os tempos relacionados com as perdas ocultas de cada índice que compõe o OEE estão dispostos na Tabela 2:

Tabela 2 - Tempos envolvidos nas perdas

| INDÚSTRIA DE FIAÇÃO TÊXTIL<br>(OPEN END ROTOR SPINNING RIETER R 36)                                                                                                     |                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tempo total planejado 40320 min                                                                                                                                         |                                                                                                                                                      |
| Tempo total operacional: 40320 min                                                                                                                                      |                                                                                                                                                      |
| <b>Perdas de disponibilidade: 419 min</b>                                                                                                                               | <b>Perdas de performance: 322 min</b>                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Manutenção não planejada: 179 min</li> <li>○ Quedas de energia: 213 min</li> <li>○ Setups e tempo de ajuste: 27 min</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Variações de velocidade e configurações de partida: 290 min</li> <li>○ Ajustes e avarias: 32 min</li> </ul> |
| Número de produtos produzidos:<br>235032,36 kg                                                                                                                          | Número de produtos de qualidade:<br>234743,10 kg                                                                                                     |

Fonte: Autoria própria



### 3.7 Determinação do OEE

Para calcular o OEE, primeiramente foram calculados seus índices de forma semanal, com a finalidade de comparar seus resultados entre si e com os índices de manutenção de acordo com os objetivos desse trabalho, depois calculou-se o OEE geral, considerando todo o período de análise.

O índice de Disponibilidade, que relaciona as perdas por paradas não planejadas devido a falhas, manutenção corretiva, setups e ajustes etc., foi calculado usando os tempos de paradas e o tempo operacional contidos no APÊNDICE A aplicados na Equação 4.

O índice de Performance, que relaciona as perdas, seja por redução de velocidades, perda de cadência nominal, variações no tempo de ciclo e pequenos ajustes e avarias, foi calculado utilizando os dados dos tempos de perdas disponíveis no APÊNDICE A aplicados na Equação 6:

É necessário ressaltar o fator Rendimento de Produção que é uma das principais características da máquina. Este está relacionado com a quantidade de fusos que estão a produzir naquele instante e é mostrado na página principal do painel da máquina (Figura 10). Existiram momentos em que todos os fusos estavam a produzir, elevando o rendimento de produção a 100%, porém, através do histórico de produção e orientação dos responsáveis pela manutenção e produção, adotou-se que a média diária do Rendimento se encontrou próximo a 98%. Assim corrigiu-se os valores dos índices de performance obtidos, multiplicando-os por 0,98.

Figura 10 - Rendimento de Produção mostrado no painel da máquina



Fonte: Autoria própria

O índice de Qualidade, que relaciona as perdas dos produtos defeituosos, seja por contaminação, refugos ou produtos fora das especificações, com o total de produtos produzido. Foi calculado utilizando a Equação 7 e os dados do APÊNDICE A.



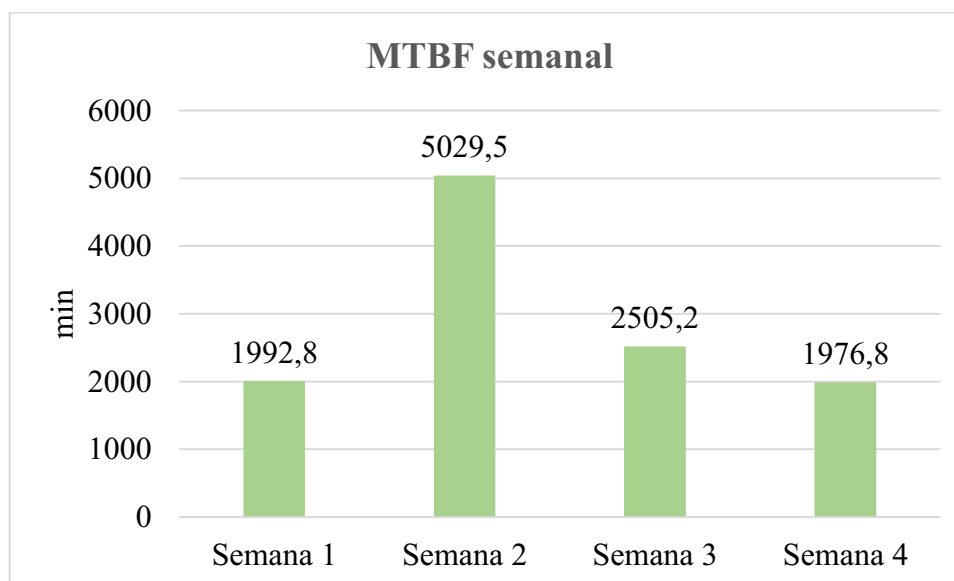
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa parte do trabalho serão expostos e discutidos todos os resultados obtidos com a determinação dos índices de manutenção, da aplicação do OEE e das análises estatísticas para relacionar estes anteriores.

### 4.1 Índices de Manutenção

Os índices de manutenção foram determinados utilizando os dados contidos no APÊNDICE A aplicados nas Equações 1 e 2, para o MTBF e MTTR respectivamente. Os índices foram determinados de forma semanal a fim de contemplar as relações desejadas descritas nos objetivos. O Gráfico 1 apresenta os resultados obtidos em minutos para o MTBF em cada semana.

