

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**DANIELE CARDOSO DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO TRATAMENTO ENZIMÁTICO DE  
BIOPOLIMENTO EM TECIDOS DENIM**

**APUCARANA  
2021**

**DANIELE CARDOSO DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO TRATAMENTO ENZIMÁTICO DE  
BIOPOLIMENTO DE TECIDO DENIM**

**Evaluation of the effectiveness of enzymatic bio-polishing treatment on denim  
fabrics**

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

Orientadora: Fabia Regina Gomes Ribeiro.

Coorientador: Gilson dos Santos Croscato.

**APUCARANA**

**2021**



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

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

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:**

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO TRATAMENTO ENZIMÁTICO DE BIPOLIMENTO DE TECIDO DENIM**

Por

DANIELE CARDOSO DA SILVA

Monografia apresentada às 16 horas do dia 16 de agosto de 2021, como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana. A candidata 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) FABIA REGINA GOMES RIBEIRO – ORIENTADOR(A)

---

PROFESSOR (A) PATRICIA MELLERO MACHADO CARDOSO – EXAMINADOR(A)

---

PROFESSOR(A) FLÁVIO AVANCI DE SOUZA – EXAMINADOR(A)

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

“O sucesso é a soma de pequenos  
esforços repetidos dia após dia.”  
(COLLIER, 1926, p. 46)

## RESUMO

A crescente demanda dos consumidores e das confecções que procuram tecidos com alta performance, tem impulsionado o desenvolvimento de acabamentos na área têxtil. Os estudos voltados aos diversos tipos de acabamento e fibras utilizadas nos tecidos garantem uma maior qualidade. O acabamento de biopolimento é um exemplo de acabamento, ou seja, o processo de biopolimento permite melhora das propriedades do artigo, garantindo maior durabilidade ao produto. Neste trabalho foi realizada a aplicação do acabamento de biopolimento em tecidos denim. O processo de aplicação, foi realizado em temperatura de 60°C, durante 45 min, com relação 1:7 (massa de tecido: volume da solução) em um processo *all-in*, com concentração do produto de 0,7% e 1,5% sobre a massa do tecido. A fim de verificar a eficácia do acabamento enzimático de biopolimento, foram comparados a aplicação do produto em tecidos denim com composições: T1-Tecido 1 (100% algodão); T2-Tecido 2 (98% algodão 2% elastano) e T3-Tecido 3 (67% algodão 30% poliéster 3% elastano). Ao final dos experimentos, pode-se observar melhorias nos parâmetros de alongamento das amostras compostas por elastano.

Palavras-chave: Qualidade; Tecidos; Denim; Biopolimento; Acabamento têxtil.

## ABSTRACT

The growing demand from consumers and clothing manufacturers looking for high-performance fabrics has driven the development of finishes in the textile area. Studies aimed at the various types of finishing and fibers used in fabrics ensure higher quality. The biopolishing finish is an example of finishing, that is, the biopolishing process improves the properties of the article, ensuring greater durability to the product. In this work, the application of the biopolishing finish on denim fabrics was performed. The application process was carried out at a temperature of 60°C, for 45 min, with a 1:7 ratio (fabric mass: solution volume) in an all-in process, with product concentration of 0.7% and 1.5% on the tissue mass. In order to verify the effectiveness of the enzymatic biopolishing finish, the application of the product on denim fabrics with compositions: T1-Fabric 1 (full cotton); T2-Fabric 2 (98% cotton 2% elastane) and T3-Fabric 3 (67% cotton 30% polyester 3% elastane). At the end of the experiments, improvements in the elongation parameters of the samples composed of spandex can be observed.

Keywords: Quality; Fabrics; Jeans; Biopolishing; Textile finishing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Desgaste do tecido. ....	14
Figura 2 - Estrutura das atividades da cadeia produtiva têxtil.....	17
Figura 3 – Tecido Denim.....	18
Figura 4 - Estruturas dos tecidos plano, de malha e não-tecido, respectivamente .....	18
Figura 5 - Diagrama da sarja .....	19
Figura 6 - Superfície de tecido com <i>pilling</i> .....	23
Figura 7 - Processo de formação do <i>pilling</i> no tecido .....	24
Figura 8 - Ligamento em sarja 2x1.....	27
Figura 9 Amostras dos tecidos T1, T2 e T3.....	33
Figura 10 - Amostra T2 com aplicação de 1,5%.....	34
Figura 11 - Tecidos T1, T2 e T3 antes e após o teste de <i>pilling</i> .....	34
Figura 12 - Amostras T1, T2 e T3 com concentração de 1,5% de acabamento após o teste. ....	35

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 - Teste realizado no sentido da trama sem acabamento .....</b>	<b>36</b>
<b>Gráfico 2 - Teste realizado no sentido do urdume sem acabamento .....</b>	<b>37</b>
<b>Gráfico 3 - Teste realizado no sentido da trama com 0,7% de acabamento .....</b>	<b>37</b>
<b>Gráfico 4 - Teste realizado no sentido do urdume com 0,7% de acabamento ...</b>	<b>38</b>
<b>Gráfico 5 - Teste realizado no sentido da trama com 1,5% de acabamento .....</b>	<b>39</b>
<b>Gráfico 6 - Teste realizado no sentido do urdume com 1,5% de acabamento ...</b>	<b>39</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Propriedades Físicas e Químicas do acabamento .....</b>	<b>29</b>
<b>Quadro 2 - Propriedades do tecido.....</b>	<b>33</b>

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Resultados dos testes .....	35
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Objetivo geral .....	16
1.2.1 Objetivos específicos.....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1 Indústria têxtil e o tecido denim.....	17
2.2 Fibras.....	20
2.3 Processo de formação de <i>pilling</i> .....	22
2.3.1 Fases do <i>pilling</i> .....	23
2.4 Acabamento biopolimento .....	25
2.5 Resistência à tração e alongamento.....	26
2.6 Testes e equipamentos.....	26
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
3.1 Materiais.....	29
3.2 Procedimentos experimentais .....	29
3.2.1 Gramatura .....	30
3.2.2 Densidade .....	30
3.2.3 Padronagem.....	30
3.2.4 Largura .....	31
3.2.5 Aplicação do acabamento .....	31
3.2.6 Determinação da formação do <i>pilling</i> .....	31
3.2.7 Determinação da resistência à tração e alongamento .....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>33</b>
4.1 Caracterização do tecido .....	33
4.2 Formação de <i>pilling</i> .....	34
4.3 Análise da resistência à tração e alongamento - dinamômetro .....	36
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>40</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a indústria têxtil necessitou estar em constante evolução, e um dos motivos vem sendo o crescimento da qualidade dos artigos têxteis, gerado por fortes exigências dos consumidores. Desta forma, a aplicação de acabamentos têxteis vem sendo uma das alternativas para atender o mercado e agregar qualidade ao produto, possibilitando maior durabilidade do artigo (VENTURA; CARNEIRO; SOUTO, 2011).

Em virtude da alta demanda em utilizar artigos têxteis com boas propriedades, os consumidores encontram-se cada vez mais exigentes ao escolher um vestuário, desta maneira, muitas empresas investem na qualidade do produto como um dos requisitos cruciais para se manter no mercado (GURGEL, 2010).

