



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Colegiado de Engenharia de Produção



Análise de falhas de processo em uma indústria têxtil a partir de técnicas estatísticas

Helton André Nunes Júnior
Pâmela Bruna da Silva Azevedo

João Monlevade, MG
2024

Helton André Nunes Júnior
Pâmela Bruna da Silva Azevedo

Análise de falhas de processo em uma indústria têxtil a partir de técnicas estatísticas

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Paganini Barcellos de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Lucas Machado Pinto

João Monlevade, MG

2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A994a Azevedo, Pamela Bruna da Silva.
Análise de falhas de processo em uma indústria têxtil a partir de técnicas estatísticas. [manuscrito] / Pamela Bruna da Silva Azevedo. Helton André Nunes Júnior. - 2024.
55 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Paganini Barcellos de Oliveira.
Coorientador: Prof. Dr. Rafael Lucas Machado Pinto.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Análise de variância. 2. Estatística. 3. Indústria têxtil. 4. Localização de falhas (Engenharia). 5. Solução de problemas. I. Nunes Júnior, Helton André. II. Oliveira, Paganini Barcellos de. III. Pinto, Rafael Lucas Machado. IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V. Título.

CDU 658.5:519.2

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6-2431



FOLHA DE APROVAÇÃO

Helton André Nunes Júnior
Pâmela Bruna da Silva Azevedo

Análise de falhas de processo em uma indústria têxtil a partir de técnicas estatísticas

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Aprovada em 07 de fevereiro de 2024

Membros da banca

Doutor - Paganini Barcellos de Oliveira - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor - Rafael Lucas Machado Pinto - Coorientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor - Thiago Augusto de Oliveira Silva - Universidade Federal de Ouro Preto
Mestre - Marco Túlio Domingues Costa - Universidade Federal de Ouro Preto

Paganini Barcellos de Oliveira, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 18/02/2024



Documento assinado eletronicamente por **Paganini Barcellos de Oliveira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/02/2024, às 18:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0666837** e o código CRC **FE3E7602**.

Resumo

O presente trabalho tem como foco a utilização de técnicas de análise estatística para detecção e análise de problemas de cunho operacional em uma indústria têxtil, de pequeno porte, situada no estado de Minas Gerais. A proposta se baseia na utilização de medidas de tendência central e de dispersão típicas de estudos estatístico-descritivos, comparação entre médias (Teste de Tukey) e análise de variância (ANOVA) para entender algumas das relações de causa e efeito entre variáveis do processo de fabricação de malhas, visando ampliar a percepção sobre os dados e os indicadores de qualidade adotados pela organização, bem como identificar padrões e tendências associadas às máquinas, tipos de tecidos, turnos entre outros elementos capazes de influenciar na ocorrência de falhas nos produtos acabados. A base de dados estudada foi coletada entre janeiro de 2022 e agosto de 2023. Em relação aos procedimentos metodológicos, o estudo inicia-se pela caracterização do ambiente organizacional, seguido pela organização dos dados em planilhas eletrônicas, construídas a partir da utilização do software Microsoft Excel 2019, e, posteriormente, pela utilização do software Minitab 18 para a realização dos testes estatísticos. Como resultado, o estudo se concentra em explicar as saídas dos testes estatísticos por meio de interpretações próprias de cada tipo de teste, bem como busca apresentar justificativas que possam estabelecer conexões com algumas das estratégias e questões operacionais que são adotadas no dia a dia da organização.

Palavras-chaves: Indústria têxtil. Análise de variância. Teste de Tukey.

Abstract

The present academy work focuses on the statistical analysis techniques for the detection and analysis of operational issues in a small-scale textile industry located in the state of Minas Gerais. The proposal is based on the utilization of central tendency and dispersion measures typical of descriptive statistical studies, comparison of means (Tukey's range test) and analysis of variance (ANOVA) to comprehend some of the cause-and-effect relationships among variables in the knitting manufacturing process. The aim is to extend the perception of data and quality indicators adopted by the organization, as well as to identify patterns and trends associated with machines, fabric types, shifts, and other elements capable of influencing the occurrence of failures in finished products. The studied database was collected between January 2022 and August 2023. Regarding the methodological procedures, the study begins with the characterization of the organizational environment, followed by the organization of data in spreadsheets created using Microsoft Excel 2019 software. Subsequently, statistical tests are conducted using Minitab 18. As a result, the study focuses on explaining the outcomes of statistical tests through interpretations specific to each type of test. It also seeks to present justifications that can establish connections with some of the strategies and operational issues adopted in the day-to-day operations.

Keywords: Textile industry. Analysis of variance. Tukey's range test.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Ambiente geral da malharia	16
Figura 2 – Estoque de fios	17
Figura 3 – Estoque de fios	18
Figura 4 – Ambiente de produção das malhas	18
Figura 5 – Gaiola	19
Figura 6 – Tear circular	19
Figura 7 – Ambiente de revisão	20
Figura 8 – Ambiente de Montagem	21
Figura 9 – Ambiente de estocagem de malhas	21
Figura 10 – Primeiro andar do estoque de malhas	22
Figura 11 – Produção em quilograma por turno	23
Figura 12 – Comparação entre médias de pesos por turno pelo teste de Tukey	23
Figura 13 – Produção em quilogramas por dias da semana	24
Figura 14 – Análise do tipo de tecido por peso	26
Figura 15 – Exemplos de instrumentos de detecção de defeitos	26
Figura 16 – Revisão de tecido	27
Figura 17 – ANOVA: Conta defeito	28
Figura 18 – Valor médio de defeitos por peça produzida	29
Figura 19 – Comparação de Tukey - Causa defeito por Conta Defeito	30
Figura 20 – Comparação de Tukey - Turno por conta defeito	32
Figura 21 – Comparação de Tukey - Máquina por peso	35
Figura 22 – Comparação de Tukey - Máquina por conta defeito	36
Figura 23 – Produção média de cada tipo de máquina por turno	37

Lista de tabelas

Tabela 1 – Disposição prática para análise de variância	9
Tabela 2 – Produção total por tipo de fio	25
Tabela 3 – Percentual de defeitos por tipo de tecido	28
Tabela 4 – Causas de defeito por turno	30
Tabela 5 – Percentual de falhas por turno	31
Tabela 6 – Classificação dos tecidos em relação ao número de ocorrências de defeitos	32
Tabela 7 – Peso total dos tecidos por classificação	33
Tabela 8 – Produção por tipo de máquina	34
Tabela 9 – Taxa de defeitos por tipo de máquina	35
Tabela 10 – Semelhanças ou diferenças entre o volume de produção considerando o tipo de máquina e os turnos	37
Tabela 11 – Relação de defeitos considerando os tipos de máquinas e os turnos	38
Tabela 12 – Semelhanças de produção considerando os tipos de máquinas e tipos de tecidos	38
Tabela 13 – Relação de defeitos considerando os tipos de máquinas e tipos de tecidos	39
Tabela 14 – Relação de causas dos defeitos por tipo de máquina	39

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivo geral	2
1.1.1	Objetivos específicos	2
1.2	Justificativa	3
1.3	Organização do Trabalho	3
2	REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1	Indústria têxtil e seus desafios operacionais	4
2.2	Gestão da qualidade em ambientes industriais	5
2.3	Métodos e técnicas estatísticas para análise de dados	6
2.4	Trabalhos relacionados	10
2.4.1	Estudos no âmbito da indústria têxtil	10
2.4.2	Aplicações de Anova e teste de Tukey no contexto industrial	11
3	METODOLOGIA	13
3.1	Classificação metodológica	13
3.2	Procedimentos metodológicos	14
4	RESULTADOS	16
4.1	Caracterização e descrição do ambiente estudado	16
4.1.1	Estoque de matéria-prima	16
4.1.2	Produção de malhas	18
4.1.3	Ambiente de revisão	20
4.1.4	Estoque de malhas	21
4.2	Apresentação dos dados de produção	22
4.2.1	Análise da produção: turnos e dias da semana	22
4.2.2	Produção por tipo de tecido	24
4.2.3	Análise dos defeitos nos tecidos	26
4.2.3.1	Classificação dos produtos acabados por tipos de defeitos	32
4.2.4	Produção por tipo de máquina	34
4.2.4.1	Comparação dos resultados considerando os tipos de máquinas	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS	42

1 Introdução

A indústria têxtil teve seu início juntamente com a revolução industrial, a partir do processo de mecanização do tear, momento do qual foi possível aumentar significativamente a produtividade das empresas (VIANA *et al.*, 2017). Este mercado está presente em todos os países do mundo, por se tratar de um tipo de indústria que produz um conjunto de bens essenciais para a necessidades humanas, tais como itens de vestuário e decoração, bem como insumos básicos hospitalares, militares e industriais (VIANA *et al.*, 2017).

O Brasil é, atualmente, a quinta maior indústria têxtil do mundo e a quarta no segmento de vestuário, cuja produção média, em toneladas, é da ordem de 1,3 milhões de têxteis e 6,71 milhões de vestuário (CAVALCANTI; DOS SANTOS, 2022). Dessa forma, a indústria têxtil possui grande representabilidade na economia do Brasil, contribuindo com a geração de empregos e a produção industrial. Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), a indústria têxtil no Brasil ocupa a segunda posição em relação ao número de postos de trabalho, ficando atrás apenas da indústria de alimentos e bebidas, que ocupa a primeira posição neste quesito, o que demonstra a relevância desse setor para a economia nacional, por demandar o uso intensivo de mão de obra, gerando renda e empregos (CAVALCANTI; DOS SANTOS, 2022).

Mais especificamente em Minas Gerais, estado em que está localizada a empresa foco deste estudo, a produção de tecido predominou no século XIX, onde a produção era eminentemente artesanal em sua base técnica de produção, sendo considerada o fundamento básico de todo e qualquer ofício de produção à época (DE MACEDO, 2006). Esse tipo de indústria, que converte fibras naturais em fios e depois em tecidos, tem como característica a predominância do trabalho de mulheres (DE MACEDO, 2006). Ademais, um dos impactos da abertura comercial do Brasil, a partir do ano 1990, foi a perda de competitividade dessa cadeia industrial, especialmente com relação aos produtores asiáticos (CAVALCANTI; DOS SANTOS, 2022).

Neste contexto, estudar as características dos processos de produção das empresas brasileiras no tocante à aspectos internos e externos à organização surge como um oportunidade de melhoria das práticas e métodos de produção, visando maior grau de competitividade. Ademais, a fabricação de tecido, por si só, exige rigorosos padrões de qualidade. Portanto, a gestão da qualidade nas indústrias do setor têxtil, se torna um aliado estratégico para que se possa competir em mercados globalizados, em que os competidores praticam baixos preços (PLATH; KACHBA; DIAS, 2011).

Em adição, a indústria têxtil, assim como os demais setores industriais, tem se empenhado em tentar aproveitar melhor a quantidade enorme de dados que são gerados e armazenados sobre o histórico do processo produtivo via diferentes técnicas de análises de dados (LIMA *et al.*, 2021). Para Lima *et al.* (2021), as técnicas de análise de dados tem como foco extrair informações valiosas de grandes conjuntos de dados, para melhorar os processos de tomadas de decisão, minimizar riscos, expandir o entendimento do modelo de negócios e revelar informações ocultas.

Mais especificamente, o ambiente de estudo deste trabalho se trata do processo produtivo de uma indústria têxtil de pequeno porte, com mais de 15 anos de experiência no mercado em que atua, e que produz cerca de 300 toneladas de tecidos por mês. A empresa possui os setores de preparação da matéria-prima (material sintético e algodão), fiação, malharia e tinturaria. O foco da empresa se concentra em buscar se diferenciar no mercado, desenvolvendo tecidos com baixos índices de defeitos, visando a satisfação e fidelização dos clientes. Para isso, ela utiliza um sistema de relatórios diários para monitorar a produção e levantar os dados de desempenho internos à organização.

Neste sentido, este estudo visa ampliar a compreensão do processo de fabricação de malhas com foco na identificação de problemas com o maior índice de recorrência. Pretende-se também realizar uma análise estatística dos indicadores de produção utilizados pela empresa, avaliando, via estatística descritiva e comparação entre médias, algumas das particularidades do problema. Assim, a ideia é que o resultado alcançado com o trabalho possa fornecer uma base para ampliação da capacidade analítica sobre o processo de produção da empresa, visando, em uma situação futura, a proposição de intervenções que permitam reduzir a variabilidade nos processos produtivos e a melhoria dos índices de eficiência organizacional.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é aplicar um conjunto de técnicas de análise estatística para ampliar a compreensão sobre algumas das variáveis de entrada e saída do processo de produção de uma indústria têxtil localizada em uma cidade do interior do estado Minas Gerais.

1.1.1 Objetivos específicos

Para cumprimento do objetivo geral é necessário atender aos seguintes objetivos específicos:

- Descrever o processo produtivo da empresa, com foco na caracterização das atividades de preparação, operação das máquinas, produção da indústria têxtil.
- Apresentar uma análise descritiva do histórico dos dados do processo.

- Aplicar um conjunto de técnicas de análise estatística para análise dos indicadores de desempenho do processo produtivo, baseadas nos conceitos de análise de variância e comparação entre médias.

1.2 Justificativa

Entender o processo produtivo e identificar as variáveis que devem ser controladas em uma empresa são elementos-chave para auxílio nas tomadas de decisão. Segundo [Costa Júnior \(2009\)](#) a eficácia de um processo é dada a partir do atendimento de exigências, que assegurem um padrão de qualidade do produto, sendo a operação de fabricação o fator de garantia para o sucesso competitivo.

Os princípios da qualidade e produtividade, quando aplicados de forma a promover a melhoria de produtos, impacta diretamente na identificação e eliminação de desperdícios advindos do processo ([GUSMÃO, 2008](#)). Desta forma, o presente estudo se justifica através da necessidade de examinar as estratégias operacionais adotadas na empresa, a fim de estudar as causas e os efeitos de alguns dos problemas operacionais levantados pela empresa, além de identificar oportunidades de aprimoramento que possam contribuir para futuras tomadas de decisão da organização.

Em suma, este trabalho busca contribuir para o avanço do conhecimento na área da indústria têxtil, oferecendo uma abordagem estatística para a análise e melhoria da qualidade na produção de tecidos. Assim, espera-se que os resultados obtidos possam fornecer subsídios importantes para a gestão da empresa, visando uma maior eficiência operacional. Além disso, o trabalho também permite aos autores aplicar na prática um conjunto de técnicas estatísticas estudadas ao longo do curso de Engenharia de Produção.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 1 consiste em uma introdução ao assunto que será abordado, caracterizando a empresa e seu respectivo setor de atuação, citando seus aspectos globais e regionais. Ainda no Capítulo 1, são apresentados os objetivos gerais e específicos para este estudo. O Capítulo 2 apresenta os trabalhos da literatura que serviram de alicerce para esta pesquisa, além de apresentar os conceitos fundamentais para a realização do trabalho. O Capítulo 3 descreve os procedimentos metodológicos de coleta e análise de dados adotados. O Capítulo 4 apresenta as análises e os resultados oriundos da pesquisa. Por fim, no Capítulo 5 é realizada uma conclusão abrangendo os temas discutidos ao longo do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2 Revisão da Literatura

2.1 Indústria têxtil e seus desafios operacionais

Segundo a [ABIT \(2023\)](#) no ano de 2020 foram produzidos 1,91 milhões de toneladas de tecido e em 2021 esse número cresceu para 2,16 milhões de toneladas, o que torna o Brasil um dos quatro maiores produtores de malhas do mundo e a maior cadeia têxtil do ocidente. Por outro lado, [Paladini \(1992\)](#) afirma que há diversos desafios operacionais ligados a qualidade no processo de produção têxtil. Segundo ele, os desafios do controle de qualidade na indústria têxtil estão estruturados em relação a questões como falta de coordenação ou indefinição de responsabilidades que envolvem um esforço de toda a fábrica, priorizando atividades que avaliam superficialmente o setor produtivo.