Gráfico 1 - MTBF semanal

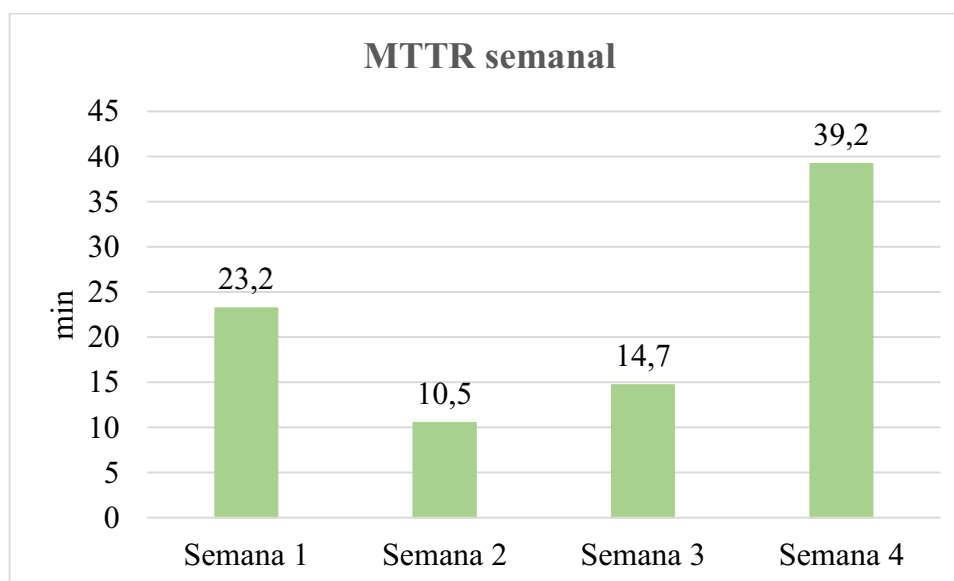


Fonte: Autoria própria

Conforme os dados da folha de verificação (APÊNDICE A) e observando o Gráfico 1, a Semana 2 registrou apenas duas intervenções de manutenção, demonstrando assim o maior valor de MTBF (5029,5 min), enquanto a Semana 3 (2505,2 min) registrou quatro intervenções e as Semanas 1 e 4 registraram cinco intervenções cada, com os menores valores de MTBF (1992,8 min e 1976,8 min respectivamente).

Da mesma forma analisou-se o MTTR, que relaciona a quantidade de falhas e o tempo gasto para efetuar os reparos. Conforme os dados do APÊNDICE A e observando o Gráfico 2, a Semana 2 demonstrou o menor valor de MTTR (10,5 min). A semana 3 obteve um MTTR razoável de 14,7 min. As Semanas 1 e 4, mesmo tendo registrado cinco intervenções cada, diferiram referente aos valores do MTTR, a Semana 1 obteve (23,2 min) e a Semana 4 obteve o maior índice (39,2 min) devido a ter contabilizado maiores tempos para o reparo das intervenções.

Gráfico 2 - MTTR semanal



Fonte: Autoria própria

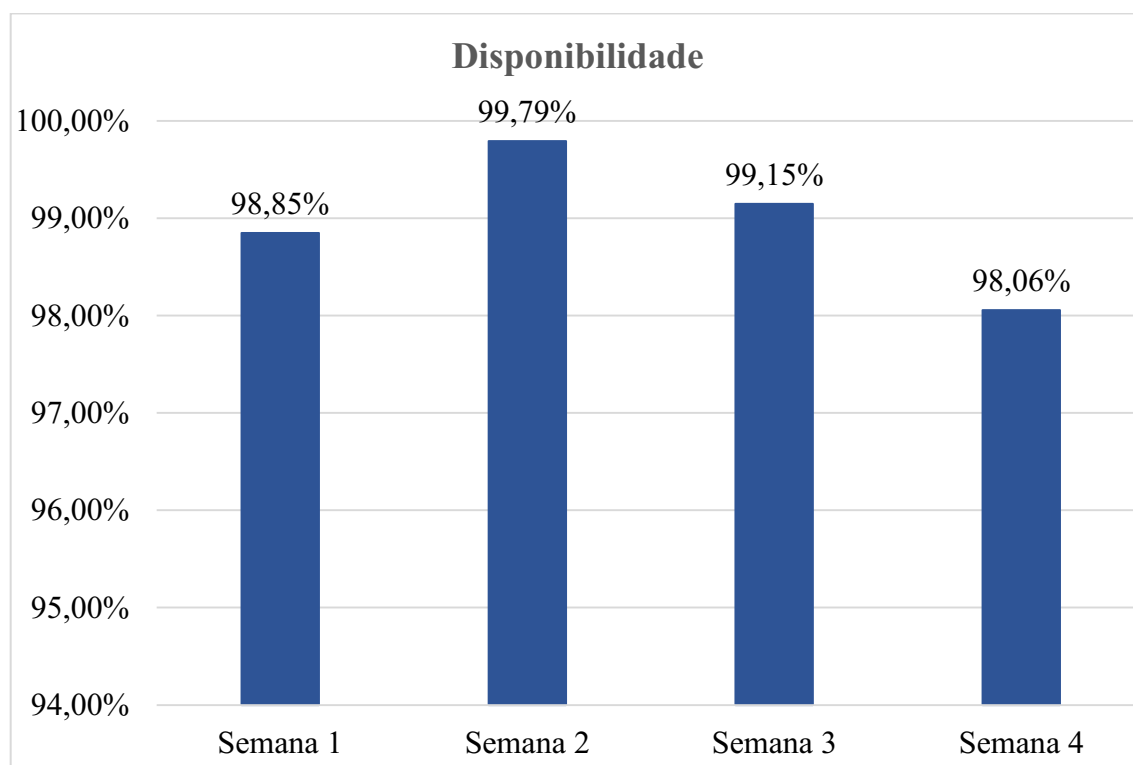
Percebe-se então que a Semana 2 demonstrou o maior desempenho quanto aos índices (maior MTBF e menor MTTR), isso devido ter sido a semana com menos ocorrências/intervenções e reparos mais rápido. Analogamente a Semana 4 demonstrou o menor desempenho relacionado aos índices devido o maior número de ocorrências/intervenções e maiores tempos para reparo das mesmas.

## 4.2 Eficiência Global de Equipamento

### 4.2.1 Índice de Disponibilidade

O Gráfico 3, mostra como foi a disponibilidade da máquina em disposição das semanas do estudo. As Semanas 1 e 4 apresentaram uma menor disponibilidade, isso é reflexo dos maiores tempos de paradas durante estas semanas.