As fibras têxteis são essenciais para nortear os processos da cadeia produtiva têxtil. A utilização por exemplo da fibra de algodão é destaque entre as fibras naturais, um dos motivos é pela sua propriedade de gerar maior conforto aos consumidores (KUASNE, 2008). A fibra de poliéster também tem destaque em relação às fibras sintéticas, seu uso proporciona ótima estabilidade ao produto além de ser uma fibra resistente à ruptura e ao desgaste (STREICH e PICCOLI, 2013).

As produções de tecidos existentes estão entre tecidos planos, tecidos de malha e não tecidos (PEZZOLO, 2019). O tecido denim é um tecido plano com ligamento em sarja, ou seja, a formação do tecido ocorre entre o entrelaçamento dos fios de urdume e de trama gerando um ligamento diagonal no tecido, propiciando maior resistência ao artigo (ONO; NAGURA; SEKI, 2005). Um dos processos posteriores da formação do tecido, é o setor de beneficiamento, tingimento e acabamento, fornecendo melhores qualidades ao produto final (TWARDOKUS, 2004).

A aplicação do acabamento têxtil possui tecnologias que geram melhorias, um exemplo disso é o biopolimento (PERFETO, 2012), uma composição enzimática capaz de remover microfibrilas de fibra celulósica e melhorar o aspecto superficial do tecido.

Segundo a ISO 12945-1 (2000), o *pilling* é formado a partir do atrito do artigo têxtil com algum agente externo, possibilitando que pequenas fibrilas fiquem soltas na superfície do tecido. Essa aglomeração das fibras torna-se visível nos pontos de atrito mais constantes e varia conforme a intensidade da ação mecânica sobre a fibra (TEXCONTROL, acesso em 09/11/2020). Para os consumidores quando o artigo está no estado de deterioração, como mostra a Figura 1, o produto já não é mais bem visto para uso.

**Figura 1 - Desgaste do tecido**



Fonte: Autoria própria (2021).

Ele contribui na alteração das propriedades do tecido, antes mesmo de gerar a ruptura mecânica. Os fatores que interferem na resistência à tração e alongamento incluem as propriedades das fibras; estrutura do fio e do tecido; tratamentos químicos e/ou mecânicos, realizados durante o processo de tingimento e acabamento (BELTRAN; WANG; WANG, 2007).

Sendo assim, este trabalho apresenta um estudo sobre a aplicação de biopolimento, analisando de que forma o acabamento de biopolimento interfere na resistência e alongamento do tecido e no desgaste em artigos denim com diferentes composições.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Algumas peças de roupas após a primeira lavagem ou até mesmo com pouca utilização do consumidor produzem um aspecto envelhecido. Com o passar do tempo e o aumento do atrito ao tecido, a formação de bolinhas resulta em um aspecto áspero ao produto, ocasionando desgaste do artigo.

Nos artigos de denim esta formação, apresenta um sério problema tanto para as empresas quanto para os consumidores, por salientar uma aparência envelhecida gerada pelo desgaste do produto e na maioria dos casos por afetar a vida útil do artigo fabricado, os defeitos no vestuário e tornam-se um agente desagradável.

O presente trabalho irá realizar um estudo para analisar a eficácia da aplicação do acabamento de composição enzimática de biopolimento para fibra celulósica em denim com diferentes composições, avaliando a formação de desgaste, resistência à tração e alongamento nos tecidos antes e após a aplicação do acabamento.

Para verificar a eficácia do acabamento aplicado no tecido jeans, foram realizados testes para determinar o desgaste na formação de *pilling* pelo aparelho *Pilling Tester* e verificar também a resistência à tração e alongamento dos tecidos pelo dinamômetro, antes e após a aplicação do produto.

Assim, justifica-se a realização deste estudo para análise da qualidade do tecido denim, antes e após a aplicação do produto, avaliando a melhoria que pode ter o tecido nas suas propriedades mecânicas, para posteriormente utilização em vestuário.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo sobre a eficácia da aplicação do acabamento de composição enzimática de biopolimento para fibra celulósica em tecidos denim com três composições diferentes, sendo elas: Tecido 1 (100% algodão); Tecido 2 (98% algodão 2% elastano) e Tecido 3 (67% algodão 30% poliéster 3% elastano), avaliando suas propriedades físicas antes e após a aplicação do acabamento.

### 1.2.1 Objetivos específicos

- Caracterizar os tecidos através de gramatura, largura, densidade, padronagem;
- Aplicar o acabamento de composição enzimática para biopolimento de fibra celulósica nos artigos denim.
- Realizar testes no *Pilling Tester* antes e após a aplicação do acabamento, conforme as normas específicas;
- Realizar a análise de resistência à tração e alongamento dos tecidos antes e após a aplicação do acabamento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

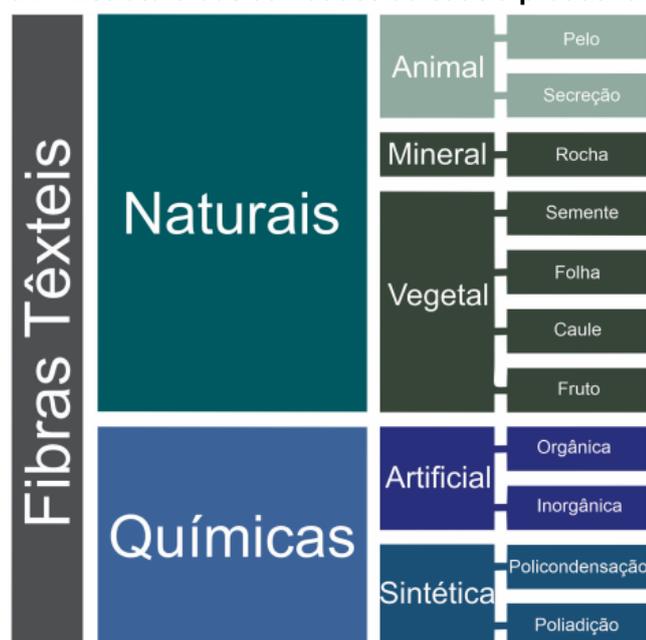
O referencial teórico deste trabalho está subdividido em 6 partes. Primeiramente descreve-se a cadeia produtiva têxtil e as características do tecido denim. A segunda parte descreve sobre as fibras do segmento *jeanswear* e suas propriedades. O terceiro tópico relata sobre a formação de *pilling*. A quarta parte refere-se ao tratamento de biopolimento. O quinto tópico retrata sobre a resistência de tração e alongamento e a sexta parte descreve quais os testes e equipamentos serão utilizados para a pesquisa.

### 2.1 INDÚSTRIA TÊXTIL E O TECIDO DENIM

Segundo a Associação Brasileira de Indústria Têxtil e de Confecção - ABIT (2019), em 2018 foram produzidas aproximadamente 8,9 bilhões de peças entre vestuários, cama, mesa e banho, o setor também foi o segundo que mais empregou funcionários, perdendo apenas para a indústria de alimentos. Os brasileiros estão em quarto lugar entre os consumidores do mundo que mais produzem e usam artigos denim.

Para produzir os artigos a indústria têxtil possui várias etapas de atividade do setor, que podem ser melhor analisadas na Figura 2.