[Cavalcanti e Dos Santos \(2022\)](#) consideram que é importante examinar questões relacionadas às tecnologias adotadas, uma vez que elas possuem grande influencia nos processos de tomadas de decisão e conduzem as empresas no desenvolvimento de novas estratégias operacionais. Todavia, fatores como o elevado custo de implementação, dificuldade de mudanças organizacionais e carência de sistemas de gerenciamento do conhecimento, limitam a inserção de novas tecnologias e aprimoramento da produção ([MAESTRI, 2018](#)).

Para [Ramos \(2018\)](#) um fator crucial para o desenvolvimento de malhas se dá na fase de escolha dos fornecedores de matéria-prima, visto que uma grande variação de fios podem ocasionar problemas no processo e alterar as características do artigo, o que afeta na qualidade exigida pelos consumidores. [Magnus, Broega e Catarino \(2010\)](#) enfatizam que os tipos de fios utilizados, quando combinados de forma inadequada, podem gerar defeitos na superfície do produto, como variação no relevo e áreas de maior ou menor compressão, bem como problemas no acabamento das peças, resultando em tingimentos diferenciados.

A produtividade também pode ser afetada em indústrias do setor têxtil devido ao maquinário empregado nas operações ([MORAES, 2019](#)). Apesar do avanço das tecnologias que favorecem o avanço da produtividade, com máquinas mais modernas e complexas, existem empresas que reutilizam equipamentos de outras empresas, como forma de diminuir os custos de implantação, o que promove um desgaste maior dos componentes ([MORAES, 2019](#)). Segundo [Conterato \(2017\)](#), todos os equipamentos sofrem algum tipo de desgaste ao longo do tempo, e por isso, a gestão da manutenção é fundamental para o processo de produção, no que diz respeito aos impactos de qualidade e utilização de insumos, causados pelo funcionamento irregular das máquinas.

Em relação à mão de obra empregada, [Siqueira, Rosa e Oliveira \(2003\)](#) destacam que a expansão do mercado de trabalho em polos industriais é um fator de absorção de trabalhadores por parte de micro e pequenas empresas sem o estabelecimento de um planejamento adequado. Neste sentido, [Lima *et al.* \(2012\)](#) consideram os fatores tradição, conformidade e coletividade como decisivos para a postura de indivíduos, sendo estes essenciais no caráter relacional nas organizações.

Ademais, [Melo \(2011\)](#) faz uma crítica de que a indústria têxtil possui um histórico de precarização das condições de trabalho, e que as empresas ainda possuem o objetivo de reduzir custos e aumentar a produtividade, incorporando a subcontratação, que inclusive ocorre na empresa foco deste estudo, como estratégia de reduzir encargos trabalhistas. Segundo [a ABDI \(2008\)](#) há uma crescente evolução no número de empregados na fabricação de produtos têxtil, desde 1997, contudo, os funcionários possuem como grau de escolaridade máximo o ensino fundamental e médio completos e a mão de obra feminina é majoritária.

Em resumo, pode-se dizer que, há muitos desafios operacionais vinculados à indústria têxtil, o que exige das empresas um empenho em criar mecanismos de controle e melhoria dos indicadores de qualidade dos processos de produção ([CAVALCANTI; DOS SANTOS, 2022](#)).

2.2 Gestão da qualidade em ambientes industriais

Segundo [Monteiro \(2010\)](#) a qualidade pode ser definida como intrínseca sob o ponto de vista subjetivo de um cliente ou extrínseca quando correspondente às especificações gerais de um produto, podendo transcender como um símbolo de excelência baseado nos atributos de um produto e como este atende aos desejos de um consumidor. Desta forma, faz-se necessário recorrer aos fatores de escolha dos clientes, as características do produto, bem como o projeto atrelado a elas, para que seja atingida uma vantagem competitiva sob a perspectiva da qualidade do produto ([MONTGOMERY, 2017](#)).

Sob a ótica do processo, a gestão da qualidade pode ser entendida como uma moldura de sustentação de uma empresa, constituída de um sistema de gestão que contenha procedimentos preestabelecidos para cada tarefa a ser executada ([KIRCHNER *et al.*, 2010](#)). Desta forma [Mikos *et al.* \(2012\)](#) destacam a importância da observação de todos os detalhes do processo, desde a preparação dos trabalhadores até a entrega do produto ao cliente, uma vez que esta prática ajuda na percepção do produto final.

Segundo [Cordeiro \(2004\)](#), quando todos os departamentos de uma organização funcionam de forma eficaz, a organização é capaz de fornecer produtos e serviços de qualidade aos seus clientes. Isso ocorre porque cada departamento está desempenhando seu papel para garantir o atendimento às especificações de um projeto e identificar os fatores críticos e passíveis de melhorias. Neste âmbito, o uso de técnicas de controle da qualidade ajuda na identificação e correção de problemas nos processos de produção, nos materiais utilizados e nos produtos finais ([ROCHA; GALENDE, 2014](#)).

Neste contexto, surge o conceito de variabilidade, que segundo [Montgomery \(2017\)](#) é um desvio no processo, materiais ou componentes do sistema que resulta em variação e no não atendimento dos requisitos preestabelecidos. Quando há diferenças em relação às especificações, a depender do nível de variabilidade, os itens gerados podem não atender aos padrões preestabelecidos. Caso o sistema de controle seja inadequado, a variação pode ser totalmente previsível ou, no cenário mais desfavorável, resultar de elementos aleatórios ([CARNEIRO, 2017](#)). Desta forma, [Mikos et al. \(2012\)](#) argumentam que, para que uma empresa tenha uma estrutura de qualidade, é necessário um sistema de padronização e verificação de conformidades, e, por isso, é necessário reduzir a variabilidade desnecessária para assegurar a qualidade do produto ou serviço.

Assim, a utilização de ferramentas estatísticas com foco na gestão da qualidade podem ser de grande valia no que diz respeito ao manutenção do controle de processos e aprimoramento dos produtos fabricados. [Daniel e Murback \(2014\)](#) afirmam que a implementação de métodos de controle permite que as empresas monitorem e melhorem seus processos continuamente, resultando em melhorias externas, como a qualidade dos produtos e serviços, e internas, como menor retrabalho, redução de custos e perdas, otimização do tempo de trabalho e melhor aproveitamento dos espaços.

2.3 Métodos e técnicas estatísticas para análise de dados

Segundo [Baptista e De Campos \(2016\)](#), toda pesquisa tem um problema a ser estudado, e, para resolvê-lo, é necessário coletar informações, quantificar os dados e testar hipóteses. As abordagens fenomenológicas na pesquisa qualitativa costumam empregar principalmente métodos de aquisição de informações, como entrevistas, observações, o uso de diários e análise de documentos ([TEIXEIRA, 2003](#)). Alguns pesquisadores utilizam a pesquisa de levantamento ou *Survey* para coletar dados científicos quantitativos e tratar estatisticamente os padrões de determinada amostra a fim de encontrar explicações para fenômenos propostos ([BAPTISTA; DE CAMPOS, 2016](#)).

Para [Morais \(2005\)](#) a estatística tem como finalidade o fornecimento de ferramentas para caracterizar situações de incerteza, sendo composta de um processo sistemático que se inicia na definição de um problema, seguido do planejamento do estudo, coleta, apresentação, análise e interpretação de dados. Segundo [Santos \(2007\)](#), por meio da estatística descritiva é possível recolher, organizar, sintetizar e descrever os dados, utilizando-se da observação de parte de uma população (amostra) ou toda a população.

[Guedes et al. \(2005\)](#) define a população como um grupo de ítems que compartilham pelo menos uma característica comum e amostra como uma seleção de elementos retirados de uma população, representando uma dimensão menor e representativa desta última. À medida que se aumenta a dimensão da amostra, mais precisos poderão ser os resultados, sendo necessário determinar um tamanho ideal a depender da precisão e do nível de significância desejados para que os custos do estudo não sejam elevados ([SANTOS, 2007](#)). Nesse sentido, as medidas ou parâmetros de estatística descritiva, quando relacionadas à população ou a amostras, possibilitam resumir os dados em um único valor, sendo mais frequente a utilização de medidas de tendência central, dispersão, assimetria, medidas de curtose e de concentração ([MORAIS, 2005](#)).

A média aritmética (\bar{X}), por exemplo, pode ser compreendida como uma medida de tendência central ([GUEDES et al., 2005](#)). Conforme mostra a Equação (2.1), para um conjunto de dados (x_1, \dots, x_n) , somando-se todos os valores observados e dividindo este resultado pelo número total de observações (n), obtém-se a média.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.1)$$

De forma complementar, o cálculo da variância (S^2) se relaciona com os desvios em relação à média, sendo, mais precisamente, a média aritmética dos quadrados dos desvios ([CORREA, 2003](#)), tal como representado pela Equação (2.2).

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (2.2)$$

De forma associada a interpretação da variância, o desvio-padrão (S) é amplamente empregado na avaliação das discrepâncias entre conjuntos de dados, devido à sua alta precisão ([CORREA, 2003](#)). Trata-se de uma medida que quantifica a dispersão dos valores em relação à média e é obtida através da raiz quadrada da variância, conforme destacado na Equação (2.3).

$$S = \sqrt{S^2} \quad (2.3)$$

Outra medida resumo muito comum de ser estudada é a análise de frequência da ocorrência de algum tipo de fenômeno. [Correa \(2003\)](#) define distribuição de frequência como a maneira pela qual se pode descrever os dados estatísticos provenientes de variáveis numéricas, sendo que a frequência corresponde ao número de repetições que um fenômeno ocorre. A Frequência absoluta da classe modal (n_i) é dada pelos valores que indicam a quantidade de dados em cada

classe e a soma das frequências simples corresponde ao número total de dados enquanto as frequências relativas (f_i) são os valores que representam as proporções entre as frequências absolutas e o número total de dados (CORREA, 2003), conforme destacado na Equação (2.4).

$$f_i = \frac{n_i}{n} \quad (2.4)$$

No que se refere ao uso de ferramentas de gestão da qualidade baseadas em procedimentos interpretação estatística dos dados de um processo, realizar testes de hipóteses e outras técnicas estatísticas para verificação de semelhanças e diferenças entre dados, como a Análise de Variância (ANOVA), surge como uma boas estratégias quando se tratam de dados discretos (NAGHETTINI; PINTO, 2007; MONTGOMERY, 2017).

Segundo Naghettini e Pinto (2007), os testes de hipóteses envolvem a formulação de uma hipótese, na forma de uma declaração conjectural sobre o comportamento probabilístico da população. Essa hipótese pode se materializar, por exemplo, em uma premissa, formulada *a priori*, a respeito de um certo parâmetro populacional de uma variável aleatória. Não rejeitar ou rejeitar uma tal hipótese irá depender do confronto entre a conjectura e a realidade física, essa concretizada pelas observações que compõem a amostra. A rejeição da hipótese implica na necessidade de eventual revisão da conjectura inicial, em decorrência de seu desacordo com a realidade imposta pelos dados amostrais (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Em se tratando interpretações estatísticas baseadas em ANOVA, Da Rocha e Bacelar Júnior (2018) argumentam que a ANOVA é um modelo estatístico que testa se as médias de duas ou mais populações são iguais ou diferentes, através de duas hipóteses: a hipótese nula (H_0) e a alternativa (H_1), respectivamente. Na hipótese nula, as médias destas populações são iguais, ou seja, estatisticamente, os tratamentos são iguais, considerando o nível de significância preestabelecido. Na hipótese alternativa, as médias destas populações são diferentes, o que significa que um dos tratamentos testados apresentou diferença estatística em relação aos demais.

Considerando as fontes de variação entre amostras, pode-se estabelecer a Equação (2.5) referente à soma dos quadrados do erro (SQE) em que a soma dos valores da i -ésima amostra (T_i) dividida pelo número total de observações (n) representa a variabilidade entre os tratamentos, enquanto a soma total dos valores (T) dividida pelo número total de observações multiplicado pelo número de tratamentos (nk) representa o quadrado total das médias de todos os tratamentos.

$$SQE = \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n} - \frac{T^2}{nk} \quad (2.5)$$

Em relação às fontes de variação residuais, a soma dos quadrados residuais (SQR), representada pela Equação (2.6), calcula a variabilidade residual nos dados, após remover a contribuição dos tratamentos. Este valor é obtido subtraindo a soma dos quadrados dos valores para cada tratamento (T_i) dividido pelo número total de observações (n) do total de soma dos

quadrados (Q).

$$SQR = Q - \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n} \tag{2.6}$$

No tocante à fonte de variação total, a Equação (2.7) mostra que a soma dos quadrados total (SQT) é igual à soma dos quadrados (Q) menos a correção para os quadrados dos valores de tratamento (T_i) dividida pelo número total de observações (n) multiplicado pelo número de tratamentos (k).

$$SQT = Q - \frac{T_i^2}{nk} \tag{2.7}$$

A Tabela 1 mostra os dados que são utilizados como referência para interpretação estatística dos testes de análises de variância resultantes da utilização de softwares. Trata-se de um procedimento de análise de variância baseado no teste F, considerando as fontes de variação (visa estimar a variabilidade de amostras), os graus de liberdade, e a interpretação estatística que se baseia na observação do valor de F, que, caso seja $F < 1$, assume-se que a hipótese H_0 é verdadeira (COSTA NETO, 2002).

Tabela 1 – Disposição prática para análise de variância

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	$F \alpha$
Entre amostras	SQE	k-1	$S_E^2 = \frac{SQE}{k-1}$	$F = \frac{S_E^2}{S_R^2}$	$F_{k-1, k(n-1), \alpha}$
Residual	SQR	k(n-1)	$S_R^2 = \frac{SQR}{k(n-1)}$		
Total	SQT	nk-1			

Outra abordagem que surge para a interpretação estatísticas de dados é a comparação entre médias, como ocorre no Teste de Tukey (OLIVEIRA, 2008). Segundo Oliveira (2008) o teste de Tukey se baseia na amplitude total estudentizada. Assim, o teste pode ser utilizado para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias de tratamentos. Ademais, pode-se dizer que o teste é exato e de uso muito simples, quando o número de repetições é o mesmo para todos os tratamentos (OLIVEIRA, 2008).

Segundo Silva (2010), o método de Tukey ou comparação entre médias, pode ser utilizado em amostras que envolvam médias distintas, utilizando-se intervalos conjuntos com intervalos de confiança $1 - \alpha$, considerando todas as comparações possíveis, duas a duas. Desta forma, Silva (2010) apresenta os limites de confiança de forma a determinar a aceitação ou rejeição considerando as Equações (2.8)-(2.9), onde v é o numero de graus de liberdade associado ao $\frac{S_R^2}{n}, (\bar{y}_i - \mu_i)$ está relacionado aos desvios, $q[i; v]$, é a amplitude estudentizada, sendo que, se $[\bar{y}_i - \mu_i] \leq HSD, H_0$ é aceito, caso contrário, $[\bar{y}_i - \mu_i] > HSD, H_0$ é rejeitado.

$$(\bar{y}_i) - (\bar{y}_{i'}) - HSD \leq \mu_i - \mu_{i'} \leq (\bar{y}_i) - (\bar{y}_{i'}) + HSD \tag{2.8}$$

$$HSD = q[I; v; \alpha] \sqrt{\frac{S^2_R}{n}} \quad (2.9)$$

Existem outras técnicas de estatísticas descritivas que poderiam ser utilizadas para o desenvolvimento do estudo, mas devido ao escopo do trabalho e à disponibilidade e organização dos dados extraídos, o trabalho ficou limitado à utilização do teste de Tukey e ANOVA. O teste de t-Student, por exemplo, é uma outra forma de comparação entre médias, que deve ser aplicado para variáveis que sejam assimétricas ou que não tenham distribuição gaussiana (ASSIS; SOUSA; LINHARES, 2020).