Gráfico 3 - Índices de Disponibilidade semanais



Fonte: Autoria própria

De acordo com os dados dispostos no APÊNDICE A, a Semana 1 totalizou 116 min de tempo de paradas, onde o maior tempo foi de 80 min de manutenção corretiva. Já a Semana 4 totalizou 196 min de tempo de paradas, com maiores períodos de falha/ajustes elétricos.

A maior disponibilidade obteve-se na Semana 2, por ter sido a semana que registrou menos ocorrências, totalizando 21 min de paradas.

Tratando-se da disponibilidade de uma forma geral, considerando o período total das quatro semanas obteve-se:

$$ID = \frac{40320 - 419}{40320}$$

*Eficiência do indicador Disponibilidade total: 98,96%*

O alto índice encontrado está relacionado as poucas paradas ocorridas devido a manutenção, com rápidos reparos conforme os dados contidos no APÊNDICE A. Muitas

ações de manutenção preventiva são realizadas com a máquina em operação, as que não permitem isso são encaixadas e planejadas para as paradas programadas. Durante o período de estudo, não ocorreram paradas programadas.

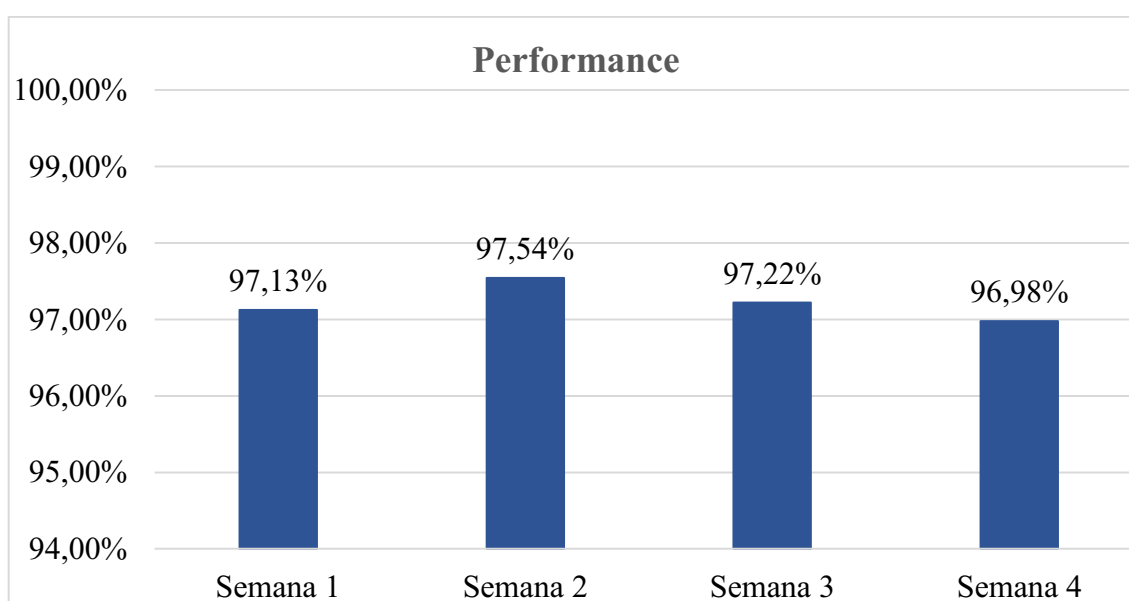
Paradas para ajustes de troca de material só acontecem quando vai mudar a espessura do fio a ser produzido. Durante o estudo, apenas uma espessura foi produzida, o fio 4/1. Por ser um processo produtivo contínuo e os operadores serem experientes e bem treinados, as operações de troca de cor do material foram realizadas com a máquina em operação, não interferindo com paradas.

As ocorrências mais frequentes foram as falhas de energia. Por mais que seus reparos tenham sido de forma rápida, foi visto que muitas ocorrências geram um grande acúmulo no final do período, além do mais, quando a máquina é religada para operação, ela necessita de algum tempo para retornar ao seu pleno estado de operação, com tempos para arranque e partida e reestabelecimento da produção de cada fuso unitário, influenciando assim no índice de performance.

#### 4.2.2 Índice de Performance

No Gráfico 4, é mostrado como os índices de performance se comportaram durante as semanas do estudo.

Gráfico 4 - Índices de Performance semanais



Fonte: Autoria própria

As semanas 1 e 4 apresentaram menores valores, estes mostraram semelhança com os encontrados para disponibilidade, isso ocorre devido as paradas operacionais não programadas. Logo após uma parada, a máquina é colocada novamente em operação, mas ainda leva algum tempo para retornar ao seu pleno estado de produção. Souza (2017), relata que algumas indústrias denominam o tempo do processo de retomada da velocidade ideal de produção da linha que afeta a performance de curva de aceleração.

No processo de fiação em estudo, quando a máquina R 36 é recolocada em operação após uma parada, acontece o que denominam dentro dessa indústria de emenda. A emenda é o procedimento de configuração de partida que também envolve velocidades de arranque, que são necessárias para colocar todos os fusos unitários para o pleno funcionamento, recolocando-os em produtividade máxima.

Considerando todo o período de quatro semanas obteve-se:

