UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Victória Fernanda Tenório Sêco

Estudo de eficiência de teares em uma tecelagem de meias em Juiz de Fora

Juiz de Fora

2023

Victória Fernanda Tenório Sêco

Estudo de eficiência de teares em uma tecelagem de meias em Juiz de Fora

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. D. Sc., Antonio Angelo Missiaggia Picorone

Juiz de Fora

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Sêco, Victória Fernanda Tenório.
Estudo de eficiência de teares em uma tecelagem de meias em Juiz de Fora / Victória Fernanda Tenório Sêco. -- 2023.
45 p. : il.

Orientador: Antonio Angelo Missiaggia Picorone
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, ICE/Engenharia, 2023.

1. Eficiência. 2. OEE. 3. Gestão operacional. I. Picorone, Antonio Angelo Missiaggia, orient. II. Título.

Victória Fernanda Tenório Sêco

ESTUDO DE EFICIÊNCIA DE TEARES EM UMA TECELAGEM DE MEIAS EM JUIZ DE FORA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 08 de Maio de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc., Antônio Ângelo Missiaggia Picorone
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. D. Sc., Márcio de Oliveira
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. D. Sc., Luiz Henrique Dias Alves
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

"Porque dele, e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente. Amém." (Romanos 11:36)

A Deus agradeço por poder concluir essa fase, Ele foi minha rocha e minha fortaleza e me permitiu que chegasse até aqui.

Aos meus pais por todo apoio, todo "puxão de orelha", todo amor, pelo tempo que sempre dedicaram. Obrigada por terem sempre se preocupado em forjar em mim um coração genuíno e moldar meu caráter. Obrigada mamis e papis!

Agradeço aos meus queridos irmãos, são os primeiros amigos que fiz na vida. Aqueles que sempre me acompanharam, que conhecem as camadas mais profundas de quem eu sou.

Agradeço ao Matheus por ter me motivado a não desistir e por acreditar em mim, pela companhia e por tudo que nós temos conseguido construir e sonhar juntos. A Manu, minha filha, que me faz querer buscar o melhor de mim para que ela possa desfrutar disso.

Agradeço a empresa que abriu as portas, que me dá a experiência fascinante do chão de fábrica. Eu agradeço o exemplo de garra e o exemplo dos diretores, agradeço pelos desafios diários que sempre me fazem crescer como profissional e também como pessoa.

Obrigada aos meus amigos da universidade, pelos risos e choros, pelos desesperos e pela companhia. Com eles a caminhada foi mais leve.

Agradeço o professor Antônio por ter me dado suporte para que eu tivesse chegado até aqui, e por não ter desistido deste trabalho.

Agradeço aos professores da engenharia de produção que muito me inspiraram com seu exemplo e por todo o conhecimento que eles se dedicaram a passar. Obrigada por me formarem engenheira.

RESUMO

Uma empresa deve ser capaz de expandir sua capacidade diante de um panorama de crescimento. Para que esta expansão seja sustentável é necessário priorizar os recursos existentes, diminuir desperdícios, melhorar a qualidade e eficiência da produção antes de investir em novos recursos. Para isso, é importante fazer uma análise interna, observar se os recursos já existentes estão sendo usados de maneira adequada, analisar os gargalos e eliminar os desperdícios. No que diz respeito aos equipamentos, um dos métodos adotados para analisar o desempenho operacional destes recursos é através do indicador de eficiência global do equipamento (OEE) proposto através da manutenção produtiva total (TPM). Este trabalho propõe uma forma de análise da utilização dos recursos de tecelagem em uma fábrica de meias localizada na cidade de Juiz de Fora, MG através dos indicadores de OEE e seus derivados, buscando entender os principais processos do setor, suas particularidades e as perdas, de forma a trazer resultados que permitam o crescimento inteligente da capacidade de produção. Os resultados preliminares deste trabalho sugerem que é possível trabalhar o indicador do OEE e na empresa estudada e que os patamares atingidos pela mesma são inferiores aos propostos por Nakajima (1989) como *benchmarking*.

Palavras-chave: OEE. Tecelagem. Gestão operacional.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comércio Internacional de Meias 13

Figura 2: Metodologia de Pesquisa 15

Figura 3: Relatório gerado pelo CLP 26

Figura 4: Relatório Diário de Produção 27

Figura 5: Comparativo de Disponibilidade 30

Figura 6: Comparativo de Desempenho 31

Figura 7: Comparativo de Qualidade 33

Figura 8: Comparativo de OEE 33

Figura 9: Indicadores nos Equipamentos 34

Figura 10: Função de Distribuição Acumulada para os Indicadores 35

Figura 11: Distribuição Acumulada para OEE de cada Equipamento 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Perda TPM x OEE 20

Tabela 2: Benefícios e Limitações OEE 21

Tabela 3: *Benchmarking* OEE 24

Tabela 4: Responsabilidades Tecelagem 25

Tabela 5: Tempos para disponibilidade 29

Tabela 6: Medidas Gerais de Disponibilidade 29

Tabela 7: Medidas Gerais de Desempenho 31

Tabela 8: Medidas Gerais de Qualidade 32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Indicadores Derivados do OEE 19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIT: Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção

IoT: *Internet of Things* ou Internet das Coisas

OEE: *Overall Equipment Effectiveness* ou Eficiência global do equipamento

OEEL: *Overall Equipment Effectiveness of a Line* ou Eficiência global de uma linha de produção

OEEML: *Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line ou* Eficácia global de uma linha de manufatura

OFE: *Overall Factory Effectiveness* ou Eficácia global da fábrica

OLE: *Overall Line Effectiveness* ou Eficiência de uma linha de produção

OTE: *Overall Througput Efectiviness* ou Eficiência global de saída

TEEP: *Total Effectiveness Equipment Desempenho* ou Desempenho efetiva total dos equipamentos

TPM: *Total Productive Maintence* ou Manutenção produtiva total

LISTA DE VARIÁVEIS

- D - Disponibilidade
- P – Desempenho
- Q – Qualidade
- T_p - Tempo total programado
- T_s - Tempo total de paradas planejadas
- T_n - Tempo total de paradas não planejadas
- T_c - Tempo teórico de ciclo
- P_p - Total de peças produzidas
- R_f - Peças defeituosas
- R_t - Peças de retrabalho
- E_d - Eficiência da linha em termos da disponibilidade
- E_{pq}- Eficiência da linha em termos de qualidade e desempenho
- T_{on} - Tempo de operação do *n*-ésimo equipamento da linha
- T_{tc} - Tempo total do calendário
- P_b – Quantidade de produtos bons
- T_g - Tempo de ciclo no gargalo
- T_{o1} - Tempo de operação programado do primeiro equipamento do processo
- U_t - Taxa de utilização
- CTI_m- Tempo de ciclo do produto na saída da linha
- $MVTI_m$- Tempo de agregação de valor na linha
- CTb_n - Tempo de ciclo ideal do equipamento gargalo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13

2. INDICADORES DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL 17

2.1. EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO – OEE 19

2.1.1. Cálculo Do Oee 21

2.2. REFERÊNCIA DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA EM TEARES 23

3. O PROCESSO DE TECELAGEM RESULTADOS ENCONTRADOS 25

3.1. A FABRICAÇÃO DE MEIAS 25

3.2. RESULTADOS E DISCUSSÕES 28

3.2.1. Fator De Disponibilidade 28

3.2.2. Fator De Desempenho 30

3.2.3. Fator De Qualidade 32

3.2.4. Resultados De Oee 33

3.2.5. Resultados Dos Equipamentos 34

4. CONCLUSÃO 37

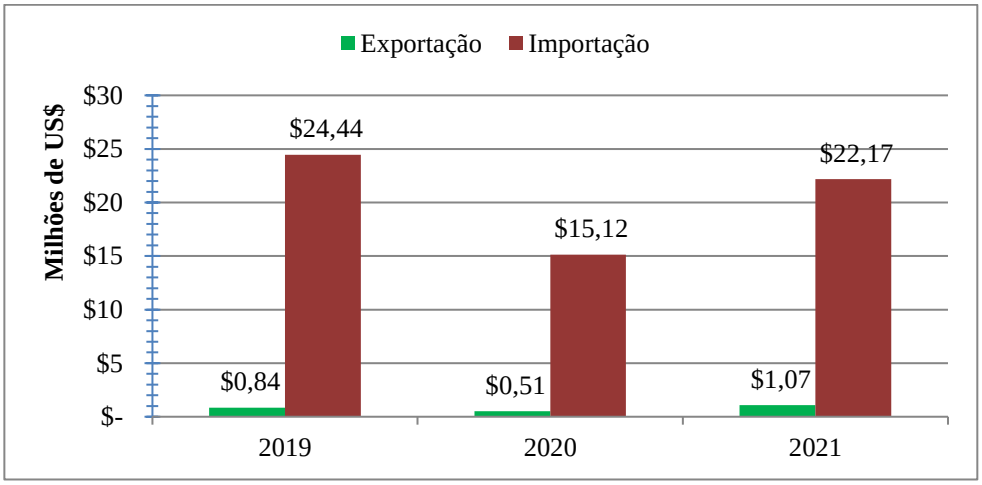
REFERÊNCIAS 38

ANEXO A - RESULTADOS DOS INDICADORES DOS EQUIPAMENTO 41

1. INTRODUÇÃO

O setor têxtil brasileiro tem experimentado uma forte concorrência desde a abertura do mercado nos anos 1990. A Figura 1 reporta o comércio internacional de meias através dos níveis de importação e exportação. Através da figura, é possível notar a forte entrada da mercadoria no país (cerca de 25 vezes mais do que é exportado). Ou seja, existe um grande mercado consumidor de meias interno que tem sido abastecido por empresas externas.