2.4 Trabalhos relacionados

Nesta sessão são apresentados alguns trabalhos que abordaram estudos que elencam fatores que podem influenciar na produtividade de uma indústria de tecelagem, tal como proposto neste estudo. Além disso, apresenta-se também um conjunto de trabalhos que adotaram metodologias semelhantes ao que se propõem este trabalho, no tocante ao uso de Anova e teste de Tukey para análise de algumas das variáveis do processo produtivo de uma empresa.

2.4.1 Estudos no âmbito da indústria têxtil

Moreira (2020) realiza uma análise do processo produtivo de uma indústria têxtil, focado principalmente nas atividades que geram altos índices de desperdício e acabam impactando na produção e no lucro. Moreira (2020) destaca aspectos referentes ao processo produtivo e organização do trabalho, para apontar soluções para os principais problemas identificados. De forma similar, Oliveira (2017) analisa a qualidade dos processos em uma indústria têxtil nos setores de revisão e costura visando desenvolver a melhoria do processo, apontando os pontos fracos que tendem a prejudicar a produção.

O trabalho de Plath, Kachba e Dias (2011) tem como objetivo identificar e relacionar as ferramentas, métodos e filosofias de gestão de qualidade utilizadas em empresas que atuam em mercados têxteis de diferentes segmentos. Neste trabalho, a coleta de dados das empresas foi realizada por meio de questionários e observações sistemáticas, sendo que, a análise dos dados foi pontuada por meio de quantificação das ferramentas, utilizando métricas de acordo com a classificação do nível empresarial.

Em se tratando de trabalhos mais orientados a questão de tratamento estatístico e gestão da qualidade, [Souza Netto \(2007\)](#) utiliza ferramentas estatísticas como distribuição de frequências, média, amplitude, desvio padrão e gráficos de controle como forma de tornar possível compreender os problemas de qualidade de uma empresa de beneficiamento têxtil. Já [De Moura \(2023\)](#) propõe o uso das ferramentas da qualidade como o ciclo PDCA, Fluxograma, Diagrama de Causa e Efeito, e 5W2H para melhorar a gestão dos problemas de controle de qualidade em uma empresa do mesmo setor.

[Almas \(2003\)](#) avalia como a implantação de um sistema de controle estatístico de processos impacta o processo produtivo de texturização de filamentos de poliéster em uma indústria do segmento têxtil. Para isso, são utilizadas cartas de controle para monitorar o processo, e propondo ações corretivas, casos os limites superassem àqueles pré-estabelecidos.

De forma complementar, [Santos \(2021\)](#) discute sobre o uso de ferramentas da qualidade na indústria de confecções para obter benefícios como a melhoria da qualidade dos serviços e produtos, redução de custos, aumento da produtividade, melhoria da satisfação dos clientes e aumento da competitividade. [Santos \(2021\)](#) utiliza a análise de variância com as variáveis de avaliação da produtividade mensal de peças, contraposta aos benefícios obtidos com o controle de qualidade, quando aplicado na empresa. Ademais, também são realizados testes de hipótese para avaliar a homogeneidade do sistema e o impacto das variáveis de benefícios na produtividade da empresa.

2.4.2 Aplicações de Anova e teste de Tukey no contexto industrial

O trabalho de [De Almeida Gama \(2015\)](#) se propõe a realizar um estudo sobre resultados de análises química e granulométrica de argilas, tratando os dados obtidos por meio de análises de variância e teste de Tukey via software estatístico Minitab. No referido trabalho foram avaliadas semelhanças e diferenças na composição química das argilas com um intervalo de 95% de confiança, sendo possível observar que os ambientes de origem do material influenciam diretamente em sua composição.

[De Faria \(2016\)](#) tem como objetivo avaliar notas de matemática de escolas estaduais no PROEB de 2010 a 2015 da cidade de Monte Carmelo, utilizando os resultados divulgados em boletins institucionais por meio da análise de variância e teste de Tukey para comparação entre as médias, verificando as diferenças significativas entre os anos com um nível de significância de 95%. Como resultado, observou-se que as notas em diminuíram significativamente, sendo julgada a necessidade de intervenção na metodologia de ensino.

Ainda sobre análise de Tukey, [Paixão et al. \(2011\)](#) realizaram um estudo a fim de avaliar a composição química de queijos petit-suisse comercializados na cidade de Lavras-MG utilizando análises estatísticas realizadas no software Sisvar, verificando se ocorriam semelhanças significativas entre as médias das amostras. Os resultados do trabalho indicaram discrepâncias nas informações fornecidas pelos fabricantes bem como condições ilegais no que diz respeito aos quesitos físico-químico dos produtos.

O trabalho realizado por [Noronha et al. \(2011\)](#) teve como objetivo analisar o efeito da variabilidade sobre as perdas e danos decorrentes da mecanização do processo de colheita de cana-de-açúcar, coletando amostras em períodos distintos, a fim de verificar os tipos de perdas. Foram utilizadas ferramentas estatísticas como a análise de variância, teste F de probabilidade, teste de Tukey e cartas de controle. Os resultados obtidos por [Noronha et al. \(2011\)](#) possibilitaram estabelecer quais tipos de perdas eram mais significativas, bem como verificar quais perdas estavam dentro dos parâmetros de controle e quais eram as semelhanças e diferenças referente aos danos causados nos produtos.

3 Metodologia

3.1 Classificação metodológica

Este estudo possui uma abordagem qualitativa e quantitativa. Na pesquisa qualitativa, são implementadas técnicas de coleta, codificação e análise de dados, que têm como meta gerar resultados a partir dos significados dos fenômenos estudados, sem a manifestação de preocupações com a frequência com que os fenômenos se repetem no contexto do estudo (DA SILVA, 2014). Assim, a pesquisa qualitativa será utilizada para a validação e interpretação dos resultados obtidos e também, para explorar as limitações dos métodos quantitativos e suas implicações práticas.

A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Neste trabalho, a abordagem quantitativa surge a partir dos dados obtidos junto à empresa, sua projeção em gráficos e tabelas, seguido de um processo de estratificação das informações e a proposição de ferramentas e indicadores numéricos, capazes de auxiliar na gestão da qualidade.

Em se tratando da classificação da pesquisa em relação aos seus objetivos, pode-se dizer que este estudo pode ser classificado como uma pesquisa de caráter descritivo e exploratório. A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar e expor (CAUCHICK-MIGUEL *et al.*, 2018). Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade, fornecendo conhecimento aprofundado onde os resultados obtidos podem permitir a formular hipóteses para o encaminhamento de outras pesquisas (TRIVIÑOS, 1987). Dessa forma, a pesquisa descritiva será utilizada neste estudo como forma de relacionar os dados com o ambiente estudado, como cada atividade, máquina ou processo impacta na produtividade da empresa, além sumarizar os dados contidos na base de dados extraída através do software da empresa.

As pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (GIL, 2017). Assim, a pesquisa exploratória será aplicada neste estudo em análise sistêmica de dados, visando desenvolver hipóteses, obtendo assim, descrições qualitativas e quantitativas da indústria têxtil.

No tocante ao método, pode dizer que esta pesquisa é estruturada em torno de um estudo de caso focado na caracterização de particularidades de um ambiente de trabalho, baseado na aplicação e análise de técnicas de estatísticas (TURRIONI; MELLO, 2011). No contexto do controle estatístico de qualidade dos processos industriais, ferramentas e técnicas estatísticas são frequentemente utilizadas para monitorar, controlar ou melhorar os processos de produção (SANTOS; ANTONELLI, 2011). No entanto, a literatura recente tem mostrado que, para algumas organizações, principalmente as de grande porte, o potencial estatístico estende-se para além destas relações de desempenho para encontrar melhorias. Isso porque permite outras vantagens competitivas decorrentes da garantia da qualidade dos produtos e processos da indústria estudada (SANTOS; ANTONELLI, 2011).

Assim, esta pesquisa tem como objetivo proporcionar uma melhor compreensão dos problemas, com vistas a torná-los explícitos (GIL, 2017), conforme descrito nas etapas apresentadas na sequência. Por fim, cabe acrescentar como os resultados dessa pesquisa não são focados em apresentar uma solução de um problema real, mas sim, ampliar o conhecimento sobre o contexto de um período de operação da empresa estudada, pode-se dizer que se trata de uma pesquisa de natureza aplicada (TURRIONI; MELLO, 2011).

3.2 Procedimentos metodológicos

A primeira etapa deste trabalho se concentra na caracterização do ambiente organizacional, necessário para descrever como é o ambiente e os processos produtivos da empresa estudada. Assim, é necessário caracterizar o setor de malharia da empresa, desdobrando-o em seus subsetores específicos, para melhor compreensão e descrição do ambiente organizacional. Ademais, é importante descrever também dados como a quantidade de funcionários que integram a equipe, a organização dos turnos de trabalho, a alocação das máquinas em operação, a tipologia das malhas que são produzidas, bem como os procedimentos essenciais que integram o processo produtivo.

A segunda etapa metodológica consiste no levantamento de dados, que acontecerá através da coleta e tratamento dos dados brutos extraídos através dos softwares próprios da empresa, denominados Gestor Online e Rastreador Malharia. O Gestor Online é utilizado para a coleta dos dados e o Rastreador Malharia trata os dados coletados pelo Gestor Online em tempo real.

Uma vez levantados e organizados os dados em planilhas eletrônicas, a terceira etapa da pesquisa deve se concentrar em apresentar uma análise estatística descritiva dos dados. Essa etapa configura-se como relevante, uma vez que a tentativa de identificar especificidades pode significar melhores condições para o desenvolvimento de novos estudos, visando ampliar a capacidade de compreensão do objeto de estudo, alinhado aos respectivos paradigmas (TEIXEIRA, 2003). O procedimento de organização dos dados já permitirá identificar alguns problemas existentes no processo produtivo por meio de medidas de tendência central e de dispersão, como média e frequência, por exemplo.

A quarta e última etapa da pesquisa tem como foco o uso de análises de variância e de Tukey como instrumentos de auxílio para interpretação dos dados sobre a produção da empresa no período estudado. Dessa forma, a análise de variância ANOVA será utilizada para comparar dados com diversas médias entre diferentes grupos, visando enxergar padrões e tendências vinculados às máquinas, tipo de tecido ou operador da máquina, e outros elementos que possam ter relação com ocorrência de falhas do processo. Tais comparações serão realizadas a partir do estabelecimento de algumas hipóteses de interesse em relação ao comportamento das variáveis.

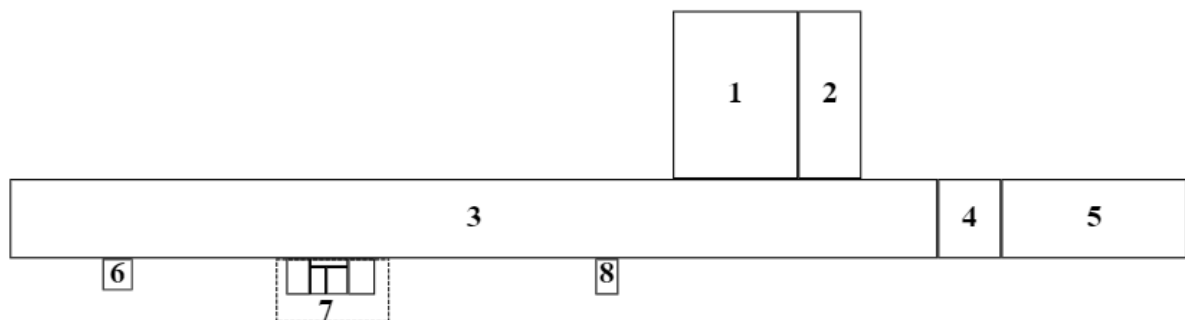
O teste de Tukey foi utilizado neste trabalho para se fazer uma comparação entre semelhanças e diferenças, estatisticamente significantes entre si, visando aprimorar a compreensão acerca do processo produtivo da empresa foco do estudo, tal como adotado nos trabalhos de Noronha *et al.* (2011), De Almeida Gama (2015), De Faria (2016), considerando um nível significância de 95%. Por fim, é importante destacar que, nesta etapa de análise estatística, o software Microsoft Excel 2019 é utilizado para tratamento e organização dos dados, coletados no período de 03/01/2022 à 18/08/2023, bem como a elaboração de gráficos e tabelas vinculados aos dados do processo produtivo. O software Minitab versão 18 é adotado para realizar os testes estatísticos baseados em análise de variância e comparação entre médias.

4 Resultados

4.1 Caracterização e descrição do ambiente estudado

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizado um estudo em uma empresa de pequeno porte que opera no setor têxtil, localizada em uma cidade do estado de Minas Gerais. Mais especificamente, o ambiente estudado compreende as etapas de produção de malharia e outros setores pertencentes à organização, distribuídos em um leiaute que possui área aproximada de 2.820 metros quadrados e localização física com dimensões semelhantes às apresentadas na Figura 1, considerando uma comparação entre o espaço destinado a cada um dos setores.

Figura 1 – Ambiente geral da malharia



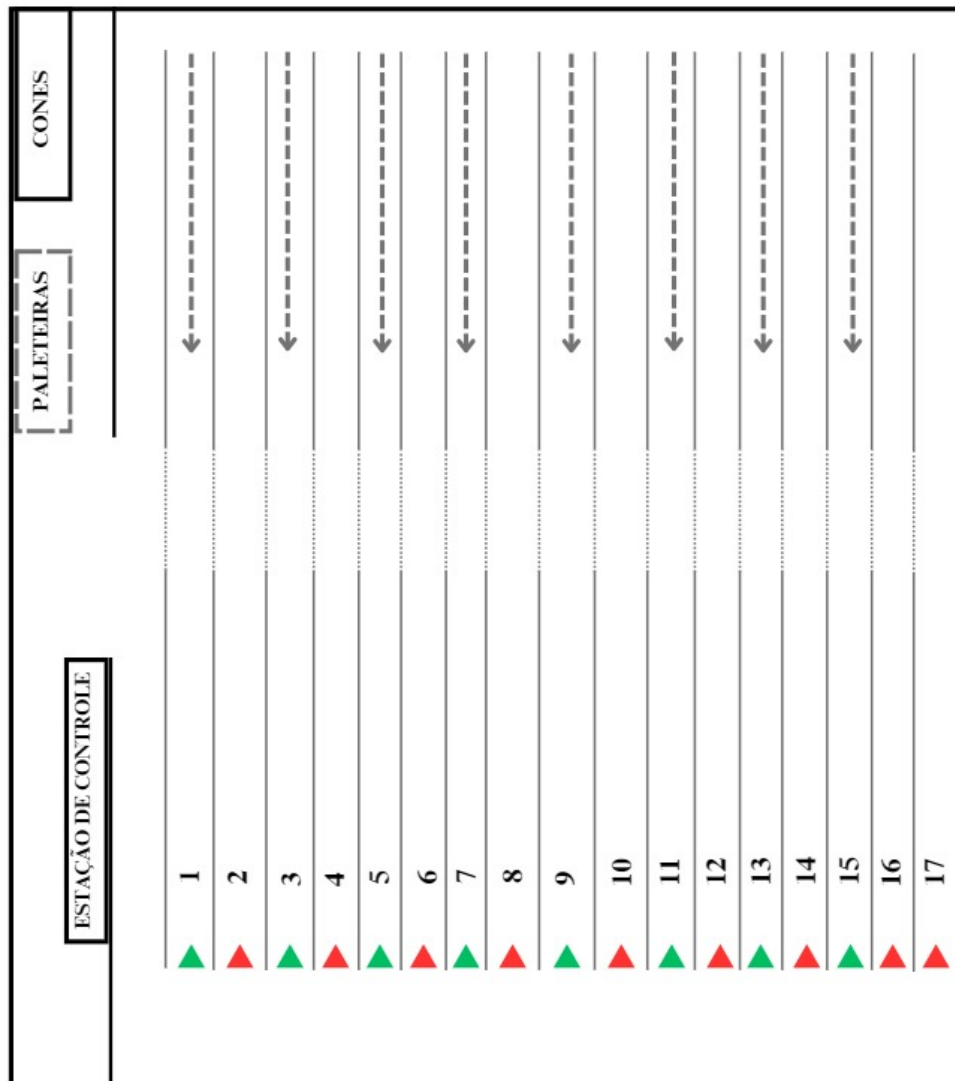
Fonte: Elaborado pelos autores.

