

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MATHEUS MARQUES ALVES**

**COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS DE ESTONAGEM DO JEANS DO MÉTODO  
CONVENCIONAL (PEDRA E HIPOCLORITO DE SÓDIO) COM A ESTONAGEM  
ENZIMÁTICA: ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO JEANS E DA TOXICIDADE DO  
EFLUENTE GERADO**

**APUCARANA**

**2022**

**MATHEUS MARQUES ALVES**

**COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS DE ESTONAGEM DO JEANS DO MÉTODO CONVENCIONAL (PEDRA E HIPOCLORITO DE SÓDIO) COM A ESTONAGEM ENZIMÁTICA: ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO JEANS E DA TOXICIDADE DO EFLUENTE GERADO**

**Comparison of stoning processes using the conventional method (stone and sodium hypochlorite) with enzymatic stoning: analysis of jeans resistance and toxicity of the effluent generated**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro.

Coorientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andrea Sartori Jabur.

**APUCARANA**

**2022**



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

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Apucarana



COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil

### TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

**COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS DE ESTONAGEM DO JEANS DO MÉTODO CONVENCIONAL (PEDRA E HIPOCLORITO DE SÓDIO) COM A ESTONAGEM ENZIMÁTICA: ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO JEANS E DA TOXICIDADE DO EFLUENTE GERADO**

Por

MATHEUS MARQUES ALVES

Monografia apresentada às 09:30 horas do dia 28 de novembro de 2022, como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana. O candidato foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado(a) **APROVADO(A)**.

---

PROFESSOR(A) VALQUIRIA APARECIDA DOS SANTOS RIBEIRO –  
ORIENTADOR(A)

---

PROFESSOR(A) ANDREA SARTORI JABUR – COORIENTADOR(A)

---

PROFESSOR (A) FÁBIO ALEXANDRE SCACCHETTI – EXAMINADOR(A)

---

PROFESSOR(A) HALISON CORREIA GOLIAS – EXAMINADOR(A)

\*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer a Deus por permitir essa oportunidade e por mostrar o caminho correto nas minhas escolhas. Agradeço pelos meus familiares, meu pai, Adalberto Alves, minha mãe, Fernanda Marques Alves e minha irmã Andreza Marques Alves, que são fontes da minha inspiração e que sempre me apoiam em todas as circunstâncias e decisões da minha vida.

Agradeço a orientadora professora Dra. Valquiria Aparecida dos Santos Ribeiro e a coorientadora professora Dra. Andrea Sartori Jabur, pelos ensinamentos e direcionamento do meu trabalho.

Aos convidados para a banca de defesa, o professor Dr. Fábio Alexandre Pereira Scacchetti e o professor Dr. Halison Correia Golias, que aceitaram o convite dessa fase importante da minha trajetória acadêmica.

Agradeço a minha namorada Ana Letícia Valério Paixão por sempre me incentivar em todas as escolhas e desafios e me encorajar a crescer.

Ao meu amigo que a UTFPR proporcionou Matheus Fernando Ceolin Teixeira, que esteve desde o início dessa vida acadêmica.

A todos os meus professores que fizeram parte desse caminho durante esses anos do curso e aos meus colegas de sala.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao curso da Engenharia Têxtil do campus de Apucarana, por contribuir com todos os ensinamentos.

E todas as pessoas que de alguma forma me marcaram nessa etapa difícil e desafiadora.

## RESUMO

Esse estudo visa apresentar a importância do tecido denim no mercado, sendo a peça do vestuário mais comercializada no mundo todo. Assim, o consumidor se demonstra cada vez mais interessado nos confeccionados de jeans que apresentam acabamentos diferenciados. Diante disso, o setor de lavanderia industrial é responsável por atribuir efeitos nas peças, sendo que as lavagens mais famosas são caracterizadas pelo envelhecimento do tecido, proporcionando um acabamento singular, fazendo com que atendam as tendências da moda. Mas ao mesmo tempo existe uma preocupação ambiental por trás dos processos desse setor, devido a excessiva utilização de recursos naturais e produtos químicos nocivos à saúde humana e ao ambiente. Diante disso, há uma necessidade de buscar medidas de conscientização, visando os processos sustentáveis nas indústrias Têxteis. Com base nisso, esse estudo procurou explorar sobre os processos da estonagem convencional utilizando pedras e agentes químicos e a estonagem com enzimas, analisando a toxicidade dos efluentes gerados nos processos e verificando os impactos causados com relação a germinação das sementes. Além disso, buscou comparar os acabamentos na peça em relação aos dois métodos aplicados, ficando muito mais evidente que a estonagem convencional ocasionou um maior desgaste na coloração da peça. Outro ponto analisado nesse estudo diz respeito a resistência a tração realizado nos tecidos após a lavagem e ambos apresentou uma diminuição em sua resistência.

Palavras-chave: jeans; lavanderia industrial; resistência; efluentes; toxicidade.

## **ABSTRACT**

This study aims to present the importance of denim fabric in the market, being the most commercialized garment worldwide. Therefore, the consumer is increasingly interested in jeans that have differentiated finishes. The industrial laundry sector is responsible for giving effects to the garments, and the most famous washes are characterized by the aging of the fabric, providing a unique finish, making them meet the fashion trends. But at the same time there is an environmental concern behind the processes in this sector, due to the excessive use of natural resources and chemicals that are harmful to human health and the environment. In view of this, there is a need to seek awareness-raising measures, aiming at sustainable processes in the textile industries. Based on this, this study sought to explore the processes of conventional stoning using stones and chemical agents and stoning with enzymes, analyzing the toxicity of the effluents generated in the processes and verifying the impacts caused in relation to seed germination. In addition, it sought to compare the finishing on the piece in relation to the two methods applied, becoming much more evident that the conventional stoning caused a greater wear in the coloring of the piece. Another point analyzed in this study concerns the resistance to traction performed on the fabrics after washing, and both showed a decrease in their resistance.

Keywords: jeans; industrial laundry; resistance; effluents; toxicity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação do fluxograma da indústria têxtil .....	15
Quadro 1 - Processo produtivo têxtil e seus impactos.....	18
Figura 2 - Fluxograma da produção do jeans .....	20
Figura 3 - Ligamento sarja 3x1 .....	21
Figura 4 - Superfície do tecido de sarja 3x1.....	22
Figura 5 - Obtenção do índigo a partir da anilina .....	23
Figura 6 - Reação de redução do corante índigo .....	24
Figura 7 - Ciclo do processo de tingimento com corante índigo.....	25
Figura 8 - Representação do substrato e sítio ativo .....	29
Figura 9 - Processos têxteis onde podem ser aplicadas as enzimas .....	29
Quadro 2 - Normas conforme os parâmetros avaliados.....	31
Figura 10 - Laboratório de lavanderia industrial .....	32
Quadro 3 - Procedimento da estonagem convencional.....	33
Quadro 4 - Procedimento da estonagem enzimática .....	33
Figura 11 - Máquina de ensaio universal.....	34
Figura 12 - Ficha técnica da amostra 100% algodão (CO).....	37
Figura 13 - Resultado das lavagens utilizando jeans 100% algodão (CO) .....	38
Figura 14 - Primeira amostra da estonagem convencional .....	39
Figura 15 - Segunda amostra da estonagem convencional .....	39
Figura 16 - Terceira amostra da estonagem convencional.....	40
Figura 17 - Amostras rompidas após os ensaios de resistência a tração .....	40
Figura 18 - Primeira amostra da estonagem enzimática.....	41
Figura 19 - Segunda amostra da estonagem enzimática.....	41
Figura 20 - Terceira amostra da estonagem enzimática .....	42
Figura 21 - Amostras rompidas após os ensaios de resistência a tração .....	42
Tabela 1 - Resistência máxima de tração nas amostras 100% algodão (CO) ....	43
Figura 22 - Amostras com efluente do método enzimático antes da germinação .....	45
Tabela 2 - Teste 1 .....	45
Tabela 3 - Teste 2 .....	46
Tabela 4 - Teste 3 .....	46
Figura 23 - Amostras com efluente do método enzimático após a germinação .....	47
Figura 24 - Raízes das sementes estiradas para obtenção do seu comprimento .....	48
Tabela 5 - Teste 1 .....	48
Tabela 6 - Teste 2 .....	49
Tabela 7 - Teste 3 .....	49
Figura 25 - Amostras do controle negativo e positivo antes da germinação ....	50
Figura 26 - Amostra do controle negativo após a germinação .....	50
Tabela 8 - Teste 1 .....	51
Figura 27 - Amostras do controle positivo após a germinação .....	51
Tabela 9 - Dados obtidos para análise dos ensaios.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
IEMI	Instituto de Estudos e Marketing Industrial
NBR	Normas Brasileiras
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

NaClO	Hipoclorito de Sódio
pH	Potencial Hidrogeniônico
L	Litro
Kg	Kilograma
Oz	Onça
jd	Jarda
g	Gramma
m	Metro
NaCl	Cloro de Sódio
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Hidrossulfito de Sódio
Mm	Milímetro
RB	Relação de Banho
CO	Algodão
PUE	Elastano
Cm	Centímetro
M	Molar
GR	Germinação
n°	Número
SGA	Sementes Germinadas na Amostra
SGC	Sementes Germinadas no Controle negativo
ICRRz	Inibição do Crescimento Relativo das raízes
MCRzC	Média do Crescimento das raízes do Controle negativo
MCRzA	Média do Crescimento das raízes das amostras

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>13</b>
1.2.1	Objetivo geral .....	13
1.2.2	Objetivos específicos.....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>A indústria têxtil</b> .....	<b>14</b>
2.1.1	Impactos ambientais na indústria têxtil.....	16
<b>2.2</b>	<b>O tecido jeans</b> .....	<b>19</b>
2.2.1	A matéria-prima .....	21
<b>2.3</b>	<b>O corante índigo</b> .....	<b>23</b>
2.3.1	O tingimento do corante índigo .....	24
<b>2.4</b>	<b>Lavanderias industriais</b> .....	<b>25</b>
2.4.1	Estonagem convencional .....	27
2.4.2	Estonagem enzimática .....	28
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Determinação das características do tecido</b> .....	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Lavagens do jeans</b> .....	<b>32</b>
3.2.1	Procedimento da estonagem convencional e estonagem enzimática ....	33
<b>3.3</b>	<b>Ensaio de resistência</b> .....	<b>34</b>
<b>3.4</b>	<b>Ensaio de fitotoxicidade nos efluentes gerados</b> .....	<b>35</b>
3.4.1	Coleta de dados .....	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise e determinação das características da amostra</b> .....	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise das amostras após as lavagens</b> .....	<b>37</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise dos ensaios de resistência à tração</b> .....	<b>38</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise dos efluentes gerados</b> .....	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Gorini (1999) afirma que o tecido jeans se tornou parte do vestuário devido as suas diversas aplicações e funcionalidades; englobando consumidores de diferentes idades, de ambos os sexos e em distintas épocas do ano. Assim, conforme o Seminário de Iniciação Científica (2016) nos últimos anos, o sucesso do jeans é visto e percebido pela sociedade, uma vez que apresenta um caráter atemporal dessa peça do vestuário, tornando cada vez mais útil englobando diversos estilos e representando a moda.

Para Catoira (2009) o tecido jeans obteve muito sucesso devido as grandes mudanças sociais ao longo dos tempos, sendo utilizado há mais de um século passando por gerações. Assim, o jeans foi alcançando elevado padrão na moda fazendo com que as pessoas se sentissem identificadas por aquele produto, contribuindo para que fosse inserido na sociedade.

Segundo Ribeiro (2015) as lavanderias industriais surgiram no Brasil em 1976 com a finalidade de agregar características diferenciadas as peças jeans, submetidas aos processos de lavagens; com a evolução e exigências do mercado, a necessidade e a busca por inovações fez com que os processos se tornassem cada vez mais complexos, antes do produto acabado ser comercializado.

Conforme Braga, Pio e Antunes (2009) a criação de novos produtos têxteis busca atender uma necessidade e demanda de mercado afim de agregar valor ao produto garantindo a qualidade, buscando modernização e inovações tecnológicas, se preocupando em racionalizar os bens naturais e produtos químicos, tornando menos agressivos ao ambiente.

A produção de jeans no Brasil segundo a IEMI (2021) apresenta um potencial ilimitado de crescimento com capacidade de atender a demanda nacional. A cadeia produtiva engloba desde a produção das fibras até a confecção das roupas, sendo um mercado muito amplo, integrado e diversificado. Em 2020, o consumo de roupas jeans no varejo nacional correspondeu a 11,3% movimentando em quase 22 bilhões de reais, mesmo sob as consequências da pandemia.

A Vicunha Têxtil (2019), produtora de índigo e brins em parceria com a ECOERA, realizaram o projeto Pegada Hídrica Vicunha, para apresentar a produção de uma calça jeans desde o plantio do algodão até o consumidor final. O resultado foi obtido com base em três indicadores, considerando desde o plantio, tecelagem,

lavanderia, confecção e lavagens caseiras realizadas pelo consumidor final, chegando em um consumo médio de 5.196 litros de água por calça jeans. Seguindo a mesma linha Urban Flowers (2019) diz que o ciclo de vida de uma peça jeans consome uma quantidade excessiva de água, acarretando a geração de efluentes e dependendo do descarte pode alcançar águas pluviais, rios e mares.

Segundo o Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental (2015) os recursos naturais são fundamentais e limitados, e as indústrias têxteis utilizam muitos desses recursos o que pode prejudicar o ambiente e a humanidade, por isso são tomadas medidas protetivas que visam a conscientização de um cuidado com o ambiente. Santos (2012) relata a necessidade de controlar os bens naturais durante os processos produtivos, fazendo com que as empresas busquem alternativas possíveis e sustentáveis, evitando assim a escassez dos recursos.