Figura 1: Comércio Internacional de Meias



Fonte: Adaptado COMEX (2022).

Os consumidores deste produto procuram, além de qualidade e design inovador, o melhor preço, que representa um dos maiores diferenciais competitivos do setor (ROSSI, 2016). Entre os países que mais vendem meias para o Brasil, destacam-se a China e o Paraguai, com valores médios de US$0,30 e US$0,37 por unidade estatística, enquanto o Brasil exporta ao valor médio de US$1,01 (COMEX, 2022). Essas diferenças médias nos custos do produto mostram a necessidade do desenvolvimento da indústria nacional em busca de melhores preços para aumentar sua competitividade em nível interno, bem como a nível internacional.

O processo de produção de meias tem algumas macroetapas principais, sejam elas: a tecelagem, o acabamento e a embalagem. Desses processos, é realizada, na tecelagem, a principal transformação da matéria-prima em produto semiacabado. Nesta etapa de produção são utilizados os teares circulares para meias, principal equipamento de todo o processo produtivo. Estes equipamentos se caracterizam por ser gargalos dentro do setor de fabricação de meias, devido ao seu valor e sua velocidade de operação. Dessa forma,

a busca por uma tecelagem mais eficiente torna-se alvo de projetos e estudos buscando gerar uma indústria mais competitiva.

Através da busca pela eficiência é possível reduzir custos e o valor do produto. A busca pela eficiência não é algo inovador no campo de produção; desde o século XIX, com Taylor (BLAKE e MOSELEY, 2011), depois com Henry Ford e com os conceitos da produção enxuta colocadas pela Toyota, os estudos de métodos de melhoria e medidas de eficiência são constantes e têm evoluído. Mais do que estudar, inovar e motivar a desenvolver ferramentas de gestão, todos estes grandes avanços possuem o mesmo objetivo, a busca constante pela eficiência como forma de sobrevivência em um mundo de produção cada vez mais competitivo (MAGALDI e NETO, 2018).

Assim, este trabalho tem como objetivo investigar e desenvolver meios que visam acompanhar a eficiência do setor de tecelagem de meias de uma empresa; ou seja, busca responder a seguinte questão de investigação: como medir e acompanhar a eficiência dos teares através do gerenciamento do índice de eficiência das máquinas de tecelagem?

1.1. Delimitação do estudo

Para responder à questão de investigação supracitada, este trabalho usa como ponto de partida as discussões sobre os seguintes temas: estratégia de manutenção; eficiência; índices de eficiência de equipamento; e, produtividade. Com isso, busca identificar o melhor indicador de eficiência para o setor de tecelagem de meias e entender como calcular este indicador. As investigações se limitaram aos processos de tecelagem e malharia com o foco nos indicadores das máquinas, não abordando temas relacionados ao planejamento de produção e processos produtivos, com a finalidade de entender o funcionamento de uma tecelagem de meias e setores similares. Com estes conhecimentos, é possível analisar os dados do setor e entender suas principais oportunidades de melhorias.

A investigação do sistema foi conduzida a partir de um grupo de máquinas escolhidas como grupo amostral. Ao todo, 87 teares circulares conectados ao controlador lógico programável (CLP); para estes, existem uma maior abundância de dados disponíveis.

A coleta de dados ocorreu durante o período do mês de novembro de 2022 em dias em que a produção foi considerada normal, ou seja, a equipe de operação do setor estava completa no local, considerados ao todo 20 dias de produção. Ao todo foram utilizados 139.727 dados relativos ao *log* de máquinas contendo informações do momento

da parada do equipamento e do momento da volta, se o recurso foi desligado ou entrou em modo de falha, e 7.713 dados do relatório de tecelão contendo dados de contador inicial e final, quantidade de refugos e agulhas quebradas, sendo estes dados segregados por máquina, por turno, por tecelão. Todos estes dados foram compilados utilizando recursos do *Power BI* e os gráficos deste trabalho foram feitos em *RStudio* e *Excel*.

Entretanto, mesmo com as limitações no escopo discutidas acima, acredita-se que este trabalho preliminar poderá gerar conhecimentos que resultarão em melhorias do setor em estudo e em outros setores da empresa. Pois, além de fornecer subsídios para a empresa objeto de estudo para a tomada de decisão quanto à aquisição de novos recursos ou ações que promovem o aumento da eficiência dos recursos existentes, também fomenta a discussão sobre o aumento da capacidade do setor de tecelagem através da melhoria dos processos do setor.

1.2. Objetivos do trabalho

Este trabalho tem como **objetivo geral** propor uso do método do OEE para análise da eficiência das máquinas do setor de tecelagem de uma fábrica de meias na gestão de seus ativos.

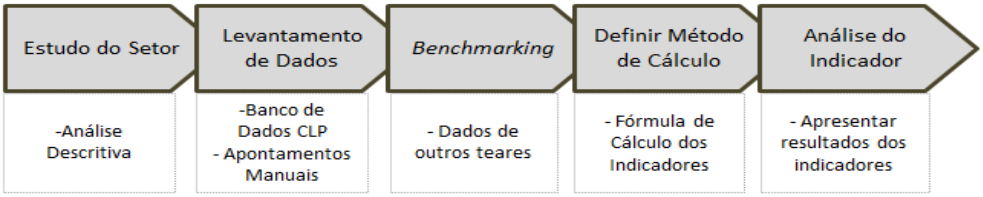
Para atender ao objetivo geral, serão buscados os seguintes **objetivos específicos**:

- Entender o funcionamento do setor de tecelagem;
- Levantar os dados relacionados à eficiência dos teares;
- Definir a metodologia para o cálculo dos índices de eficiências dos teares e do departamento de tecelagem;
- Analisar a eficiência do setor de tecelagem;

1.3. Metodologia

A figura 2 ilustra as macros atividades que foram realizadas para se atingir os objetivos específicos deste trabalho.

Figura 2: Metodologia de Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

1. Estudo do setor: através de uma análise descritiva do funcionamento do setor, foram apontados de maneira qualitativa os principais fatores que influenciam no desempenho das máquinas. Este estudo foi realizado através do entendimento do processo e de apontamentos e impressões dos principais agentes do processo (mecânicos, programador de produção, tecelão).

2. Levantamento de Dados: os dados foram coletados a partir do controlador lógico programável (CLP) utilizado para o controle dos teares, além de apontamentos manuais redigidos pelos colaboradores. Ao serem cruzados, estes dados permitiram o cálculo de indicadores de qualidade do tempo de máquinas paradas e desligadas.

3. *Benchmarking*: foi realizado o estudo da eficiência de outros teares através de pesquisa bibliográfica.

4. Método de Cálculo: a partir do entendimento do setor e do levantamento dos dados da empresa estudada foi proposto um método de cálculo dos indicadores de eficiência.

5. Análise do Indicador: foi realizada uma análise crítica dos indicadores calculados propostos e comparados com os valores encontrados na literatura para sugerir melhorias de método de cálculo ajustando a realidade do equipamento e das máquinas.

1.4. Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução ao trabalho, a definição do problema, seu alcance, os objetivos do trabalho e a metodologia usada na pesquisa. O Capítulo 2 aborda os principais conceitos utilizados na pesquisa, a partir dos quais são discutidos os principais tópicos sobre os índices de eficiência mais utilizados. No Capítulo 3, o processo de tecelagem é detalhado e é discutido os resultados alcançados através deste trabalho. Por fim, o Capítulo 4 apresenta as principais conclusões do trabalho, as lições aprendidas e os direcionamentos futuros.

2. INDICADORES DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL

As ideias da produção enxuta se difundiram no mundo inteiro e trouxeram conceitos como o controle da qualidade total, a manutenção produtiva e *kaizen*, trazendo consigo uma série de ferramentas de intervenção em empresas visando o aumento da eficiência. Influenciados pela cultura japonesa, as empresas têm buscado a melhoria aplicando as ferramentas da manufatura enxuta em seus processos, transformando a forma com que lidam com seus recursos através de indicadores de monitoramento e controle para que consigam perceber e mitigar os desperdícios e ineficiências dos processos.