O processo de malharia em si se subdivide nos setores de estoque de fios (1), produção das malhas (3), revisão (4) e estoque de malhas (5). A Figura 1 destaca também outros setores dentro da organização, que são o almoxarifado da empresa (2), sala de óleo usado (6), sala de óleo novo (8), e outros setores (7) que incluem as oficinas mecânica e elétrica, sala de reuniões e banheiros.

4.1.1 Estoque de matéria-prima

O ambiente de estocagem de matérias-primas é responsável pelo recebimento, armazenamento e expedição dos fios a serem utilizados na produção das malhas, distribuídos em fileiras, denominadas por ruas, de forma que cada rua contenha apenas um tipo de fio. Há também um espaço destinado ao descarte de cones vazios, já utilizados na produção, outro reservado para paleteiras que não estão em uso e uma estação de controle de saída dos fios que irão para o ambiente de produção, conforme representado na Figura 2.

Figura 2 – Estoque de fios



Fonte: Elaborado pelos autores.

Pela Figura 2 é possível perceber a existência de dezessete ruas, sendo quinze destinadas a organização dos fios de algodão, sintéticos e mistos, e outra duas ruas (16 e 17) reservas que são utilizadas somente em casos de superlotação das demais. A empresa utiliza um sistema de gerenciamento em que se prioriza o aproveitamento de fios que estão armazenados há mais tempo no estoque, para eles que sejam despachados primeiro para a malharia. Ademais, no início de cada rua, existe um cone verde (ver Figura 3) indicando ao trabalhador que o fio pode ser utilizado ou um cone vermelho, caso contrário.

Figura 3 – Estoque de fios

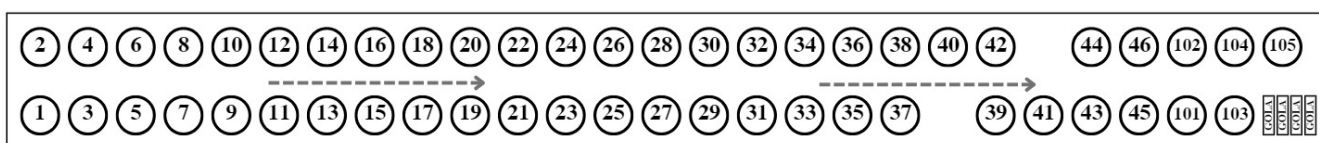


Fonte: Captura de imagem da empresa (2023).

4.1.2 Produção de malhas

Em relação ao processo de produção de malhas, a empresa possui um sistema de produção do tipo urdume, que segundo [Romero *et al.* \(1994\)](#), é um tecido formado por um agrupamento de fios dispostos lado a lado, no sentido longitudinal e que se conectam por meio de laçadas. A Figura 4 representa o ambiente de produção das malhas, composto por teares circulares Orízio JH 32 polegadas (máquinas 1 a 26), teares circulares Orízio JH 42 polegadas (máquinas 27 a 46), teares circulares Mayer 32 polegadas (máquinas 102 a 105), e teares planos Stoll para produção de golas.

Figura 4 – Ambiente de produção das malhas



Fonte: Elaborado pelos autores.

O processo se inicia no abastecimento das máquinas com o fio adequado para cada tipo de produto. Nesta fase os auxiliares de produção posicionam os paletes de fio próximo às máquinas e, em seguida, abastecem as gaiolas com as bobinas de fio que serão utilizadas, conforme representado na Figura 5.

Para a produção dos tecidos, cada tecelã supervisiona a operação de quatro teares circulares, sendo responsável por posicionar os fios a serem tecidos na linha de ar, amarrar os fios que se rompem durante o processo, verificar a ocorrência de defeitos na peça produzida e realizar a limpeza das máquinas.

Figura 5 – Gaiola



Fonte: Captura de imagem da empresa (2023).

No final do processo produtivo, após retirar o rolo de tecido da máquina, as operadoras identificam o rolo com seu nome e o número da máquina utilizada, transportando a peça para um palete localizado entre as máquinas utilizadas. Posteriormente, realizam a limpeza da máquina, utilizando ar comprimido, de modo a remover o algodão acumulado na máquina. Feito isso, o algodão depositado no chão é varrido e depositado em uma lixeira próxima, evitando que este resíduo volte para a linha de produção. A Figura 6 representa o ambiente próximo a um tear circular organizado após a remoção do tecido produzido.

Figura 6 – Tear circular

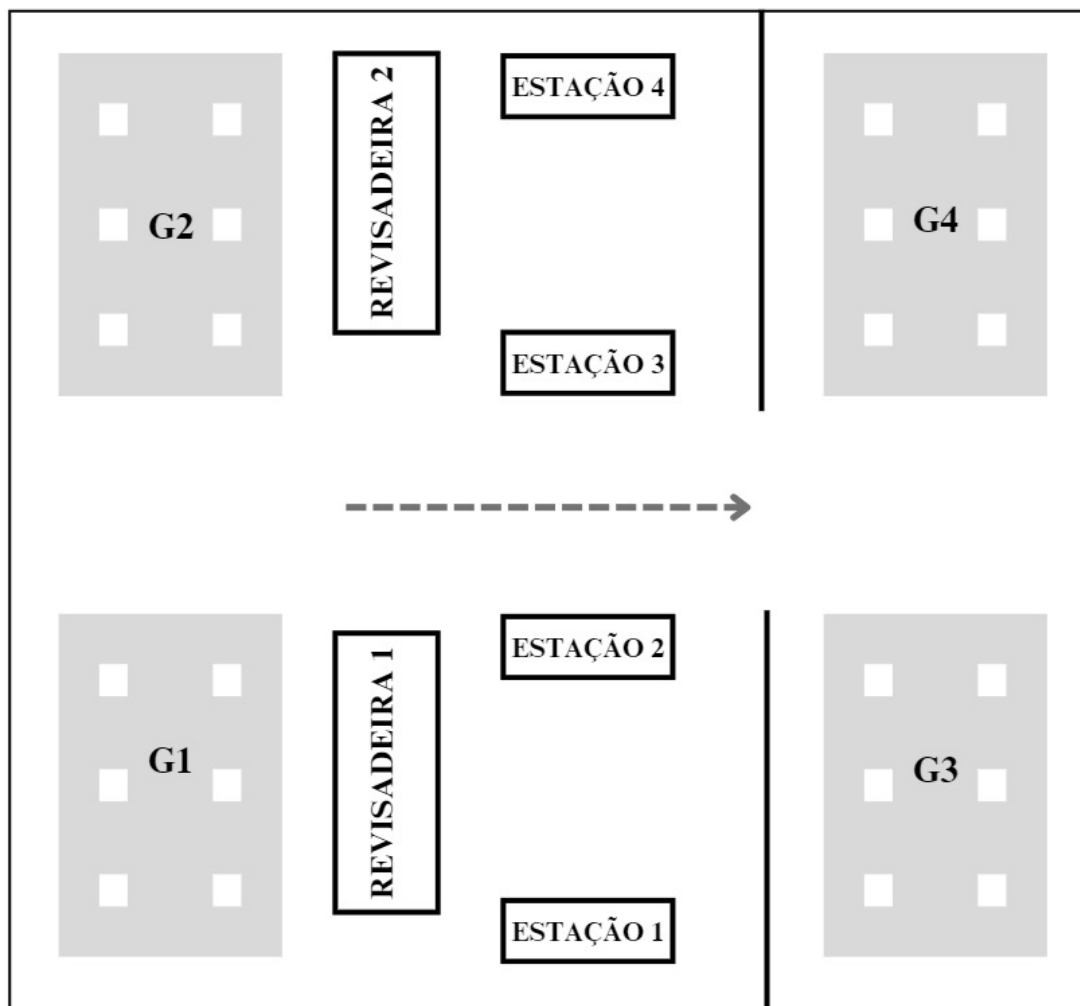


Fonte: Captura de imagem da empresa (2023).

4.1.3 Ambiente de revisão

O ambiente de revisão é destinado à avaliação da quantidade e qualidade dos tecidos produzidos. Nesta fase, os paletes de tecidos semi-acabados ficam armazenados momentaneamente nos espaços G1 e G2, em frente às máquinas de revisão, possibilitando que os revisadores transportem os rolos de tecidos, um a um, para as revisadeiras, onde ocorre a observação das malhas, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Ambiente de revisão



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os operadores de revisão realizam a pesagem, lançamento e identificação de cada peça observada, utilizando as estações de controle, compostas por balança, etiquetadeira, prensa e computador. Em seguida, as peças são transportadas para o ambiente de montagem (ver Figura 8), onde são embaladas e organizadas em gaiolas destinadas às malhas, nos espaços de armazenamento intermediários G4 e G5.

Figura 8 – Ambiente de Montagem

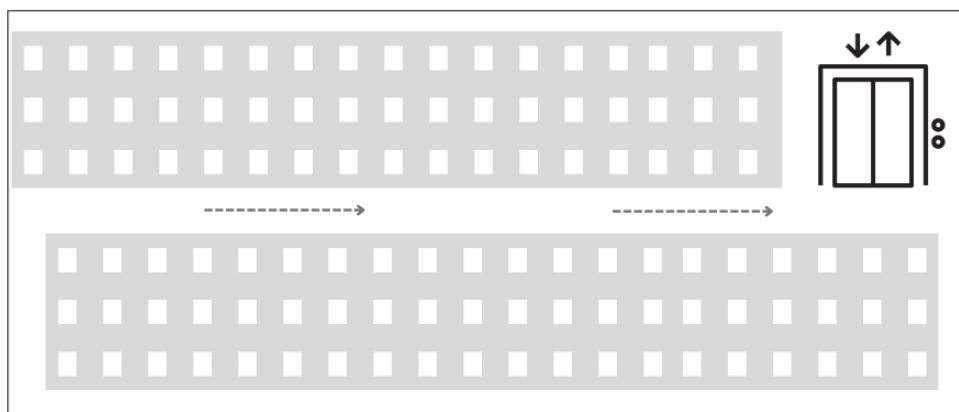


Fonte: Captura de imagem da empresa (2023).

4.1.4 Estoque de malhas

O ambiente de estocagem de malhas possui 67 boxes destinados à organização dos paletes com as malhas semi-acabadas já revisadas, identificadas e embaladas. O estoque possui dois andares, sendo o primeiro composto por 42 boxes e o segundo por 25 boxes, conforme ilustrado na Figura 9. Para que os tecidos sejam levados ao segundo andar, os trabalhadores utilizam um elevador ao final do corredor, próximo à portaria de saída, destinada ao envio dos produtos para o setor de tinturaria. A Figura 10 mostra como é o estoque de malhas na prática, considerando apenas o primeiro andar.

Figura 9 – Ambiente de estocagem de malhas



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 10 – Primeiro andar do estoque de malhas



Fonte: Captura de imagem da empresa (2023).

4.2 Apresentação dos dados de produção

Esta seção tem como foco apresentar de maneira abrangente os dados produtivos da indústria têxtil estudada neste trabalho. Os dados de produção representam os resultados reais, obtidos *in loco*, e que serão analisados sob um viés estatístico descritivo em função das variáveis de saída do processo.

4.2.1 Análise da produção: turnos e dias da semana

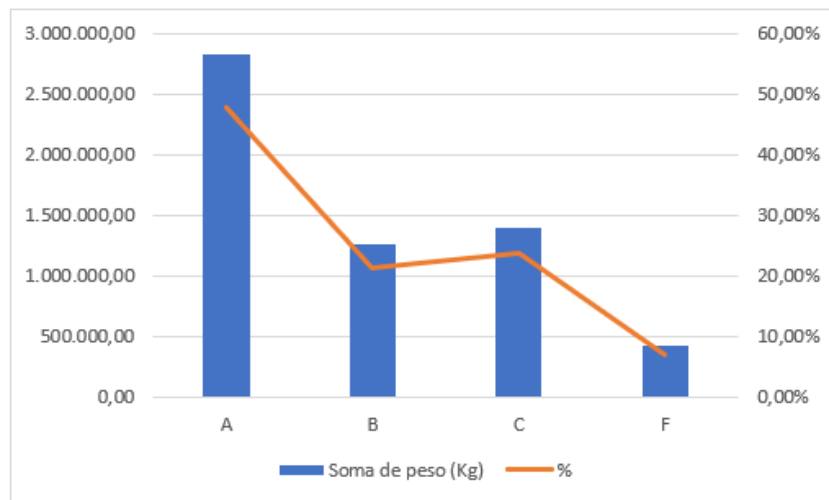
O gráfico apresentado na Figura 11 mostra as informações relacionadas à produção da empresa por turno de trabalho. O primeiro turno (Turno A), denominado pela empresa como “turno do dia”, está em operação das 07h às 17h. O segundo turno (Turno B), conhecido como “turno intermediário”, opera das 17h às 22h e funciona com capacidade reduzida, não contando com a assistência dos auxiliares operacionais. Os funcionários do terceiro turno (Turno C), chamado de “turno da noite”, trabalham das 22h às 07h. Por fim, o quarto turno (Turno F) é designado para *freelancers*¹ e opera sob condições não normais de trabalho, resultando em uma produção notavelmente inferior em comparação aos outros turnos.

Ainda com relação aos turnos de trabalho, no gráfico da Figura 12, gerada pelo software Minitab 18, são apresentadas informações relacionadas à variável de saída “peso”² relacionadas aos turnos de trabalho. Trata-se de um teste estatístico de comparação entre médias, conhecido como teste de Tukey.

¹ *Freelancer* é um profissional independente que atua sem vínculo empregatício por uma empresa ou por uma pessoa.

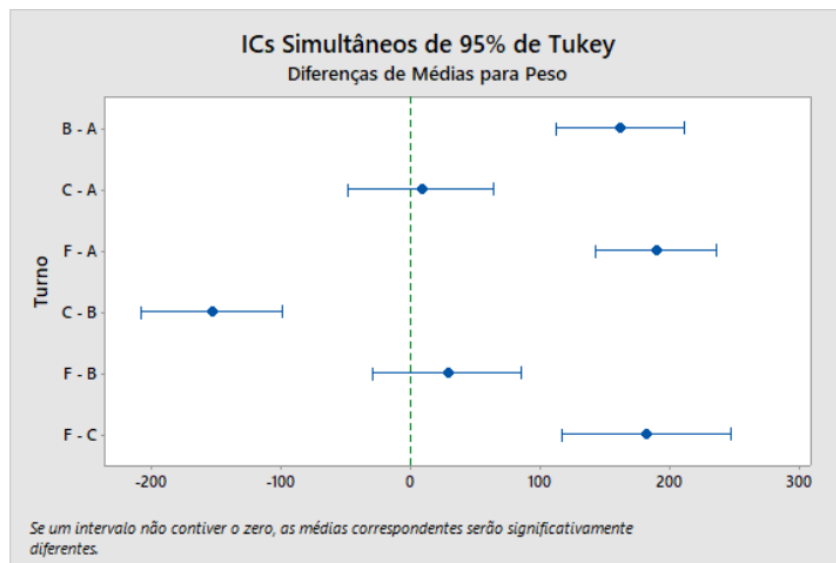
² A variável peso representa o volume produzido de produtos.