Figura 2 - Estrutura das atividades da cadeia produtiva têxtil



Fonte: Miúra e Munoz, 2015.

No caso do tecido denim (Figura 3), as principais fibras utilizadas são: o algodão, o poliéster e as fibras elastoméricas (BEM *et al.*, 2019). Após a fiação a produção do tecido ocorre na tecelagem, em seguida o artigo é encaminhado para o beneficiamento, onde ocorre a melhoria do tecido, após o beneficiamento primário e secundário aplica-se o acabamento, consecutivamente é confeccionado e está pronto para a expedição (BNDES, 2020).

**Figura 3 – Tecido Denim**

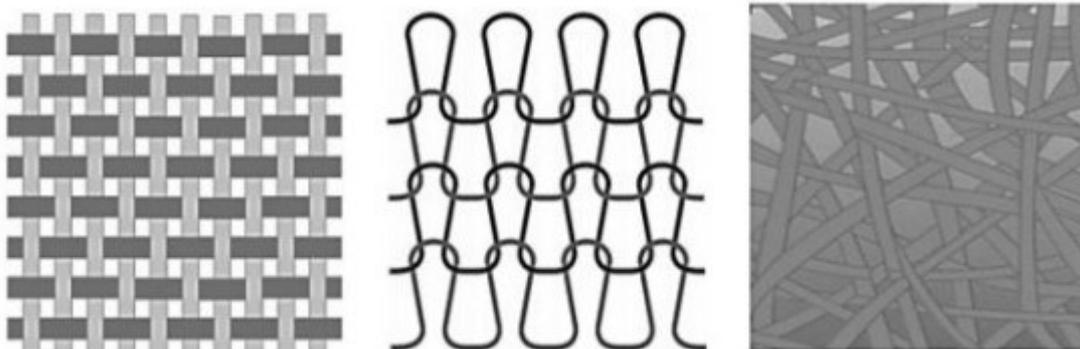


Fonte: Duarte, 2014.

A palavra denim se originou na França onde começou a ser fabricada, vinda da expressão “*serje* de Nimes” em referência à cidade do sul do país, Nimes. O tecido denim é um tecido plano com entrelaçamento diagonal com fios de algodão, no qual os fios de urdume são tingidos com corante índigo, que se refere a um corante azul produzido por plantas do tipo *Indigofera tinctoria* (MERLE e FERMAM, 2019).

Os tecidos são estruturas formadas por fibras têxteis, vistas na Figura 4. São divididas em grupos chamados tecido plano, tecido de malha e não-tecidos (GROSBERG, 1966).

**Figura 4 - Estruturas dos tecidos plano, de malha e não-tecido, respectivamente**

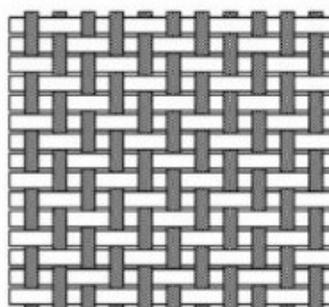


Fonte: Mohd, 2018.

Segundo a NBR 14634:2000, o tecido denim é um tecido plano, entrelaçado entre os fios de urdume tintos em corante índigo e em trama branca, com ligamento em sarja, devido à variação do entrelaçamento dos fios de urdume e de trama, torna-se possível produzir diferentes tipos de estruturas que possuem efeitos nas propriedades mecânicas e físicas dos artigos (JAHAN, 2017). A gramatura de um tecido denim varia entre 136 e 270 g/m<sup>2</sup>, os títulos são variados, indicando um tecido superficialmente leve, médio ou pesado (ALBUQUERQUE, 2011).

Os ligamentos em sarja, conforme a Figura 5, são geralmente utilizados em roupas profissionais, como calças e macacões, por apresentar maior resistência e conforto durante o uso (MERLE e FERMAM, 2019). Segundo Pessoa (2012), o denim possui características marcantes em seus artigos, formado pela sua principal composição a fibra de algodão, o produto possui maior resistência e melhor conforto. Os tecidos denim compostos por elastano auxiliam no melhor caimento do produto (OÑA CODENA, 2008).

**Figura 5 - Diagrama da sarja**



Fonte: Pessoa, 2012.

O tecido de sarja possui características indicadas para diversas aplicações, segundo Mohd (2018) as propriedades dos artigos de estrutura plana são delineadas conforme suas propriedades mecânicas. As propriedades físicas referem-se a testes externos enquanto as propriedades mecânicas caracterizam-se em como o artigo reage sobre forças físicas, como por exemplo, alongamento e força (DOUSTANEH; MAHMOUDIAN; JAHANDIR, 2013). A sarja possui características mecânicas como alta durabilidade e estabilidade dimensional, além de conforto e resiliência (MARMARALI *et al.*, 2017).

## 2.2 FIBRAS

As fibras têxteis são caracterizadas pela sua flexibilidade, finura e comprimento. As mesmas são classificadas em dois principais grupos, as fibras naturais e químicas (HOUCK, 2009). Alguns exemplos de fibras naturais são: algodão, seda e lã (MOHANTY; MISRA; DRZAL, 2005).

As fibras consolidadas quimicamente são formadas por processos industriais, a subdivisão dessas fibras são, as artificiais e sintéticas. A fibra artificial, possui em sua composição misturas naturais que auxiliam na formação da fibra, como um exemplo desse tipo de fibra tem-se a viscose. Já as fibras sintéticas possuem em predominância produtos químicos em sua composição, alguns exemplos de fibras químicas são: poliéster, fibras elastoméricas, acrílico e poliamida (AGUIAR NETO, 1996). Desta forma, a seleção da fibra aplicada para cada produto produzido é extremamente importante, pois cada segmento de artigo têxtil tem um objetivo a ser atendido.

O algodão é composto quimicamente por cerca de 95% de celulose e 5% de impurezas não celulósicas, sendo elas proteínas, aminoácidos, ceras, açúcares e uma pequena quantidade de pigmentos (LEWIN, 2007). A fibra de algodão possui uma estrutura morfológica de camadas múltiplas que se diferem quimicamente e estruturalmente. As camadas da fibra são divididas em cutícula, parede primária, parede secundária e lúmen (MOJSOV, 2012).

A camada mais externa da fibra é a cutícula, constituída por componentes não celulósicos como ceras, gorduras, proteínas e pectinas (FURLAN, 2008), esses componentes apresentam caráter hidrofóbico do algodão cru, propriedade que impede um tingimento uniforme da fibra (LIN e HSIEH, 2001). A parede primária é responsável por preservar a integridade da fibra e por boa parte da propriedade de resistência à tração e alongamento, pelo fato de apresentar um conjunto de 8 fibrilas de celulose. Já a parede secundária é constituída basicamente por celulose. O lúmen é o canal central da fibra (SILVA, 2006).

Por razões socioambientais a indústria têxtil começou a mesclar as fibras naturais, artificiais e químicas na composição dos artigos (FERNANDES e CARIO, 2011). As fibras químicas foram crescendo entre os consumidores, sendo

necessário analisar e melhorar as propriedades das fibras para chegarem perto das características das fibras naturais. Na proporção que essas fibras foram se otimizando suas aplicações foram tornando-se necessidade de uso, visto que a população mundial passou a necessitar de mais vestuários que tivessem rapidez e baixo custo em sua confecção, coincidindo com a redução da vulnerabilidade da indústria têxtil sob as plantações agrícolas (MESACASA, 2012).