$$IP = \frac{40320 - 322}{40320} * 0,98$$

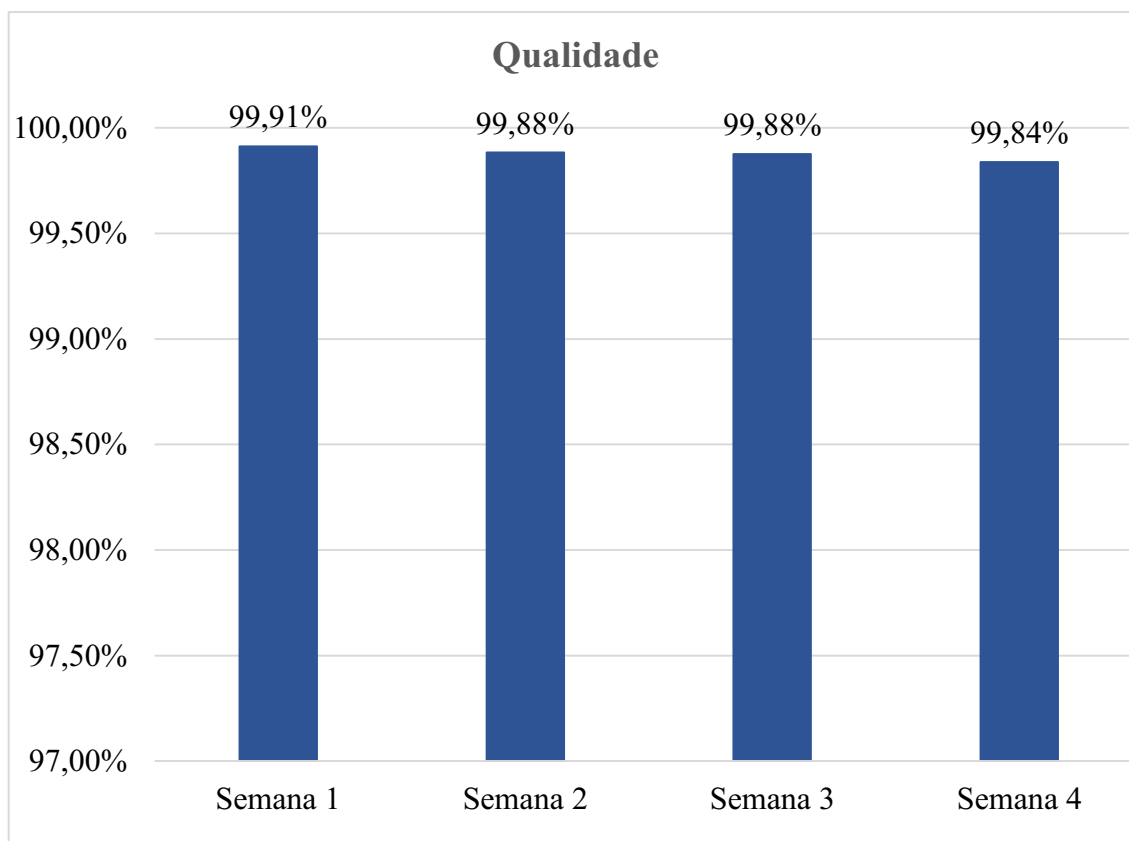
*Eficiência do indicador de Performance total: 97,22%*

O que mais contribuiu para as perdas de performance foram os tempos de variações de velocidade e configurações de partida totalizando 290 min. Enquanto apenas 32 min foram devido a outros ajustes e avarias, de acordo com os dados coletados.

#### **4.2.3 Índice de Qualidade**

O Gráfico 5 apresenta o índice de qualidade de acordo com cada semana de monitoramento

Gráfico 5 - Índices de Qualidade semanais



Fonte: Autoria própria

Nota-se que todas as semanas obtiveram valores bem acima de 99,50%, apresentando uma semelhança em relação ao total de produtos e os produtos de qualidade produzidos.

Ao considerar todo o período de quatro semanas, obteve-se:

$$IQ = \frac{235032,36 - 289,26}{235032,36}$$

*Eficiência do indicador de Qualidade total: 99,88%*

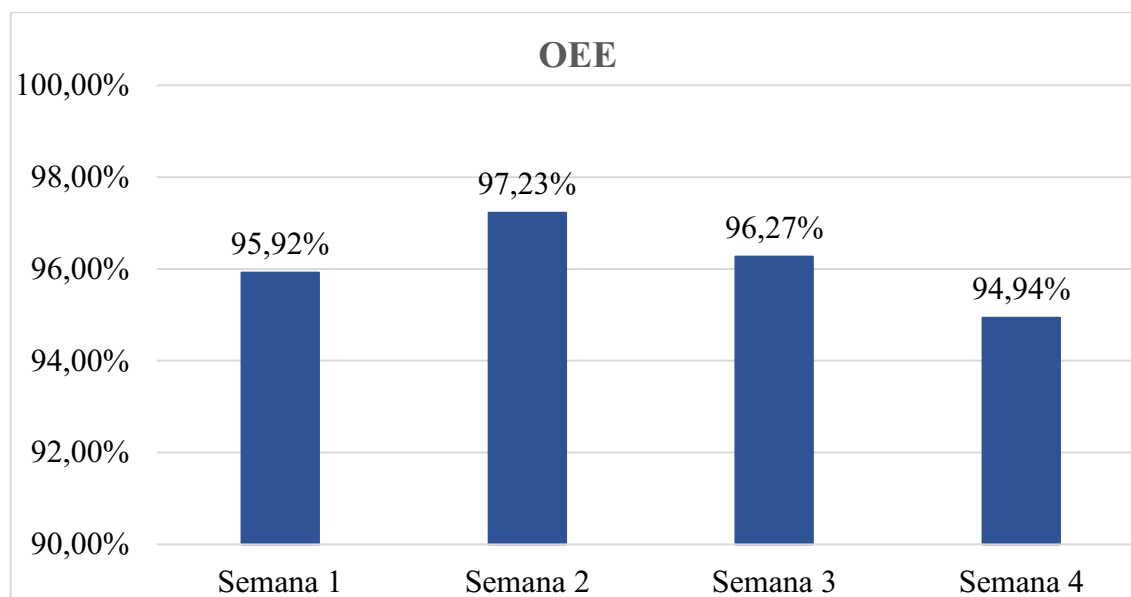
Dado a grande quantidade de produtos fabricados no total, 235032,36kg, relacionados com o total de produtos defeituosos ou que não cumpriram as especificações de qualidade, 289,26kg, percebe-se que o processo estudado tem perdas relacionadas a qualidade dos produtos de 0,12%, o que pode ser considerado insignificante.

Um alto índice já era esperado devido as especificações do fabricante, mas o cenário atual da empresa resulta no excelente desempenho mostrado, reflexo da cultura adotada e o alinhamento da gerência buscando sempre se diferenciar da concorrência através da qualidade dos produtos.

#### 4.2.4 OEE

Assim, os valores do OEE para cada semana foram obtidos e estão mostrados no Gráfico 6.