Durante o processo da estonagem convencional, além do consumo de água, ocorre a utilização do Hipoclorito de Sódio, que auxilia na atividade de clareamento das peças. E conforme relata Oliveira (2008) o uso desse agente químico abrasivo podem causar efeitos contra a saúde e ao ambiente. Por esse motivo estão sendo adotados medidas sustentáveis nos processos de lavagens, como é o caso da utilização de enzimas, sendo utilizadas na estonagem, substituindo o Hipoclorito de Sódio e as pedras.

De acordo com Oliveira (2008) após as etapas de lavagens do jeans, os efluentes gerados contém produtos químicos auxiliares, Hipoclorito de Sódio, antimigrante, responsável por remover as sujeiras, amaciante, que garante maior conforto a peça e fibras das amostras de tecido, além disso, a água do processo pode ser contaminada com os corantes que não se fixaram no tecido. Portanto, é crucial que as indústrias têxteis de lavanderia possuam um sistema de tratamento dos efluentes eficaz para retornar ao processo.

Com o desenvolvimento de tecnologias e as inovações ao acabamento do jeans e sua extrema utilidade, esse estudo visa analisar os processos de estonagens realizados na etapa de lavanderia, com finalidade de avaliar os resultados com base na resistência do tecido submetido aos processos, verificar se há desigualdade entre eles, com relação as amostras de tecido, bem como identificar qual é o efluente mais agressor ao ambiente.

## 1.1 Justificativa

Conforme Reis (2019) o jeans é uma das peças mais essenciais na rotina das pessoas, devido as características que proporcionam, conforto, praticidade e diversidade dos modelos, por esse motivo, é uma das peças mais consumidas na atualidade. Por isso, Miosso (2013) diz que é necessário se atentar aos processos de lavanderia e beneficiamento do jeans na utilização de produtos químicos e grande quantidade de água, para minimizar os danos ambientais e apresentar atitudes em benefício ao ambiente, evitando o desperdício de recursos naturais e recuperando o que sofreu impacto, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, fazendo com que os processos do jeans se tornem mais ecológicos.

De acordo com Reis (2019) para que o jeans se torne sustentável é preciso realizar algumas medidas práticas durante os processos de produção, como a utilização de algodão orgânico certificado; incentivos ao reaproveitamento da água, minimização de agentes químicos e programas de reciclagem de resíduos.

Segundo Cruz (2017) as empresas estão aderindo medidas ecológicas, como por exemplo, o foco em materiais recicláveis e produtos que minimizem os desperdícios nos processos de desenvolvimento de produtos, amenizando os danos causados à natureza. Atualmente, a preocupação ambiental faz parte da estratégia de muitas organizações, o que pode favorecer uma vantagem em relação a concorrência.

Com base nesses fatores mencionados acima, um dos pontos da presente pesquisa se fundamenta na análise dos processos da Engenharia Têxtil, nos segmentos de lavanderia industrial, levando em consideração a importância da preocupação ambiental e dos impactos causados devido à falta de conscientização.

Outro ponto relevante nesse estudo é o impacto nas características físicas que os processos de estonagem causam nos tecidos denim e o quanto esses fatores interferem no produto acabado.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

Comparar a característica física de resistência a tração nas peças de jeans antes e depois dos processos de estonagem e analisar a toxicidade dos efluentes gerados no beneficiamento das peças.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar as características técnicas do tecido (gramatura, composição e estrutura);
- Executar os processos de estonagem convencional utilizando pedras e hipoclorito de sódio (NaClO) e com enzimas celulase neutra;
- Efetuar métodos de ensaios de resistência a tração após a estonagem convencional e enzimática;
- Realizar os ensaios de fitotoxicidade através do controle negativo e positivo e com os efluentes gerados no método convencional e enzimático.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

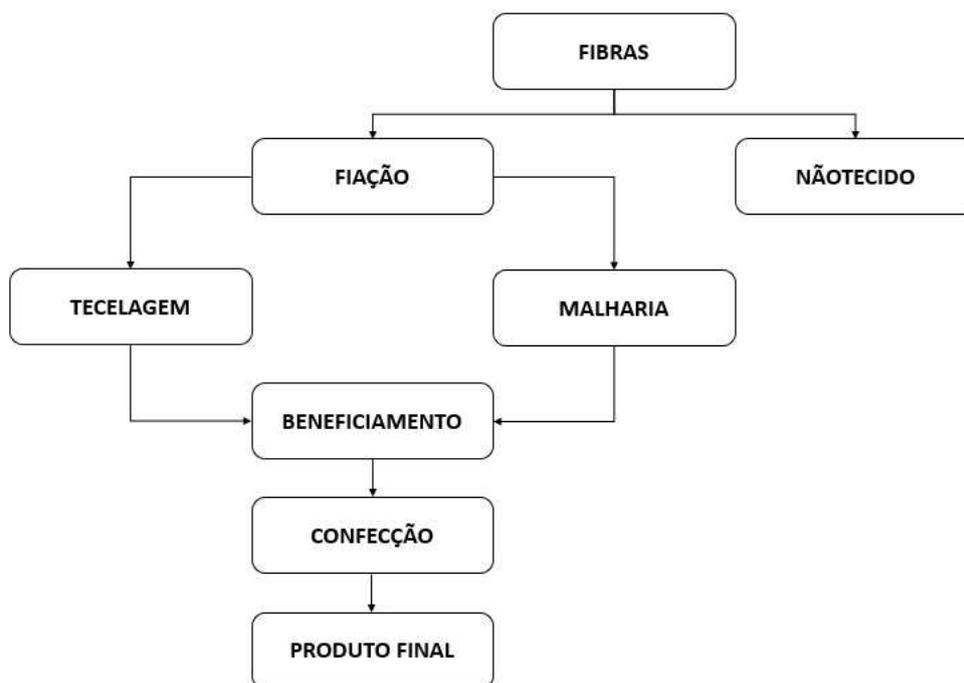
Para melhor compreensão do assunto abordado nessa pesquisa, o referencial bibliográfico foi dividido em 4 tópicos importantes nessa linha de pesquisa. O primeiro remete a contextualização da indústria têxtil, os processos das etapas produtivas e o impacto ambiental global dos processos têxteis. O segundo está relacionado com o segmento do tecido jeans, os primeiros tecidos denim, suas construções e características. O terceiro enfatiza o corante original do índigo e como é obtida sinteticamente através da anilina e os parâmetros do processo de tingimento. Por fim, o último tópico menciona os principais acabamentos utilizados nas lavanderias industriais, enfatizando os dois processos de estonagem, sendo o método convencional e o método enzimático.

### **2.1 A indústria têxtil**

Conforme a ABIT (2022) a indústria têxtil no Brasil é referência mundial, se encontra entre os cinco maiores produtores e consumidores de denim e entre os quatro maiores produtores de malhas, isso em escala mundial. Sendo o segundo maior empregador da indústria de transformação, com aproximadamente 1,36 milhões de empregados diretos.

Para Fujita e Jorente (2015) as aplicações da indústria têxtil englobam diversas áreas, como é o caso do vestuário, decoração, área hospitalar, militar, entre outras, nesse sentido ela cresce no Brasil e no mundo. Por isso, quando se trata desse assunto o impacto é enorme, influenciando as estruturas de uma organização, devido ao efeito social, cultural, econômico e político.

Silva (2019) diz que as etapas dos processos produtivos têxteis abrange desde a matéria prima necessária, no caso as fibras têxteis; o processamento responsável pela transformação em fios e conseqüentemente em tecidos, mais adiante, após esses processos é realizado o beneficiamento do material, a confecção com base no produto desejado e produto acabado. Na figura 1 a seguir é mostrado o fluxograma da indústria têxtil.

**Figura 1 - Representação do fluxograma da indústria têxtil**

Fonte: Adaptado de Silva (2019)

De acordo com a associação brasileira de normas técnicas, estão fundamentadas um conjunto de normas regulamentadoras que orientam e padronizam os processos têxteis buscando facilitar a prática. Conforme a NBR 12744 (1992) que classifica as fibras têxteis em relação a origem ou a estrutura química, divididas em naturais ou manufaturadas. Segundo Pezzolo (2007) as fibras passam por diversos processos de preparação antes de tornarem fios, principalmente as fibras naturais que necessitam de limpeza devido as impurezas, tornando homogêneas. Após a preparação, as fibras estão aptas para o processo de fiação, que transformam as fibras têxteis em fios, obtidos pela fiação de fibras naturais ou pela extrusora de fibras manufaturadas.

Posteriormente, em conformidade com a NBR 12546 (2017) que estabelece os ligamentos fundamentais de tecidos planos, ocorrendo a transformação dos fios em tecidos, através do entrelaçamento próximo a 90° entre os fios de urdume com os fios de trama. Outra vertente são as estruturas fundamentais de tecidos de malha por trama, conforme a NBR 13462 (1995) é obtida através da passagem de um ou mais fios em diversas agulhas, formando as laçadas, que se firmam com outras laçadas, formando o tecido de malha. A estrutura do não-tecido é plana, flexível e porosa,

conforme definida através da NBR 13370 (2017), sendo constituída de manta de fibras, consolidada por processo mecânico, químico ou térmico.

Após a construção do tecido, a próxima etapa é o beneficiamento, segundo Pereira (2016) essa etapa é dividida em três, o beneficiamento primário é responsável em limpar e eliminar as impurezas e aditivos, sendo operações físicas, químicas, bioquímicas e físico-químicas; o beneficiamento secundário consiste em aplicar cor aos substratos têxteis, utilizando corantes; e o beneficiamento terciário com finalidade de atribuir características nobres, como maior brilho, proporcionar melhor toque e aspecto visual. Após o beneficiamento, ocorre a confecção e conforme ABDI (2008) é baseada no desenho de moldes, encaixe, corte e costura, aplicados nos tecidos. E por fim, os produtos acabados podem ser destinados ao vestuário, artigos para o lar em geral ou para as indústrias.

### 2.1.1 Impactos ambientais na indústria têxtil

Conforme o Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental (2015) a indústria têxtil vem se destacando no mercado devido ao consumo dos produtos ofertados, porém pouco é falado sobre os resíduos gerados ao longo de toda a produção, nas etapas de fiação, tecelagem, beneficiamento, tingimento e confecção. A NBR 10.004 (2004) classifica os resíduos sólidos na classe IIA, não perigosos e não inertes e podem apresentar aspectos de combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água.

Cardoso (2012) relata que a cadeia produtiva têxtil possui vários segmentos que utilizam insumos que são transformados através de tecnologias, gerando uma série de resíduos sólidos têxteis diversificados, como é o caso de resíduos têxteis contaminados com óleo de máquina, passando a ser classificados como resíduos sólidos da classe I, considerados perigosos a saúde pública e riscos ao meio ambiente. Sendo assim, é fundamental conhecer os processos e os resíduos gerados, para identificar as possíveis ameaças e gerenciar adequadamente os descartes.

Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (Resolução Conama nº 1, 1986, artigo 1º).

Outra preocupação de acordo com o Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental (2015) são os efluentes gerados na indústria têxtil, principalmente quando

há contaminação de corantes na solução, que apresentam diversos elementos ácidos e compostos tóxicos e por ser muito solúvel, além de dificultar a remoção desse contaminante, modificam as características dos recursos naturais dos solos, rios e do ar.

Santana (2010) relata que os efluentes gerados pela indústria têxtil, apresentam composição variada, uma vez que em suas águas residuais podem ser encontrados altas concentrações de cor, diferentes classes de corantes, sólidos dissolvidos e em suspensão, metais pesados, eletrólitos e surfactantes, além de possuírem alta variação de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), prejudicando ambientes aquáticos onde serão despejados. A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para decompor biologicamente a matéria orgânica através de microrganismos e a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para decompor quimicamente.

Para Immich (2006) a explicação para o elevado efluente gerado nos segmentos têxteis é devido a utilização excessiva de água nos processos, sabe-se que é necessário entre 80 a 150 L para produzir um 1 Kg de tecido, sendo que aproximadamente 80% desse volume gerado são descartados como efluente e 12% compõe as perdas por evaporação.

No quadro 1 encontra-se alguns impactos ambientais causados ao longo das etapas de acordo com o processo e os setores de produção da indústria têxtil, principalmente em relação aos resíduos e efluentes gerados.

**Quadro 1 - Processo produtivo têxtil e seus impactos**

<b>Setor de produção</b>	<b>Impactos</b>
Fiação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissões atmosféricas por causa das fibrilas;</li> <li>• Geração de resíduos sólidos devido as impurezas no algodão;</li> <li>• Emissões de ruídos e vibrações das máquinas.</li> </ul>
Tecelagem/Malharia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissões atmosféricas por causa das fibrilas;</li> <li>• Geração de banho residual da engomagem;</li> <li>• Emissões de ruídos e vibrações das máquinas.</li> </ul>
Beneficiamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissões atmosféricas devido aos gases de combustão da queima e aos produtos químicos</li> <li>• Geração de resíduos de fibras queimadas nos processos de chamuscagem;</li> <li>• Geração residual após o processo de purga;</li> <li>• Geração de efluentes fortemente alcalino obtidos do processo de Mercerização.</li> </ul>
Tingimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geração de efluentes com presença de corantes e substratos têxteis;</li> <li>• Emissões atmosféricas devido a temperatura do processo;</li> <li>• Geração de resíduos sólidos.</li> </ul>
Confecção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geração de resíduos sólidos devido aos retalhos e linhas.</li> </ul>

**Fonte: Adaptado de Bastian e Rocco (2009)**

Em complemento ao quadro 1, os autores Santos e Fernandes (2012) dizem que durante praticamente todas as etapas de produção das indústrias têxteis, há resíduos e efluentes gerados, o que pode prejudicar a natureza, dessa maneira, as indústrias buscam condutas que minimizam esses impactos. Por isso, a importância de avaliar todo o processo têxtil e analisar o ciclo de vida dos produtos assim como o descarte.