Segundo Salem 2010, a fibra de poliéster se trata de uma fibra química, produto de uma reação entre a policondensação do ácido tereftálico com etilenoglicol. Representando mais de 50% de uso da demanda total das fibras químicas e podendo ser utilizado em conjunto com outros tipos de fibra, o poliéster tornou-se a fibra de maior consumo no setor. Com características de uma das fibras de menor custo e com elevada resistência à tração, ela também se caracteriza com baixo encolhimento, secagem rápida e elevada resiliência (SILVA, 2012).

As fibras elastoméricas texturizadas são um outro tipo de fibra sintética que conquistou espaço na produção de tecido denim, a fibra proporciona elasticidade ao tecido, permitindo um ótimo caimento do artigo, aderindo-se bem ao corpo. O elastano, possui elevada elasticidade, podendo alcançar até cinco vezes seu tamanho normal sem se romper, seu emprego em artigos têxteis faz-se conciliado em proporções variadas de até 20% com outro tipo de fibra (ROMANI, 2016).

A texturização de fios é definida como um processo que melhora as propriedades dos fios contínuos, sintéticos ou artificiais, por meio de alongamentos e/ou frisagens, ou seja, aumentando o volume ou a elasticidade da fibra por meio da termoplasticidade da sua matéria-prima (LADCHUMANANANDASIVAM *et al.*, 2002). Os fios quando texturizados, segundo Aquino (2008), apresentam vantagens na melhora do isolamento térmico, elasticidade, maior volume da fibra gerando um tecido mais leve.

Com o passar dos anos os problemas ambientais foram aumentando, um dos motivos para tal ação é causado pelo alto volume de material plástico projetado para o meio ambiente (MESACASA, 2012). Como resposta os produtores começaram a produzir fios e fibras a partir da garrafa PET (politereftalato de etileno) reciclada. Conforme a melhoria do desenvolvimento de tecidos com apelos ecológicos, os

produtos de denim encontraram uma outra forma de compor seus artigos, por meio de uma fibra composta por PET e algodão reciclado (SOUSA, 2014).

Em busca da minimização de impactos ambientais gerados pelas fibras de algodão e politereftalato de etileno (CO/PET) convencional na produção de tecido denim, a indústria têxtil tem apresentado fibras recicladas. O jeans reciclado trata-se de fibras de algodão desfibrado reciclado e previamente tingido, juntamente a fibras de poliéster reciclado de garrafas. Elas se misturam formando um único fio, utilizado no sentido da trama assim como no urdume (FLETCHER, 2008).

A relação entre os artigos convencionais e reciclados está sujeita em relação aos consumidores a adaptação de uso, durabilidade da matéria-prima e critérios ecológicos e de qualidade que guiam as propriedades desses artigos. Sendo assim, esses tipos de tecidos denim, são comparados principalmente quanto à sua durabilidade (LAITALA, 2012).

Segundo um estudo feito por Duarte (2014), o tecido composto por CO/PET convencional demonstra maior conforto tátil e estético, tornando-se o preferido do ponto de vista dos consumidores. Constatou-se também que o tecido composto por CO/PET reciclado comporta uma menor amplitude quanto às ações de lavar, passar e secar comparado com o tecido convencional. De modo geral, posto que o jeans reciclado esteja associado a redução do impacto ambiental nas suas fases de produção, o mesmo possui menor durabilidade e conforto em relação ao tecido jeans convencional.

### 2.3 PROCESSO DE FORMAÇÃO DE *PILLING*

A formação de *pilling* ocorre por fatores como tipo de fibra, composições e tratamentos de acabamentos (EL-DESSOUKI, 2010). Por meio de ações de fricção o tecido desenvolve ruptura nas fibras, formando pequenos feixes esféricos na superfície do tecido.

Segundo a produtora de máquina de testes têxtil - Testex (2017), a formação possui fibrilas em formato de semiesferas, conforme mostra a Figura 6, emaranhadas à superfície do tecido, resultando em um toque áspero e aspecto envelhecido do tecido.

**Figura 6 - Superfície de tecido com *pilling***



Fonte: Duarte, 2014.

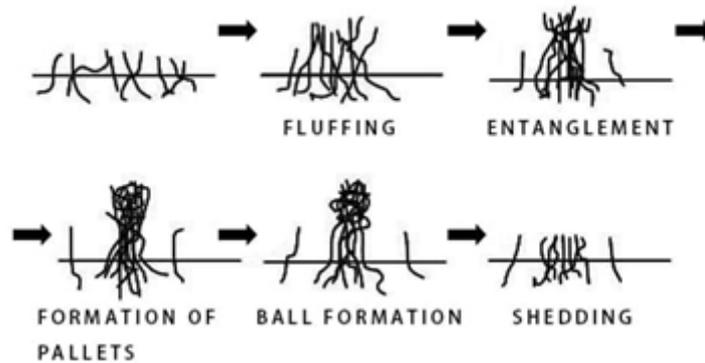
Quando as fibras se desprendem elas impulsionam suas fibrilas para a superfície do artigo, provocando um desgaste à abrasão e resultando em flocos na superfície do tecido. Vale ressaltar que visto a olho nu, são fibras que não se romperam, e sim, foram projetadas com o alongamento e afrouxamento do tecido para superfície (BUSILIENÉ; LEKECKAS; URBELIS, 2011).

### 2.3.1 Fases do *pilling*

Geralmente possui alguns estágios para a sua formação, sendo eles, o desenvolvimento de penugem, o emaranhamento, crescimento e desgaste da fibra. Primeiramente, por meio da abrasão realizada na superfície do tecido ocorre a formação de penugens, resultado do processo de escovagem entre as fibras e as restantes fibrilas que se romperam. Após essa etapa, ocorre a formação de emaranhado que se inicia pela formação de um corpo estranho, o desgaste contínuo puxa-se para fora da estrutura do fio envolvendo no corpo do *pilling*. Logo depois a fibra fica totalmente desgastada resultando na combinação dos fatores em si (MASUDUR, 2018).

Segundo ZHANG *et al* (2007), a formação é descrita em etapas, conforme a Figura 7.

**Figura 7 - Processo de formação do *pilling* no tecido**



Fonte: Testex, 2017.

#### *Fluffing* - Fase de desgaste

Essa é uma das fases iniciais do processo, o *fluffing* é formado quando recebe um atrito muito maior do que a resistência que o tecido aguenta. Nesse estado as fibras são tracionadas, formando laçadas e penugens na superfície, os flocos são formados na direção do comprimento do tecido e geram falta de brilho da superfície.

#### *Entanglement* - Fase de entrelaçamento

Conforme o tecido atinge um determinado comprimento, ele fica exposto a ações como fricção e atrito, isso gera o emaranhamento com as fibras que não se romperam.

#### *Formation of pallets/ball formation* - Fase de formação

Os emaranhados das fibras formam esferas que são consolidadas na superfície do tecido. Estes aglomeram sujidade à superfície do artigo. Segundo Zhang *et al.* (2007), o acúmulo na superfície afeta no formato do *pilling* devido ao aumento de atrito.