Com o passar do tempo, novos paradigmas de produção surgiram depois dos conceitos do paradigma da manufatura enxuta. Em 1991, o paradigma da manufatura ágil surge com as *startups*, em um contexto em que os mercados são imprevisíveis e clientes possuem os mais diversos desejos e exigem uma alta flexibilidade da empresa (FILHO e FERNANDES, 2006). Em seguida (1998), é a vez da manufatura responsiva, que tem como contexto um mercado que concorre pelo tempo (FERNANDES et. al., 2012).

A constante evolução em administração e gestão industrial é motivada pelo desenvolvimento de novas tecnologias que permitem gerenciar a eficiência das operações. A velocidade da troca de informações e o uso das tecnologias habilitadoras, tais como, internet das coisas (IoT - *internet of things*), *big data*, impressão 3D e robótica avançada são elementos cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, transformando a maneira de fazer negócios e gerenciar processos produtivos. Este novo paradigma de produção está no contexto do que é chamado de Indústria 4.0 (SCHWAB, 2016). Neste novo universo da indústria, o gerenciamento das operações de forma mais eficiente é fundamental para a permanência no negócio.

De uma forma geral, a eficiência é um importante indicador que mostra de forma comparativa o desempenho de um determinado processo. Para determinar o indicador de eficiência, diferentes formatos são tomados. A eficiência técnica e alocativa, por exemplo, foram propostos por Farrel (1957). A primeira visa um melhor *output*, dada uma quantidade de recursos. Por outro lado, a segunda busca minimizar os *inputs*, dado um *output* necessário.

Dentre os indicadores de eficiência descritos na literatura, destacam-se os seguintes índices:

i) Eficiência global do equipamento (OEE – *Overall Equipment Effectiveness*), que considera todos os impactos causados na operação de um equipamento derivados da

indisponibilidade de seus recursos físicos (MARKUS & STEINBECK, 2018 apud NAKAJIMA, 1989);

ii) Eficiência global de uma linha de produção (*OEEL – Overall Equipment Effectiveness of a Line*), que estende a aplicação do conhecido OEE para a aplicação em uma linha de manufatura (CHAND e SHIRVANI, 2000);

iii) Eficiência de uma linha de produção (OLE – *Overall Line Effectiveness*), que adapta os indicadores do OEE, levando em conta a dependência entre as atividades em sequência (NACHIAPPAN e ANANTHARAMAN, 2006);

iv) Eficácia global de uma linha de manufatura (OEEML – *Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line*), que avalia o desempenho da linha de manufatura (não apenas de um equipamento), podendo ser aplicado em linhas com estoques intermediários (BRAGLIA, FROSOLINI, ZAMMORI, 2008);

v) Eficácia global da fábrica (OFE – *Overall Factory Effectiveness*), que é um indicador sistêmico que avalia o desempenho considerando as interações entre os diversos ativos que compõem o processo e as decisões tomadas pelos diversos sistemas e subsistemas (PINTELON e MUCHIRI, 2010);

vi) Eficiência global de saída (OTE – *Overall Througput Efectiviness)*, que é um indicador que modela a equação para o cálculo de eficiência de uma fábrica considerando todo o sistema em que está inserido (SCOTT e PISA, 1998 *apud* MUTHIAH e HUANG, 2007).

vii) Desempenho efetivo total dos equipamentos (TEEP – *Total Effectiveness Equipment Desempenho*), que avalia a efetividade global de um processo produtivo, de uma célula ou de uma linha de produção, considerando todo o tempo; ou seja, 24 horas por dia, 365 dias por ano (INVANCIC, 1998 *apud* PINTELIN e MUCHIRI, 2010).

O Quadro 1 resume a abrangência dos indicadores discutidos, em que, estes indicadores propostos discutem as perdas de nível 1, consideradas como perdas por causas operacionais, e perdas de nível 2 que, além de considerarem as perdas operacionais, também consideram as perdas por paradas planejadas, abordando também questões relativas ao planejamento de produção e manutenções programadas.

Quadro 1: Indicadores Derivados do OEE

Abrangência	**Unidade Avaliada**		
	Máquina	Linha	Fábrica
Nível 2: Causas Operacionais + Paradas Planejadas	TEEP	OLE OEEML TEEP	TEEP
Nível 1: Causas Operacionais	OEE	OEEL	OTE OFE

Fonte: Adaptado Busso (2012).

Este trabalho usará o índice do OEE como métrica para avaliar o equipamento estudado dado que este indicador é a raiz dos demais descritos, tendo portanto maior base de *benchmarking* na literatura e acreditando ser o primeiro passo para o gerenciamento da eficiência dos teares.

A implantação de índices de desempenho de máquinas e processos alinhados com outras metodologias para resolução de problemas como os 5 porquês ou diagrama de Ishikawa tornam-se importantes ferramentas de ruptura no modelo de processo da empresa. Nascimento (2019) mostra que o acompanhamento do OEE em uma planta de envase de bebidas, alinhado ao uso dessas ferramentas citadas, melhorou o desempenho em até 10 pontos percentuais dentro do período estudado. Ainda, Desiombra (2014) mostra que, através do uso de ferramentas do OEE, é possível encontrar a raiz das principais perdas em uma indústria metalúrgica. Em uma fábrica de produtos têxteis, o estudo dos indicadores ligados à eficiência e eficácia também trouxeram resultados positivos, como relatados em Barco (2017) que, ao longo do estudo e alinhado com técnicas de manutenção preventiva, reportou o aumento da produtividade do seu setor de trabalho de 56,44% para 68,98%.

A seção 2.1 discute com um pouco mais de detalhes o índice de desempenho que é utilizado no sistema produtivo em estudo, ou seja, o OEE.

2.1. Eficiência Global Do Equipamento – OEE

Com o objetivo de melhorar a eficiência na operação de máquinas, O OEE surgiu dentro do modelo Toyota de produção a partir de um sistema intitulado Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintence*), que tinha como objetivo aumentar a vida útil das máquinas e contribuir para evitar grandes desperdícios do processo

produtivo (DESEIOMBRA, 2014). O objetivo do indicador é verificar o quanto a empresa está utilizando os recursos disponíveis (máquinas, mão-de-obra e materiais) na produção.

O OEE é um dos principais indicadores que mede a capacidade produtiva de uma máquina dentro do tempo em que ela estava programada para produzir (SOUZA, 2017 *apud* NAKAJIMA, 1989). Ele quantifica a eficiência do equipamento sobre o foco da qualidade, desempenho e disponibilidade.

A gestão do OEE é uma maneira poderosa de aumentar a produtividade de plantas; isso porque o OEE tem a totalidade de perdas. Ou seja, além de falhas técnicas, também apresenta as demais perdas que afetam o desempenho (FOCKE e STEINBECK, 2018) o que gera conhecimento para trabalhos de melhoria. As principais perdas associadas ao equipamento são para Nakajima (1989): avarias no equipamento, *setups* e afinações, microparagens, redução de velocidade, defeitos e retrabalhos e produção reduzida. A proposição do indicador OEE se relaciona com todas essas seis perdas encontradas no ambiente produtivo pelas paradas não planejadas (as perdas de velocidade e as perdas por defeito) e busca mensurar as perdas através dos componentes de disponibilidades, desempenho e qualidade – os principais problemas do chão de fábrica. O relacionamento das seis grandes perdas, segundo a TPM, com as componentes do OEE está indicado na tabela 1.

Tabela 1: Perda TPM x OEE

Seis Grandes Perdas TPM	Tipo de Perda	Componente OEE
Avarias do Equipamento	Parada não planejada	Disponibilidade
Setups e afinações		
Microparagens	Perda de Velocidade	Desempenho
Redução de velocidade		
Defeitos e retrabalhos	Perdas por Defeito	Qualidade
Produção reduzida ou perdas no arranque		

Fonte: Adaptado Castro (2016).

Chirardia (2004) destaca que o cálculo do OEE definido e difundido tem papel fundamental, pois além de maximizar a eficiência dos equipamentos, também permite análises detalhadas das perdas pelos desdobramentos dos cálculos. Markus e Steinbeck (2018) confirmam falando que o indicador do OEE deve ser difundido em todos os níveis

operacionais da empresa, entregando a cada nível operacional o indicador trabalhado por tempos e subgrupos (turnos, grupos) conforme relevâncias. Desta forma, para os autores citados, a maximização da eficiência acontece através de atividades quantitativas e qualitativas, em que as qualitativas atuam através da redução dos níveis de defeito, e as quantitativas aumentando a disponibilidade e melhorando a produtividade.