Santos (2012) relata que o cuidado com o meio ambiente é de extrema importância para não agredir e danificar, principalmente nas indústrias em que os processos de produção utilizam muitos recursos naturais.

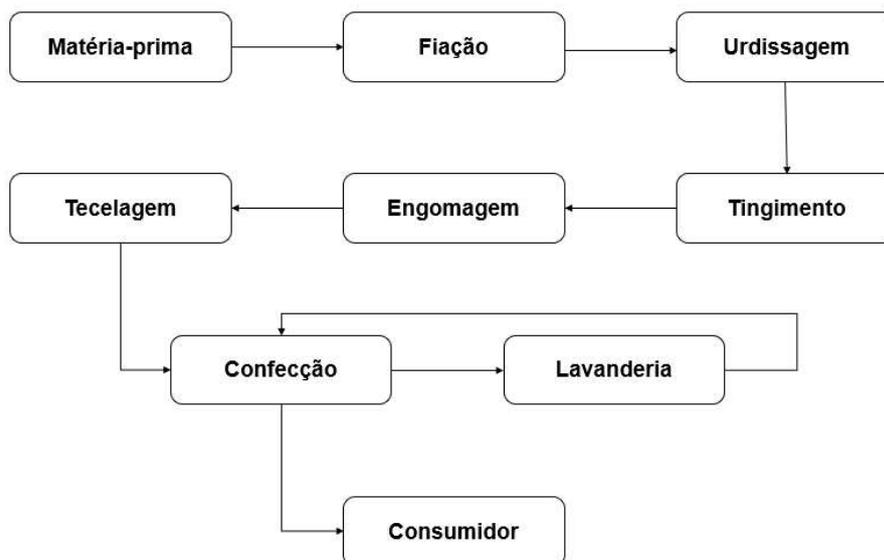
## **2.2 O tecido jeans**

Conforme relata Silva (2009) a origem da palavra jeans havia sido percebida pela primeira vez na cidade da Itália, em Gênova. E “acredita-se que o termo jeans esteja ligado às roupas feitas com um tecido azul rústico de algodão, usados pelos marinheiros genoveses no século 17.” (GORINI, 1999, p. 316).

Silva (2009) complementa dizendo que se tratava-se de tecidos bem mais grosseiros e resistentes, devido a isso as primeiras aplicações no vestuário utilizando esse material foram para o trabalho no campo e para trabalhadores em minas de ouro.

De acordo com Macêdo (2016) a primeira confecção de calça alcançou um nível de êxito elevado, fazendo com que o estoque de denim fosse todo utilizado. Com o passar dos anos, houve um aumento na produção e aplicações de tecido denim, fazendo com que fosse desenvolvido para o fardamento militar, utilizados nas guerras e peças do vestuário nas práticas do dia-a-dia.

A partir da Figura 2 é possível visualizar os processos de produção do jeans, desde sua matéria-prima até o produto acabado chegar nas mãos do consumidor.

**Figura 2 - Fluxograma da produção do jeans**

**Fonte: Autoria Própria (2022)**

Para entender melhor sobre cada etapa do processo do jeans, a partir da escolha da matéria-prima começa a produção na etapa de fiação. Na urdissagem, a finalidade é reunir os fios paralelos entre si e compor o rolo de urdume. A próxima etapa é o tingimento dos fios de urdume, nesse caso é utilizado o corante índigo. Antes do processo de tecelagem, é necessário submeter os fios a uma preparação, para suportar as tensões nos teares, então é realizado a engomagem dos fios aumentando a sua resistência, após isso, os fios são transformados em tecidos.

Na confecção, os tecidos começam a ganhar a forma das peças jeans de acordo com o produto desejado, ocorrendo a modelagem, enfesto, corte e costura. Na fase de lavanderia, é realizado vários acabamentos nos jeans para enobrecer suas características e funcionalidades. Antes do produto ser comercializado, a peça retorna para a confecção para finalizar com o produto, nesse retorno a confecção é adicionado juntamente as peças os itens secundários, como botões, rebites, zíper, entre outros itens. Assim, o produto jeans é finalizado e pronto para ser utilizado na rotina das pessoas.

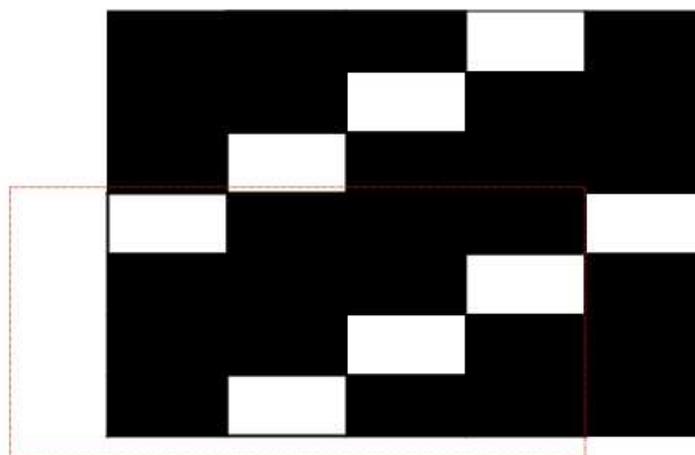
### 2.2.1 A matéria-prima

As “peças de jeans são artigos da confecção, destinados ao vestuário, que usam como matéria-prima o tecido Denim.” (COSTA, 2009, p. 2). Segundo Gorini (1999) a construção do tecido tradicional do denim é uma sarja 100% algodão, caracterizada pela diagonal aparente no tecido, composta pelos fios transversais de trama cru e fios longitudinais de urdume tinto. Figueiredo (2010) diz que o tecido denim pode ser classificada pelo seu peso, nesse caso indicado por onças/jarda<sup>2</sup> ( $1 \text{ Oz/jd}^2 = 33,91 \text{ g/m}^2$ ).

Atualmente conforme relata Silva (2009) o tecido jeans pode ser produzido na estrutura sarja e seus derivados, entre outras padronagens de tecido plano, de diferentes gramaturas. Além disso, o tecido pode conter algodão com misturas de outras fibras, como é o caso de elastômeros, poliéster, poliamida, lyocell e de seda.

A Figura 3 ilustra a representação dos pontos de ligamento, a diagonal em Z e a representação do ponto tomado e deixado, conforme as especificações acima.

**Figura 3 - Ligamento Sarja 3x1**



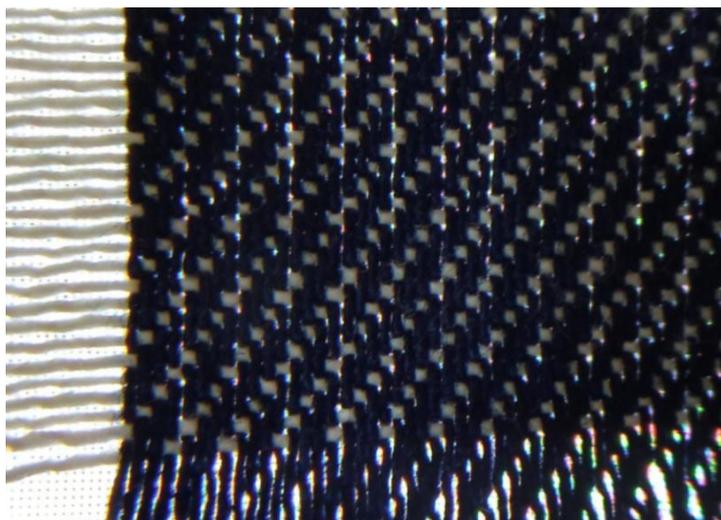
**Fonte: Panisson (2016)**

Conforme a NBR 12.546 (2017) é possível realizar a representação dos pontos de ligamento do tecido da Figura 3, sendo classificado como uma sarja 3x1, sendo caracterizado pela diagonal aparente, nesse caso, forma uma diagonal a direita, em (Z). Outra informação importante que essa norma diz é em relação ao ponto tomado, que significa que um fio de urdume passa sobre um fio de trama, preenchendo de preto um quadrado e o ponto deixado significa que um fio de trama passa sobre um fio de urdume, deixando o quadrado em branco. E a partir de um

momento, o ponto de ligação começa a se repetir, constituindo assim um padrão, definindo o que chamamos de raport.

Para ficar um pouco mais claro, a Figura 4 ilustra a evolução dos fios no decorrer do tecido, mostrando os pontos de ligação entre os fios de urdume, na coloração azul e os fios de trama cru.

**Figura 4 - Superfície do tecido de Sarja 3x1**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Através da Figura 4, é possível visualizar perfeitamente quando os fios de urdume passam por cima dos fios de trama e quando passam por baixo. Uma característica do tecido de sarja possível de observar é a diagonal aparente no tecido como mencionado anteriormente.

Pereira (2009) comenta que as fibras de algodão são de origem vegetal compostas por celulose natural e o comprimento dessa fibra varia de 24 a 38 mm.

A qualidade da fibra de algodão não varia somente pela classificação do comprimento e variedades de fibras, mas também pelas condições físicas, de cor, de maturação, presença de sais açúcares, bem como pelas quantidades de folhas, areias e todo o tipo de impurezas contidas devido a colheita. Por isso, existem órgãos reguladores que estabelecem limites, tolerâncias destas e outras propriedades da fibra do algodão, com a finalidade de classificá-lo, determinando assim o valor deste diante da bolsa de valores do algodão (PEREIRA, 2009, p. 11).

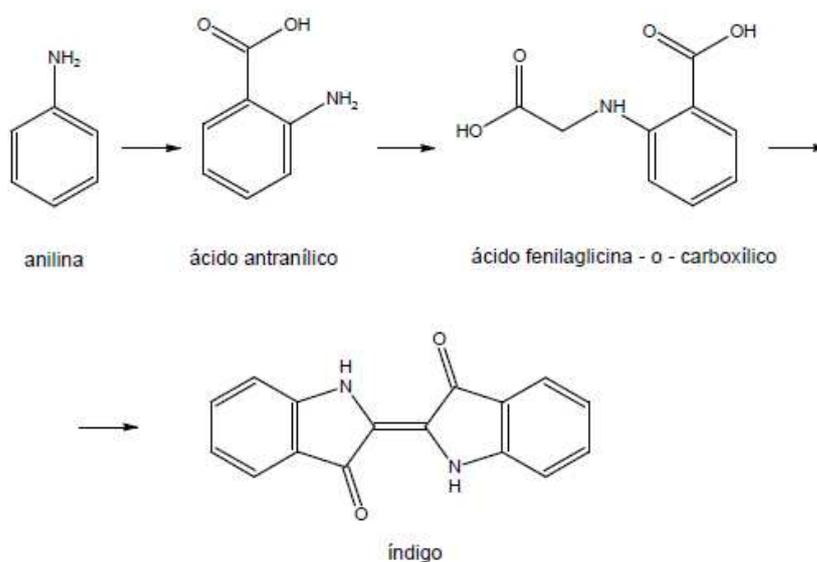
### 2.3 O corante índigo

Conforme Figueiredo (2010) o índigo é derivado de uma planta indiana chamada índigos, na raiz é feita a extração desse corante de coloração azul, surgindo o nome denim índigo blue para os tecidos jeans.

O corante índigo não tem muita afinidade com o algodão, por isso, o tingimento fica apenas na superfície dos fios de urdume, formando em cada fio um anel azul intenso com o núcleo branco. A solidez do tecido é baixa ao atrito o que resulta na perda da camada superficial de fibras e a cor azul perde sua intensidade ficando suavizada (DIAS; ALVARENGA; SALES, 2017, p. 2).

Lima e Ferreira (2007) relata que a obtenção do índigo sintético é através da junção de duas moléculas de fenilaglicianato de sódio, obtida da anilina, juntamente com hidróxido de sódio e amideto de sódio, conforme mostra a figura 5.

Figura 5 - Obtenção do índigo a partir da anilina



Fonte: Lima e Ferreira (2007)

### 2.3.1 O tingimento do corante índigo

Conforme Lima e Ferreira (2007) a realização do tingimento em fios de algodão através de corante índigo é singular, apresentando baixa afinidade com fibras de origem celulósica, além de ser uma molécula pequena sendo necessário a aplicação de agentes redutores para garantir a sua forma solúvel (leucoíndigo), adquirindo uma absorção e difusão do corante na fibra. É utilizado hidrossulfito de Sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) para alcançar uma solução reduzida.

Essa reação entre o corante índigo com o agente redutor é observado na figura 6.

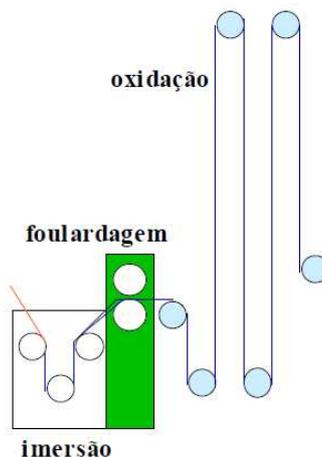


Fonte: Vaz e Freitas (2014)

Conforme Vuorema (2008) a vantagem de utilizar o hidrossulfito de sódio é que o processo de redução ocorre em uma velocidade elevada, fazendo com que o tempo de fixação do corante seja menor e o custo econômico do produto. Porém, existem muitas desvantagens desse agente redutor, sendo um composto instável na presença de oxigênio e mesmo na ausência ocorre a diminuição da estabilidade em elevada temperatura. Outros problemas relacionados a água residual do processo é a geração de sulfatos, sulfitos e tiosulfatos, causando efeitos nocivos ao ambiente devido a toxicidade.