Figura 11 – Produção em quilograma por turno



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 12 – Comparação entre médias de pesos por turno pelo teste de Tukey



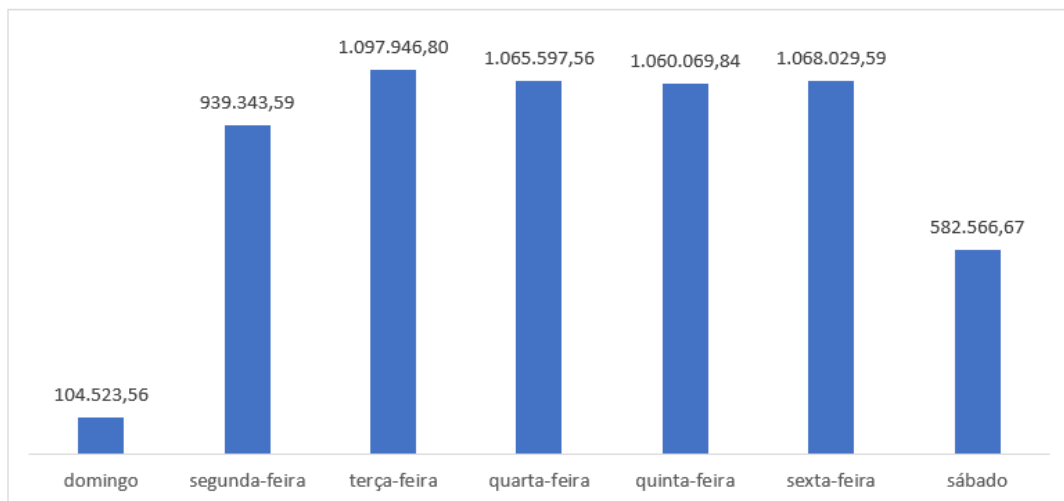
Fonte: Captura de imagem do Minitab 18.

Na comparação de Tukey, se um intervalo não contiver o zero, as médias correspondentes serão significativamente diferentes entre si, conforme pode ser observado na Figura 12. Dessa forma, é possível notar que os turnos que apresentam a menor diferença estatística entre médias, considerando a variável peso, são os turnos C e A.

Apesar do turno C apresentar em média uma produção 50% menor em relação ao turno A, é válido salientar que o turno C possui uma disponibilidade menor de máquinas para produzir no período. Além disso, estes turnos contam com auxiliares operacionais no processo de fabricação o que não ocorre nos turnos B e F (ambos não contam com a colaboração efetiva dos auxiliares de produção), que também se mostraram estatisticamente similares em relação a variável peso.

Em se tratando de uma interpretação dos dados por dia da semana, o gráfico apresentado na Figura 13 estratifica os dados em função da produção, em quilogramas (kg), de domingo à sábado. É possível observar que a produtividade varia ao longo da semana, em especial no domingo, segunda-feira e sábado.

Figura 13 – Produção em quilogramas por dias da semana



Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo informações fornecidas pelos gestores da empresa, a baixa produtividade aos sábados e domingos se deve ao fato de que estes dias são destinados ao Turno F. Assim, considerando que o quadro de funcionários é reduzido nestes dias e que não funciona o Turno C (noturno), realiza-se uma programação de abastecimento antecipado nas sextas-feiras, possibilitando a operação aos fins de semana.

É válido destacar que, a escala de trabalho especial ocasiona condições irregulares de funcionamento, no que diz respeito ao manutenção (abastecimento, limpeza e organização) das máquinas, uma vez que o foco nesses dias é a produção em massa e o(a)s operadore(a)s recebem por quilo de tecido produzido. Ademais, o modo operatório adotado nos fins de semana acaba por impactar negativamente a capacidade produzida no turno da manhã nas segundas-feiras. Assim, é possível notar uma queda da produção das segundas-feitas em relação aos demais dias da semana de terça à sexta.

4.2.2 Produção por tipo de tecido

No período de um ano e sete meses, foram produzidos 30 tipos de tecidos diferentes, porém, três tipos de tecidos destacam-se consideravelmente com relação ao volume de produção, que juntos totalizam 62,61% da produção. O tecido Malha Poliéster Premium Cores (15d) foi o de maior produção no período, representando um total de 28,06% da produção total. Este tecido é conhecido por ser um tecido muito versátil e de baixo custo, comumente utilizado para vestuário em geral, principalmente na linha esportiva.

A Malha PV Premium Cores (15d) ficou com a segunda posição em relação ao volume de produção, resultando em um total de 19,08%. Esse tecido é uma escolha frequente na confecção de camisetas, especialmente em uniformes corporativos e escolares, devido à sua notável combinação de conforto, durabilidade e excelente relação custo-benefício, o que justifica a alta produção relacionada a esse tecido.

O terceiro tipo de tecido mais produzido é a Malha Penteado Premium Cores (15d), que representa 15,47% da produção, frequentemente utilizada na indústria têxtil para a produção de tecidos de alta qualidade. A principal utilização desse tipo de malha é a confecção de roupas de alta gama, que requerem tecidos mais suaves. Já os outros 27 tipos de tecidos que foram produzidos, juntos totalizam 37,39% da produção total, conforme evidenciado na Tabela 2.

Tabela 2 – Produção total por tipo de fio

Tipo de fio	Produção (kg)	%
Malha Poliéster Premium Cores (15d)	1.660.512,09	28,06
Malha PV Premium Cores (15d)	1.129.142,40	19,08
Malha Penteado Premium Cores (15d)	915.802,20	15,47
Malha PA Premium Cru 50%Poliéster 50%Algodão (15d)	557.941,28	9,43
Malha Cardado Premium Cores (15d)	393.931,96	6,66
Malha Poliéster Cores (30d)	183.098,19	3,09
Malha Cardado Cores (15d)	156.628,56	2,65
Malha Penteado Cores (30d)	151.154,05	2,55
Malha PV Tradicional Cores (15d)	100.233,82	1,69
Outros	669.633,07	11,32
Total	5.918.077,59	100,00

A Figura 14 apresenta as combinações das variáveis de A a H que são considerados estatisticamente iguais em relação aos tipos de tecido produzidos na empresa, com base na comparação entre médias (Tabela 2) pelo teste de Tukey. Nesta análise, calcula-se um valor médio de peso dos diferentes tipos de tecido produzidos, sendo que os intervalos são calculados levando-se em consideração medidas de tendência central e de dispersão.

Note que, em relação às médias de peso dos tecidos produzidos, a Malha Cardado Premium Cores (15d), Malha Cardado Cores (15d), Malha PV Premium Cores (15d), Malha Penteado Cores (30d) e o agrupamento Outros são significativamente diferentes entre si e em relação aos demais tecidos. Por outro lado, a Malha Poliéster Premium Cores (15d) e Malha PA Premium Cru 50% Poliéster 50% Algodão (15d) são significativamente semelhantes, enquanto a Malha PV Tradicional Cores (15d) é significativamente semelhante à Malha Penteado Premium Cores (15d), assim como é significativamente semelhante à Malha Poliéster Cores (30d).

Figura 14 – Análise do tipo de tecido por peso

Tukey Pairwise Comparisons: Response = Peso, Term = Artigo

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Artigo	N	Mean	Grouping
Malha Cardado Premium Cores (15d)	19971	18487,4	A
Malha Poliéster Premium Cores (15d)	86989	18126,5	B
Malha PA Premium Cru 50%Poliéster 50%Algodão (15d)	28969	18098,4	B
Malha Cardado Cores (15d)	8002	17963,7	C
Malha Penteadado Premium Cores (15d)	48497	17649,7	D
Malha FV Tradicional Cores (15 d)	5229	17576,7	D E
Malha Poliéster Cores (30d)	9591	17507,9	E
Malha FV Premium Cores (15d)	60866	17318,1	F
Malha Penteadado Cores (30d)	8049	17188,8	G
Outros	49716	14154,0	H

Fonte: Captura de imagem do Minitab 18.

4.2.3 Análise dos defeitos nos tecidos

No processo produtivo da empresa existem duas etapas de identificação de defeitos. A primeira se dá na fase de operação, quando os sensores de monitoramento de falhas acusam inconsistências nas peças, provocando a parada imediata das máquinas. A Figura 15a mostra o contador de agulhas, que acusa quando existem agulhas quebradas ou danificadas, enquanto a Figura 15b mostra a Fotocélula, que acusa a existência de furos nas malhas.

Figura 15 – Exemplos de instrumentos de detecção de defeitos



(a) Contador de agulhas



(b) Fotocélula

Fonte: Captura de imagem da empresa (2023).

A segunda fase de inspeção ocorre no momento em que o(a)s operadore(a)s verificam alguma inconsistência nas máquinas, sendo realizados procedimentos operacionais para interromper o funcionamento das máquinas e corrigir o erro. Além disso, é realizada a identificação da falha com um lápis de marcação na parte defeituosa do tecido e adicionada uma tarjeta com identificação do tipo de defeito, para que o(a) operador(a) de revisão consiga visualizar o defeito com mais facilidade na etapa seguinte. Ademais, no momento da revisão, os rolos de tecido são inspecionados, um a um, na máquina revisadeira, e, as características e defeitos de cada peça são contabilizadas no sistema de gestão interno da empresa, conforme representado na Figura 16.

Figura 16 – Revisão de tecido



Fonte: Captura de imagem da empresa (2023).

Como uma forma de interpretação dos dados referentes aos defeitos identificados ao longo do período estudado, foi utilizada a análise estatística de variância com o intuito de identificar quais variáveis de entrada possuem diferenças estatísticas relevantes para o processo de produção de malhas. A Figura 17 mostra que todas as variáveis são relevantes com relação à quantidade de defeitos, sendo elas o tipo de artigo produzido, tipo de máquina, turno e a causa do defeito, que possuem o P-Value igual a zero. Tal resultado significa que pelo menos um dos itens de cada variável de entrada possui diferenças estatísticas em relação aos demais, considerando um nível de significância de 5% (0,05), rejeita-se a hipótese nula H_0 , que indica a existência de pelo menos uma das médias entre os grupos de dados ser diferente das demais.

Em se tratando do tipo de tecido, dos 30 tipos distintos que foram produzidos no período analisado, os nove tipos com maior percentual de defeitos em sua fabricação são apresentados na Tabela 3. Note que, os demais tipos de tecidos correspondem juntos a 6,69% do total de falhas.

Figura 17 – ANOVA: Conta defeito

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Artigo	9	566,7	62,96	314,07	0,000
Tipo_Máq	2	87,3	43,64	217,67	0,000
Turno	3	7,9	2,64	13,16	0,000
Causa Defeito	15	21899,1	1459,94	7282,47	0,000
Error	325849	65324,1	0,20		
Lack-of-Fit	350	2400,9	6,86	35,48	0,000
Pure Error	325499	62923,2	0,19		
Total	325878	88578,6			

Fonte: Captura de imagem do Minitab 18.

Tabela 3 – Percentual de defeitos por tipo de tecido

Tipo de tecido	%
Malha PV Premium Cores (15d)	26,12
Malha Poliéster Premium Cores (15d)	21,74
Malha Penteado Premium Cores (15d)	19,36
Malha Cardado Premium Cores (15d)	6,87
Malha PA Premium Cru 50%Poliéster 50%Algodão (15d)	5,76
Malha Penteado Cores (30d)	4,87
Malha Cardado Cores (15d)	3,71
Malha PV Tradicional Cores (15 d)	2,66
Malha Poliéster Cores (30d)	2,25
Outros	6,69
Total	100,00

Ao comparar os dados da Tabela 2 com dados da Tabela 3 é possível perceber que, mesmo considerando que a malha Poliéster Premium Cores (15d) tenha sido o material de maior produção durante o período analisado, totalizando 1.660.512,09 kg de tecido fabricado, sua incidência de defeitos é inferior à da Malha PV Premium Cores (15d), que teve uma produção de 1.129.142,40 kg. Acredita-se que isso se justifique pelo fato do fio utilizado na Malha PV Premium Cores ser menos resistente, tornando-a mais suscetível a falhas. Outro aspecto notável é que a Malha Poliéster Cores (30d) exibe a menor taxa de recorrência de defeitos entre todos os tipos específicos de tecidos apresentados na Tabela 3 (nona posição), embora seja o sexto produto mais produzidos no período.

De forma complementar, a Figura 18 mostra os resultados do teste de Tukey para os tipos de defeito, considerando a quantidade total de defeitos para cada artigo (tipo de tecido). Trata-se de um tipo de informação diferente da Tabela 3. Observe que, para cada tipo de malha, o valor de “N” se refere ao número de malhas de cada tipo no período estudado. A malha Malha PV Premium Cores (15d) apresentou maior percentual de defeitos N, porém é apenas a quarta quando se avalia o valor médio de defeitos por tipo de malha (ver Figura 18).

Figura 18 – Valor médio de defeitos por peça produzida

Tukey Pairwise Comparisons: Response = Conta Defeito, Term = Artigo

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Artigo	N	Mean	Grouping
Malha Penteado Cores (30d)	8049	2,34114	A
Malha PV Tradicional Cores (15 d)	5229	2,27195	B
Malha Cardado Cores (15d)	8002	2,24828	B
Malha PV Premium Cores (15d)	60866	2,17151	C
Malha Poliéster Cores (30d)	9591	2,16503	C D
Malha Penteado Premium Cores (15d)	48497	2,15334	D
Outros	49716	2,12759	E
Malha Cardado Premium Cores (15d)	19971	2,11781	E F
Malha Poliéster Premium Cores (15d)	86989	2,11083	F
Malha PA Premium Cru 50%Poliéster 50%Algodão (15d)	28969	2,09084	G

Fonte: Captura de imagem do Minitab 18.

Em relação à quantidade de defeitos por rolos de tecidos produzidos, verifica-se que a Malha Penteado Cores (30d) e a Malha PA Premium Cru 50% Poliéster 50% Algodão (15d) são significativamente diferentes, enquanto a Malha PV Tradicional Cores (15d) é significativamente semelhante à Malha Cardado Cores (15d). Já a Malha Poliéster Cores (30d) é semelhante à Malha PV Premium Cores (15d) e à Malha Penteado Premium Cores (15d). Por fim, a Malha Cardado Premium Cores (15d) é semelhante ao agrupamento Outros, bem como é semelhante à Malha Poliéster Premium Cores (15d).

No tocante às causas dos defeitos nos itens, a Tabela 4 exibe informações sobre as causas de defeitos encontrados nos tecidos por turno de trabalho, no horizonte de tempo estudado. Foram contabilizadas 22769 etiquetas defeituosas, sendo que os principais motivos de defeitos incluem o Ponto Grosso e a Quebra da Agulha.

Para se fazer as análises estatísticas referentes às principais causas de defeitos apresentados, foi realizado o teste de Tukey, considerado a quantidade total de defeitos, conforme mostra a Figura 19. Na análise de Tukey, as causas de defeito Trava Aberta, Carrinho Travado, Platina Quebrada e Problema Fio apresentam as maiores médias e são significativamente diferentes entre si e entre todos os outros tipos de defeitos apresentados, quando analisados sob o viés da quantidade total de defeitos.

Um dado interessante de se destacar é que Trava Aberta, por exemplo, possui uma frequência de ocorrência baixa (N=12), porém se trata de um tipo de defeito que, quando ocorre, apresenta uma média de ocorrências por unidade (etiqueta) mais elevado. Ademais, é possível notar que há casos em que as médias entre os tipos de defeitos por unidade são estatisticamente iguais, embora a frequência de ocorrência das falhas seja bem diferente entre eles, como ocorre com a Regulagem de Máquina e o Ponto Grosso.