Gráfico 6 - OEE semanais



Fonte: Autoria própria

Como o valor do OEE é dado pelo produto dos índices calculados anteriormente, é notável que a Semana 2 foi a que obteve o maior valor de OEE, 97,23%. Por outro lado, a Semana 4 demonstrou o menor valor do OEE, 94,94%. Essa diferença está atribuída aos tempos de paradas não programadas como mostrado anteriormente, afetando diretamente na disponibilidade e consequentemente na performance devido a curva de aceleração, já que o fator qualidade não variou significativamente.

Ao calcular o OEE considerando todo o período em estudo obteve-se:

$$OEE = 98,96\% \times 97,22\% \times 99,88\%$$

$$OEE \text{ do período total: } 96,09\%$$

Com esses índices calculados, foi possível então compara-los com os índices obtidos nos estudos de Souza (2017), Martins (2012) e Silva Filho (2021). A Tabela 3 apresenta valores de OEE e seus respectivos índices obtidos nesses estudos.

Tabela 3 - Valores de estudos relacionados

| Estudos Relacionados                                                                                     | Resultados Obtidos |       |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|-------|
| SOUZA 2017 analisou o OEE de 25 linhas de produção de diferentes tipos e tamanhos de indústrias          | ID%                | IP%   | IQ%   |
|                                                                                                          | 87,09              | 80,03 | 99,50 |
|                                                                                                          | OEE%               |       |       |
|                                                                                                          | 69,36              |       |       |
| MARTINS 2012 analisou o OEE de uma indústria de produtos líquidos de higiene pessoal de diferentes tipos | ID%                | IP%   | IQ%   |
|                                                                                                          | 61,04              | 80,36 | 99    |
|                                                                                                          | OEE%               |       |       |
|                                                                                                          | 48,85              |       |       |
| SILVA FILHO 2021 analisou o OEE de uma célula produtiva numa indústria de confecção                      | ID%                | IP%   | IQ%   |
|                                                                                                          | 87,87              | 80,80 | 95,77 |
|                                                                                                          | OEE%               |       |       |
|                                                                                                          | 67,99              |       |       |

Fonte: Adaptado de (SOUZA, 2017); (MARTINS, 2012); (SILVA FILHO, 2021)

É possível observar que o valor do OEE encontrado para a indústria têxtil em estudo encontra-se bem acima dos valores apresentados acima para outras indústrias. SHREE *et. al.* (2015) analisaram o OEE de uma indústria de fiação têxtil (*ring spinning*) no sul da Índia por 7 dias e obtiveram os seguintes resultados:

Tabela 4 - Valores obtidos para indústria têxtil na Índia

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| Índice de disponibilidade | 66% |
| Índice de performance     | 83% |
| Índice de qualidade       | 97% |
| OEE                       | 53% |

Fonte: Adaptado de Shree *et. al.* (2015)

Comparando os valores da Tabela, com os valores obtidos nesse estudo, que é uma indústria de fiação têxtil (*rotor spinning*), é notável a grande disparidade quanto ao OEE, (96,09% - 53%). A maior diferença quanto aos índices que constituem o OEE, foi dada nos índices de disponibilidade (98,96% - 66%) e de performance (97,22% - 83%), já o índice de qualidade apresentou menor diferenciação (99,88% - 97%). Isso pode ser reflexo de como as empresas diferem de acordo com as decisões a serem tomadas, seja tratando-se de estratégias de manutenção, como também de como o processo produtivo é conduzido. O período de



análise adotado pelo estudo (7 dias) não é recomendado e também pode ter influenciado na diferenciação dos resultados.

Hansen (2002) apresenta valores estipulados como classe mundial para cada área na Tabela 5.

Tabela 5 - Classe Mundial do OEE

|                                                  |        |
|--------------------------------------------------|--------|
| Inaceitável, altos gastos com perdas ocultas     | < 65%  |
| Aceitável, com tendência a melhorias trimestrais | 65-75% |
| Muito bom, possibilitando melhoras               | 75-85% |
| Para processos em lotes                          | > 85%  |
| Para processos discretos                         | > 90%  |
| Para indústrias de fluxo contínuo                | > 95%  |

Fonte: Adaptado de Hansen (2002)

Relacionando o valor do OEE de 96,06% obtido no presente estudo com os valores da Tabela 5 pode-se então afirmar que durante o período de análise do equipamento alvo, o OEE obtido está dentro da classe mundial de acordo com a classificação de indústria de fluxo contínuo, a qual a empresa estudada está inserida.

#### 4.3 Relação entre OEE e os Índices de Manutenção

Para relacionar os índices OEE semanais com os índices de manutenção MTBF e MTTR semanais realizou-se cálculos de regressão linear utilizando o software de ferramentas estatísticas Excel e os dados de entrada da Tabela 6.

Tabela 6 - Dados de entrada para cálculo de regressão

| Período  | MTBF (min) | MTTR (min) | OEE (%) |
|----------|------------|------------|---------|
| Semana 1 | 1992,8     | 23,2       | 95,92   |
| Semana 2 | 5029,5     | 10,5       | 97,23   |
| Semana 3 | 2505,2     | 14,7       | 96,27   |
| Semana 4 | 1976,8     | 39,2       | 94,94   |