#### *Shedding* - Fase de propagação

A fase final desse processo se dá pelo aumento do *pilling* no tecido. Acontece quando o tecido conectado à matéria continua esticando, levando a um rompimento por fadiga. O *pilling* eventualmente cai da superfície do tecido. A aparência dos

tecidos pode enganar, levando os consumidores a acreditarem que o problema foi solucionado.

O *pilling* no tecido ocorre na parte do vestuário que mais recebe abrasão, como os colarinhos, punhos e coxas (CHEN e HUANG, 2004). Desta maneira, esse processo ocasiona o envelhecimento no artigo e deixa o mesmo com perspectivas indesejadas de uso.

#### 2.4 ACABAMENTO BIOPOLIMENTO

Processos associados às melhorias dos artigos têxteis enobrecem os tecidos e são realizadas geralmente na fase do tecido pronto, de acordo com Sabrá (2014), esse enobrecimento ocorre na fase de acabamento do denim feitas no acabamento primário, secundário e terciário (acabamento), transformando o produto em um artigo mais atrativo para o usuário final. As propriedades melhoradas no tecido geram um melhor aspecto do caimento, resiliência, resistência e durabilidade do tecido (LADCHUMANANANDASIVAM *et al.*, 2002).

O acabamento de biopolimento trata-se de uma resina química que previne a elevação de fibras na superfície do tecido e reduz a resistência à tração das fibras sintéticas, que apresentam maior resistência e flexibilidade (TEXSITE, 2008).

Existe os acabamentos que atuam na ligação das fibras à superfície do tecido (SCHINDLER e HAUSER, 2004); os acabamentos *durable press* que utilizam agentes que possibilitam gerar ligações cruzadas entre as cadeias de celulose de tecidos 100% algodão, promovendo redução da força das fibras o suficiente reduzir a formação de *pilling* (AMERI; BUSCHMANN; GUTMANN, 2013; SCHINDLER e HAUSER, 2004) e os acabamentos enzimáticos, denominado *biopolishing*, são aplicados por celulasas em qualquer fase do processo estando molhado, através da hidrólise das fibras celulósicas soltas dos fios (ESFANDIARI; FIROUZI; AGHAEI , 2014).

A remoção de fibras soltas envolve os métodos de queima ou tratamento químico, porém essas técnicas possuem duração momentânea no produto, gerando o problema no artigo novamente, além de serem potencialmente tóxicos. A utilização

das enzimas no processo de acabamento anti-*pilling* já oferece remoção permanente das fibras (ESFANDIARI; FIROUZI; AGHAEL, 2014).

## 2.5 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E ALONGAMENTO

A resistência à tração das fibras têxteis é determinada por meio das suas características mecânicas, que são propriedades de: tração, flexão, rigidez, impacto e comportamento de desgaste. Esses padrões são elementos cruciais para determinar a capacidade do material têxtil. A resistência à tração envolve a tensão máxima que o artigo pode ser mantido sem realizar fratura; a deformação à ruptura abrange um teste de curvatura ou flexão; o módulo de elasticidade indica a rigidez de um material quando o mesmo se mantém tensionado, relacionado ao limite elástico, da tensão aplicada em uma amostra de ensaio à tração (CALLISTER, 2007).

Para descobrir essas características no tecido é indicado realizar o teste de tração, onde é testado as propriedades de alongamento e força máxima do artigo. Conforme cada estrutura e composição de tecido existe um ponto máximo de resistência à tração (MENEZES, 2018).

A resistência à tração é determinada pelo equipamento denominado dinamômetro, aparelho que registra a força que uma amostra suporta até sua ruptura. Durante o teste, a estrutura do tecido sofre deformação e ocorre à ruptura, registrando assim a força máxima do rompimento para aquele artigo (COSTA, 2013).

## 2.6 TESTES E EQUIPAMENTOS

Os testes realizados no setor de controle de qualidade para identificar quais os tipos de materiais têxteis trabalhados nos tecidos são diversos (CASTANHARO e MORITA, 2014). Segundo a ABNT NBR 14634:2000, é importante detectar e especificar quais fibras há em um tecido denim por testes que identificam qualidades dos tecidos com gramatura, densidade, padronagem, largura, composição, resistência a tração e alongamento do artigo.

A gramatura é testada pela NBR 10591:2008 e definida por Barbosa e Mendes (2014) como o peso em gramas por metro quadrado de um tecido, essa

característica influencia diretamente no rendimento do tecido. A variação da gramatura de um tecido denim varia entre 170 a 240 g/m<sup>2</sup> para tecidos leves e acima de 410 g/m<sup>2</sup> para tecidos pesados. Por meio desta análise é possível facilitar posteriores processos como o da confecção.

Para identificar a largura do tecido plano o teste é realizado por meio da distância entre as bordas do tecido (NBR 10589:2006). Largura e comprimento são fatores importantes para conseguir uma previsão das perdas de tecido durante o corte, influenciando diretamente no custo (AUDACES, acesso em 11/11/2020).

A densidade de um tecido plano é apresentada pela ABNT NBR 10588:2015, a norma identifica o número total de urdume e trama em uma determinada área. Ela é utilizada para determinar o fator de cobertura do tecido, ou seja, quanto maior a densidade dos fios maior o fator de cobertura do tecido (SANCHES, 2006).

A padronagem do denim é denominada ligamento em sarja, ela é determinada pelo tipo de entrelaçamento do fio, conforme informa a ABNT NBR 12996:1993. No tecido plano de sarja, as fileiras são dispostas comumente há ângulos de 45° (NEVES, 2004). Essa ligação em diagonal é demonstrada na Figura 8, produzida entre o entrelaçamento dos fios crus de trama e tinto do urdume, por meio do corante índigo, proporcionando uma coloração azulada ao tecido (REIS, 2017).

**Figura 8 - Ligamento em sarja 2x1**



Fonte: Autoria própria (2021).

A composição de fibras usadas em tecidos denim segundo estudo feito por Reis 2017, está em frequente mudança com o objetivo de melhorar a qualidade e agilizar a produção do tecido. A fibra de algodão é a matéria-prima essencial para a produção do tecido denim (FIGUEIREDO e CAVALCANTE, 2010). O artigo pode ser

produzido com 100% de fibra de algodão ou introduzir porcentagens de fibras químicas como o poliéster e elastano, que combinado com as fibras de algodão oferecem elasticidade e conforto aos produtos denim, possibilitando uma maior mobilidade, sensação de bem-estar e conforto ao usuário final (TEXTÍLIA, 2015).

Por meio da aplicação do acabamento o artigo é melhorado em suas características físico-químicas, tornando-se mais atrativo para os consumidores. Ao aplicar o acabamento a substância entra em contato com o tecido reagindo com as fibras, modificando assim sua estrutura química e otimizando o aspecto do produto. Ao realizar o processo de biopolimento as fibrilas superficiais do artigo são reduzidas proporcionando maior brilho e alisamento do tecido (MWO TÊXTIL, acesso em 11/10/2020).

O aparelho *pilling tester* permite determinar por meio de teste qual a resistência do artigo ao sofrer a formação do *pilling*. Com a ação de fricção do aparelho origina-se no corpo-de-prova um desgaste, que pode ocorrer durante a prática da lavagem, durante o uso ou na limpeza a seco do artigo (ISO 12945-1:2000).