Tabela 4 – Causas de defeito por turno

Causa do defeito	Turno				Total
	A	B	C	F	
Ponto Grosso	5672	2261	2371	750	11054
Agulha Quebrada	5048	2033	2610	812	10503
Dois Fios	148	69	81	23	321
Problema Fio	164	55	63	9	291
Sujeira	93	26	73	25	217
Lingueta Torta	47	33	44	33	157
Ponto Fino	30	8	20	11	69
Lycra Vazado	40	3	11	3	57
Regulagem de Máquina	39	3	7	1	50
Tensão no Fio	7	2	6	2	17
Trava Aberta	1	2	9	0	12
Platina Quebrada	7	1	0	0	8
Bucha de Fiação	0	1	5	0	6
Carrinho Travado	1	0	3	0	4
Cortou Fora da Limp-queda	1	0	1	1	3
Total de defeitos	11298	4497	5304	1670	22769

Figura 19 – Comparação de Tukey - Causa defeito por Conta Defeito

Tukey Pairwise Comparisons: Response = Conta Defeito, Term = Causa Defeito

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Causa Defeito	N	Mean	Grouping	
Trava Aberta	12	6,81912	A	
Carrinho Travado	4	5,70908	B	
Platina Quebrada	8	4,60668	C	
Problema Fio	291	3,59493	D	
Bucha de Fiação	6	2,52573		E F
Ponto Fino	69	2,25535		E
Dois Fios	321	1,98729		F
Tensão no Fio	17	1,86780		E F
Regulagem de Máquina	50	1,41841		G H
Sujeira	217	1,34590		G
Ponto Grosso	11054	1,21989		H
Lingueta Torta	157	0,74128		I
Agulha Quebrada	10503	0,62889		I
Lycra Vazado	57	0,08579		J
Cortou Fora da Limp_queda	3	-0,02658		I J

Fonte: Captura de imagem do Minitab 18.

Estatisticamente, a Bucha de Fiação é significativamente semelhante a Tensão no Fio, sendo verificado que estes defeitos pertencem, de forma simultânea, aos grupos denominados E e F. Além disso, a Bucha de Fiação é semelhante ao Ponto Fino, assim como a Tensão no Fio é semelhante ao defeito Dois Fios. Já o defeito Sujeira é significativamente semelhante à Regulagem de Máquina, bem como este último é significativamente semelhante ao defeito de Ponto Grosso.

Ainda sobre a Figura 19, pode-se dizer que o grupo I contempla os defeitos provocados por Lingueta Torta, Agulha Quebrada e Corte Fora da Queda que são significativamente semelhantes. Simultaneamente, o Corte Fora da queda pertence ao grupo J, que contém o defeito Lycra Vazado.

Ao comparar o total de defeitos por turno com a produção total por turno (Figura 11), obtém-se a Tabela 5. Nota-se que o turno que apresenta a menor ocorrência de falhas é o turno B, com 6,61% das falhas. Os turnos que apresentam as menores quantidades produzidas são os turnos B e F. Apesar da diferença significativa entre a quantidade produzida entre eles, o turno B apresentou um percentual de erros menor que o turno F. Acredita-se que tal situação se justifique pelo fato de o turno F ser destinado a profissionais *freelancers* que tem o foco em produzir a maior quantidade de tecido possível, o que resulta em uma qualidade inferior nas peças produzidas, ou seja, um percentual maior de peças defeituosas.

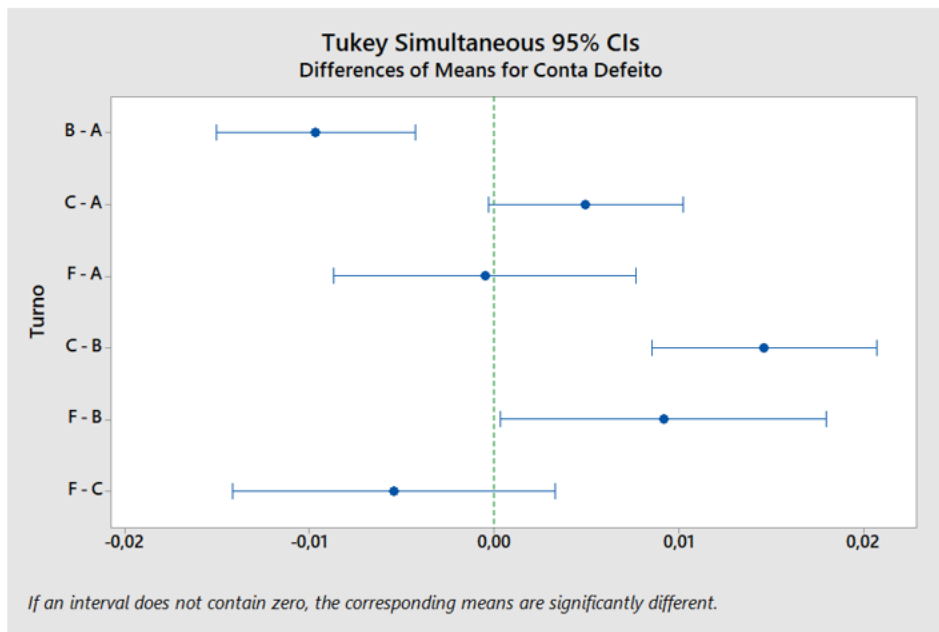
Tabela 5 – Percentual de falhas por turno

Dados	A	B	C	F
Etiqueta sem defeito	148750	63487	69827	21046
Etiquetas com defeitos	11298	4497	5304	1670
Produção (kg)	2.828.675,62	1.261.486,56	1.403.050,66	424.864,76
% de falhas	7,06	6,61	7,06	7,35

Os turnos A e C não possuem um diferença percentual de falhas. Acredita-se que a diferença em relação ao volume de produção dos turnos A e C se deva ao fato do turno A possuir maior disponibilidade de máquinas para produção do que o turno C, que, normalmente, opera apenas com cerca de 50% da capacidade instalada.

De forma complementar, uma análise, via teste de Tukey, foi utilizada como forma de evidenciar os dados demonstrados na Tabela 5. Pela Figura 20 é possível perceber que os turnos de trabalho que apresentam a maior diferença estatística com relação à quantidade de defeitos são os turnos A e B, C e B, e, por fim, F e B, onde o intervalo entre eles não passa pelo ponto 0,00 do gráfico. Ademais, é possível notar que o turno B é o turno que apresenta a maior diferença estatística com relação ao percentual de falhas. Acredita-se que este resultado possa se justificar pelo fato do turno B não contar com a ajuda dos auxiliares de produção. Assim, os profissionais que trabalham neste turno de trabalho executam todas as atividades individualmente, levando a um percentual menor de erros, como mostrado na Tabela 5.

Figura 20 – Comparação de Tukey - Turno por conta defeito



Tukey Pairwise Comparisons: Response = Conta Defeito, Term = Turno

Fonte: Captura de imagem do Minitab 18.

4.2.3.1 Classificação dos produtos acabados por tipos de defeitos

A Tabela 6 sumariza os dados relacionados à classificação dos tecidos produzidos considerando o total de falhas identificadas no produto, conforme o padrão de classificação adotado pela empresa. Os tecidos classificados como A são aqueles que apresentam um número inferior a 3 falhas na peça de tecido. Este tipo de tecido é considerado de qualidade superior por apresentar um percentual de perda pequeno em relação aos demais e por isso possui maior aceitação no mercado.

Tabela 6 – Classificação dos tecidos em relação ao número de ocorrências de defeitos

Classificação	Ocorrências	%
A	42524	86,55
2	4785	9,74
B	1821	3,71
Total	49130	100,00

Os tecidos do tipo B são produtos que apresentam entre 4 e 5 falhas ao final do processo e possuem o mesmo valor (preço negociado no mercado), com menor aceitação de mercado que o tipo A. Este tipo de tecido é utilizado como um indicador de qualidade e quando há um aumento na quantidade produzida dele, a empresa deve atuar no processo para evitar que sejam produzidos classificados como sendo do tipo 2. Os tecidos classificados como 2 são aqueles que apresentaram 6 ou mais falhas. Tal situação impede que eles sejam comercializados no mercado, mesmo que com um preço inferior aos demais. Assim, a empresa tem por hábito utilizá-los como material para auxílio nos serviços de limpeza e manutenção da fábrica.

A Tabela 7 mostra os pesos totais, em quilogramas, dos tecidos produzidos em relação às classificações A, B e 2. É notável que os tecidos de classificação A representam um percentual muito elevado em relação aos outros tipos de tecido. Contrapondo com a Tabela 6 verifica-se que este tecido também apresenta o maior número de ocorrências de defeitos, porém apresentam percentual menor quando comparado com o peso.

Tabela 7 – Peso total dos tecidos por classificação

Classificação	Peso (kg)	%
A	5.869.212,53	99,17
B	30.618,81	0,52
2	18.246,26	0,31
Total	5.918.077,59	100,00

O tecido de classificação tipo B representa o segundo maior peso total na Tabela 7 e menor número de ocorrências de defeitos na Tabela 6. Em contrapartida, o tecido de classificação tipo 2 apresenta o menor peso total em relação aos demais tipos de tecidos, mas possui um número maior de ocorrências de defeitos que os tecidos de tipo B. Este fato pode ser explicado, devido à uma prática que ocorre durante a operação em que o operador interrompe a produção de uma peça quando verifica que esta atingiu uma quantidade considerável de defeitos. Uma vez constatado o número elevado de defeitos, utiliza-se como estratégia a separação do tecido em duas partes, uma que resultará em peças do tipo B ou 2, de menor tamanho e peso, e outra que poderá se tornar do tipo A, o que justifica o percentual elevado de peças do tipo A em relação ao peso.

Ademais, ao checar o percentual de peças do tipo A sem nenhuma ocorrência de defeito, verificou-se um total de 87% de produtos. Como a empresa tem como foco aprimorar o processo produtivo visando a redução do número de defeito por quilo de tecido, pode-se dizer que a intervenção direta no processo adotada por ela está alinhada com o objetivo estratégico da organização.

Uma questão importante a se destacar em relação aos dados estudados diz respeito a situações em foram apresentadas causas que indicavam a existência de algum tipo falha, porém sem a informação do total de defeitos. Nas etiquetas do tipo B, por exemplo, constatou-se que 59% dos itens produzidos não foram indicados o total de defeitos (cinco ou seis). O mesmo ocorreu com etiquetas classificadas como tipo 2, em que 80% dos itens produzidos também não foram contabilizados indicados o total de defeito. Assim, pode-se dizer que se trata de uma falha operacional do(a) revisador(a) no processo de lançamento dos dados, que é permitida pelo sistema utilizado.

Para o caso das peças tipo B, vale uma reflexão e incentivo para que o(a)s operadore(a)s façam o lançamento completo da informação do número de defeitos. Por outro lado, para o caso das peças classificadas como tipo 2, entende-se que, de fato, não se trata de uma questão crítica, haja vista a destinação adotada pela empresa do produto a *posteriori*, embora, caso a empresa pense em outras destinações futuras destes produtos, possa ser uma informação interessante de se ter registrado. Neste caso, uma ideia seria limitar o processo de contabilidade de defeitos a um quantitativo, dez (10), por exemplo, e para situação em que o volume for superior a este valor, registrar no sistema a expressão “>10” ou, caso o sistema só aceite um dado numérico, estabelecer um número qualquer, maior que 10, como padrão.

4.2.4 Produção por tipo de máquina

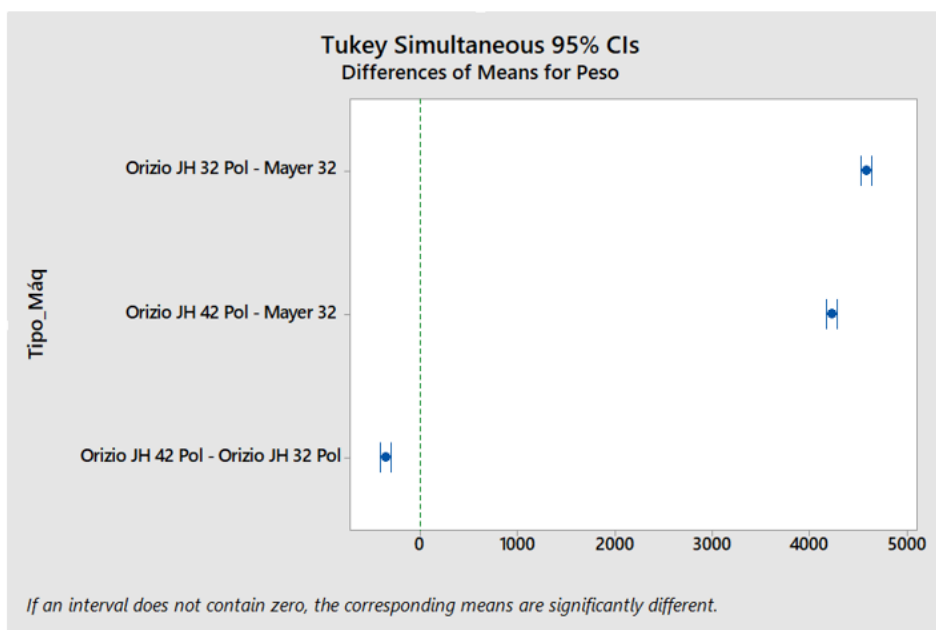
A empresa utiliza três tipos de máquinas para a fabricação dos diferentes tipos de tecidos, são elas: a Orízio JH 32 Polegadas; Orízio JH 42 Polegadas; e a Mayer 32 Polegadas. Conforme descrito na Tabela 8, a máquina Orízio JH 42 Polegadas foi responsável por 76,78% da produção no período analisado, contra 17,01% da Orízio JH 32 e 6,21% da Mayer 32.

Tabela 8 – Produção por tipo de máquina

Tipo de Máquina	Peso (kg)	% peso
Orízio JH 42 Pol	4.544.011,04	76,78
Orízio JH 32 Pol	1.006.494,32	17,01
Mayer 32 Pol	367.572,24	6,21
Total	5.918.077,59	100,00

A Figura 21 apresenta o gráfico de Tukey relacionando o tipo de máquina com a quantidade total produzida. Pela Figura 21 é possível afirmar que há diferenças estatisticamente significativas entre todas as três máquinas, quando comparadas duas a duas, quanto ao peso médio. É possível perceber também que, conforme foi demonstrado na Tabela 8, a menor diferença entre os tipos de máquina relacionados à produção se da entre as máquinas Orízio JH 42 e Orízio JH 32. Ademais, além da Orízio JH 42 apresentar um volume de produção muito superior à Orízio JH 32 e à Mayer 32, ela também tem uma taxa de falhas menor que a Orízio 32. Porém, o tipo de máquina que apresenta o menor percentual de falhas é a Mayer 32, conforme demonstrado na Tabela 9.

Figura 21 – Comparação de Tukey - Máquina por peso



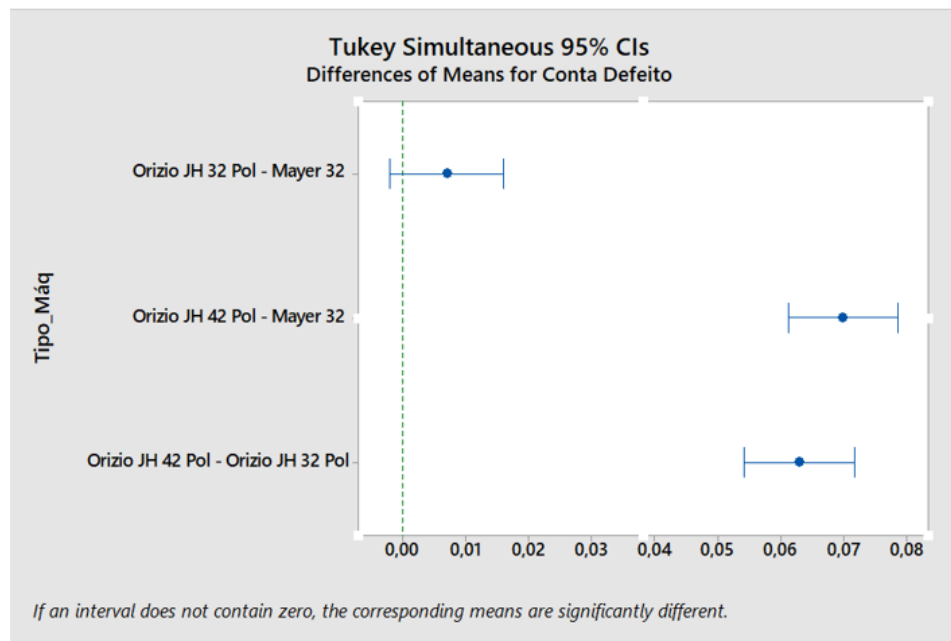
Fonte: Captura de imagem do Minitab 18.