Segundo Lima e Ferreira (2007) o processo é conhecido como dip e se baseia no ciclo de impregnação, foulardagem e oxidação, conforme mostra a figura 7. As variáveis e os parâmetros são definidas conforme a intensidade de cor que deseja alcançar, sendo eles: água, velocidade do processo, concentração de corante, concentração do agente redutor, número de ciclos de passagem, temperatura do banho, ph, entre outros.

**Figura 7 - Ciclo do processo de tingimento com corante índigo**



**Fonte: Lima e Ferreira (2007)**

Ribeiro (2015) menciona três processos de tingimento com o corante índigo, sendo, tingimento em cordas (Rope Dye), multicaixas (Slacher Dye) e Loop (Loop Dye), a decisão pela tecnologia se baseia nos fatores envolvidos, volume de produção, custo do investimento, qualidade exigida, entre outros fatores.

#### **2.4 Lavanderias industriais**

Fernandes (2010) relata que as lavanderias apresentam um papel importante em relação aos processos de beneficiamento do jeans, resultando na modificação das peças vindas das confecções, fazendo com que torne um acabamento diferenciado no tecido. Conforme Ribeiro (2015) as etapas de lavanderia garantem aos produtos efeitos diversificados, se destacando em relação aos outros produtos.

Segundo Ribeiro (2015) fazer o acompanhamento dos parâmetros do processo é crucial para que esses efeitos ocorram conforme o esperado, dependem das condições das máquinas, dos equipamentos utilizados, da qualidade da água, dos produtos empregados, do processo, da carga da máquina, do tempo e temperatura do processo.

Os principais processos de lavanderia industrial e suas especificidades estão descritas abaixo conforme Ribeiro (2015).

- Alvejamento: responsável por realizar o contraste entre o fio de trama cru e o fio de urdume tinto, esse processo promove a limpeza do produto e intensifica a coloração.
- Amaciamento: esse processo ocasiona na melhoria do toque do produto, deixando com aspecto agradável.
- Destroyer: esse processo ocorre utilizando enzimas, fazendo com que as fibras superficiais sejam atacadas. O resultado é similar com a estonagem, causando uma aparência envelhecida.
- Detonado: efeito utilizando esmeril ou retífica que causam buracos na peça depois da lavagem.
- Lixado localizado: efeito adquirido por meio do atrito com lixas em regiões específicas das peças.
- Lixado total: efeito que propicia o desgaste como um todo na peça, através de lixas rotativas que removem o corante da superfície do fio.
- Scrunch: a peça é colocada dentro de uma rede e submetida aos processos de estonagem, clareamento ou tingimento. Esses efeitos causam nas peças aspectos de irregularidades causadas pelos fios da rede em contato com a peça.
- Tie-dye: processo de tingimento realizado com a peça amarrada, causando manchas de tingimento desiguais.
- Used: processo que utiliza um agente oxidante para causar a descoloração da peça, por meio da pulverização. É realizado o acabamento peça por peça.
- Used washed: esse processo garante a descoloração em sua totalidade, sendo realizado o acabamento em várias peças simultaneamente de acordo com a máquina.

Fernandes (2010) aponta que com o surgimento das lavanderias, o primeiro processo empregado é a lavagem com pedra, conhecida como estonagem. E conforme as mudanças e exigências do mercado consumidor Gorini (1999) diz que surge a necessidade de buscar novas características para as peças jeans, sendo responsabilidade das lavanderias a busca pela inovação de novos acabamentos.

#### 2.4.1 Estonagem convencional

Conforme Robles (2017) o surgimento desse procedimento ocorreu nos anos 80, a partir da utilização de máquinas de lavar com pedras. Durante o processo, as pedras entram em contato com as peças de jeans o que ocasiona o desbotamento devido ao atrito entre eles. Segundo David (2018) para conferir a peça algumas partes desbotadas foi desenvolvida um método de lavagem com pedras pomes. Campos (2019) relata que foram necessários utilizar outros agentes abrasivos devido à dificuldade de obtenção das pedras vulcânicas (pomes), começaram a utilizar pedras mais acessíveis como a cinasita e a terra diatomácea.

O trabalho de Robles (2017) relata também que o processo de estonagem convencional se torna ainda mais eficiente com a utilização de produtos químicos como o hipoclorito de sódio, que potencializa o efeito de envelhecimento devido ao rápido clareamento das peças, reduzindo o tempo de processo do jeans na máquina.

De acordo com Ribeiro (2015) os principais insumos utilizados na estonagem convencional são as pedras, responsáveis pelo atrito promovido nas peças, o hipoclorito de sódio, produto químico utilizado para intensificar o grau de clareamento das peças e os umectantes, que são produtos químicos tensoativos com finalidade de romper a tensão presente na superfície do substrato têxtil, permitindo a absorção da solução de forma homogênea.

De acordo com Magela (2012) existem algumas desvantagens nesse processo, a utilização de pedras nas máquinas ocorre a depreciação, necessitando de reparos ou trocas de cestos; necessidade de maior mão de obra para a retirada das pedras e nesse processo pode ocorrer a contaminação das pedras que prejudica a continuidade das lavagens.

Segundo Alaton; Gursoy e Schmidt (2008) nos processos de lavanderia, durante as etapas de acabamentos têxteis ocorre um dos maiores consumos de água. Após o processo, ocorre a geração excessiva de banho residual, sendo um problema devido à presença de corantes, hipoclorito de sódio, entre outros produtos químicos presentes nas peças empregados nas etapas anteriores. Do ponto de vista ambiental, os corantes deve ter um cuidado maior em razão da toxicidade e da cor do efluente gerado, criando um problema visual nos rios, afetando a biodiversidade local.

Lalnunhlimi e krishnaswamy (2016) menciona que a indústria têxtil é responsável por parte dos efluentes contaminados com corantes, em conjunto com

contaminantes ácidos, alcalinos e materiais orgânicos fazendo com que sejam tóxicos. Nesse sentido, liberar o residual de banho têxtil sem o devido tratamento pode provocar um esgotamento do oxigênio, impactando a natureza, além de que, a presença de corantes na superfície de rios afeta a entrada dos raios solares, prejudicando a fotossíntese, a qualidade da água e efeitos nocivos na flora e fauna.

#### 2.4.2 Estonagem enzimática

Marroques (2020) relata que algumas etapas na área da engenharia têxtil é possível a utilização de enzimas, sendo possível substituir os produtos químicos ou complementar durante o processo, promovendo a diminuição de agentes químicos que prejudicam as fibras e o meio ambiente. Além disso, Silva (2019) comenta que as enzimas proporcionam melhorias na qualidade dos tecidos, no aspecto visual, toque e resistência.

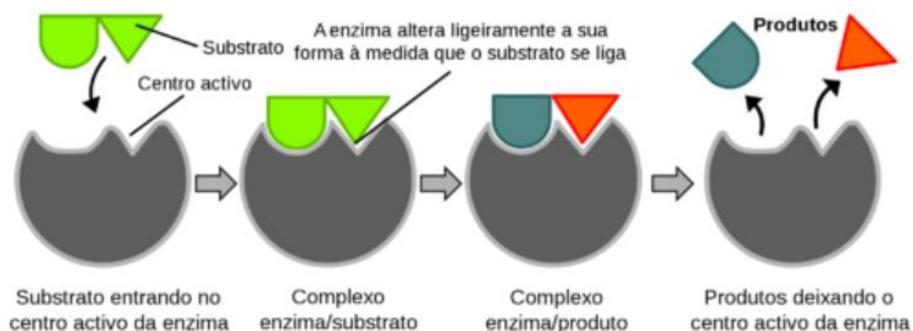
Segundo Torres (2001) cada enzima apresenta uma região específica denominada de sítio ativo, local onde ocorre a ligação entre o substrato e a enzima, sendo uma cavidade com forma definida e aberta garantindo a especificidade da enzima. Para ocorrer a conexão entre eles, é necessário que a molécula possua a forma adequada para se ligar ao sítio ativo, e à medida que os substratos se aproximam, as enzimas vão adquirindo novos arranjos.

De acordo com Kohan e Araújo (2007) existem fatores durante o procedimento que afetam a ação das enzimas. A escolha do pH no processo varia de acordo com as propriedades de cada enzima e a velocidade de reação das enzimas é proporcional a temperatura do processo. Mas é necessário se atentar a temperatura máxima permitida no processo de acordo com o tipo de enzima, pois acima dessa temperatura ocorre a inativação.

Outros pontos que Kohan e Araújo (2007) relatam é que na indústria têxtil a utilização de enzimas diminuem os danos que causam as fibras devido aos produtos químicos causando a perda de resistência e o impacto ao meio ambiente devido a toxicidade do produto.

A seguir é possível visualizar a ligação entre o substrato e o sítio ativo, sendo representado pela Figura 8.

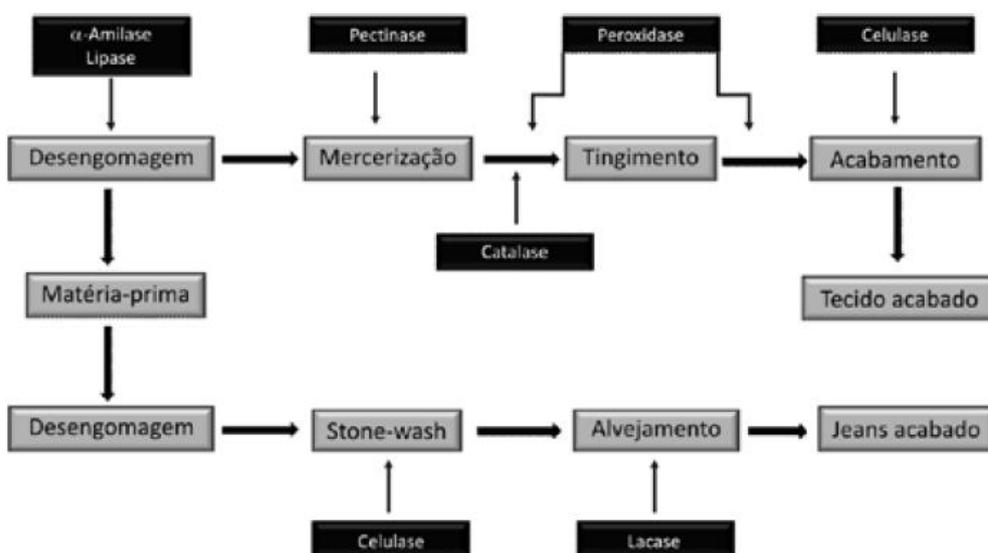
**Figura 8 - Representação do substrato e sítio ativo**



Fonte: Moreira (2015)

As principais enzimas utilizadas nos processos têxteis sendo aplicadas durante as etapas conforme mostra a Figura 9 são: amilase, lipase, pectinase, catalase peroxidase, celulase e lacase.

**Figura 9 - Processos têxteis onde podem ser aplicadas as enzimas**



Fonte: Monteiro e Silva (2009)

Em conformidade com Magela (2012) as enzimas biológicas do tipo celulase são utilizadas nas lavanderias para promover o ataque a superfície dos fios do tecido, garantindo um aspecto muito mais homogêneo no processo. Além disso, Monteiro e Silva (2009) diz que as celulases são empregadas nos acabamentos para adquirir um aspecto envelhecido.

Conforme Ribeiro (2015) para maior efetividade das enzimas no processo, devem ser levados em consideração alguns indicadores, pH, temperatura, concentração de estabilizadores (pode ser utilizado o NaCl) que indica a variação da atividade da enzima no tempo e ativadores (pode ser utilizado íons de Cálcio) que influenciam no início da atividade enzimática. No término do processo, para não danificar as peças, é necessário desativar as enzimas, por meio do aumento da temperatura e até mesmo o aumento do pH.

Devido aos danos ambientais causados pela estonagem convencional Kohan e Araújo (2007) diz que as enzimas são utilizadas com finalidade de diminuir o impacto ambiental causados pelos produtos químicos, automaticamente reduz os danos que esses agentes causam as fibras. Além da necessidade das lavanderias de buscarem aplicações alternativas aos processos tradicionais, sendo menos agressivos ao meio ambiente.

### 3 METODOLOGIA

O intuito desse estudo é buscar na literatura os fundamentos teóricos do tema em questão e aplicar na prática, através da utilização dos equipamentos dos laboratórios especificados.

Os tópicos da metodologia serão: a determinação das características do tecido, lavagens do jeans, ensaios de resistência e por fim os ensaios de fitotoxicidade dos efluentes gerados.

#### 3.1 Determinação das características do tecido

O Quadro 2 descreve os parâmetros avaliados e normas relacionadas para a realização das análises de cada amostra de tecido utilizado para confecção das peças jeans e posteriormente elaborou-se uma ficha técnica com as informações obtidas.

**Quadro 2 - Normas conforme os parâmetros avaliados**

<b>PARÂMETROS AVALIADOS</b>	<b>NORMAS</b>
Tipo de ligação	ABNT NBR 12546
Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	ABNT NBR 10591
Gramatura (oz)	ABNT NBR 10591
Densidade do urdume (nº de fios/cm)	ABNT NBR 10588
Densidade da trama (nº de fios/cm)	ABNT NBR 10588

Fonte: Autoria própria (2022)

### 3.2 Lavagens do jeans

As lavagens nas peças jeans foram realizadas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no laboratório de lavanderia industrial. Realizaram-se dois tipos de lavagens, sendo elas: estonagem convencional (pedra e hipoclorito de sódio) e a estonagem enzimática. O mecanismo de cada processo foram estabelecidas com base na metodologia utilizada industrialmente. A Figura 10 corresponde às imagens do laboratório de lavanderia da UTFPR.