A importância do trabalho e exposição do OEE ocorre quando são feitos trabalhos de melhorias para o atingimento de patamares cada vez melhores. Os principais benefícios e limitações do indicador OEE podem ser vistos na tabela 2; tornam-se necessárias adaptações no indicador do OEE para a extensão de seu uso de maneira mais adequada às mais diversas aplicações e enfoques diferentes, ampliando a visão de perdas.

Tabela 2: Benefícios e Limitações OEE

Benefícios	Limitações
● Análise de problemas de produção e manutenção possibilitando o trabalho de causa raiz.	● Quando aplicado a um escopo maior que uma máquina ou linha, não direciona as ações para melhoria contínua.
● Identifica máquinas que devem ser foco de atividade de gestão de manutenção.	● Não fornece visão sistêmica das perdas, pois não considera interações entre as atividades.
● Registros de parada complementam planos de manutenção.	● Dificuldade de reconhecer outras perdas além das seis perdas estabelecidas pela TPM.

Fonte: Adaptado Busso (2012).

2.1.1. Cálculo do OEE

O índice OEE pode ser obtido por (SOUZA, 2017 *apud* NAKAJIMA, 1989):

$$OEE = D \times P \times Q \quad , \qquad (1)$$

em que D representa o fator disponibilidade, P representa o fator desempenho e Q representa o fator qualidade.

2.1.1.1.Fator Disponibilidade

O fator disponibilidade é o índice que expressa à relação de tempo programado de produção e o tempo real de produção dado por (SOUZA, 2017 *apud* NAKAJIMA, 1989):

$$D = \frac{T_p - T_s - T_n}{T_p - T_s} \quad , \qquad (2)$$

em que T_p é o tempo total programado e se refere ao tempo em que o sistema está ativo, p.ex., se uma operação trabalha em três turnos de 8 horas por dia, o tempo total programado ao longo de um dia é de 24 horas. T_s é o tempo total de paradas planejadas; ou seja, paradas realizadas de forma consciente e preparadas como paradas por horário de almoço ou manutenção preventiva programada; e, T_n é o tempo total de paradas não planejadas – isto é, as pausas que não foram programadas para o intervalo observado como paradas por quebras ou *setups*.

O fator disponibilidade indica problemas que geram reduções no tempo disponível para o equipamento operar e produzir, seja por avarias, falhas, paradas não planejadas ou por mudanças de produto, bem como por falta de materiais e/ou operador, limpeza ou substituições de peças por desgaste. As falhas registradas para disponibilidade geralmente possuem tempo maiores, sendo superiores a 10 minutos (SILVA, 2013).

2.1.1.2. Fator Desempenho

O fator desempenho, também chamado de desempenho operacional, é a comparação entre o tempo de ciclo real do equipamento, quando este se encontra operando, e o tempo de ciclo teórico é dado por (SOUZA, 2017 *apud* NAKAJIMA, 1989):

$$P = \frac{T_c \times P_p}{T_p - T_s - T_n} \quad , \qquad (3)$$

em que, T_c é o tempo teórico de ciclo e P_p é o total de peças produzidas. Este fator afeta a eficiência do equipamento, impedindo que o mesmo funcione em seu ciclo ideal (paradas inferiores a 10 minutos), seja por limpeza, falha de alimentação de materiais, verificação de parâmetro, redução da velocidade do equipamento e seu funcionamento irregular, ou incapacidade do operador em garantir o funcionamento ideal impactam este indicador (SILVA, 2013).

2.1.1.3. Fator Qualidade

O último fator para o cálculo do OEE é a qualidade, que mostra a capacidade de fazer o produto certo pela primeira vez dado por (SOUZA, 2017 *apud* NAKAJIMA, 1989):

$$Q = \frac{P_p - \left(R_f + R_t\right)}{P_p} \quad , \qquad (4)$$

em que P_p é o total de peças produzidas, R_f é a quantidade de peças que foram julgadas como defeituosas e descartadas conforme os critérios de qualidade, e R_t é a quantidade de peças que tiveram de ser refeitas para atender os critérios de qualidade.

2.2. Referência dos indicadores de eficiência em teares

A proposição do indicador de eficiência global dos equipamentos por Nakajima (1989) acompanha uma proposição de valores para os indicadores que compõe o OEE. Estes valores mínimos ideais servem de parâmetros para avaliar um equipamento e entender onde estão as principais perdas relacionadas. Então, Nakajima (1989) propõe para o OEE uma meta de 85%, que é frequentemente atribuído como *benchmarking* global.

Ao fazer a aplicação dos indicadores para uma empresa de teares circulares, Rossi (2016) obteve valores superiores aos 85% proposto como *benchmarking* global.

Kurnia, Jaqin e Purba (2022) analisaram teares circulares para meias e, a partir dos valores encontrados de OEE das máquinas, foram aplicadas melhorias que, ao refletirem no indicador, tiveram um salto de 65% para 75%.

Ramzan, Jamshaid, Usman e Mishra (2022) estudaram os teares de uma fábrica de meias onde o OEE da empresa era de 77%. A partir do seu trabalho da aplicação do indicadores aliados a práticas do TPM a empresa teve um incremento de 2% em seu indicador.

Os resultados obtidos pelos trabalhos de Nakajima (1989), Rossi (2016), Kurnia, Jaqin e Purba (2022), Ramzan, Jamshaid, Usman e Mishra (2022) para os indicadores de disponibilidade, desempenho, qualidade e o OEE resultante foram resumidos na tabela 3.

Tabela 3: *Benchmarking* OEE

Autor	Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE
Nakajima (1989)	90%	95%	99%	85%
Rossi (2016)	97%	97%	90%	85%
Kurnia, Jaqin e Purba (2022)	95%	78%	99%	75%
Ramzan, Jamshaid, Usman e Mishra (2022)	88%	92%	98%	79%

Fonte: Elaborada pela autora.

O capítulo 2 falou dos principais indicadores em meio a literatura sobre a eficiência de máquinas. Foi visto que existem vários indicadores disponíveis para o cálculo de eficiência de equipamentos e que o OEE é a raiz de vários outros que foram sendo propostos em seguida. Também foi apresentado o método de cálculo do OEE proposto por Nakajima (1989) e realizado uma pesquisa de benchmarking com empresas similares à estudada. O capítulo 3, a seguir, trata do processo de fabricação de meias e introduz as especificidades da empresa estudada.

3. O PROCESSO DE TECELAGEM RESULTADOS ENCONTRADOS

3.1. A FABRICAÇÃO DE MEIAS

A produção de meias possui três macroprocessos, que são: tecelagem, acabamento e embalagem.

O setor de tecelagem é aquele em que ocorre a principal transformação do produto: A matéria-prima (que são os fios) é colocada em máquinas que, submetidas a uma programação, transforma-se em um produto semiacabado com desenhos, tamanhos e formas pré-definidas. Dessa forma, produtos diferentes podem assumir tempos de fabricação totalmente variáveis. Durante o processo, os operadores das máquinas de tecelagem (tecelões e revistadores) acompanham a produção para garantir o *output* desejado.

Os produtos semi acabados podem seguir diferentes caminhos até sua finalização de acordo com o produto que está sendo criado. Essa diferenciação ocorre nas etapas de acabamento de acordo com a ordem de produção que foi emitida.

Os principais agentes do setor de tecelagem são: desenhista, programador de produção, mecânicos, tecelões e revistadores. Cada um possui um impacto na produção do setor conforme indicado na Tabela 4:

Tabela 4: Responsabilidades Tecelagem

Função	Responsabilidade
Desenhista	Faz o desenho do produto conforme solicitação do cliente
Mecânico	Realiza a manutenção do equipamento; faz a regulagem nos equipamentos; monta os programas que serão inseridos nas máquinas.
Programador de Produção	Programa a produção, os *setups*.
Tecelão	Responsável por alimentar as máquinas com os fios conforme ordem de produção; acompanha o equipamento em produção buscando garantir as quantidades e qualidade necessárias.
Revistadores	Trabalham dando suporte aos tecelões, revistam as meias buscando garantir a qualidade.

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Durante a operação fabril, as máquinas de tecelagem podem assumir três *status*: desligada, em falha ou funcionando. Esses modos são coletados pelo CLP e são salvos

em um banco de dados que permite avaliar o tempo exato de cada máquina parada. O sistema de aquisição dos *status* atualmente não reporta o motivo da falha da máquina ou de estar desligada.

As manutenções na empresa estudada acontecem de maneira preventiva e corretiva. As manutenções preventivas ocorrem uma vez ao ano quando o equipamento é retirado do *layout* de produção é feito uma checagem geral de todos os elementos da máquina garantindo uma boa rodagem. As manutenções corretivas são feitas no dia a dia da empresa conforme necessidade por algum mecânico contratado e por mecânico terceiro quando se trata de problema eletrônico.