Fonte: Autoria própria

### 4.3.1 OEE X MTBF

Na primeira regressão linear, considerou-se o MTBF semanal como variável independente e o OEE semanal como variável dependente. Os resultados obtidos estão mostrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Informações da regressão OEE x MTBF

| RESUMO DOS RESULTADOS<br>OEE X MTBF |          |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| Estatística de regressão            |          |  |  |  |  |  |  |  |
| R múltiplo                          | 0,864515 |  |  |  |  |  |  |  |
| R-Quadrado                          | 0,747386 |  |  |  |  |  |  |  |
| R-quadrado ajustado                 | 0,621079 |  |  |  |  |  |  |  |
| Erro padrão                         | 0,005822 |  |  |  |  |  |  |  |
| Observações                         | 4        |  |  |  |  |  |  |  |

| ANOVA     |    |          |          |          |                   |  |  |  |
|-----------|----|----------|----------|----------|-------------------|--|--|--|
|           | gl | SQ       | MQ       | F        | F de significação |  |  |  |
| Regressão | 1  | 0,000201 | 0,000201 | 5,917217 | 0,135485          |  |  |  |
| Resíduo   | 2  | 6,78E-05 | 3,39E-05 |          |                   |  |  |  |
| Total     | 3  | 0,000268 |          |          |                   |  |  |  |

|            | Coefficientes | Erro padrão | Stat t   | valor-P  | 95% inferiores | 95% superiores | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|------------|---------------|-------------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Interseção | 0,94475411    | 0,007248    | 130,3519 | 5,88E-05 | 0,91357        | 0,975939       | 0,91357        | 0,975939       |
| MTBF       | 5,61386E-06   | 2,31E-06    | 2,432533 | 0,135485 | -4,3E-06       | 1,55E-05       | -4,3E-06       | 1,55E-05       |

Fonte: Autoria própria

Analisando os resultados apresentados acima, identificou-se o valor –P desta regressão de  $0,135485 > 0,05$  (nível de significância), havendo evidências para descarte da hipótese  $H_1$ , assim os dados seguem a distribuição normal.

### 4.3.2 OEE X MTTR

Nesta segunda regressão linear, a variável independente adotada foi o MTTR e o OEE semanal continuou sendo a variável dependente. Os resultados obtidos estão mostrados na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 - Informações da regressão OEE x MTTR

| RESUMO DOS RESULTADOS<br>OEE X MTTR |          |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| <i>Estatística de regressão</i>     |          |  |  |  |  |  |  |  |
| R múltiplo                          | 0,955965 |  |  |  |  |  |  |  |
| R-Quadrado                          | 0,913869 |  |  |  |  |  |  |  |
| R-quadrado ajustado                 | 0,870804 |  |  |  |  |  |  |  |
| Erro padrão                         | 0,003399 |  |  |  |  |  |  |  |
| Observações                         | 4        |  |  |  |  |  |  |  |

| ANOVA     |           |           |           |          |                          |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
|           | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 1         | 0,000245  | 0,000245  | 21,22057 | 0,044035                 |
| Resíduo   | 2         | 2,31E-05  | 1,16E-05  |          |                          |
| Total     | 3         | 0,000268  |           |          |                          |

|            | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | 0,976508252         | 0,003791           | 257,6074      | 1,51E-05       | 0,960198              | 0,992818              | 0,960198              | 0,992818              |
| MTTR       | 0,000712706         | 0,000155           | -4,60658      | 0,044035       | -0,00138              | -4,7E-05              | -0,00138              | -4,7E-05              |

Fonte: Autoria própria

Conforme os resultados mostrados acima, foi possível identificar o valor –P obtido de  $0,044035 < 0,05$  (nível de significância), apresentando evidências para descarte da hipótese  $H_0$ , logo os dados diferem da distribuição normal.

#### 4.3.3 Análise das relações

De acordo com os testes executados, constatou-se que o MTBF mesmo sendo gerado a partir da quantidade de tempo de paradas não programadas, não apresentou evidências suficientes de relação do seu aumento com o aumento do OEE. Isso pode ter ocorrido devido as principais perdas ocorridas no equipamento não serem relacionado as quantidades de paradas por manutenção. Vale ressaltar ainda que para uma maior precisão nos testes requerem-se uma maior quantidade de amostras.

Já para o MTTR, os testes demonstraram evidências de relação com o OEE. Quanto menor o MTTR maior será o OEE. Essa relação já era esperada devido ao fato de o MTTR indicar o tempo médio de reparo, então quanto menor o tempo gasto em reparos, mais rápido a máquina estará em operação novamente, afetando no índice de disponibilidade, uma das três variáveis do OEE.

Ao observar os dados dos índices de MTBF, MTTR e o OEE das Semanas 1 e 4 (Tabela 7), pode-se notar que mesmo com valores bem próximos de MTBF (1992,8 e 1976,8) os valores de OEE diferiram (95,92% e 94,94%), esta diferenciação foi associada aos valores de MTTR (23,2 e 39,2) respectivamente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização desse estudo de caso, foi possível averiguar a prática do indicador OEE como ferramenta de monitoramento para auxiliar na identificação, onde encontram-se as maiores deficiências no gargalo de uma linha de produção.

Analisando as seis grandes perdas do equipamento durante o período de estudo, obteve-se o valor do OEE de 96,09%, com Índice de Disponibilidade de 98,96%, Índice de Performance de 97,22% e Índice de Qualidade de 99,88%. Estes valores se encaixam dentro da classe mundial para indústrias de fluxo contínuo, que é o caso da empresa abordada.

O valor do OEE obtido para a indústria de fiação têxtil demonstrou maior eficiência quando comparado com OEE de outras indústrias como: de confecção, produtos de higiene pessoal, entre outras. Ao comparar esse valor obtido de 96,09% com o OEE de uma indústria de fiação têxtil no sul da Índia, de 53%, pode-se observar a diferença entre a eficiência das duas indústrias, com maior diferenciação no índice de disponibilidade, que pode ser afetado pelo tempo médio de reparo, como visto anteriormente.

As regressões lineares realizadas forneceram dados para testes de hipóteses de relação entre os índices de manutenção e o OEE calculados semanalmente utilizando o critério de Anderson-Darling. Na análise entre o MTBF e o OEE, os resultados apresentaram a hipótese nula, não evidenciando relação suficiente. A análise entre MTTR e OEE mostrou dados que diferiram da distribuição normal demonstrando evidências de relação, descartando a hipótese nula.

A maior dificuldade encontrada no estudo foi a coleta dos dados relacionados aos tempos dos eventos e ocorrências. Por ser um processo contínuo que funciona 24 horas e o pesquisador estava presente em apenas 8 horas diárias, os dados registrados durante a ausência do pesquisador foram dispostos a confiabilidade dos responsáveis pelos registros. Dados como tempo de parada ou problemas relacionados ao funcionamento são registrados na seção de histórico da máquina, porém dados como tempo de emenda e tempo de reparo devem ser contabilizados manualmente pelo supervisor presente no momento.