**Figura 10 - Laboratório de lavanderia industrial**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

### 3.2.1 Procedimento da estonagem convencional e estonagem enzimática

Utilizou-se duas peças de calça jeans, composição 100% algodão, para a realização com base no processo da estonagem convencional e enzimática. A seguir, temos o Quadro 3 e Quadro 4, descrevendo as etapas, procedimentos utilizados para a realização da estonagem de acordo com o método especificado, juntamente com os insumos utilizados e respectivas quantidades para o direcionamento das lavagens.

**Quadro 3 - Estonagem convencional**

<b>Etapas</b>	<b>Procedimentos</b>	<b>Insumos</b>
1º	Estonagem com pedras	1:2 - 1Kg de tecido; 2Kg de pedras Antimigrante (1%spm) Hipoclorito de sódio (2%spm) Tempo 60 minutos RB 1:5
2º	Dois enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
3º	Ensaboamento	Antimigrante (1%spm) Temperatura 60°C RB 1:10 Tempo 10 minutos
4º	Dois enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
5º	Amaciamento	Amaciante catiônico (2%spm) Temperatura 40°C Tempo 10 minutos RB 1:5
6º	Enxágue à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
7º	Centrifugação	-
8º	Secagem	Temperatura 80°C

**Fonte: Adaptado de Vicunha Têxtil**

**Quadro 4 - Estonagem enzimática**

<b>Étapas</b>	<b>Procedimentos</b>	<b>Insumos</b>
1º	Estonagem enzimática	Enzima Celulase neutra (2%spm) Antimigrante (1%spm) Tempo 60 minutos Temperatura 60°C RB 1:5 pH 7
2º	Dois enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
3º	Ensaboamento	Antimigrante (1%spm) Temperatura 60°C RB 1:10 Tempo 10 minutos
4º	Dois enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
5º	Amaciamento	Amaciante catiônico (2%spm) Temperatura 40°C Tempo 10 minutos RB 1:5
6º	Enxágue à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
7º	Centrifugação	-
8º	Secagem	Temperatura 80°C

**Fonte: Adaptado de Vicunha**

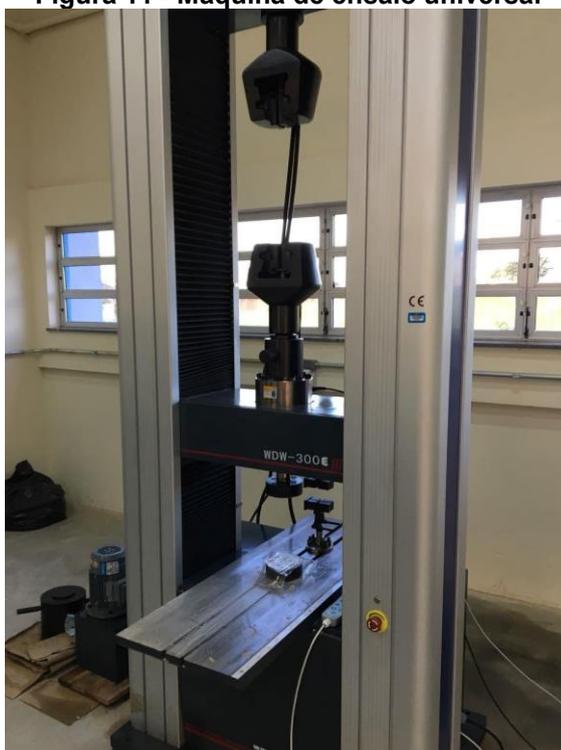
### 3.3 Ensaaios de resistência

Realizou-se os ensaios de resistência à tração nos tecidos após os processos de estonagens, por meio do equipamento WDW-300E produzida pela Time-Shijin Group, conhecido como máquina de ensaio universal, onde é possível adaptar acessórios e realizar variados testes em diversos tipos de amostras. O equipamento de ensaios universais foi programado para atuar com velocidade de 200mm/min. A largura dos corpos de prova utilizados nos testes foram de 4,0 cm e 10,0 cm em relação ao seu comprimento e os testes de tração foram realizados todos no sentido do urdume.

O teste de resistência à tração foi no laboratório de Estruturas, localizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no câmpus de Apucarana, o equipamento constitui-se de duas garras fixas apropriadas para materiais têxteis, a partir da aplicação de um deslocamento contínuo e constante até a ruptura da amostra.

Os testes são controlados por um computador, que produz diagramas e permite exportar os dados numéricos do ensaio para a posterior análise dos resultados. A Figura 11 apresenta o equipamento utilizado.

**Figura 11 - Máquina de ensaio universal**



**Fonte: Souza (2018)**

### 3.4 Ensaios de fitotoxicidade nos efluentes gerados

A partir de cada lavagem, através do método da estonagem convencional e enzimática, utilizando as peças jeans 100% algodão (CO), gerou-se os efluentes e seguiram para os testes posteriores.

Foram utilizadas sementes de alface com 95% de índice de germinação, cultivadas em placa Petri com filtro qualitativo. As amostras de efluentes foram divididas para prosseguir com os experimentos, sendo divididos em quatro, com água destilada (controle negativo), soluções salinas utilizando NaCl 2 M, 1 M e 0,5 M, denominado de controle positivo, efluente gerado no método convencional e o efluente gerado no método enzimático.

#### 3.4.1 Coleta de dados

O percentual de germinação (%GR) foi obtido por meio da equação a seguir.

$$\% GR = \frac{n^{\circ} SGA}{n^{\circ} SGC} \times 100$$

Sendo que  $n^{\circ} SGA$  é o número de sementes germinadas na amostra e  $n^{\circ} SGC$  o número de sementes germinadas no controle negativo.

O percentual de inibição do crescimento relativo das raízes (% ICRRz) foi obtido por meio da equação abaixo.

$$\% ICRRz = \frac{MCRzC - MCRzA}{MCRzC} \times 100$$

Sendo que MCRzC é a média do crescimento das raízes do controle negativo e MCRzA equivale à média do crescimento das raízes das amostras contendo os efluentes.

Foram realizados o cálculo do desvio padrão, a partir dos valores obtidos no tópico 3.3 que trata dos ensaios de resistência e no tópico 3.4 com relação aos ensaios de fitotoxicidade nos efluentes gerados. A equação do desvio padrão está ilustrado abaixo.

$$DP = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - M)^2}{n-1}}$$

Sendo que DP é o valor do desvio padrão; n é o número de dados obtidos no experimento; xi é o primeiro valor obtido no ensaio e M é a média entre todos os valores obtidos. Então é feito a substituição dos valores e o somatório. A partir do resultado é feito a raiz quadrada do valor, obtendo o valor do desvio padrão.

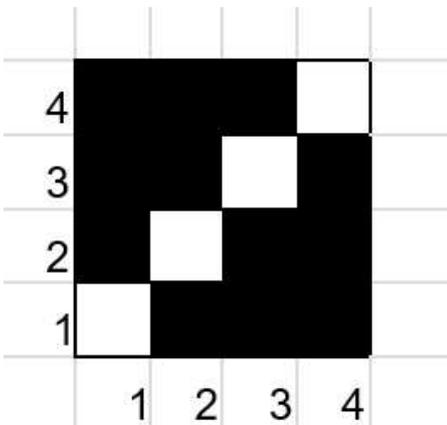
#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Para melhor entendimento do trabalho e conforme a metodologia, os resultados e discussões foram apresentados e divididos nesse tópico da seguinte forma: análise e determinação das características da amostra; análise das amostras após as lavagens; análise dos ensaios de resistência à tração e análise dos efluentes gerados.

#### 4.1 Análise e determinação das características da amostra

De início analisou-se a amostra utilizada para o procedimento da estonagem e descreveu-se as informações técnicas. Com base nas informações obtidas através da amostra 100% algodão (CO), elaborou-se a ficha técnica da peça jeans. Os resultados estão descritos abaixo na Figura 12.

Figura 12 - Ficha técnica da amostra 100% algodão (CO)

Ficha técnica: Jeans 100% CO	
<b>Informações técnicas</b>	
Tipo de ligação	Sarja 3/1
Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	351,8
Gramatura (oz/jd <sup>2</sup> )	10,4
Densidade do urdume	26 fios/cm
Densidade da trama	17 batidas/cm
<b>Fotografia da amostra</b>	<b>Raport</b>
	

Fonte: Autoria própria (2022)

#### 4.2 Análise das amostras após as lavagens

Após a realização das lavagens, observou-se a diferença visual na coloração entre as peças, de acordo com o tipo de estonagem aplicada, conforme ilustra a Figura 13. Analisando a estonagem convencional, reparou-se que houve uma perda maior na coloração, ocasionando um desbotamento mais evidente na peça. Esse resultado é devido ao produto químico utilizado ser muito forte, no caso o Hipoclorito de Sódio em combinação com os agentes abrasivos, intensificando o acabamento no tecido jeans.

**Figura 13 - Resultado das lavagens utilizando jeans 100% algodão (CO)**



Fonte: Autoria própria (2022)

### 4.3 Análise dos ensaios de resistência à tração

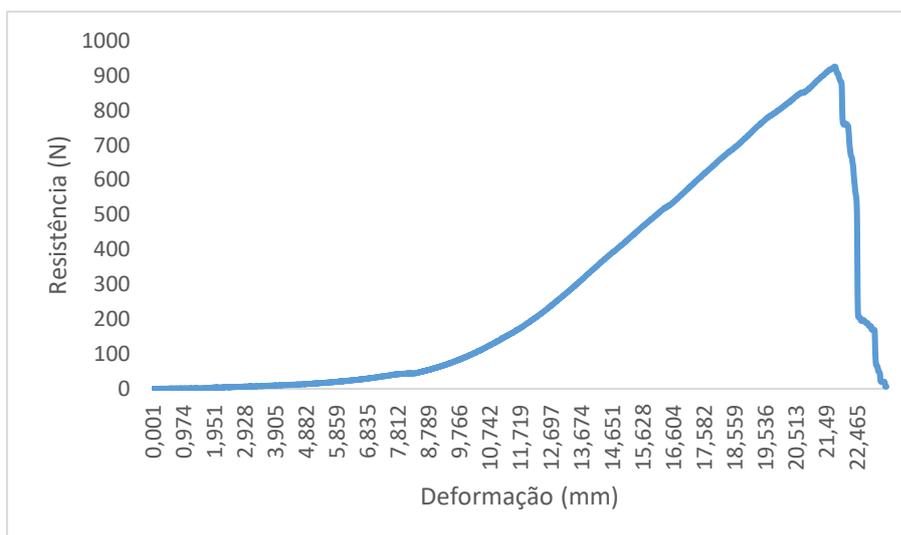
As finalidades desses testes é comparar o desempenho das amostras das peças de jeans 100% algodão (CO), com base na resistência e o tipo de ruptura ocasionado, em relação ao método de lavagem aplicado.

Ao longo do ensaio, são geradas informações a respeito da força que cada amostra suporta até a sua ruptura e a sua deformação, relacionada ao alongamento. Através dos dados obtidos, esboçou-se graficamente a relação entre Força (N) e Deformação (mm). Além disso, notou-se o método de ruptura, conforme o tipo de estonagem no momento do ensaio.

Na primeira parte, realizou-se os cortes de seis corpos de prova das peças jeans 100% algodão (CO) submetidos ao processo da estonagem convencional e foram encaminhados aos testes de resistência a tração. Foram realizados três ensaios com amostras duplicadas, nesse caso, o valor da resistência estava dobrada. A partir

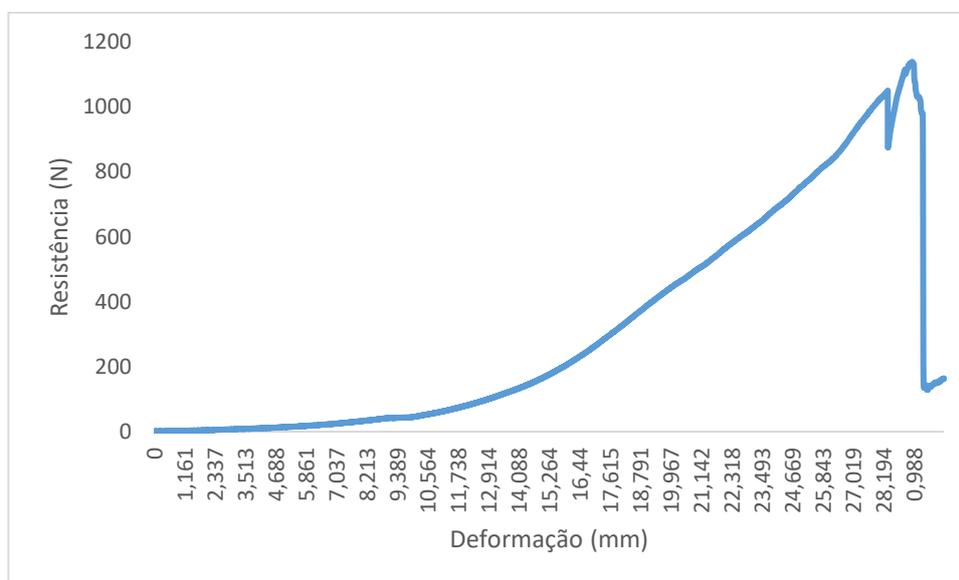
dos dados obtidos com base nesses três ensaios, gerou-se os resultados dos gráficos e estão ilustrados nas Figuras 14, 15 e 16.