A figura 3 é uma parte do relatório relativo ao dia 28/11/2022 e mostra o tipo de relatório que é extraído do CLP da empresa, sendo cada linha um evento.

Figura 3: Relatório gerado pelo CLP

InTime	OutTime	Message	Area
28/11/22 7:16	28/11/22 7:16	58	Falha
28/11/22 7:16	28/11/22 7:16	110	Falha
28/11/22 7:16	28/11/22 7:16	109	Falha
28/11/22 7:16	28/11/22 7:17	70	Falha
28/11/22 7:17	28/11/22 7:17	58	Falha
28/11/22 7:16	28/11/22 7:17	128	Falha
28/11/22 7:16	28/11/22 7:17	111	Falha
28/11/22 7:16	28/11/22 7:17	127	Falha
28/11/22 7:16	28/11/22 7:17	39	Falha
28/11/22 7:16	28/11/22 7:17	90	Falha
28/11/22 7:16	28/11/22 7:17	114	Falha
28/11/22 7:16	28/11/22 7:17	104	Falha

Fonte: Empresa (2022).

Pelo relatório, os dados possíveis de extração são:

- Coluna *InTime*: hora e data que a máquina parou;
- Coluna *OutTime*: hora e data que a máquina voltou ao funcionamento;
- Coluna *Message*: o número de identificação da máquina;
- Coluna *Area*: se foi falha ou se a máquina foi desligada.

O apontamento de produção com as quantidades produzidas, quantidade de refugos, número de agulhas quebradas e *setups* é feito manualmente pelos tecelões e

depois são inseridos no ERP da empresa. A figura 4 ilustra o relatório do ERP com essas informações.

Figura 4: Relatório Diário de Produção

Número Ficha	Funcionário	Máquina	Agulha Quebrada	Refugo	Contador Máquina	IdTurno	Contador Inicial	Data de Lançamento
24052	A	Máquina - 56	0	3	336	1	147	01/11/2022 00:00
24052	B	Máquina - 56	0	1	480	2	336	01/11/2022 00:00
24053	B	Máquina - 56	0	0	112	2	0	01/11/2022 00:00
24053	C	Máquina - 56	0	0	348	3	112	01/11/2022 00:00
24042	D	Máquina - 77	0	0	502	1	326	01/11/2022 00:00
24042	D	Máquina - 77	0	0	600	2	502	01/11/2022 00:00
24043	D	Máquina - 77	0	2	118	2	0	01/11/2022 00:00

Fonte: Empresa (2022).

Através destes relatórios, é possível levantar os indicadores de qualidade, disponibilidade e desempenho, necessários para o cálculo do OEE.

3.2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a revisão bibliográfica feita na seção 2 deste trabalho, é necessário identificar os principais fatores que influenciam na construção dos indicadores que vão ser utilizados para o acompanhamento da produção e eficiência do setor de tecelagem.

Para o cálculo do OEE, foram utilizados os fatores de disponibilidade, desempenho e qualidade. Para tal, foi estudada a produção do mês novembro de 2022. Para o estudo, foram excluídos dias de hora extra ou os dias considerados atípicos, contabilizando 20 dias de produção. Ao todo, foram acompanhadas 87 máquinas através dos relatórios apontados na seção 3.1.

Para efeitos comparativos foram usados os trabalhos citados na seção 2.2, pois se trata de equipamentos com funcionamento similar, com os as mesmas dificuldades e razões de parada que o da empresa estudada, apesar de estar em contextos culturais diferentes, eles podem ser usados como *benchmarkings* comparativos.

O ANEXO A deste trabalho apresenta os valores encontrados de qualidade, desempenho e disponibilidade de cada um dos equipamentos utilizados.

3.2.1. Fator de disponibilidade

O fator de disponibilidade foi calculado a partir da equação 2 apresentada no item 2.1.1, sendo suas variáveis identificadas na tabela 5:

Tabela 5: Tempos para disponibilidade

Variável	Significado	Valor Tomado	Observação
T_p	Tempo Total Programado	Segunda a Sexta-Feira: 24h Sábados: 15h	Esse valor pode variar se é resolvido fazer horas extras em finais de semana.
T_s	Tempo Total de Parada Planejada	Segunda a Sexta-Feira: 15 min	Esse número é alterado quando há planejamento de manutenção preventiva
T_n	Tempo Total de Parada Não Planejada	Serão consideradas paradas superiores a 10 minutos, conforme Silva(2013).	Este valor deverá ser calculado a partir do relatório do CLP da empresa.

Fonte: elaborado pela autora (2023)

Em todos os dias observados, as paradas planejadas aconteciam nos horários de café da manhã. Na tabela 6 estão indicados os resultados obtidos de todas as máquinas avaliadas.

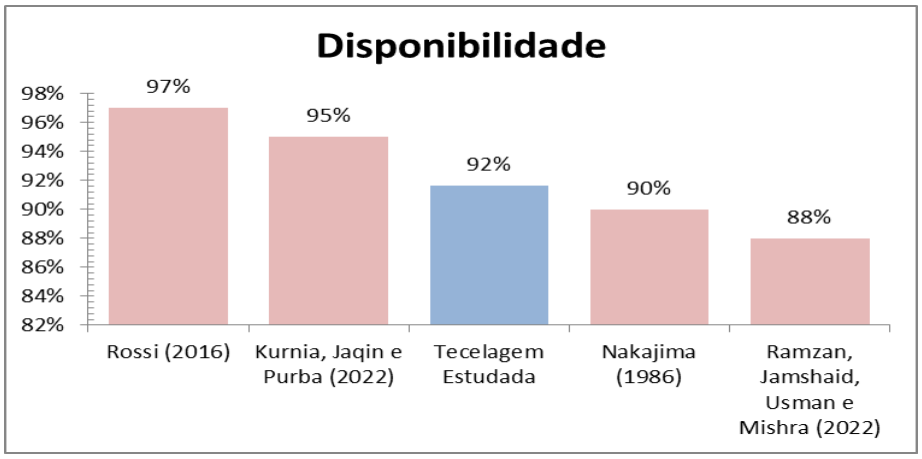
Tabela 6: Medidas Gerais de Disponibilidade

T_p	39.754 h
$T_p - T_s - T_n$	35.792 h
$T_p - T_s$	39.115,84 h
T_n	2.283,84 h
D	91,51%

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Um comparativo entre o valor obtido de disponibilidade e aqueles apontados na literatura é apresentado na figura 5.

Figura 5: Comparativo de Disponibilidade



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Como pode ser observado através da tabela 7 e da figura 6, o valor de disponibilidade encontrado é superior em relação ao valor mínimo sugerido por Nakajima (1986) e Ramzan, Jamshaid, Usman e Mishra (2022); porém, é inferior aos valores de Rossi (2016) e Kurnia, Jaqin e Purba (2022).

3.2.2. Fator de desempenho

Dado a uma grande variabilidade dos tempos de ciclo encontrados nos equipamentos estudados. Então, foi decidido fazer a adaptação proposta por Silva (2013) para o cálculo do fator de desempenho. Nesta proposta são considerados as paradas de máquinas com valor de 10 minutos como paradas de desempenho e deseja-se medir a proporção do tempo em que a máquina de fato produziu, para isso, este fator foi dado através da fórmula:

$$P = 1 - \frac{T_{Desempenho}}{T_p - T_s - T_n} \quad , \qquad (5)$$

onde $T_{Desempenho}$ representa o somatório dos tempos de paradas menores que 10 minutos.

Os resultados em desempenho coletados estão na tabela 7.

Tabela 7: Medidas Gerais de Desempenho

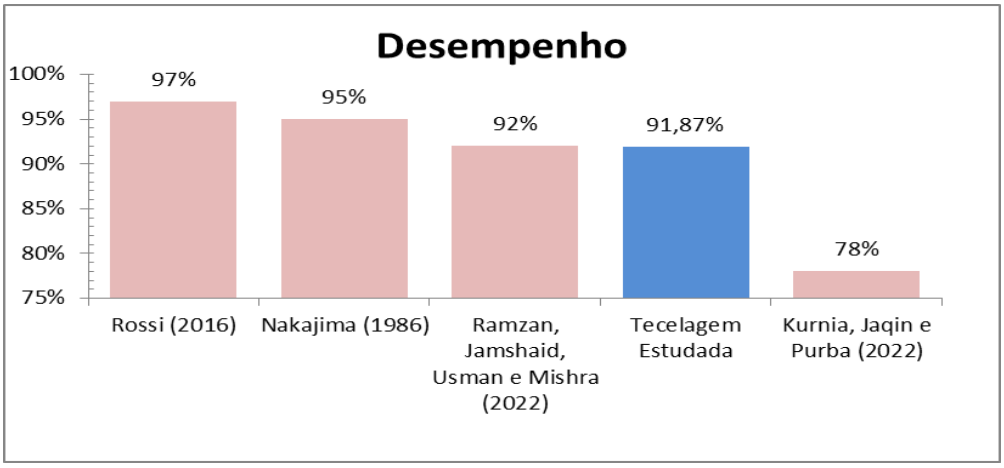
$T_p - T_s - T_n$	35.792 h
$T_p - T_s - T_n - T_{desempenho}$	32.851,82 h
$T_{desempenho}$	2.940,37 h
P	91,78%

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

A parcela $T_p - T_s - T_n - T_{desempenho}$ indica o tempo em que a máquina realizou a produção. O valor de desempenho ou *performance* encontrado foi de 91,87%.