Tabela 9 – Taxa de defeitos por tipo de máquina

Etiquetas	Orízio JH 32	Orízio JH 42	Mayer 32
Produzidas	7818	40130	1182
Sem defeitos	4729	21323	466
Diferença %	60,49	53,13	39,42

Para comparar os três diferentes tipos de máquinas com a quantidade de defeitos apresentados por cada um, novamente utilizou-se um teste de Tukey, conforme apresentado na Figura 22. Neste caso, verificou-se que a maior diferença estatística entre as máquinas acontece entre a Orízio JH 42 Pol e a Mayer 32. Note que, este teste Tukey analisa o número médio de defeitos neste tipo de máquina, e não os valores absolutos. Além disso, conforme destacado anteriormente, o total de máquinas de cada tipo que a empresa possui é diferente. Como uma forma de interpretação deste resultado, pode-se dizer que o fato da Orízio JH 42 ser uma máquina mais nova, com mais tecnologia embarcada e menor ocorrência de defeitos mecânicos tende a ocasionar menos falhas nos tecidos produzidos. Também é possível notar que a Orízio JH 32 e a Mayer 32 não possuem uma diferença estatística relevante com relação à variável de saída conta defeito, uma vez que, o intervalo entre elas passa pelo ponto 0,00 do gráfico gerado pelo Minitab 18.

Figura 22 – Comparação de Tukey - Máquina por conta defeito



Fonte: Captura de imagem do Minitab 18.

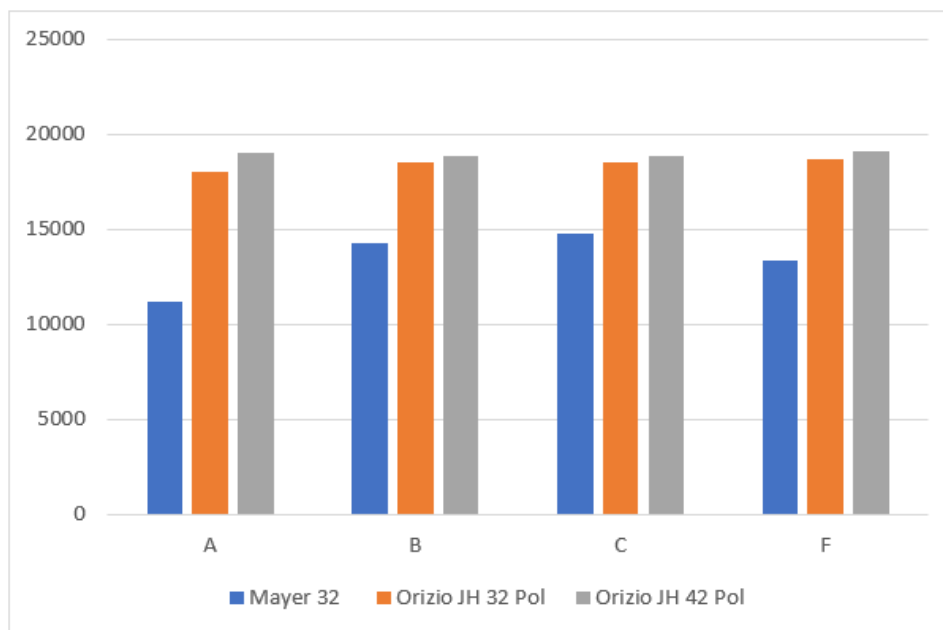
4.2.4.1 Comparação dos resultados considerando os tipos de máquinas

Nesta seção foram realizados testes de Tukey considerando os tipos de máquinas utilizadas para fabricação dos tecidos, isoladamente, de forma a verificar as semelhanças e diferenças de produção e de defeitos em relação aos turnos, tipos de tecidos e causas de defeitos. O Gráfico apresentado na Figura 23 mostra o volume médio de produção de tecido de cada máquina, em quilogramas, por turno.

Ao analisar Figura 23 em conjunto com a Tabela 10 é possível verificar que as máquinas do tipo Mayer 32 apresentaram maiores médias de peso de tecidos produzidos pelos turnos C, B e F, respectivamente, sendo estes turnos semelhantes entre si, enquanto o turno A apresentou um comportamento de produção diferente dos demais por possuir um valor médio inferior, estatisticamente. Em se tratando das máquinas do tipo Orízio JH 32, os turnos A e B se mostraram significativamente semelhantes em relação à produção, sendo que a maior média de peso de tecidos produzidos foram advindas do turno F e a menor média de produção proveniente do turno C, o que provocou resultados diferentes entre as demais combinações.

Note também que, nas máquinas do tipo Orízio JH 42, os turnos B e C apresentaram semelhanças no comportamento de produção, sendo que estes expressam as menores médias de peso das peças produzidas. As demais combinações entre turnos mostraram-se significativamente diferentes entre si.

Figura 23 – Produção média de cada tipo de máquina por turno



Elaborado pelos autores.

Tabela 10 – Semelhanças ou diferenças entre o volume de produção considerando o tipo de máquina e os turnos

Turno	Mayer 32	Orizio JH 32	Orizio JH 42
A-B	Diferente	Semelhante	Diferente
A-C	Diferente	Diferente	Diferente
A-F	Diferente	Diferente	Diferente
B-C	Semelhante	Diferente	Semelhante
B-F	Semelhante	Diferente	Diferente
F-C	Semelhante	Diferente	Diferente

A Tabela 11 evidencia a relação da quantidade de defeitos existentes nos rolos de tecidos produzidos em função das máquinas e dos turnos. É possível notar que nas máquinas do tipo Mayer 32 não apresentam diferenças significativas entre si. Em contrapartida, as peças produzidas nos turnos A, C e F apresentaram maiores médias de defeitos, estabelecendo-se uma semelhança no desempenho produtivo entre eles e diferindo-os do turno B. Já os resultados das máquinas do tipo Orizio JH 42 exibem um comportamento de semelhanças na quantidade de defeitos advindos dos tecidos produzidos pelo turno F com os demais turnos, enquanto o turno A também se assemelha do turno C e o turno B não se assemelha a nenhum turno.

Tabela 11 – Relação de defeitos considerando os tipos de máquinas e os turnos

Turno	Mayer 32	Orízio JH 32	Orízio JH 42
A-B	Semelhante	Diferente	Diferente
A-C	Semelhante	Semelhante	Semelhante
A-F	Semelhante	Semelhante	Semelhante
B-C	Semelhante	Diferente	Diferente
B-F	Semelhante	Diferente	Semelhante
F-C	Semelhante	Semelhante	Semelhante

A Tabela 12 estabelece uma relação entre os tipos de máquinas com os tipos de tecidos. Note que não existe nenhuma semelhança entre os tecidos produzidos pelas máquinas do tipo Mayer 32 e do tipo Orízio JH 42, em relação aos valores médios no Teste de Tukey. Já nas máquinas do tipo Orízio JH 32 ocorreram semelhanças entre a Malha Poliéster Premium Cores (15d) e a Malha Cardado Cores (15d) que apresentaram as maiores médias de peso dos rolos de tecido produzidos.

Tabela 12 – Semelhanças de produção considerando os tipos de máquinas e tipos de tecidos

Artigo	Mayer 32	Orízio JH 32	Orízio JH 42
Malha Poliéster Premium Cores (15d)	A	A	C
Malha PA Premium Cru 50% Poliéster 50% Algodão	B	-	B
Malha Poliéster Cores (30d)	C	C	-
Malha Cardado Cores (15d)	-	A	-
Malha PV Tradicional Cores (15d)	-	B	-
Malha Penteado Cores (30d)	-	D	-
Malha Cardado Premium Cores (15d)	-	-	A
Malha Penteado Premium Cores (15d)	-	-	D
Malha PV Premium Cores (15d)	-	-	E

O símbolo “-” indica um tipo de tecido não fabricado na referida máquina no período analisado.

De forma complementar, a Tabela 13 mostra que a Malha Poliéster Premium Cores (15d) é semelhante à Malha PA Premium Cru 50% Poliéster 50% Algodão no que diz respeito à quantidade de defeitos na produção, quando produzida via máquinas do tipo Mayer 32, em se tratando de valores médios. Em relação aos tecidos produzidos pelas máquinas do tipo Orízio JH 32 e Orízio JH 42, não há semelhanças entre tipos de tecidos.

A Tabela 14 relaciona os tipos de defeitos por máquina considerando os grupos de A a H, ordenados de acordo com as médias de defeitos oriundos da produção.

É possível verificar que nos tecidos produzidos pelas máquinas do tipo Mayer 32, a causa Platina quebrada mostrou-se significativamente diferente em relação às demais, seguida de Lingueta Torta, Problema no Fio e Sujieira. O Ponto Fino apresenta-se semelhante à regulagem de máquina, Ponto Grosso, Agulha Quebrada, Trava Aberta e Lycra Vazado. Além disso, a causa Trava Aberta expressou-se semelhante à Agulha Quebrada e Lycra Vazado.

Tabela 13 – Relação de defeitos considerando os tipos de máquinas e tipos de tecidos

Artigo	Mayer 32	Orízio JH 32	Orízio JH 42
Malha Poliéster Premium Cores (15d)	A	E	D
Malha PA Premium Cru 50% Poliéster 50% Algodão	A-B	-	E
Malha Poliéster Cores (30d)	A-B	D	-
Malha Cardado Cores (15d)	-	C	-
Malha PV Tradicional Cores (15d)	-	B	-
Malha Penteado Cores (30d)	-	A	-
Malha Cardado Premium Cores (15d)	-	-	C
Malha Penteado Premium Cores (15d)	-	-	B
Malha PV Premium Cores (15d)	-	-	A

O símbolo “-” indica um tipo de tecido não fabricado na referida máquina no período analisado.

Tabela 14 – Relação de causas dos defeitos por tipo de máquina

Causa do defeito	Mayer 32	Orízio JH 32	Orízio JH 42
Platina Quebrada	A	B	E-F-G-H
Lingueta Torta	B	D	G
Problema Fio	C	B	B
Sujeira	D	D	E
Dois Fios	E	D	D
Regulagem de Máquina	F	C	E
Ponto Fino	E-F-G-H-I	E	C
Ponto Grosso	G	E	E
Agulha Quebrada	H	F	F
Trava Aberta	H-I-J	A	A
Lycra Vazado	I-J	G	E-F-G-H
Tensão no Fio	-	B	E
Carrinho Travado	-	-	A
Bucha de Fiação	-	-	C-D

Em relação às máquinas do Tipo Orízio JH 32, a causa identificada como mais significativa de defeitos é a Trava Aberta, seguida da Platina Quebrada que se assemelha ao Problema no Fio e Tensão no Fio simultaneamente. Também foram agrupadas como semelhantes as causas Lingueta Torta, Sujeira e Dois Fios no grupo D, bem como o Ponto fino e o Ponto Grosso no grupo E.

Nas máquinas do tipo Orízio JH 42 foi identificado que a causa Platina Quebrada apresentou comportamento semelhante ao Lycra Vazado por contemplarem as causas Sujeira, Regulagem de Máquina, Ponto Grosso, Tensão no Fio, Agulha Quebrada e Lingueta Torta. As causas mais significativas advindas deste tipo de máquina são Trava Aberta e Carrinho Travado, seguidos de Problema no Fio e Bucha de Fiação que se assemelha de Ponto Fino e Dois Fios, simultaneamente.

5 Considerações Finais

O presente estudo teve como objetivo empregar um conjunto de análises estatísticas via utilização de medidas de tendência central e de dispersão, técnicas comparação entre médias (Teste de Tukey) e análise de variância (ANOVA) para avaliar a relação entre as variáveis de entrada e saída no processo de manufatura de tecidos de uma indústria têxtil localizada no interior do estado de Minas Gerais.

Visando facilitar o entendimento do leitor, foi necessária uma apresentação da empresa por meio da descrição do ambiente de estudo e o seu processo produtivo. Na sequência um conjunto de dados sobre o processo, coletados entre janeiro de 2022 e agosto de 2023, foram organizados por meio de agrupamentos por tipo de produto acabado, volume produzido em quilogramas, turno, dias da semana, tipo de máquina, tipo de defeito e número de defeitos. Com base nestes agrupamentos, foi possível realizar comparações estatísticas entre eles com foco na identificação de padrões e particularidades do processo produtivo.

Quanto ao processo de produção, foi possível perceber que os tecidos Malha PV Premium Cores (15d), Malha Poliéster Premium Cores (15d) e Malha Penteado Premium Cores (15d) apresentam uma recorrência de falhas que juntas totalizam 67,22% do total de falhas. Esses mesmos tipos de produtos são àqueles que apresentaram maior volume de produção no período analisado, o que representa mais de 3700 toneladas de tecido, no período avaliado.

A análise por turno revelou que o Turno A produziu o maior volume de tecidos e também uma elevada média de defeitos. Por outro lado, o Turno B apresentou a menor média de defeitos, mesmo exercendo menor carga horária diária de trabalho. Além disso, ao comparar o volume produzido e qualidade dos tecidos foi possível identificar uma variação entre os turnos, o que justifica a realização de estudos futuros no tocante às práticas internas da organização, a fim de se estabelecer um equilíbrio estratégico entre produção e garantia de qualidade do processo e produtos.

No que se refere à causa dos defeitos por tipo de máquina, foi possível verificar que nas máquinas Mayer 32, as causas de defeito estão especialmente relacionadas à platina quebrada, destacando-se como significativamente diferente das outras. Enquanto isso, nas máquinas Orízio JH 32 e Orízio JH 42 as causas trava aberta, carrinho travado e problema no fio destacaram-se em relação às demais. Essas particularidades sinalizam para fatores de aprimoramento no processo, como a reavaliação das condições de manutenção, e princípios de escolha e compra de insumos (fios) utilizados na fabricação dos tecidos.

Assim, o presente trabalho teve como principal contribuição ampliação da capacidade de análise e compreensão acerca do processo produtivo da indústria têxtil, possibilitando identificar algumas das principais causas de falhas, as máquinas com maior eficiência operacional, os turnos com a menor incidência de defeitos por quantidade produzida e os tipos de malhas que apresentam o maior percentual de falhas.

Como limitação, é válido ressaltar que seria interessante realizar uma análise de produtividade com os dados padronizados, como por exemplo, realizando a divisão da produção total dos turnos pelas horas trabalhadas por cada um, para posteriormente fazer a comparação da eficiência produtiva entre os turnos. Além disso, com base no estudo realizado foi possível elencar um conjunto de sugestões para intervenções no processo produtivo da organização e para realização de pesquisa futuras, conforme destacado a seguir.

Com relação às sugestões de intervenções no processo produtivo, recomenda-se adotar uma medida corretiva voltada aos revisadores dos tecidos, uma vez que notou-se a ocorrência de erros de lançamento de dados relacionados à quantidade de defeitos, conforme apresentado no desenvolvimento deste trabalho. Dessa forma, seria interessante promover treinamentos e acompanhamento com esses colaboradores, bem como buscar melhorias no sistema computacional utilizado, com o intuito de reduzir as falhas decorrentes dessa atividade.