**Figura 14 - Primeira amostra da estonagem convencional**

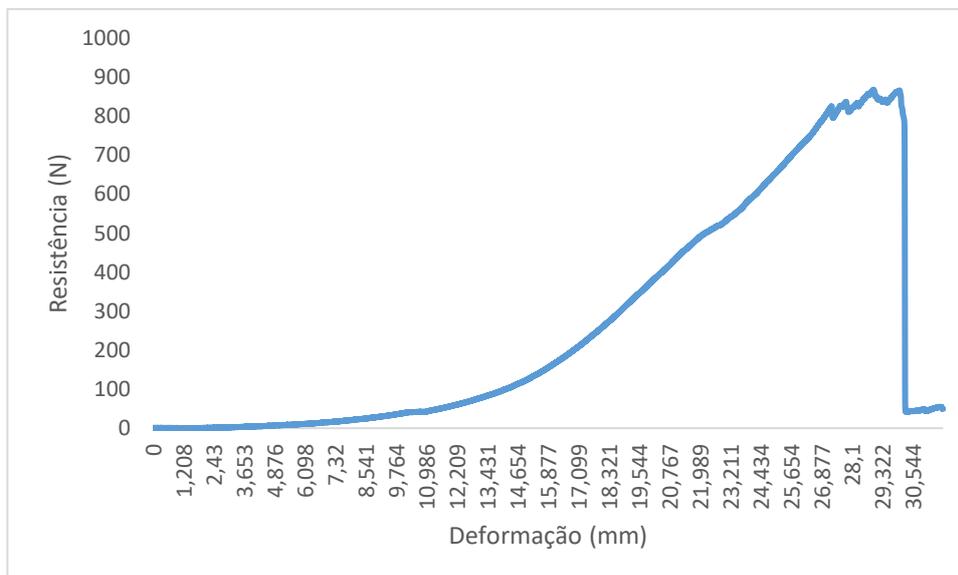


**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Figura 15 - Segunda amostra da estonagem convencional**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Figura 16 - Terceira amostra da estonagem convencional**

**Fonte: Autoria própria (2022)**

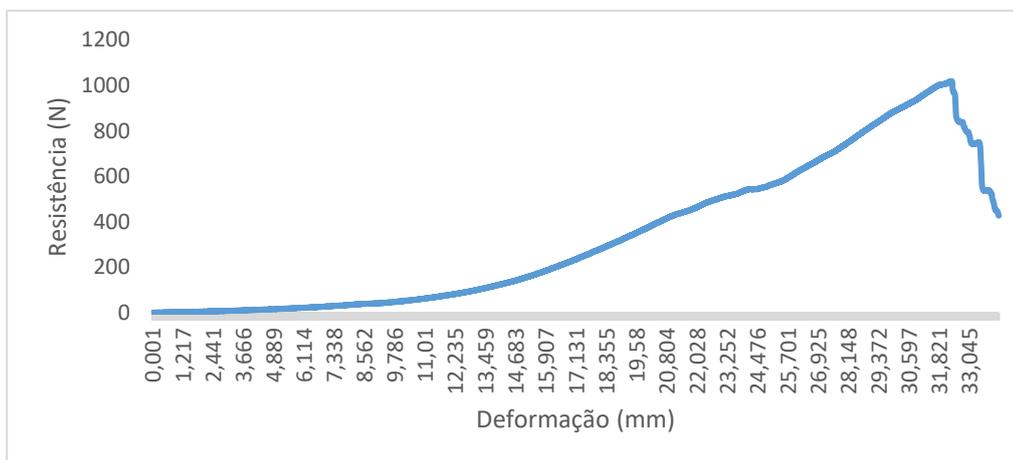
Na Figura 17, temos os corpos de prova dos testes de resistência após o processo da estonagem convencional.

**Figura 17 - Amostras rompidas após os ensaios de resistência a tração**

**Fonte: Autoria própria (2022)**

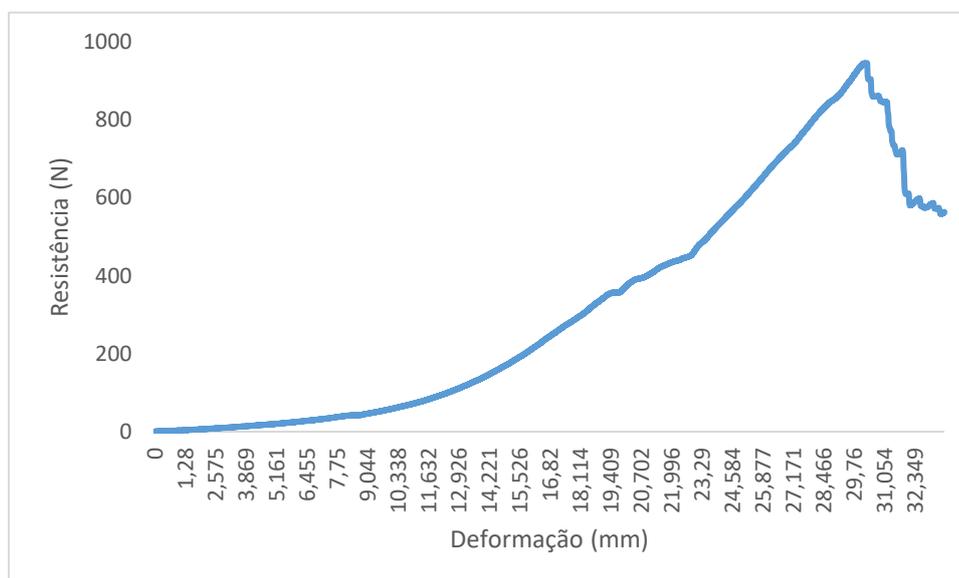
A segunda parte dos ensaios foram realizados nas amostras envolvidas no processo da estonagem enzimática. Assim, realizou-se três testes e a partir dos dados obtidos, obteve-se os seguintes resultados dos gráficos ilustrado nas Figuras 18, 19 e 20.

**Figura 18 - Primeira amostra da estonagem enzimática**



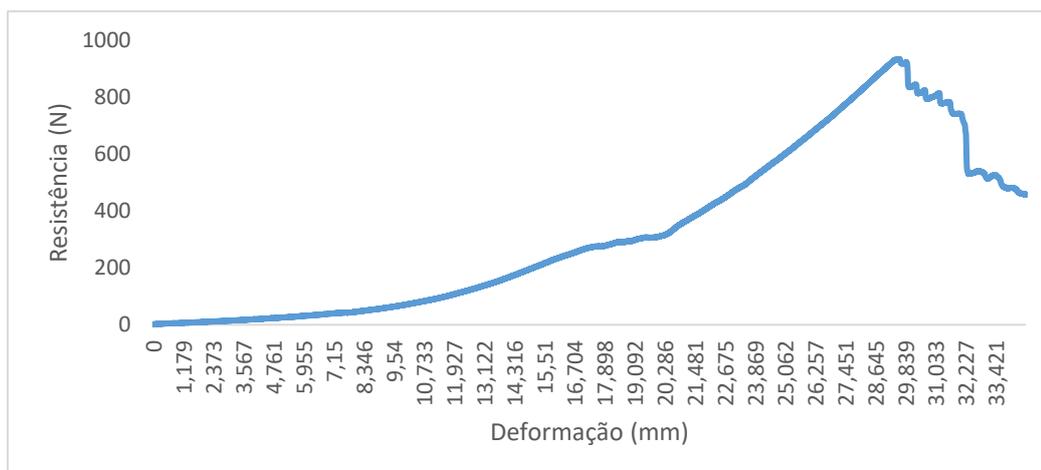
**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Figura 19 - Segunda amostra da estonagem enzimática**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

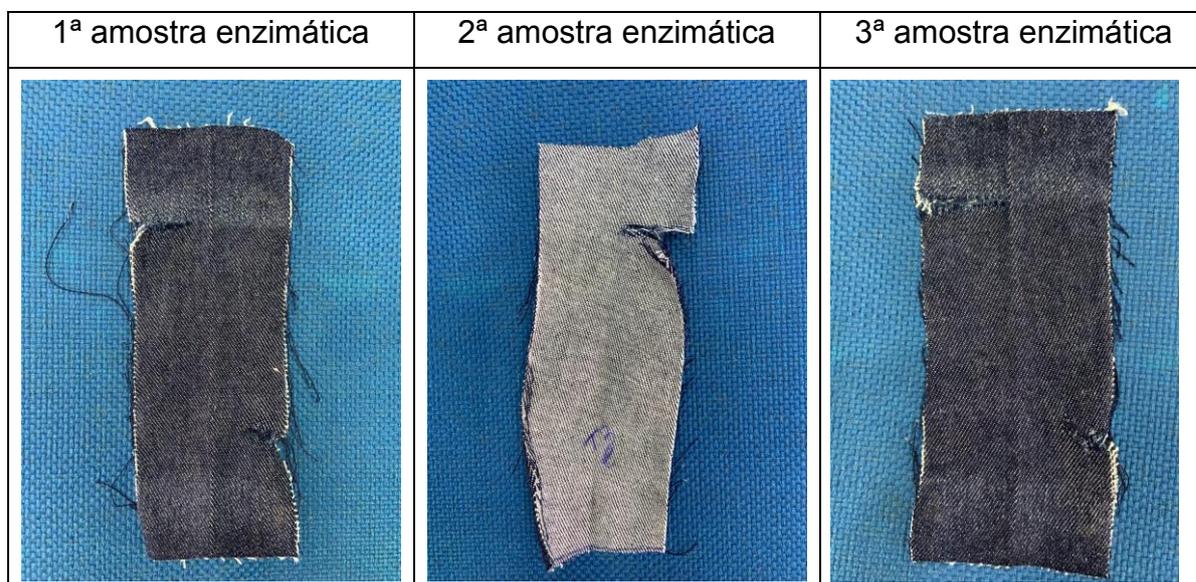
**Figura 20 - Terceira amostra da estonagem enzimática**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Na Figura 21, temos os corpos de prova dos testes de resistência após o processo da estonagem enzimática.

**Figura 21 - Amostras rompidas após os ensaios de resistência a tração**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Através dos dados obtidos nos testes e com auxílio visual do gráfico, analisou-se a força máxima aplicada em cada corpo de prova utilizado até a sua ruptura.

A Tabela descreve o valor máximo de resistência de cada amostra e a partir dessas informações calculou-se a média e o desvio padrão, para cada método de lavagem. Utilizou-se três amostras, C1, C2 e C3 relacionadas a lavagem convencional e três amostras E1, E2 e E3 relacionadas a lavagem enzimática.

**Tabela 1 - Resistência máxima de tração nas amostras 100% algodão (CO)**

<b>Amostra</b>	<b>Tipo de lavagem</b>	<b>Força máxima em Newton (N)</b>	<b>Média em Newton para as amostras duplicadas</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Média em Newton dividida por 2</b>
C1	Método convencional	925,9	977,53	142,07	488,77
C2	Método convencional	1138,2			
C3	Método convencional	868,5			
E1	Método enzimático	1018,7	966,23	45,69	483,12
E2	Método enzimático	944,8			
E3	Método enzimático	935,2			

Fonte: Autoria própria (2022)

Podemos observar que para as peças 100% algodão (CO), a média de resistência máxima entre os dois métodos de lavagens foram próximas, porém para o método enzimático apresentou um valor levemente menor, o que já era esperado, visto que a enzima utilizada tem afinidade com a celulose e pelo fato de estar dissolvida na solução, apresenta um resultado mais homogêneo em toda a peça, agredindo mais a resistência. Já para o método convencional, a pedra acaba atacando mais o corante, não afetando a celulose e por não estar dissolvida na solução como a enzima, o resultado não é homogêneo, apresentando atrito entre a pedra e a peça em

algumas partes apenas, por esse motivo, apresenta-se um valor médio de resistência maior para a peça a partir do método convencional.

A norma da ABNT NBR 14634 (2021) menciona a classificação em tipo de tecido, com relação a gramatura ( $\text{g/m}^2$ ), sendo leve, médio e pesado, levando em consideração o tecido plano de sarja 100% algodão. O tecido utilizado nesses ensaios, apresentou gramatura de aproximadamente  $351,8 \text{ g/m}^2$ , conforme especificado na ficha técnica, portanto, é considerado um tecido do tipo médio. Outra informação relevante apresentada pela norma é a resistência a tração do tecido no sentido do urdume, tendo que ser igual ou superior aos valores tabelados. A resistência a tração mínima no sentido do urdume para tecido médio antes das lavagens exigida pela norma é de 650 N, sendo assim, admite-se que o resultado foi inferior ao padrão estabelecido pela norma para os dois métodos de lavagens, comprovando que o resultado das lavagens afetaram a resistência do tecido.

Conforme Lopes (2003) o desvio padrão é uma medida de dispersão para um conjunto de dados e ele informa se os valores estão distante ou não da média, ou seja, representa a variabilidade dos dados. Quando temos um desvio padrão alto, significa que os valores geralmente estão longe da média, enquanto um desvio padrão baixo, indica que os valores estão agrupados perto da média. Através dos dados obtidos de resistência máxima de tração para as amostras 100 % algodão e através da equação do desvio padrão detalhada na metodologia, conclui-se que para o método convencional houve maior variação entre os valores máximos de resistência a tração, gerando desvio padrão maior, comparado a resistência a tração dos ensaios realizados para a peça do método enzimático.