A resistência à tração e alongamento de tecidos planos deve ser determinada pela NBR 14727:2016, utilizando o dinamômetro do tipo CRT. Com o auxílio do equipamento de dinamômetro é possível definir propriedades mecânicas específicas do tecido (BUNSELL, 2009). Após a conclusão do teste é possível gerar um gráfico com uma curva tensão *versus* deformação, sendo possível obter e analisar propriedades como: tensão máxima e de ruptura, rigidez, deformação elástica e plástica, entre outras (ABNT NBR 14727, 2016).

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho possui natureza exploratória por meio de uma pesquisa experimental com finalidade de aplicar um biopolimento, analisando de que forma o acabamento interfere nas propriedades dos tecidos denim com diferentes composições. Os resultados serão avaliados por meio de comparativos entre as amostras que receberam o acabamento e as que não receberam a aplicação do acabamento.

#### 3.1 MATERIAIS

Para proceder os ensaios foram utilizadas amostras em triplicata, em cada sentido do tecido (trama e urdume), sendo elas: T1-Tecido 1 (100% algodão); T2-Tecido 2 (98% algodão 2% elastano) e T3-Tecido 3 (67% algodão 30% poliéster 3% elastano). Utilizou-se um acabamento com composição enzimática para biopolimento da fibra celulósica com propriedades físicas e químicas descritas no Quadro 1.

**Quadro 1 - Propriedades Físicas e Químicas do acabamento**

Propriedade física e química	Descrição
Aspecto físico	Líquido translúcido amarelado
Caráter iônico	Aniônico
Constituição Química	Enzima celulase
Ph	4,0 – 6,0
Solubilidade	Total em água

Fonte: Akmey, 2021.

#### 3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os procedimentos experimentais compreendem a caracterização dos tecidos em estudo, aplicação do acabamento de biopolimento e a realização dos testes referentes à determinação da formação de *pilling* e ensaio no dinamômetro dos tecidos antes e após a aplicação do acabamento.

A caracterização do tecido plano é necessária para a subsequente avaliação dos resultados perante a estrutura do tecido analisado. Desta forma, foi verificado a gramatura, densidade dos fios, padronagem e largura.

### 3.2.1 Gramatura

A gramatura foi analisada conforme a metodologia da ABNT NBR 10591:2008 – Materiais Têxteis – Determinação da gramatura de superfícies têxteis.

Para este ensaio foram preparadas 5 amostras conforme especifica a norma brasileira, ou seja, mede-se a área de 100 cm<sup>2</sup>, retiradas de partes do tecido sem defeitos. Logo após foi realizada a pesagem das amostras, obtendo a média aritmética dos valores. Como a gramatura estava expressa em g/cm<sup>2</sup>, realizou-se a conversão para que ela fosse representada em g/m<sup>2</sup>.

Os equipamentos utilizados foram: cortador circular, tesoura e balança com precisão.

### 3.2.2 Densidade

A densidade foi analisada conforme a metodologia da ABNT NBR 10588:2015 - Tecidos planos - Determinação da densidade de fios.

Para este ensaio foi retirado uma amostra do tecido conforme determina a norma, com o auxílio de lente conta-fios para a contagem do número de tramas por centímetro e do número de urdume por centímetro. O teste foi realizado em triplicata e calculada a média dos valores obtidos para maior precisão dos resultados.

Os equipamentos utilizados foram: lente conta-fios com indicador e estilete ponta fina para auxiliar a contagem do urdume e da trama.

### 3.2.3 Padronagem

Os ligamentos de tecidos planos foram analisados conforme a metodologia da ABNT NBR 12996:1993 - Materiais Têxteis - Determinação dos ligamentos fundamentais de tecidos planos.

Para este ensaio foi necessário preparar o corpo-de-prova com área de 100 cm<sup>2</sup>, desfiar a amostra até formar uma franja de aproximadamente 2 mm e com o auxílio de uma lente conta-fios retirar fio a fio e analisar o caminho formado pelo mesmo no tecido.

Os equipamentos utilizados foram: lente conta-fios com indicador e estilete ponta fina para auxiliar na visualização da padronização do tecido.

#### 3.2.4 Largura

A largura do tecido é definida conforme a metodologia da ABNT NBR 10589:2006 - Materiais Têxteis - Determinação da largura de nãotecido e tecidos planos.

Para este ensaio foi realizada uma adaptação com base na norma, foi coletado um corpo-de-prova de no mínimo 50 cm de comprimento na largura do tecido. Após essa etapa a amostra ficou em repouso em uma superfície plana e horizontal, durante pelo menos 24 horas. Na superfície em que o corpo-de-prova estava não havia tensão, dobras ou vincos. Foi realizada a medição em pelo menos três pontos da amostra com intervalos iguais, inferiores a 10 cm distribuídos ao longo do corpo-de-prova, posteriormente foi calculada a média dos valores obtidos.

Os equipamentos utilizados foram: superfície plana e horizontal e escala com graduação em milímetros.

#### 3.2.5 Aplicação do acabamento

O acabamento foi realizado nas amostras dos tecidos um, dois e três por processo de esgotamento na máquina de caneca (Kimak, AT1-SW), situada no laboratório de tingimento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana. O processo foi realizado em temperatura de 60°C, durante 45 min, com relação 1:7 (massa de tecido: volume da solução) em um processo *all-in*, com concentração de produto de 0,7% e 1,5% sobre a massa do tecido.

#### 3.2.6 Determinação da formação do *pilling*

Este ensaio foi realizado conforme a norma ISO 12945-1 Têxteis - Determinação da propensão do tecido à formação de *pilling* - Parte 1: Método *Pilling Box*.

Para este ensaio foi utilizado o equipamento *Pilling Tester*, situado no laboratório de controle de qualidade da Universidade Tecnológica Federal do

Paraná, campus Apucarana. O aparelho permite determinar resistência ao *pilling* em amostras de tecido seco. O teste consiste em envolver os tecidos em tubos de poliuretano e submetê-los à fricção por tamboreamento contra a parede de uma caixa revestida de cortiça. Após o teste foi realizada uma análise da superfície dos tecidos por comparação fotográfica.

Os materiais utilizados foram: tubos de poliuretano e o aparelho *Pilling Tester*.

### 3.2.7 Determinação da Resistência à tração e alongamento

O ensaio de tração é um experimento mecânico, que consiste na aplicação de carga de tração uniaxial crescente em um corpo de prova específico até sua ruptura. A resistência à tração é um dos aspectos mais importantes para caracterizar a excelência e a performance de um tecido. O ensaio foi realizado em triplicata, em cada sentido do tecido (trama e urdume) e seus resultados apresentados.

Este ensaio foi realizado conforme a metodologia ABNT NBR 14727:2016 - Resistência à tração e alongamento de tecidos planos com o dinamômetro do tipo CRT.

Verificou-se a alteração de resistência à tração e alongamento das amostras quais pelo equipamento de dinamômetro, com taxa de deslocamento constante de 50 mm/min, na direção do urdume e da trama, utilizando a máquina de ensaio universal WDW-300E produzida pela Time-Shijin Group, situada no laboratório de estruturas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana. Cortou-se as amostras em formato de ampulheta, as amostras do tecido T1 e T2 foram cortadas com medidas de 17cm por 3,5cm e as amostras do tecido T3 por apresentar maior porcentagem de elastano cortou-se em tamanho 14cm por 3,5cm. Colocou-se as amostras nas garras e a partir dos dados gerados construiu-se um gráfico de força versus deformação.