A figura 6 mostra um comparativo das medidas de desempenho encontradas na tecelagem estudada com os demais *benchmarkings* encontrados na literatura.

Figura 6: Comparativo de Desempenho



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Conforme tabela 7 e figura 6, é possível observar que a tecelagem estudada tem valor de desempenho maior que Kurnia, Jaqin e Purba (2022) e inferior aos demais referenciais, sendo, portanto, um indicador que necessita ser aprimorado, uma vez que não supera os 95% propostos por Nakajima (1986) como mínimo tolerado.

3.2.3. Fator de qualidade

Utilizando os apontamentos feitos pelo tecelão em fichas de produção individual, pode-se obter o fator de qualidade do sistema, dado por:

$$Q = \frac{P_p - \left(R_f + R_t\right)}{P_p} \quad , \qquad (6)$$

em que Q é o resultado do fator qualidade, R_f é a quantidade de refugos anotados e P_b a produção de produtos bons no período calculado, o fator R_t é zerado pois não são realizados retrabalhos nos produtos, e $P_p = P_b + R_f$.

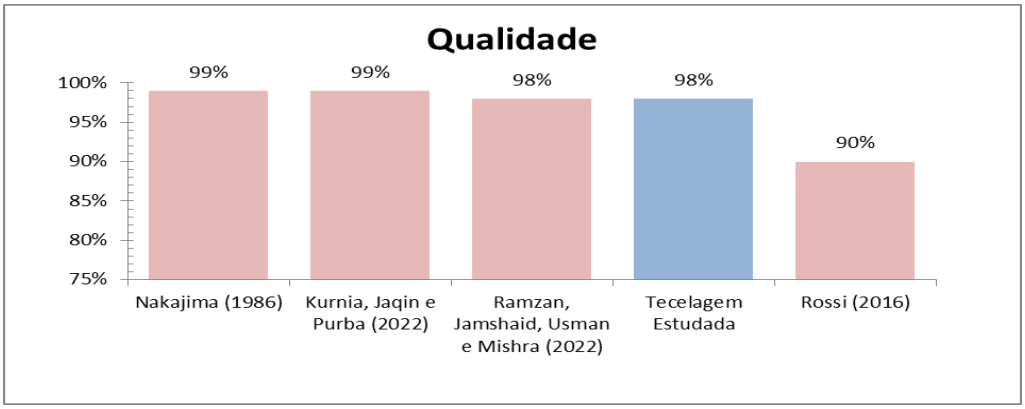
Os resultados de qualidade coletados estão indicados na Tabela 8. O valor do resultado obtido de 97,94% comparado com os valores encontrados na literatura estão são mostrados na figura 7. Através desses comparativos observa-se que este indicador também deve ser alavancado pois é inferior a 99%, proposto por Nakajima (1989) como mínimo aceitável, e encontrado no estudo de Kurnia, Jaqin e Purba (2022) . O valor, no entanto, é semelhante ao de Ramzan, Jamshaid, Usman e Mishra (2022) e é superior aos 90% encontrados em Rossi (2016).

Tabela 8: Medidas Gerais de Qualidade

P_t	33.829 dúzias
P_b	33.133 dúzias
R_f	696 dúzias
Q	97,94%

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 7: Comparativo de Qualidade



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

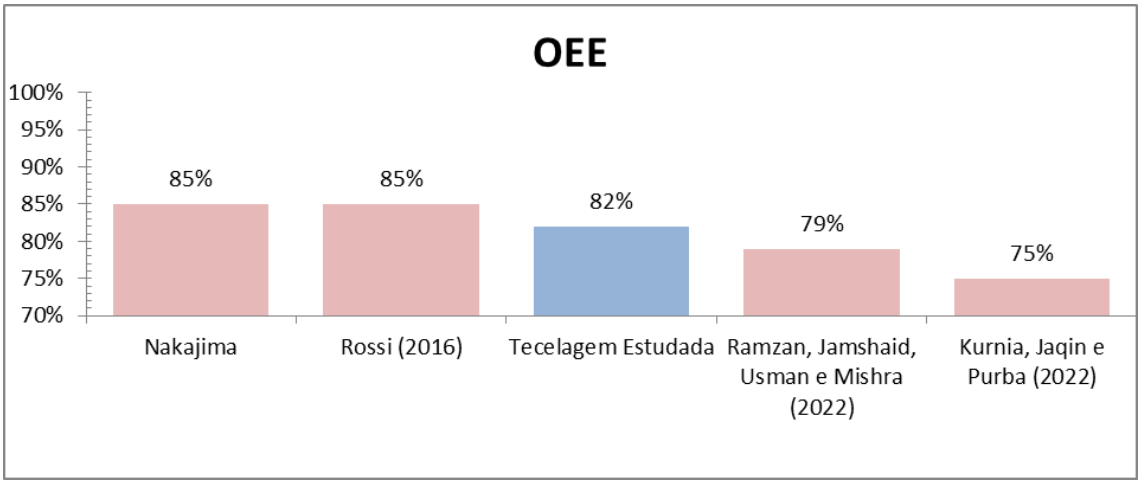
3.2.4. Resultados de OEE

A partir do cálculo dos indicadores de qualidade, desempenho e disponibilidade, bem como através da multiplicação dos seus fatores, é possível encontrar o OEE médio do setor produtivo, ou seja,

$$OEE = D \times P \times Q = 91{,}64\% \times 91{,}78\% \times 97{,}94\% = 82{,}37\%$$

A Figura 8 ilustra o comparativo do OEE da tecelagem estudada com os OEE's encontrados dos *benchmarkings* propostos.

Figura 8: Comparativo de OEE



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Observe que a empresa em estudo possui um OEE inferior ao de Rossi (2016) e ao proposto por Nakajima (1986), o que indica uma oportunidade de melhoria. Para tal, torna-se importante fazer estudos nos indicadores de qualidade e desempenho que não atingiram o mínimo da referência global. Através de melhorias desse indicador, a empresa conseguiria melhorar sua capacidade produtiva e conseguir fazer melhor uso de seus

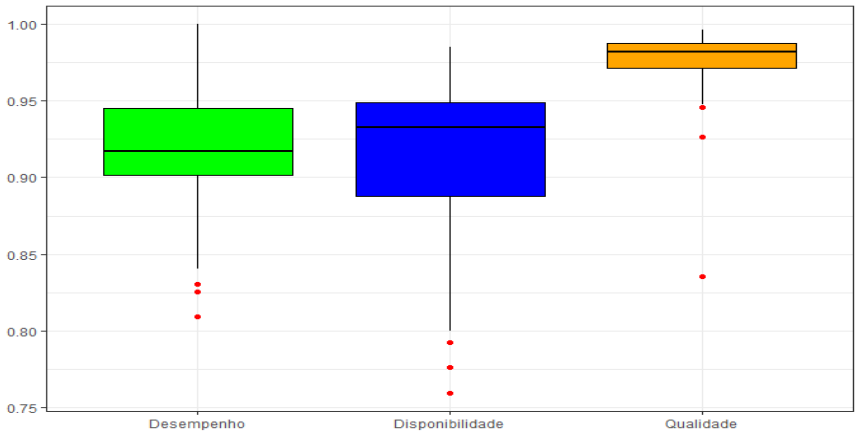
equipamentos. Observe também que, por outro lado, a tecelagem estudada possui um OEE superior ao de seus pares Ramzan, Jamshaid, Usman e Mishra (2022), além de Kurnia, Jaqin e Purba (2022).

3.2.5. Resultados dos equipamentos

As métricas de qualidade, desempenho, disponibilidade e OEE também foram utilizadas para avaliar cada um dos teares de maneira individual.

Os *boxplots* da figura 9 mostram a variabilidade dos dados em relação aos indicadores de qualidade, disponibilidade e desempenho.