Conclui-se que é de grande importância a aplicação do indicador OEE de forma contínua, não só para monitorar a eficiência da linha, mas também para identificar onde encontram-se as possíveis perdas, buscando eliminá-las. Um alinhamento entre a condução do processo produtivo, as estratégias de TPM e o planejamento e execução da manutenção são essenciais, visto que, tempos ociosos e tempos de parada influenciam na eficiência global do

equipamento. Também foi possível concluir que mesmo uma indústria de pequeno porte, ao seguir esses alinhamentos foi possível alcançar valores de classe mundial.

Como sugestões para trabalhos futuros, indica-se a realização de um monitoramento com um período indicado entre 3 e 6 meses para gerar um maior número de amostras, aumentando assim a confiabilidade no teste das relações. Pode-se também realizar um estudo com a utilização de ferramentas da qualidade para identificar as causas das falhas e paradas não programadas, como a aplicação de FMEA ou diagramas de Ishikawa, por exemplo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção mecânica industrial**: Princípios técnicos e operações. São Paulo: Érica, 2015. 152 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

CUTRIM, Yuri Alisson Barreto. **Avaliação dos indicadores de manutenção em uma indústria de bebidas: um estudo de caso**. Semana Acadêmica Revista Científica, Fortaleza, v. 9, ed. 210, p. 1-14, 30 jun. 2021.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SANTOS, Danielle Freitas; PRATA, Auricélio Barros. **Engenharia de Manutenção**. Porto Alegre: Sagah, 2018. 196 p.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SILVEIRA, Aline Moraes da. **Manutenção Industrial**. Porto Alegre: Sagah, 2018. 180 p.

HANSEN, Robert C. **Overall equipment effectiveness**: a powerful production/maintenance tool for increased profits. New York: Industrial Press, Inc., 2002.

LIMA, Hygor Silva. **Aplicação do FMEA para proposição de melhorias na gestão da manutenção de uma indústria têxtil**. 2020. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Ceará - Campus de Russas, Russas, 2020.

M, 1 Subha Shree et al. **Overall equipment effectiveness (OEE) analysis and improvement in a spinning unit**. International Journal of Applied Engineering Research, india, ano 2015, v. 10, n. 55, p. 3791-3796.

MARTINS, Ana Patrícia de Almeida Pires. **A influência da manutenção industrial no índice Global de Eficiência (OEE)**. 2012. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências de Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

MEGIOLARO, Marcello Rodrigo de Oliveira. **Indicadores de manutenção industrial relacionados à eficiência global de equipamentos**. 2015. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM**: total productive maintenance. Cambridge, MA: Productivity Press, Inc., 1988. 129 p.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção**: Função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384 p.

RIETER. **End Spining**: Rieter Rotor Semi R36 Brochure. 2018. Disponível em: <https://www.rieter.com/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

SANTOS, Pedro Vieira Souza. **Aplicação do indicador overall equipment effectiveness (OEE): Um estudo de caso numa retífica e oficina mecânica**. Revista Brasileira de Engenharia de Produção, São Mateus, v. 4, n. 3, p. 01-18, jan. 2018.

SILVA FILHO, Flávio Lopes da. **APLICAÇÃO DO OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS PARA MEDIR A EFICIÊNCIA DE UMA CÉLULA PRODUTIVA**: Estudo de caso em uma indústria de confecção no agreste de Pernambuco. 2021. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2021.

SILVA, Gilzibene Marques da; ARAÚJO, Adrilayne dos Reis; COSTA FILHO, Galafre Guttemberg da. **Análise de Séries Temporais de Pacientes com HIV/AIDS Internados no Hospital Universitário João de Barros Barreto (HUJBB), da Região Metropolitana de Belém, Estado do Pará**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 19. São Pedro: UNICAMP, 2010

SILVA, José Pedro Amorim Rodrigues da. **OEE - A forma de mediar a eficácia dos equipamentos**. 2009. Disponível em: [https://leanemportugal.webs.com/OEE\\_forma\\_de\\_medir\\_eficacia Equipamento-Rev1.pdf](https://leanemportugal.webs.com/OEE_forma_de_medir_eficacia Equipamento-Rev1.pdf). Acesso em: 24 fev. 2022.

SOEIRO, Marcus Vinícius de Abreu; OLIVIO, Amauri; LUCATO, André Vivente Ricco; **Gestão da Manutenção**, Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 200 p,

SOUZA, Jonas de. **Eficiência Geral de Equipamento (OEE)**: Um estudo da associação entre o OEE e outros indicadores da atividade produtiva. 2017. 71 f. Dissertação de Mestrado (Administração) - Faculdade Campo Limpo Paulista, Campo Limpo Paulista, 2017.

ZUASHKIANI, Ali; RAHMANDAD, Hazhir; JARDINE, Andrew K. S. **Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices**. International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 17 No. 1, 2011 pag. 74-92. Emerald Group Publishing Limited.



## APÊNDICES

APÊNDICE A – Folha de verificação com registros de paradas e da produção.

| CONTROLE DE OCORRÊNCIAS DIÁRIAS<br>OPEN END RIETER R36 01 |                                                    |                                                                                                          |                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| Registros do dia                                          | Eventos por Turnos                                 |                                                                                                          |                                                         | Produção  |
|                                                           | A                                                  | B                                                                                                        | C                                                       |           |
| Dia 01:<br>Sex<br>01/04                                   |                                                    | - Falha elétrica: 5min de parada + 15min de emenda<br>- Falha elétrica: 4min de parada + 20min de emenda |                                                         | 8058.26kg |
| Dia 02:<br>Sab<br>02/04                                   |                                                    |                                                                                                          |                                                         | 8025.85kg |
| Dia 03:<br>Dom<br>03/04                                   |                                                    |                                                                                                          |                                                         | 8362.16kg |
| Dia 04:<br>Seg<br>04/04                                   | - Falha elétrica: 8min de parada + 15min de emenda |                                                                                                          |                                                         | 8526kg    |
| Dia 05:<br>Ter<br>05/04                                   |                                                    |                                                                                                          |                                                         | 8464.74kg |
| Dia 06:<br>Qua<br>06/04                                   |                                                    |                                                                                                          | - Quebra de correia: Parada por 80min + 20min de emenda | 8004.58kg |
| Dia 07:<br>Qui<br>07/04                                   |                                                    |                                                                                                          | - Falha elétrica: 19min de parada + 20min de emenda     | 8544.31kg |