Os materiais utilizados foram: tesoura, régua, cronômetro, equipamento de dinamômetro.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme a abordagem exposta pela metodologia os resultados atingidos deste estudo, foram apresentados e discutidos devido caracterização do tecido denim sem o acabamento e também das amostras com acabamento. Consecutivamente, foram avaliados os resultados sobre os ensaios de formação de *pilling* - equipamento *Pilling Tester* e de determinação da resistência à tração e alongamento - equipamento Dinamômetro.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO TECIDO

Os tecidos de denim foram analisados e obtiveram as suas características descritas no Quadro 2 e as imagens dos tecidos podem ser observadas na Figura 9.

**Quadro 2 - Propriedades do tecido**

Amostra	Tecido 1	Tecido 2	Tecido 3
<b>Composição</b>	100% algodão	98% algodão 2% elastano	67% algodão 30% poliéster 3% elastano
<b>Densidade</b>	42 fios/cm (urdume) 37 fios/cm (trama)	36 fios/cm (urdume) 35 fios/cm (trama)	34 fios/cm (urdume) 32 fios/cm (trama)
<b>Gramatura</b>	381 g/m <sup>2</sup>	294 g/m <sup>2</sup>	293 g/m <sup>2</sup>
<b>Padronagem</b>	Sarja	Sarja	Sarja
<b>Largura</b>	1,72 m	1,52 m	1,44 m

Fonte: Autoria própria (2021).

**Figura 9 Amostras dos tecidos T1, T2 e T3**



Fonte: Autoria própria (2021).

Por meio das características descritas, pela gramatura das amostras serem superiores a 270 g/m<sup>2</sup> e inferiores a 410 g/m<sup>2</sup>, pode-se identificar os tecidos como tipo médio, conforme indicado pela NBR 14634:2000. Isso intensifica o fato do *jeans* ser um vestuário firme.

Após aplicar o acabamento nas amostras, foi observado visualmente que não ocorreu nenhuma mudança na fibra dos tecidos como mostra as Figuras 10 e 11, ou seja, não houve nenhuma alteração na estrutura das amostras. As amostras que receberam o acabamento com concentração de 0,7% quanto de 1,5% não apresentaram diferenças quanto ao toque, flexibilidade e rigidez, somente uma leve alteração na cor.

**Figura 10 - Amostra T2 com aplicação de 1,5%**



Fonte: Autoria própria (2021).

**Figura 11 - Tecidos T1, T2 e T3 antes e após o teste de pilling**



Fonte: Autoria própria (2021).

#### 4.2 FORMAÇÃO DE *PILLING*

Ao realizar o teste efetuou-se a verificação do aspecto visual dos tecidos T1, T2 e T3, para identificar se houve ou não desgaste e formação de *pilling* nas amostras. A avaliação do teste foi realizada por meio de comparação com padrões

fotográficos conforme indica a norma ISO 12945:1:2015, onde esses padrões são classificados por meio de notas, entre 1 a 5.

Os padrões fotográficos são graduados em uma sequência decrescente de quantidade de *pillings* que são classificados pelo número e tamanho dos mesmos. A nota 1 é dada a tecidos que tiveram o aspecto bem modificado pelo teste, apresentando grande quantidade de *pilling*, estando, portanto, reprovado. A nota 5 representa um tecido que não sofreu alteração e apresentou a mínima quantidade de *pilling*.

Após realizar os testes no *Pilling Tester*, a formação de *pilling* foi considerada extremamente baixa, entre os processos de amostras sem e com acabamento, como demonstra a Figura 12.

**Figura 12 - Amostras T1, T2 e T3 com concentração de 1,5% de acabamento após o teste.**



Fonte: Autoria própria (2021).

Após os testes, conforme avaliação comparativa dos tecidos analisados, foi elaborada a Tabela 1.

<b>Tabela 1 - Resultados dos testes</b>								
<b>10.000 Ciclos</b>								
<b>Sem acabamento</b>			<b>Com acabamento 0,7%</b>			<b>Com acabamento 1,5%</b>		
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fonte: Autoria própria (2021).

Foram analisados os resultados, conforme a ISO 12945:1:2015, após 10.000 ciclos entre as amostras sem e com acabamento de concentração 0,7% e 1,5%. Conforme a Figura 12, não houve alteração no aspecto visual das amostras, e não foi observada a formação de *pilling*.

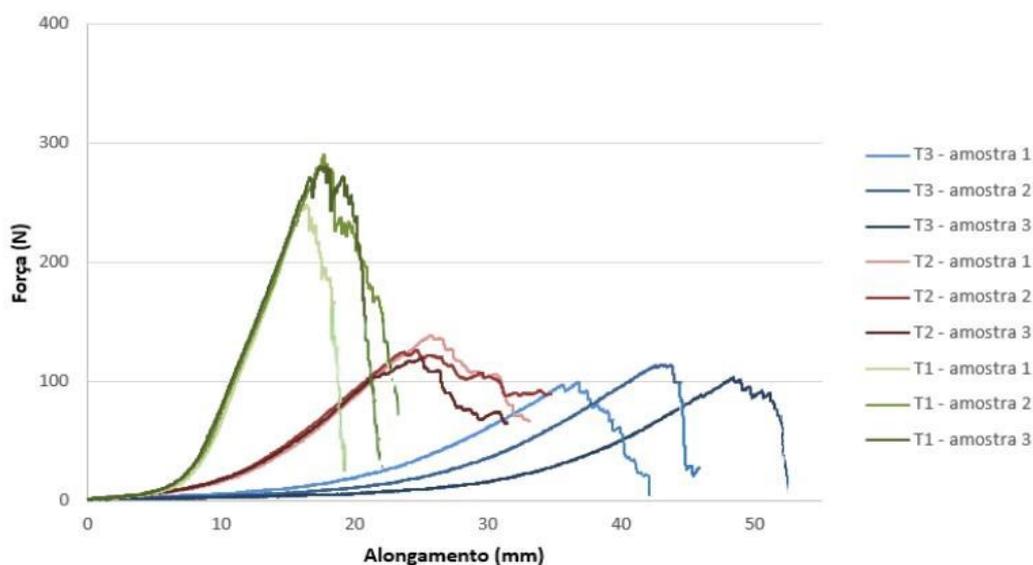
#### 4.3 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E ALONGAMENTO - DINAMÔMETRO

Nos Gráficos 1 e 2 foram apresentados os resultados dos tecidos sem acabamento, em que a força (N) foi aplicada até o seu rompimento. É possível identificar que o sentido do urdume apresentou maior resistência comparada ao sentido da trama, que por sua vez apresentou maior alongamento.

As amostras do tecido T3, obtiveram uma resistência maior no sentido do urdume e alongamento maior no sentido da trama. As amostras do tecido T1, obtiveram resistência maior no sentido da trama chegando à 290N, e estas amostras no sentido do urdume ficaram com resultados bem próximos da resistência do urdume do tecido T3.