Em se tratando de propostas para trabalhos acadêmico-científicos futuros, sugere-se a utilização de diferentes tipos de Testes de Hipótese para entender melhor as relações de causa e efeito de algumas variáveis do processo produtivo. Desta forma, a formulação de hipóteses nulas e alternativas poderia, por exemplo, verificar se há ou não impacto significativo de uma(ou mais) variável(is) de entrada sobre as taxas de falhas operacionais por tipo de produto acabado. Sugere-se também um estudo utilizando-se de técnicas de planejamento de experimentos industriais, com foco em encontrar os níveis ideais de cada variável de entrada, capaz de maximizar a produção e minimizar total de defeitos.

Outra proposta de trabalho futuro seria a realização de um estudo estatístico focado nos operadores das máquinas, visando identificar a eficiência desses profissionais com relação à quantidade de tecido produzida e ocorrência de falhas na produção. Tal proposta se deu a partir da observação de que pode haver diferenciação entre os turnos de trabalho existentes. Assim, seria possível identificar melhores condutas operacionais e treinamentos visando a melhoria de performance desses profissionais.

Como última sugestão para trabalhos futuros, seria interessante aplicar o controle estatístico de processo (CEP) com foco na utilização de cartas de controle para monitorar a variação do processo da indústria têxtil ao longo do tempo. A ideia é que, após definir os limites superiores e inferiores da variáveis de saída (quantidade de defeitos e quantidade de tecido produzida), seria possível determinar se a variabilidade do processo está dentro de um limite controlado, além de identificar padrões e tendências que possam indicar problemas relacionados às máquinas, operadores, turnos e tipos de máquinas.

Referências

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Panorama setorial têxtil e confecção**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos., 2008. v. 5. 340 p. (Cadernos da Indústria ABDI III, v. 5). ISBN 9788561323042. Disponível em: <https://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_BRASIL/BRA_165.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- ALMAS, F. **Implementação de controle estatístico de processos em uma empresa têxtil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Itajubá, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/3560>>. Acesso em: 03 nov. 2023.
- ASSIS, J. P. de; SOUSA, R. P. de; LINHARES, P. C. F. **Testes de Hipóteses Estatísticas**. Mossoro - RN: Editora Edufersa, 2020. v. 1. 182 p. ISBN 978-65-87108-06-3. Disponível em: <<https://livraria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/165/2020/08/testes-de-hipoteses-estatisticas-edufersa.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Perfil do setor**. 2023. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- BAPTISTA, M. N.; DE CAMPOS, D. C. **Metodologias pesquisa em ciências: Análise quantitativa e qualitativa**. Rio de Janeiro, RJ: Grupo GEN, 2016. v. 2. 370 p. ISBN 9788521630470.
- CARNEIRO, A. F. M. **Análise de Variabilidade num Processo Industrial de Produção de bolachas**. 96 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial) — Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2017. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/106413/2/205342.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- CAUCHICK-MIGUEL, P. A.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 244 p. ISBN 9788535291346.
- CAVALCANTI, A. M.; DOS SANTOS, G. F. A indústria têxtil no brasil: uma análise da importância da competitividade frente ao contexto mundial. **Exacta**, v. 20, n. 3, p. 706–726, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.17784>>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- CONTERATO, G. P. **Manutenção industrial mecânica: estudo de caso sobre a gestão da manutenção**. 61 p. Monografia (Grauação em Engenharia Mecânica) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/15190>>. Acesso em: 01 ago. 2023.
- CORDEIRO, J. V. B. d. M. Reflexões sobre a Gestão da Qualidade Total: fim de mais um modismo ou incorporação do conceito por meio de novas ferramentas de gestão? **Revista da FAE**, Curitiba, PR, v. 7, n. 1, p. 19–33, 2004. Disponível em: <<https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/431>>.

- CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003. v. 2. 116 p. Disponível em: <http://estpoli.pbworks.com/f/livro_probabilidade_estatistica_2a_ed.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- COSTA JÚNIOR, E. L. **Gestão do processo produtivo**. 1. ed. Curitiba, PR: IBPEX, 2009. 156 p. ISBN 9788576490838.
- COSTA NETO, P. L. de O. **Estatística**. 2. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2002. 280 p. ISBN 8521203004.
- DANIEL, E. A.; MURBACK, F. G. R. Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. **Gestão & conhecimento**, n. 8, p. 1–43, 2014. Disponível em: <https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo16_2014.pdf>. Acesso em: 09 out. 2023.
- DA ROCHA, K. R.; BACELAR JÚNIOR, A. J. ANOVA medidas repetidas e seus pressupostos: análise passo a passo de um experimento. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 10, p. 29–51, 2018. ISSN 1984-5693. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.22407/1984-5693.2018.v10.p.29-51>>. Acesso em: 20 jan. 2024.
- DA SILVA, A. J. H. **Metodologia de pesquisa: Conceitos gerais**. Universidade Estadual do Centro-Oeste - Unicentro, 2014. 57 p. Disponível em: <<http://repositorio.unicentro.br:8080/jspui/handle/123456789/841>>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- DE ALMEIDA GAMA, A. J. **Avaliação da caracterização física, química e mineralógica de depósitos de argilas esmectíticas do Estado da Paraíba utilizando análise estatística de variância**. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) — Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, PB, 2015. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1146>>. Acesso em: 14 fev. 2024.
- DE FARIA, D. D. G. **Comparação de desempenho de escolas no PROEB de 2010 a 2015**. 17 p. Monografia (Licenciatura em Matemática) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24738>>. Acesso em: 14 fev. 2023.
- DE MACEDO, C. V. A indústria têxtil, suas trabalhadoras e os censos da população de Minas Gerais do século XIX: uma reavaliação. **Varia Historia**, SciELO, Belo Horizonte, MG, v. 22, n. 35, p. 207–232, 2006. ISSN 0144-3577. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-87752006000100012>>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- DE MOURA, F. N. M. **Implementação Do Masp Como Estratégia De Solução De Problemas Em Uma Empresa Do Ramo Têxtil**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, PE, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/51140?locale=pt_BR>. Acesso em: 16 ago. 2023.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. 706-726 p. (EAD - Série Educação à Distância). ISBN 9788538600718. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. Rio Grande do Sul: Atlas, 2017. 192 p. ISBN 9788535235227.

GUEDES, T. A.; MARTINS, A. B. T.; ACORSI, C. R. L.; JANEIRO, V. **Projeto de ensino: aprender fazendo estatística**: Estatística descritiva. 2005. 1–49 p. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~rvicente/Guedes_et_al_Estatistica_Descritiva.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

GUSMÃO, N. N. **A qualidade na indústria têxtil, da tecelagem ao vestuário: estudo de casos múltiplos em pequenas e médias empresas no estado de São Paulo**. 169 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Programa de Pós-graduação, São Paulo, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.unip.br/dissertacoes-teses-programa-de-pos-graduacao-stricto-sensu-em-engenharia-de-producao/a-qualidade-na-industria-textil-da-tecelagem-ao-vestuario-estudo-de-casos-multiplos-em-pequenas-e-medias-empresas-no-estado-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 22 ago. 2023.

KIRCHNER, A.; KAUFMANN, H.; SCHMID, D.; FISCHER, G. **Gestão da qualidade: Segurança do trabalho e gestão ambiental**. 2. ed. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 2010. 189 p. Tradução da 2ª edição alemã Ingeborg Sell. ISBN 9788521215615.

LIMA, M. C. de J.; ALMEIDA, R. M.; VALIM, S. R.; MIRANDA, W. M. A importância da análise de dados na Engenharia de Produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENESEP), 41., 2021, Foz do Iguaçu/PR. **Anais eletrônicos [...]**. São José dos Campos, SP: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (Abepro), 2021. ISSN 2594-9713. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/enesep2021_tn_sto_359_1852_42030>. Acesso em: 14 ago. 2023.

LIMA, R. d. J. C.; BARBOSA, A. C. Q.; BAÊTA, A. M. C.; GIROLETTI, D. A. Valores e construção de competências coletivas no complexo têxtil: reflexões e evidências. **Revista Gestão & Tecnologia**, Pedro Leopoldo, MG, v. 12, n. 1, p. 102–125, 2012. ISSN 2177-6653. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/7900/valores-e-construcao-de-competencias-coletivas-no-complexo-textil--reflexoes-e-evidencias/i/pt-br>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

MAESTRI, G. **Indústria 4.0 no Setor Têxtil: Diagnóstico Atual, Desafios e Oportunidades para o Futuro Digital**. 88 p. Monografia (Graduação em Engenharia Têxtil) — Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, SC, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/193235>>. Acesso em: 30 jul. 2023.

MAGNUS, E. B.; BROEGA, A. C.; CATARINO, A. P. Tecnologia seamless: inovação em malhas. Universidade do Minho, 2010. DET/2C2T - Comunicações em congressos internacionais com arbitragem científica. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/1822/19248>>. Acesso em: 30 jul. 2023.

MELO, P. d. S. **As políticas públicas de emprego, trabalho e renda no polo de confecções do agreste de Pernambuco: suas incidências em alguns grupos de mulheres**. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais, Centro de Humanidades, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, PB, 2011. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/4159>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

MIKOS, W. L.; UGAYA, C. M. L.; ROMANO, C. A.; SILVA, C. d. S.; PONTES, H.; LIMA, I. A. d. **Qualidade: Base para inovação**. Curitiba: Aymarã Educação, 2012. 96 p. ISBN 9788578417888. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2063>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

MONTEIRO, L. C. **Fundamentos da Qualidade**. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), 2010. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/iaac/pdf/fundamentos-qualidade.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2023.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2017. 544 p. ISBN 9788521631873.

MORAES, J. R. **Proposta de um plano de manutenção preventiva para teares circulares de segunda linha: estudo de caso em uma micro empresa**. 58 p. Monografia (Graduação em Engenharia Têxtil) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, PR, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5706>>. Acesso em: 01 ago. 2023.

MORAIS, C. **Escalas de medida, estatística descritiva e inferência estatística**. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Educação, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10198/7325>>. Acesso em: 15 out. 2023.

MOREIRA, J. F. A relevância da eliminação do desperdício: Um estudo de caso em uma empresa de tecelagem. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA (SPOLM), 19., 2021, Rio de Janeiro/RJ. **Anais eletrônicos [...]**. São Paulo, SP: Blucher Proceedings, 2020. v. 3, n. 1, p. 122–136. ISSN 2175-6295. Disponível em: <<https://doi.org/10.5151/spolm2019-010>>. Acesso em: 22 ago. 2023.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. de A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte, MG: CPRM, 2007. 552 p. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/454/1/livro_hidrologia_estatistica.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2023.

NORONHA, R. H. d. F.; SILVA, R. P. d.; CHIODEROLI, C. A.; SANTOS, E. P. d.; CASSIA, M. T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, SciELO Brasil, v. 70, n. 4, p. 931–938, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000400028>>. Acesso em: 15 fev. 2023.

OLIVEIRA, A. F. Testes estatísticos para comparação de médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 6, p. 777–788, 2008. Disponível em: <<https://www.nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-076.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2024.

OLIVEIRA, R. K. S. **Análise da qualidade através da melhoria dos processos: Um estudo de caso em uma indústria têxtil**. 1-18 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) — Universidade de Rio Verde, 2017. Disponível em: <<https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/AN%C3%81LISE%20DA%20QUALIDADE%20ATRAV%C3%89S%20DA%20MELHORIA%20DOS%20PROCESSOS%20UM%20ESTUDO%20DE%20CASO%20EM%20UMA%20IND%C3%9ASTRIA%20T%C3%8AXTIL.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2023.

PAIXÃO, M. G.; RIBEIRO, O. A. S.; FONSECA, R. L.; RESENDE, C. P. A.; PINTO, S. M.; ABREU, L. R. Caracterização físico-química de queijos petit-suisse comercializados na região de lavras-mg e adequação dos rótulos quanto a legislação. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 66, n. 383, p. 5–12, 2011. Disponível em: <<https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/183>>. Acesso em: 14 fev. 2024.

PALADINI, E. P. Projeto de um sistema de garantia de qualidade para empresa do setor têxtil. **Produção**, SciELO Brasil, Rio de Janeiro, RJ, n. 2, p. 125–132, 1992. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-65131992000200002>>. Acesso em: 17 jul. 2023.

- PLATH, A. M. S.; KACHBA, Y. R.; DIAS, M. C. Gestão da qualidade em empresas de diferentes segmentos do mercado têxtil: um estudo multicaso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 31., 2011, Belo Horizonte/MG. **Anais eletrônicos [...]**. São José dos Campos, SP: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (Abepro), 2011. ISSN 2594-9713. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_wic_136_866_18032.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- RAMOS, L. S. **A influência da qualidade de fios 100% algodão na construção de tecido de malhas**. 64 p. Monografia (Graduação em Engenharia Têxtil) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, PR, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5691>>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- ROCHA, T. G.; GALENDE, S. B. A importância do controle de qualidade na indústria farmacêutica. **Uningá Review**, v. 20, n. 2, p. 97–103, 2014. ISSN 2178-2571. Disponível em: <<https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/1593>>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- ROMERO, L. L.; VIEIRA, J. O. W. M.; MARTINS, R. F.; DE MEDEIROS, L. A. R. **Malharias**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 1994. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15621/1/relato%20setorial%20malharias_P_BD.PDF>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- SANTOS, A. B.; ANTONELLI, S. C. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um survey b com indústrias de alimentos de São Paulo. **Gestão & Produção**, SciELO Brasil, v. 18, n. 3, p. 509–524, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2011000300006>>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- SANTOS, A. R. de Q. Diagnóstico do controle da qualidade da produção na indústria de malharias e confecções de Teófilo Otoni, MG. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v. 12, n. 3, p. 268–274, 2021. Disponível em: <<https://www.sustenere.co/index.php/rbadm/article/view/5817/3106>>. Acesso em: 03 nov. 2023.
- SANTOS, C. **Estatística descritiva: Manual de auto-aprendizagem**. 2007. Disponível em: <<https://static.fnac-static.com/multimedia/PT/pdf/9789726189688.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2023.
- SILVA, R. C. **Testes de comparações de médias**. 28 p. Monografia (Graduação em Estatística) — Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2010. Disponível em: <<https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/4318/1/PDF%20-%20Russilano%20Costa%20Silva.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2024.
- SIQUEIRA, M.; ROSA, E. B.; OLIVEIRA, A. F. de. Medindo o desempenho das pequenas indústrias de malhas: um estudo de caso. **Revista Economia & Gestão**, Belo Horizonte, MG, v. 3, n. 6, p. 109–127, 2003. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/view/98>>. Acesso em: 03 ago. 2023.
- SOUZA NETTO, V. **Proposta de implantação de métodos estatísticos no controle de qualidade em uma indústria de beneficiamento têxtil-tingimento e acabamento**. Tubarão, 2007. Relatório de Estágio Supervisionado Curricular apresentado ao curso de graduação em Engenharia Química. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4113/1/91650_Viviane.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2023.

- TEIXEIRA, E. B. A análise de dados na pesquisa científica. **Desenvolvimento em Questão**, Editora Unijuí, v. 1, n. 2, p. 177–201, 2003. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/84>>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução pesquisa em ciência sociais**: A pesquisa qualitativa em educação: o positivismo, a fenomenologia, o Marxismo. São Paulo, SP: Atlas, 1987. 175 p. ISBN 9788535235227. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4233509/mod_resource/content/0/Trivinos-Introducao-Pesquisa-em_Ciencias-Sociais.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**: Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá - Unifei, Itajubá, MG, 2011. 202 p.
- VIANA, S. C.; DOS SANTOS, L. F.; BUCIOLO, E. C.; PERUCCI, C. C.; DE MORAES, A. J. I. A importância da atividade de aquisição na gestão de estoque: um estudo de caso em uma empresa têxtil. **Revista Ensaios Pioneiros**, v. 1, n. 1, p. 71–85, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.24933/rep.v1i1.7>>. Acesso em: 15 ago. 2023.