#### **4.4 Análise dos efluentes gerados**

Foram realizados 4 ensaios diferentes com as sementes e após 120 horas foram feitas as análises de germinação, com o efluente gerado no processo convencional, o efluente gerado no processo enzimático, com a água destilada, também conhecido como controle negativo e água com sal, sendo o controle positivo.

Realizou-se três ensaios com os efluentes gerados no processo convencional e observou-se a germinação das sementes. Inicialmente, utilizou-se 12 sementes em cada ensaio e verificou-se os resultados. Dois ensaios apresentaram 12 germinações e um terceiro ensaio resultou-se em 11 germinações, ocasionando em um percentual

de germinação (%GR) de 97,22%. Esse resultado já era esperado, considerando que as sementes utilizadas apresentavam índice de germinação de 95%.

Com relação aos efluentes gerados no método enzimático, realizou-se três ensaios e observou-se a germinação das sementes. De início utilizou-se 12 sementes em cada ensaio e verificou-se os resultados. Houve dois ensaios que apresentaram 12 germinações e um último, que resultou em 11 germinações, ocasionando o percentual de germinação (%GR) de 97,22%.

A Figura 22, ilustra três amostras contendo efluente enzimático, antes de ocorrer o desenvolvimento das sementes.

**Figura 22 - Amostras com efluente do método enzimático antes da germinação**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Os dados obtidos com relação ao crescimento da raiz nas amostras com o efluente convencional, foram detalhados nas Tabelas 2, 3 e 4.

**Tabela 2 - Teste 1**

<b>Crescimento relativo das raízes</b>			
4,9 cm	5,2 cm	4,2 cm	4,6 cm
4 cm	3,9 cm	3,6 cm	4,1 cm
3,1 cm	4 cm	3,6 cm	3,3 cm

**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Tabela 3 - Teste 2**

<b>Crescimento relativo das raízes</b>			
4,6 cm	5 cm	5,4 cm	5,2 cm
2,8 cm	4,2 cm	4,9 cm	4,2 cm
3,8 cm	4,7 cm	3,8 cm	4,5 cm

**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Tabela 4 - Teste 3**

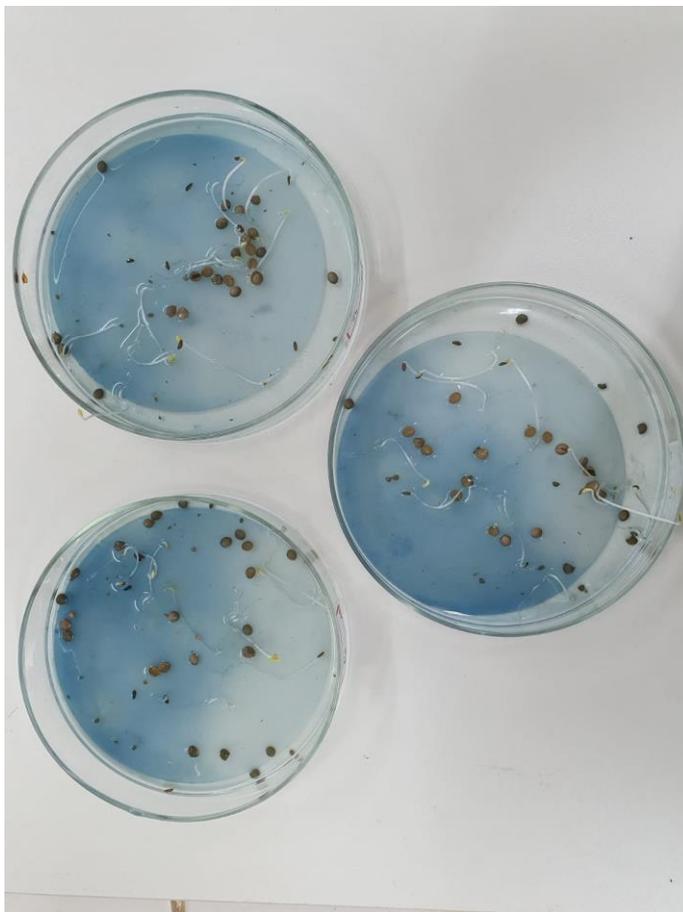
<b>Crescimento relativo das raízes</b>			
4,8 cm	5,8 cm	3,8 cm	4 cm
2 cm	2,9 cm	3,7 cm	3,4 cm
3,5 cm	4,8 cm	3,6 cm	

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A partir desses valores, realizou-se a média de crescimento da raiz para as sementes germinadas utilizando o efluente gerado no processo convencional (MCRZA). Com relação ao primeiro teste, a média foi de 4,04 cm, a média do segundo teste foi de 4,43 cm e por fim, o último teste apresentou uma média de 3,85 cm. A média geral de crescimento da raiz utilizando o efluente do processo convencional (MCRZA) foi de 4,10 cm.

A Figura 23, ilustra o desenvolvimento das sementes nas amostras com o efluente enzimático.

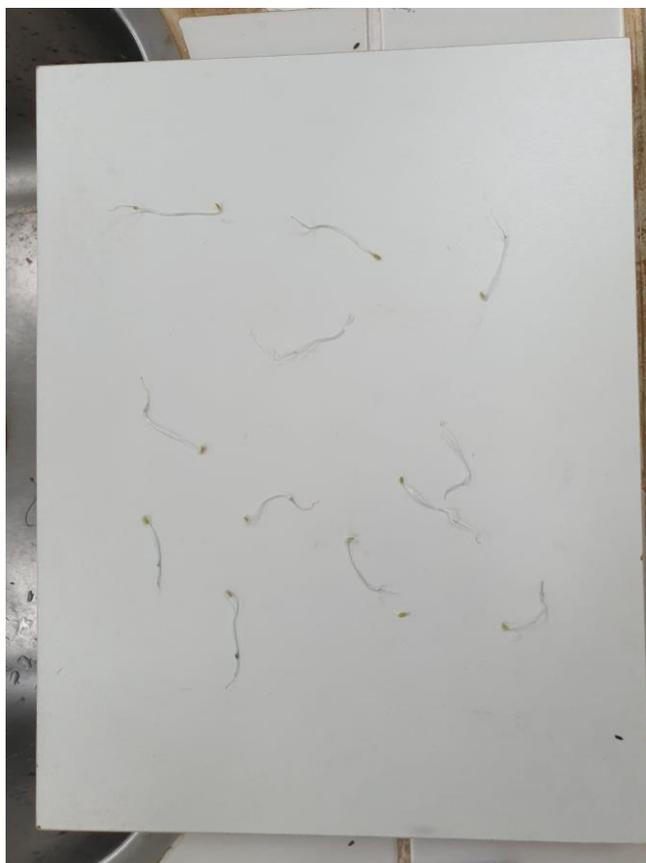
**Figura 23 - Amostra com efluente do método enzimático após a germinação**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

As raízes foram estiradas, conforme a Figura 24, para serem realizadas as medidas do seu comprimento de cada semente.

**Figura 24 - Raízes das sementes estiradas para obtenção do seu comprimento**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Os dados obtidos com relação ao crescimento da raiz nas amostras com o efluente enzimático, foram detalhados nas Tabelas 5, 6 e 7.

**Tabela 5 - Teste 1**

<b>Crescimento relativo das raízes</b>			
4,8 cm	6 cm	4,5 cm	3,5 cm
4,1 cm	5,7 cm	3,7 cm	4,8 cm
4,5 cm	5,9 cm	6 cm	6,8 cm

**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Tabela 6 - Teste 2**

<b>Crescimento relativo das raízes</b>			
5,4 cm	5,3 cm	4,2 cm	5,4 cm
2,9 cm	0,7 cm	5,8 cm	2,3 cm
5,3 cm	0,6 cm	1,9 cm	2,1 cm

**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Tabela 7 - Teste 3**

<b>Crescimento relativo das raízes</b>			
4,5 cm	3,5 cm	3,1 cm	2,1 cm
4,4 cm	5 cm	3,1 cm	3 cm
3,6 cm	2,3 cm	2,1 cm	

**Fonte: Autoria própria (2022)**

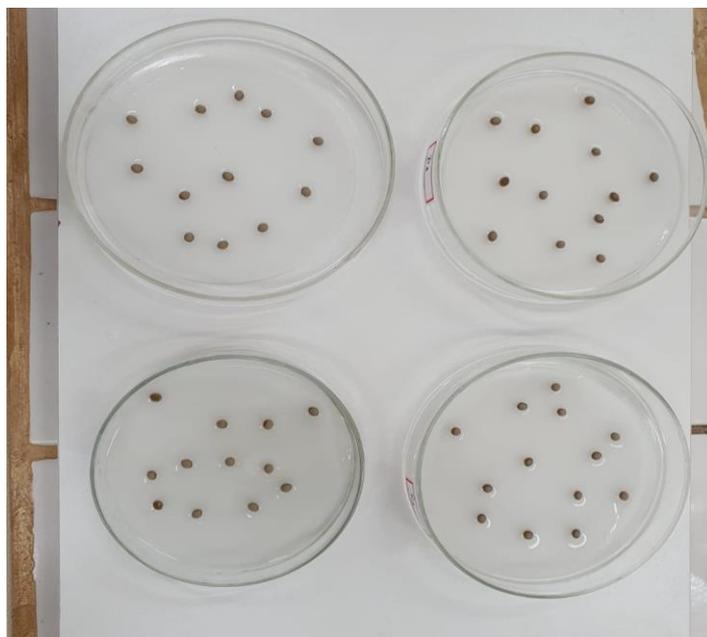
A partir desses valores, realizou-se a média de crescimento da raiz para as sementes germinadas utilizando o efluente gerado no processo enzimático (MCRzA). Com relação ao primeiro teste, a média foi de 5,03 cm, a média do segundo teste foi de 3,49 cm e por fim, o último teste apresentou uma média de 3,34 cm. A média geral de crescimento da raiz utilizando o efluente do processo enzimático (MCRzA) foi de 3,95 cm.

Para os ensaios realizados com o controle negativo, utilizando água destilada, observou-se que 100% das sementes nas amostras germinaram (% GR). Este resultado já era esperado, levando em consideração o ambiente favorável para o desenvolvimento, servindo então como referência para o cálculo do índice de germinação (% GR) e para o índice de inibição do crescimento relativo das raízes (% ICRRz).

Por fim, as sementes utilizadas no último ensaio, no controle positivo, utilizando água e sal, não germinaram. Isso ocorreu devido ao sal provocar uma desidratação na semente, impedindo a germinação e afetando diretamente o desenvolvimento e crescimento.

A Figura 25, ilustra uma amostra do controle negativo, utilizando água destilada e três amostras do controle positivo, utilizando água e sal, antes de ocorrer o desenvolvimento das sementes.

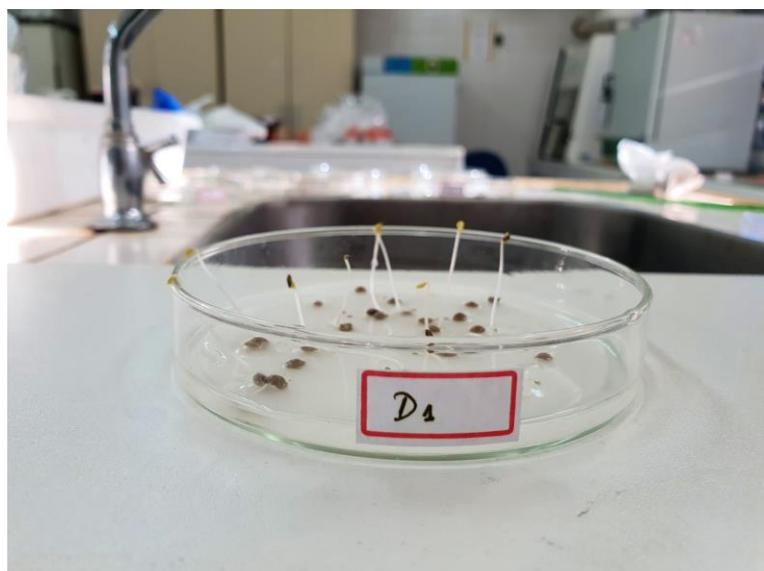
**Figura 25 - Amostras do controle negativo e positivo antes da germinação**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

A Figura 26, ilustra o desenvolvimento das sementes na amostra do controle negativo.

**Figura 26 - Amostra do controle negativo após a germinação**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Para as sementes que germinaram no controle negativo, os dados obtidos com relação ao crescimento da raiz estão detalhados na Tabela abaixo.

**Tabela 8 - Teste 1**

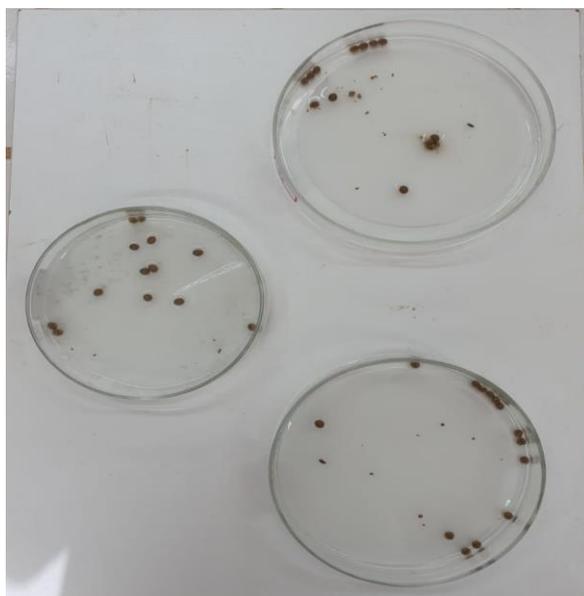
<b>Crescimento relativo das raízes</b>			
7,4 cm	6,4 cm	5,9 cm	6,4 cm
3,5 cm	6,5 cm	7,1 cm	7,2 cm
6,5 cm	7 cm	7,5 cm	7,5 cm

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A média de crescimento da raiz utilizando o controle negativo, através de água destilada (MCRzC) foi de 6,58 cm.