Figura 9: Indicadores nos Equipamentos



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

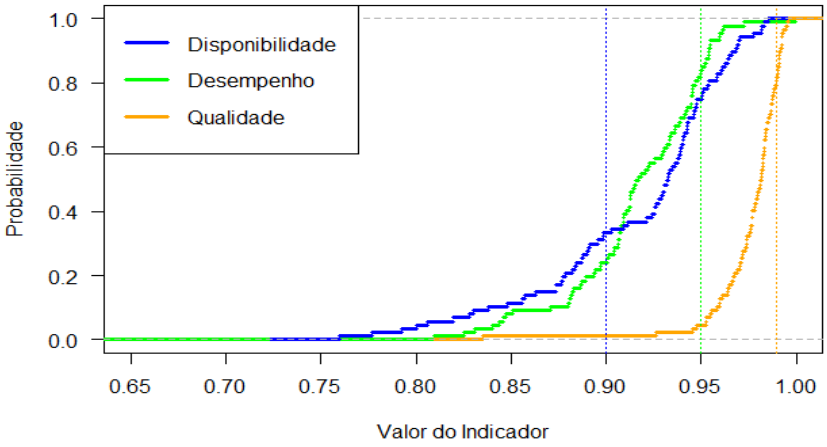
Conforme é possível analisar a partir da figura 10, o indicador de qualidade possui uma variância de 2,01% e uma média de 97,65%. A baixa variância deste indicador sugere que se trata de um indicador controlado; porém, o valor médio está abaixo do proposto por Nakajima, que é 99% para qualidade.

Já a variação encontrada nos indicadores de desempenho e disponibilidade – 3,57% e 5,03%, respectivamente – sugere que existe uma oportunidade de melhoria a ser explorada. Quanto a estes fatores, é necessário entender qual a raiz dessa diferença entre os equipamentos, e o que faz alguns equipamentos terem resultados tão melhores que outros, com o foco em padronizar e melhorar os resultados.

A disponibilidade chama a atenção nesta avaliação pois tem uma grande variância, o que pode indicar uma falta de controle do processo.

A figura 10 mostra a função de distribuição acumulada para os indicadores de qualidade, disponibilidade e desempenho.

Figura 10: Função de Distribuição Acumulada para os Indicadores



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

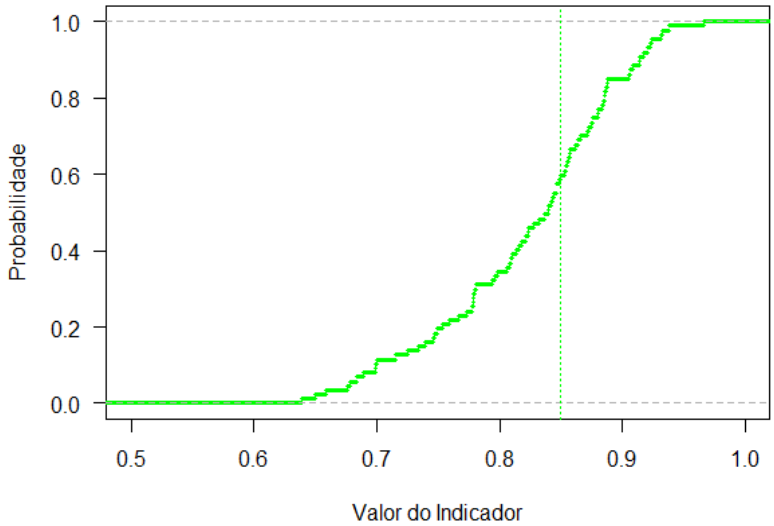
Analisando o gráfico da figura 10, é possível inferir que das 87 máquinas analisadas, aproximadamente 18,39% destes atingiram o valor proposto por Nakajima (1989) de 99% para o fator de qualidade. Isso revela que, apesar de os resultados da qualidade serem regulares, é necessário um avanço em relação a esses resultados.

Já em relação à disponibilidade do equipamento, é possível afirmar a partir da figura 11 que 66,67% das máquinas, ou seja, 58 das 87 máquinas analisadas conseguiram atingir o valor do *benchmarking* proposto por Nakajima (1989) de 90%, estando dentro dos indicadores analisados aquele que tem mais máquinas com bom aproveitamento.

Em relação ao desempenho, através da figura 11, vemos que 17,24% ou 15 máquinas conseguem atingir o valor de 95% proposto por Nakajima (1989), sendo também este indicador crítico para melhoria da *performance* produtiva da tecelagem estudada.

Com estes estudos dos indicadores nos equipamentos, a função de distribuição acumulada para o OEE de cada máquina é ilustrada na Figura 11.

Figura 11: Distribuição Acumulada para OEE de cada Equipamento



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

A figura 11 sugere que 60% das máquinas não conseguem atingir o valor de 85% para o OEE proposto por Nakajima (1989). Ou seja, das 87 máquinas analisadas 52 máquinas apresentam valores inferiores ao *benchmarking*. Este resultado possibilita atuar de maneira mais assertiva nos recursos indicados com baixa eficiência visando o aumento da eficiência do setor.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho discutiu os indicadores de eficiência para a avaliação de máquinas, equipamentos, linhas de produção e fábricas. Foi visto que é necessário este tipo de acompanhamento para que possam ser sugeridas melhorias de *performance*. Isso porque o mercado globalizado busca constantemente por produtos de maior qualidade a menores custos e através de um melhor aproveitamento dos equipamentos é possível diminuir os custos e aumentar a competitividade.

Foi discutido o funcionamento de uma tecelagem de uma fábrica de meias, onde foi coletado os dados referentes a atividade dos equipamentos, e em seguida foi definida a metodologia do cálculo da eficiência, onde foi escolhido o OEE como referência e por fim foi analisado os resultados deste indicador na empresa.

Os resultados sugerem um OEE de 82,37%, número abaixo ao sugerido por Nakajima (1989) como referências. Este resultado é consequência dos que foi encontrado para os indicadores de desempenho (91,78%) e qualidade (97,94%) que também não atingiram os valores de referência.

Foram avaliados também os indicadores de maneira individual, observando a variabilidade e distribuição de cada um dos fatores que compõe o OEE. A empresa em estudo tem um processo com baixa variação no que tange a qualidade. Porém, no que se refere à disponibilidade e desempenho, a variabilidade é maior – o que mostra a necessidade de se ter um maior controle do processo, principalmente, identificar os fatores que afetam estes indicadores. Em relação à qualidade e desempenho, é necessária uma mudança no patamar para elevar e controlar esses indicadores. Já em relação à disponibilidade, é preciso fazer uma análise do processo para garantir os resultados já alcançados e diminuir a variabilidade.

Para trabalhos posteriores é indicado o estudo das causas raízes dos principais problemas que afetam cada um dos resultados obtidos. É ainda imperativo manter a coleta de dados e análises visando o conhecimento e no futuro a melhora da *performance* produtiva da empresa.

Também visando futuras abordagens tornaria imprescindível o estudo do impacto dos operadores nestes resultados já encontrados com um olhar crítico sobre o nível de maturidade dele no processo e se a quantidade de máquinas por operador ao ser alterado pode haver ganhas nas medidas do OEE.

REFERÊNCIAS

BLAKE, Anne; MOSELEY, James. Frederick Winslow Taylor: One Hundred Years of Managerial Insight. **The International Journal of Management**, v. 28, p. 346–353, 2 dez. 2011.

BRAGLIA, Marcello; FROSOLINI, Marco; ZAMMORI, Francesco. Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML): An integrated approach to assess systems desempenho. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 1, p. 8-29, 26 dez. 2008.

BUSSO, Christianne Matias. **Aplicação do indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização da capacidade de produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-16072013-115859/>. Acesso em 5 jul. 2021.

CASTRO, Ana Patrícia. **Implementação de metodologias Lean e desenvolvimento de processos de medição do OEE.** Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2016. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/82966/2/120471.pdf>. Acesso em 5 jul. 2021, 28 jan. 2016.

CHAND, G.; SHIRVANI, B. Implementation of TPM in cellular manufacture. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 103, n. 1, p. 149-154, jun. 2000.

CHIARADIA, Áureo. **Utilização do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos Na Gestão e Melhoria Contínua dos Equipamentos**: Um Estudo de Caso Na Indústria Automobilística. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4470/000457034.pdf?...1>. Acesso em 5 jul. 2021.

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

DESIOMBRA, Juliano. **Implantação da ferramenta OEE (eficiência global do equipamento) na linha de pintura em uma indústria metalúrgica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014. Acesso em 5 jul. 2021.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. **Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253, 1957.

FERNANDES, Flavio Cesar Faria et. al. Proposta de um método para atingir a manufatura responsiva na indústria de calçados: implantação e avaliação por meio de uma pesquisa-ação. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 3, p. 509-529, 2012.

FILHO, Moacir Godinho; FERNANDES, Flavio César Faria. Manufatura ágil e customização em massa: conceitos, semelhanças e diferenças. **Revista de Administração**, v. 41, n. 1, p. 81-95, 1º mar. 2006.