### SEMANA 1

| Tempo Operacional | Σ Perdas de Disponibilidade | Σ Perdas de Performance | Σ Perdas de Qualidade | Total Produzido |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|

|          |        |       |         |            |
|----------|--------|-------|---------|------------|
| 10080min | 116min | 90min | 51,03kg | 57985,90kg |
|----------|--------|-------|---------|------------|

| Registros do dia        | Eventos por Turnos                                       |                                                           |                                                   | Produção  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------|
|                         | A                                                        | B                                                         | C                                                 |           |
| Dia 08:<br>Sex<br>08/04 |                                                          |                                                           |                                                   | 8186,06kg |
| Dia 09:<br>Sab<br>09/04 |                                                          | - Falha elétrica:<br>13min de parada +<br>15min de emenda |                                                   | 7909,97kg |
| Dia 10:<br>Dom<br>10/04 |                                                          |                                                           |                                                   | 8363,90kg |
| Dia 11:<br>Seg<br>11/04 |                                                          |                                                           |                                                   | 8433,20kg |
| Dia 12:<br>Ter<br>12/04 | - Falha elétrica:<br>8min de parada +<br>10min de emenda |                                                           |                                                   | 8440,66kg |
| Dia 13:<br>Qua<br>13/04 |                                                          |                                                           |                                                   | 8495,32kg |
| Dia 14:<br>Qui<br>14/04 | -                                                        | - Motor<br>sobreaquecido:<br>19min                        | - Rotação dos<br>cilindros fora de<br>campo: 3min | 8459,12kg |

## SEMANA 2

| Tempo Operacional | Σ Perdas de Disponibilidade | Σ Perdas de Performance | Σ Perdas de Qualidade | Total Produzido |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|
| 10080min          | 21min                       | 47min                   | 68,06kg               | 58288,18kg      |

| Registros do dia        | Eventos por Turnos                                        |                                             |                                                                                                                       | Produção  |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                         | A                                                         | B                                           | C                                                                                                                     |           |
| Dia 15:<br>Sab<br>16/04 | - Setup de ajuste<br>+ Tempo de ajuste: 27min             |                                             |                                                                                                                       | 8907,24kg |
| Dia 16:<br>Dom<br>17/04 | - Falha elétrica:<br>2min de parada +<br>18min de emenda  |                                             | - Falha elétrica:<br>23min de parada +<br>20min de emenda<br>- Falha elétrica:<br>20min de parada+<br>20min de emenda | 8502,96kg |
| Dia 17:<br>Seg<br>18/04 | - Falha elétrica:<br>14min de parada +<br>15min de emenda | - Rotação dos cilindros fora de campo: 3min |                                                                                                                       | 8208,40kg |
| Dia 18:<br>Ter<br>19/04 |                                                           | - Rotação dos cilindros fora de campo: 2min |                                                                                                                       | 8629,46kg |
| Dia 19:<br>Qua<br>20/04 |                                                           |                                             |                                                                                                                       | 8699,04kg |
| Dia 20:<br>Qui<br>21/04 |                                                           |                                             |                                                                                                                       | 8434,08kg |
| Dia 21:<br>Sex<br>22/04 |                                                           | - Rotação dos cilindros fora de campo: 2min |                                                                                                                       | 8672,40kg |

## SEMANA 3

| Tempo Operacional | Σ Perdas de Disponibilidade | Σ Perdas de Performance | Σ Perdas de Qualidade | Total Produzido |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|
| 10080min          | 86min                       | 80min                   | 74,88kg               | 60053,58kg      |

| Registros do dia        | Eventos por Turnos                                                                                                    |                                                                                                                        |   | Produção  |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------|
|                         | A                                                                                                                     | B                                                                                                                      | C |           |
| Dia 22:<br>Sab<br>23/04 |                                                                                                                       | - Pane energética:<br>99min de parada<br>- Avaria/Ajuste:<br>13min + 15min de emenda                                   |   | 8059,16kg |
| Dia 23:<br>Dom<br>24/04 | - Falha elétrica:<br>5min de parada +<br>15min de emenda<br>- Falha elétrica:<br>35min de parada +<br>15min de emenda | - Falha elétrica:<br>18min de parada +<br>20min de emenda<br>- Falha elétrica:<br>39min de parada +<br>20min de emenda |   | 8022,34kg |
| Dia 24:<br>Seg<br>25/04 |                                                                                                                       |                                                                                                                        |   | 8446,18kg |
| Dia 25:<br>Ter<br>26/04 |                                                                                                                       |                                                                                                                        |   | 9028,84kg |
| Dia 26:<br>Qua<br>27/04 |                                                                                                                       |                                                                                                                        |   | 8490,66kg |
| Dia 27:<br>Qui<br>28/04 | - Rotação dos cilindros fora de campo: 3min                                                                           | - Rotação dos cilindros fora de campo: 2min                                                                            |   | 8283,76kg |
| Dia 28:<br>Sex<br>29/04 |                                                                                                                       | - Rotação dos cilindros fora de campo: 2min                                                                            |   | 8373,76kg |

## SEMANA 4

| Tempo Operacional | Σ Perdas de Disponibilidade | Σ Perdas de Performance | Σ Perdas de Qualidade | Total Produzido |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|

|          |        |        |         |           |
|----------|--------|--------|---------|-----------|
| 10080min | 196min | 105min | 95,29kg | 58704,7kg |
|----------|--------|--------|---------|-----------|