A Figura 27, ilustra a amostra com as sementes do controle positivo.

**Figura 27 - Amostra do controle positivo após a germinação**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

É possível visualizar que, com as amostras do controle positivo não ocorreu o desenvolvimento e germinação de nenhuma das sementes.

A Tabela a seguir, ilustra os resultados com relação ao percentual de germinação (%GR) e percentual de inibição do crescimento relativo das raízes (%ICRRz) a partir da coleta de dados realizados no controle negativo, com efluente convencional, efluente enzimático e no controle positivo.

**Tabela 9 - Dados obtidos para análise dos ensaios**

	<b>Controle Negativo</b>	<b>Efluente Convencional</b>	<b>Efluente Enzimático</b>	<b>Controle Positivo</b>
<b>nº médio sementes germinadas</b>	12	11,67	11,67	-
<b>% GR</b>	100	97,22	97,22	-
<b>% ICRRz</b>	-	37,69	39,97	-
<b>Desvio Padrão</b>	1,10	0,81	1,57	-

O percentual de germinação (%GR) dos ensaios com os efluentes se mostraram inferiores com relação ao do controle negativo, que apresenta um cenário perfeito. Ainda assim, os valores contendo efluentes não são tão insignificantes, em consequência de que, a água é o elemento básico para a ocorrência da germinação. Como já visto anteriormente, no caso das sementes do controle positivo, não se desenvolveram, ou seja, a germinação não ocorreu. Conforme Lima *et al.* (2005), a taxa de salinidade é prejudicial aos processos de evolução das sementes, provocando uma diminuição na absorção hídrica, afetando o amadurecimento.

Com relação ao índice de inibição do crescimento das raízes (ICRRz), os valores entre as amostras com efluentes foram próximas. Uma explicação para o percentual de germinação e o índice de inibição com relação as amostras com efluentes, é devido a carga de produtos químicos, que influenciam a germinação das sementes e o desenvolvimento do crescimento das raízes. Por

fim, com relação ao desvio padrão, o maior valor foi para o método enzimático, apresentando maior variabilidade entre os dados obtidos e o menor valor de desvio padrão foi para os valores obtidos com os ensaios utilizando o efluente convencional.

## **5 CONCLUSÃO**

Nesse presente trabalho, realizou uma análise aprofundada baseado no tecido denim, de composição 100% algodão (CO). Em seguida, realizaram-se os processos de estonagem convencional e enzimático. As amostras após as lavagens, seguiram para os ensaios de resistência a tração, para avaliar sua resistência máxima em Newton e calcular o desvio padrão. Assim, as amostras utilizadas foram separadas para serem realizadas os testes de fitotoxicidade. Para isso, foram utilizados os laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Antes de submeter a peça aos testes, foram realizadas análises através de amostras, com finalidade de obter algumas informações pertinentes ao tecido utilizado. Já sobre as lavagens, percebe-se uma desigualdade nas aparências das amostras, no método convencional, houve um desbotamento mais perceptível, sendo explicado pela utilização de pedras no mecanismo de lavagem, proporcionando um ataque maior no corante, além do produto utilizado.

As lavagens através do método convencional e enzimático afetaram na resistência das amostras do tecido, visto que, os corpos de prova submetidos aos processos apresentaram resistência inferior ao padrão especificado na norma, levando em consideração o tipo de tecido utilizado. Isso deve-se ao desgaste ocasionado na amostra, devido ao atrito e aos produtos químicos empregados, proporcionando a queda no desempenho.

Os ensaios de fitotoxicidade nos efluentes gerados afetaram a capacidade de germinação, comparado ao controle negativo, mas mesmo assim, se apresentaram acima da média do percentual de germinação das sementes utilizadas, assim, concluiu-se que houve um resultado positivo. Já para as sementes utilizadas no controle positivo, não houve a germinação das sementes e conseqüentemente, o desenvolvimento das raízes. Por fim, observa-se que o processo utilizando pedras e o Hipoclorito de Sódio, afetaram mais o ambiente do que o processo enzimático, se caso utilizado de maneira exagerada pode gerar problemas graves ao ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Relatório de acompanhamento setorial têxtil e confecção**. v. 1, p.18, 2008.
- ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil. Fev. 2022. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>. Acesso em: 08 abr. 2022.
- ALATON, I. A.; GURSOY, B. H.; SCHMIDT, J. E. **Advanced oxidation of acid and reactive dyes**: effect of fenton treatment on aerobic, anoxic and anaerobic processes. *Dyes and Pigments*, v. 78, p. 117-130, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10588**: Tecido planos – Determinação da densidade de fios. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10591**: Materiais têxteis – Determinação da gramatura de superfícies têxteis. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12.546**: materiais têxteis – Ligamentos fundamentais de tecidos planos - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12.744**: fibras têxteis. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13.370**: não-tecido – terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13.462**: tecido de malha por trama – estruturas fundamentais. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14.634**: tecido plano 100% algodão – Denim – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- BASTIAN, E. Y. O.; ROCCO, J. L. S. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil – Série P + L**. São Paulo: CETESB, Sinditêxtil. p. 81, 2009.
- BRAGA, E. J.; PIO, M.; ANTUNES, A. O processo de transferência de tecnologia na indústria têxtil. **Journal of Technology Management & Innovation**. v. 4, p. 125-133, 2009.
- CAMPOS, E. M. de. **Estudo de caso comparativo**: estonagem com enzima celulósica ou ataque éko, métodos distintos dentro da lavanderia têxtil, como influenciam na qualidade do denim ou do jeans fisicamente. 2019. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil) - Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana - SP, 2019.

CARDOSO, Patrícia M. **Avaliação da gestão e do gerenciamento dos resíduos sólidos têxteis numa fiação na cidade de Maringá – Paraná**. Dissertação, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, 2012.

CATOIRA, L. **Moda Jeans**: fantasia estética sem preconceito. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2009. 132 p.

COSTA, A. F. de S. et al. **Jeans beneficiado, possibilita valor agregado às confecções no Agreste Pernambuco**. Centro Acadêmico de Agreste. Universidade Federal de Pernambuco. 2009.

CRUZ, H. I. S. S. **Sustentabilidade na Moda**: Estudo da Interface entre os Resíduos Limpos da Indústria Têxtil e Vestuário e as Indústrias Criativas. 2017. 58 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Minho Escola de Engenharia, Minho, 2017.

DAVID, Vivian. **O que é stone wash e acid wash**. Disponível em: <<http://guiajeanswear.com.br/noticias/o-que-e-stone-wash-e-acid-wash/>> Publicado em 08 de agosto de 2018. Acesso em 25 abr. 2022.

DIAS, I. M.; ALVARENGA, C. B. C. S.; SALES, R. B. C. **Denim resíduo sólido da indústria têxtil brasileira**: ações sustentáveis sob o olhar do design. Internacional de Design. Edição 2017, p. 2-13, 2017.

FERNANDES, A. K. de S. **Reúso de água no processamento de jeans na indústria têxtil**. 2010. 99 p. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

FIGUEIREDO, G. C. **Calça jeans - Produtividade e Possibilidades Sustentáveis**. Projética. 2010. 128-145 p. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2010.

FUJITA, R. M. L.; JORENTE, M. J. A indústria têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **Revista Moda Palavra e-Periódico**, 2015. 153-174 p. v. 8.

GORINI, A. P. F. **O segmento de índigo**. 10. ed. Rio de Janeiro: BNDES setorial, 1999. 313-334 p.

IEMI – Instituto de Estudos e Marketing Industrial – Inteligência de mercado. 03 ago. 2021. Disponível em: <https://www.iemi.com.br/o-jeans-segundo-os-brasileiros/>. Acesso em: 25 abr. 2022.

IMMICH, A. P. S. **Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de Azadirachta indica como adsorvente**. 2006. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

KOHAN, L.; ARAÚJO, M. de C. **Processos enzimáticos na indústria têxtil**: uma alternativa com menor impacto ambiental. Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2007.

LALNUNHLIMI, S.; KRISHNASWAMY, V. Decolorization of azo dyes (Direct Blue 151 and Direct Red 31) by moderately alkaliphilic bacterial consortium. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 39-46, 2016.

LIMA, M.G.S.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; ABREU, C.M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.54-61, 2005.

LIMA, F.; FERREIRA, P. **Índigo**: tecnologias, processos, tingimento, acabamento. 2007.

LOPES, L. F. D. **Apostila estatística**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2003.

MACÊDO, J. da S. **Estudo de processo sustentável, utilizando ozônio, no beneficiamento de peças confeccionadas com jeans, para atender às tendências de moda**. 2016. Monografia (Bacharelado em design) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2016.

MAGELA, G. **Lavanderia e Tinturaria: Índigos e Brins**. São Paulo: Getex, 42 p. 2012.

MARROQUES, J. C. **Aplicação de enzimas na indústria têxtil**. 2020. 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2020.

MIOSSO, G. V. **Moda sustentável versus lavanderia de jeans**. Monografia (Especialista em Moda, Cultura de Moda e Arte) - Universidade Federal de Juiz de Fora - Instituto de Artes e Design, Juiz de Fora, 39 p. 2013.

MONTEIRO, V. N.; SILVA, R. do N. Aplicações Industriais da Biotecnologia Enzimática. **Revista Processos Químicos**, p. 18-19, 2009.

MOREIRA, C. Enzima. **Revista Ciência Elementar**, v. 3, p. 162, 2015.

OLIVEIRA, G. J. **Jeans, a alquimia da moda**. Naípe Design 2008.

OLIVEIRA, R.G de. **Caracterização das águas e efluentes em lavanderias de jeans no agreste pernambucano**. Dissertação (Pós graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, p. 88, Recife, 2008.

PANISSON, L. **Estrutura têxteis: teares e ligamentos**. Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio. São Paulo, 2016.

PEREIRA, G. de S. **Introdução à tecnologia têxtil**. Araranguá: Centro Federal De Educação Tecnológica de Santa Catarina, 2016. 101 p.

PEREIRA, G. de S. **Materiais e processos têxteis**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Araranguá, Santa Catarina, 2009.

PEZZOLO, D. B. **Tecidos: história, trama, tipos e usos**. 3.ed. São Paulo: SENAC, 2007.

REIS, J. C. L. dos. Jeans e sustentabilidade: caminhos possíveis por meio do upcycling. Instituto Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2020, p. 19.

Resolução **CONAMA Nº1. Artigo 1º, 23 jan. 1986**.

RIBEIRO, V. A dos S. **Lavanderia industrial: processo de beneficiamento do jeans e de peças prontas para tingir.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2015.

ROBLES, A. A. **Estudo sobre aplicação de permanganato de potássio e hipoclorito de sódio em denim com elastano.** 2017. 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil) - Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana - SP, 2017.

Seminário de Iniciação Científica, 26., 2016, Florianópolis. **Anais [...].** Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016. Tema: O mapeamento da cadeia de valor do segmento jeanswear na indústria brasileira. Estudo de caso – A calça jeans.

SANTANA, C. M. **Estudo da degradação de corante têxtil em matrizes aquosas por meio dos processos oxidativos avançados O<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV e Foto-Fenton.** 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SANTOS, A. P. L.; FERNANDES, D. S. **Análise do impacto ambiental gerados no ciclo de vida de um tecido de malha.** Florianópolis. v. 4, n. 7, p. 1-17, 2012.

SANTOS, S. **Impacto ambiental causado pela indústria têxtil.** PPGEP - Centro Tecnológico, UFSC - Engenharia de Produção e Sistemas, Trindade, Florianópolis, Santa Catarina, p. 8. 2012.

SILVA, C. A. da. **Estudo comparativo entre a purga convencional e a purga enzimática.** 2019. 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Têxtil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2019.

SILVA, M. E. S. **Poluição dos efluentes no beneficiamento do tecido jeans.** 2009. Monografia (Mestrado em gestão ambiental) - Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2009.

SOUZA, B. G. **Análise dos aspectos físicos em peças confeccionadas em denim e submetidas a processos de estonagem.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Têxtil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana - PR. p. 53, 2018.

CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 6., 2015, Porto Alegre. **Anais [...].** Tema: Indústria têxtil: sustentabilidade, impactos e minimização. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, p. 1-5, 23 nov. 2015.

TORRES, B. B. Elementos de Enzimologia. **Biotecnologia Industrial.** São Paulo. 2001. p. 151-176.

URBAN FLOWERS – **Sustentabilidade.** 05 jul. 2019. Disponível em: <https://blog.urbanflowers.com.br/impacto-do-jeans/>. Acesso em: 25 abr. 2022.

VAZ, L. T. E.; FREITAS, P. A. de M. **Estudo qualitativo da adsorção do índigo blue (2,2' -bis (2,3-diidro-3-oxoindolilideno)) em resinas poliméricas.** Instituto Mauá de Tecnologia, p. 10, 28 jan. 2014.

VICUNHA TÊXTIL. **Pegada hídrica Vicunha**. São Paulo: Movimento ECOERA, 21 maio 2019. Disponível em: <https://www.vipreview.com.br/noticias/pegada-hidrica-vicunha-conheca-os-resultados.htm#>. Acesso em: 21 maio 2022.

VUOREMA, A. **Reduction and analysis methods of indigo**. Turun Yliopiston Julkaisu Annales Universitatis Turkuensis. Turun Yliopisto, p. 72, 2008.