FOCKE, Markus; STEINBECK, Jörn. Steigerung der Anlagenproduktivität durch. **OEE-Management**: Definitionen, Vorgehen und Methoden – von manuell bis Industrie 4.0. Wiesbaden [Heidelberg]: Springer Gabler, 2018, 62 p. (essentials). 978-3-658-21455-5.

KURNIA, H., JAQIN, C., & PURBA, H. H. (2022). The PDCA Approach with OEE Methods for Increasing Productivity in the Garment Industry. ***Jurnal Ilmiah Teknik Industri***, *10*(1), 57-68.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. Desempenho measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 13, p. 3517-3535, jul. de 2008.

MUTHIAH, K. M. N.; HUANG, S. H. Overall throughput effectiveness (OTE) metric for factory-level desempenho monitoring and bottleneck detection. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 20, p. 4753-476, 15 out. de 2007.

NACHIAPPAN, R.M.; ANANTHARAMAN, N. Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 7, p. 987-1008, out. de 2006.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenence.** São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

NASCIMENTO, Bruno. **Implantação da OEE em uma indústria de envase de bebidas**. 2019. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Acesso em 5 jul. de 2021.

OLIVEIRA, Rui et. al. Global Process Effectiveness: When Overall Equipment Effectiveness Meets Adherence to Schedule. **Procedia Manufacturing**, v. 38, p. 1615-1622 , 2019.

PIRAN, Fábio et. al. **A Utilização do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) na Gestão dos Postos de Trabalho**: Estudo Aplicado em uma Empresa do Segmento Metal Mecânico. 24. v. 36, n. 24, p. 14 , 25 set. 2015.

RABELO, Gilmara; BATOCCHIO, Antônio; SATO, André. Estudo e Análise do Indicador OEEML aplicado em uma empresa de Autopeças. **Journal of Lean Systems**, 2020.

Ramzan, M. B., Jamshaid, H., Usman, I., & Mishra, R. (2022). **Development and Evaluation of Overall Equipment Effectiveness of Knitting Machines Using Statistical Tools**. SAGE Open, 12(2), 21582440221091249.

ROSSI, Vinicius. **Implantação do Índice de Rendimento Operacional Global (OEE) para melhoria de uma malharia circular**: um estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5732>.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. Trad: Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 1ª ed., 2019. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=2134054>. Acesso em: 5 jul. 2021. .978-85-521-0046-1.

SILVA, José Pedro Amorim Rodrigues Da. **OEE – A FORMA DE MEDIR A EFICÁCIA DOS EQUIPAMENTO.** , 1 out. 2013. Acesso em: 10 jan. 2022.

SÍNTESE COMEX. **Dezembro.pdf.** [S.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.abit.org.br/uploads/arquivos/S%C3%ADntese%20COMEX%20-%20Dezembro.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2021, [S.d.].

ANEXO A - RESULTADOS DOS INDICADORES DOS EQUIPAMENTO

Segue na tabela abaixo indicado os resultados obtidos de desempenho, disponibilidade, qualidade e OEE ordenados pelo melhor OEE.

Número (Máquina)	OEE	Desempenho	Disponibilidade	Qualidade
108	96,58%	99,98%	98,19%	98,38%
82	93,77%	96,01%	98,52%	99,14%
88	93,22%	97,26%	97,07%	98,74%
33	93,11%	95,49%	98,21%	99,28%
86	92,41%	95,48%	97,78%	98,98%
39	92,30%	96,21%	96,48%	99,43%
98	92,05%	95,26%	98,33%	98,26%
101	91,73%	95,38%	96,87%	99,27%
96	91,44%	94,98%	97,00%	99,25%
95	91,38%	95,42%	96,62%	99,11%
40	90,85%	95,05%	96,24%	99,32%
99	90,68%	94,48%	96,85%	99,09%
84	90,51%	95,39%	95,82%	99,03%
119	88,82%	93,39%	96,12%	98,94%
85	88,81%	94,52%	94,74%	99,17%

Número (Máquina)	OEE	Desempenho	Disponibilidade	Qualidade
70	88,69%	94,51%	94,68%	99,12%
97	88,58%	95,01%	93,91%	99,27%
56	88,56%	94,57%	95,08%	98,50%
120	88,43%	93,65%	96,06%	98,29%
45	88,29%	95,19%	93,65%	99,04%
80	88,07%	94,15%	94,64%	98,84%
77	87,97%	94,51%	93,50%	99,55%
109	87,59%	94,73%	94,00%	98,36%
34	87,47%	92,55%	95,43%	99,05%
110	87,25%	94,56%	93,88%	98,28%
89	87,17%	95,97%	93,07%	97,59%
65	86,57%	94,18%	94,61%	97,16%
83	86,42%	93,82%	93,25%	98,79%
100	86,13%	94,24%	93,07%	98,20%
51	85,75%	93,07%	94,05%	97,96%
128	85,74%	93,36%	94,28%	97,42%
32	85,58%	91,19%	95,12%	98,66%
76	85,53%	91,28%	94,08%	99,60%

Número (Máquina)	OEE	Desempenho	Disponibilidade	Qualidade
125	85,44%	90,17%	96,43%	98,27%
121	85,25%	91,26%	94,75%	98,60%
1	84,93%	96,13%	95,35%	92,65%
129	84,89%	91,68%	94,11%	98,39%
94	84,66%	90,62%	95,04%	98,30%
102	84,66%	91,86%	94,30%	97,72%
114	84,45%	91,44%	93,76%	98,50%
87	84,31%	92,88%	92,89%	97,72%
43	84,22%	91,51%	93,29%	98,66%
79	83,98%	92,29%	92,55%	98,32%
20	83,96%	93,21%	94,26%	95,56%
124	83,70%	91,05%	93,87%	97,94%
105	83,19%	90,92%	93,02%	98,37%
46	82,82%	90,93%	93,36%	97,56%
122	82,39%	90,80%	92,76%	97,82%
78	82,35%	93,60%	89,58%	98,21%
69	82,15%	93,88%	88,97%	98,36%
127	81,76%	90,44%	92,55%	97,68%

Número (Máquina)	OEE	Desempenho	Disponibilidade	Qualidade
81	81,62%	88,66%	94,32%	97,61%
104	81,40%	91,57%	92,62%	95,97%
107	81,08%	88,22%	93,17%	98,65%
103	80,91%	90,73%	92,13%	96,79%
106	80,80%	92,99%	88,20%	98,52%
64	80,60%	93,33%	89,82%	96,14%
123	79,85%	88,09%	92,39%	98,11%
68	79,65%	89,45%	91,16%	97,68%
130	79,44%	91,29%	89,83%	96,88%
111	78,09%	89,72%	90,26%	96,43%
67	78,00%	88,75%	90,89%	96,69%
91	77,92%	91,26%	87,85%	97,20%
23	77,90%	88,96%	88,70%	98,72%
112	77,86%	89,71%	89,10%	97,41%
118	77,79%	90,61%	88,82%	96,65%
47	77,27%	88,29%	89,17%	98,14%
92	76,67%	89,35%	87,71%	97,83%
29	75,94%	94,86%	95,83%	83,54%

Número (Máquina)	OEE	Desempenho	Disponibilidade	Qualidade
93	75,36%	87,08%	88,42%	97,88%
90	74,96%	92,22%	82,78%	98,19%
115	74,67%	90,73%	84,77%	97,08%
48	74,63%	88,01%	87,38%	97,03%
16	73,98%	90,10%	83,02%	98,89%
113	73,37%	88,14%	85,56%	97,30%
63	72,53%	90,91%	81,93%	97,37%
42	71,54%	84,61%	87,64%	96,47%
66	70,05%	83,06%	88,33%	95,48%
126	69,91%	85,09%	85,76%	95,80%
58	69,88%	84,38%	87,38%	94,78%
71	68,92%	92,05%	77,65%	96,42%
62	68,38%	90,39%	80,01%	94,54%
41	67,83%	80,92%	86,33%	97,09%
75	67,59%	90,75%	75,97%	98,05%
44	65,86%	82,54%	83,78%	95,23%
10	65,03%	84,71%	80,60%	95,25%
72	63,91%	84,03%	79,22%	95,99%

ANEXO B – TERMO DE DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção e original, de minha unica e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, audio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plagio, não apenas a copia integral do trabalho, mas tambem de parte dele, inclusive de artigos e/ou paragrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da pratica de plagio, atraves das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Codigo Penal[2], alem das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 08 de maio de 2023.

Victória Fernanda Tenório Sêco — NOME LEGIVEL DO ALUNO (A)

201449020 — Matricula

Victória F. T. Sêco — ASSINATURA

105.684.076-52 — CPF

[1] LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direito autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.