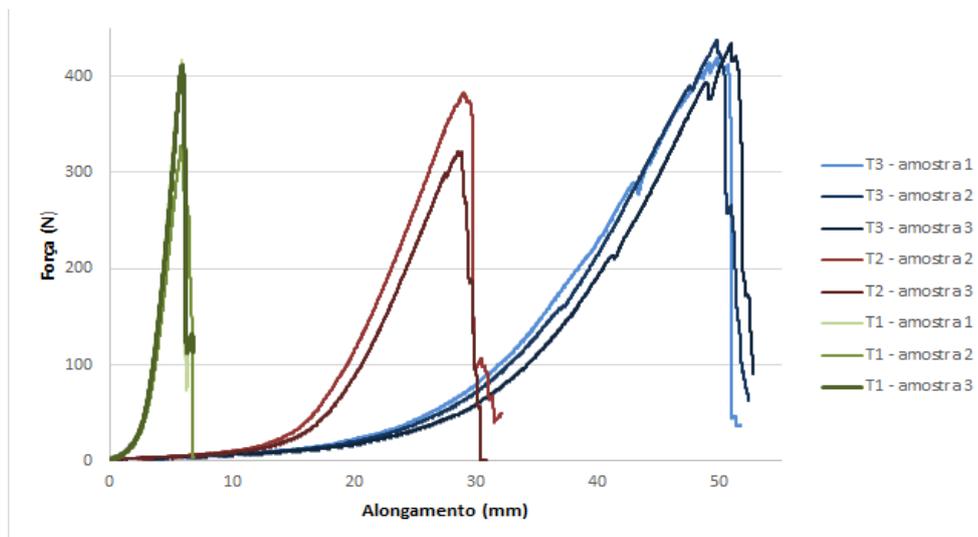
As amostras dos tecidos T2 e T3 no sentido trama, obtiveram uma resistência menor, comparadas com o tecido T1, porém observa-se um alongamento maior dos tecidos T2 e T3, quando comparados ao tecido T1. Estes resultados devem-se ao fato de que os tecidos T2 e T3 possuem elastano em sua composição, e quanto maior o percentual de elastano, verificamos maior alongamento.

**Gráfico 1 - Teste realizado no sentido da trama sem acabamento**



Fonte: Autoria própria (2021).

**Gráfico 2 - Teste realizado no sentido do urdume sem acabamento**

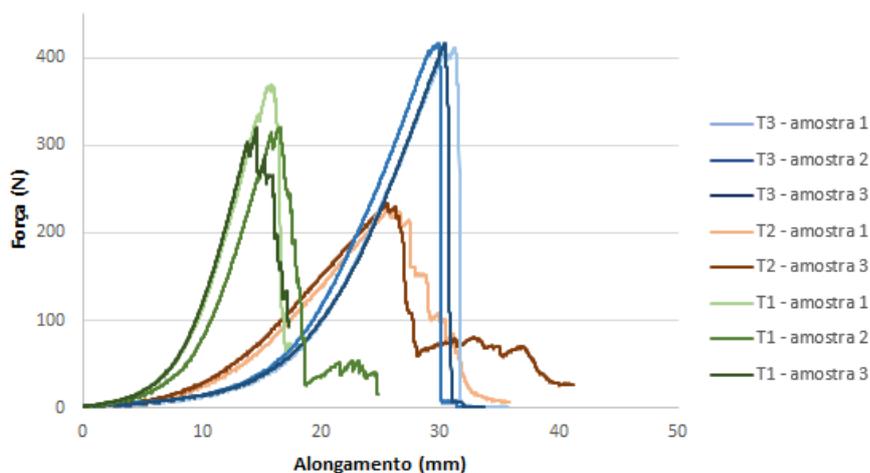


Fonte: Autoria própria (2021).

Após a aplicação do acabamento com 0,7% de concentração, os resultados obtidos são apresentados nos Gráficos 3 e 4. No Gráfico 3, pode-se identificar que a maior resistência entre as amostras ocorreu no sentido da trama com o tecido T3, em que houve um aumento na resistência da trama quando comparada com as amostras sem acabamento, visto que ambos tecidos se aproximaram da força de 400 N.

Ao ser realizada a triplicata no tecido T2 no sentido da trama, foi necessário descartar o resultado T2 - amostra 2 devido a uma falha na leitura do equipamento.

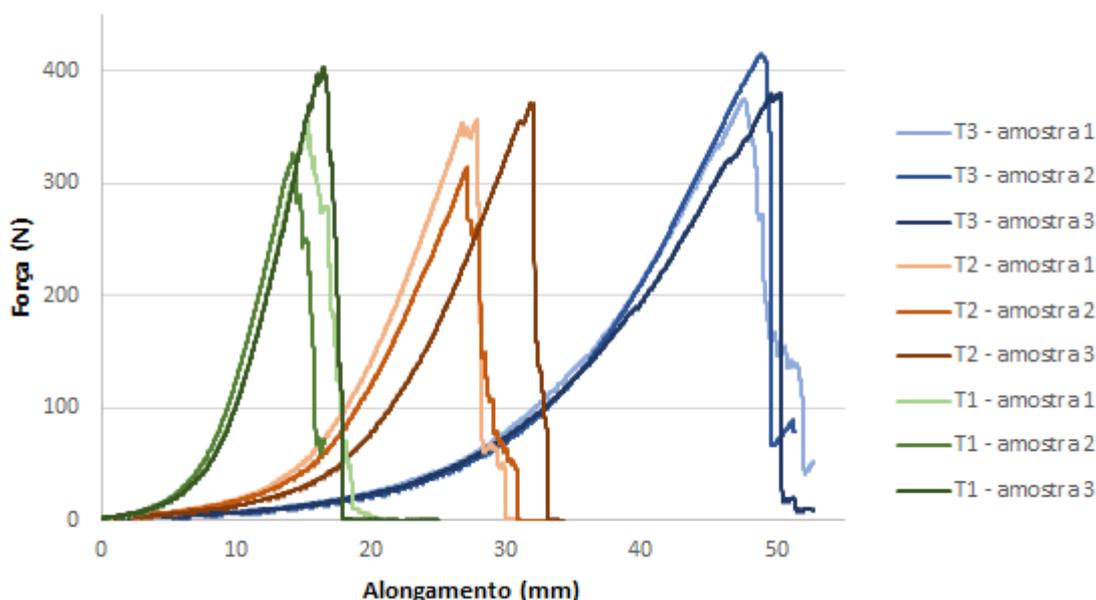
**Gráfico 3 - Teste realizado no sentido da trama com 0,7% de acabamento**



Fonte: Autoria própria (2021).

No Gráfico 4, é apresentado os resultados das amostras no sentido do urdume obtiveram uma leve redução na resistência quanto comparada com os tecidos que não tiveram a aplicação do acabamento (Gráfico 2). Observou-se também, uma tendência de melhora nos resultados do alongamento no sentido do urdume após a aplicação do acabamento com concentração de 0,7%. Isso se dá ao fato de que o acabamento auxilia na melhora da resistência em relação a lavagem e ao atrito do tecido, proporcionando maior qualidade e durabilidade ao produto.

**Gráfico 4 - Teste realizado no sentido do urdume com 0,7% de acabamento**



Fonte: Autoria própria (2021).

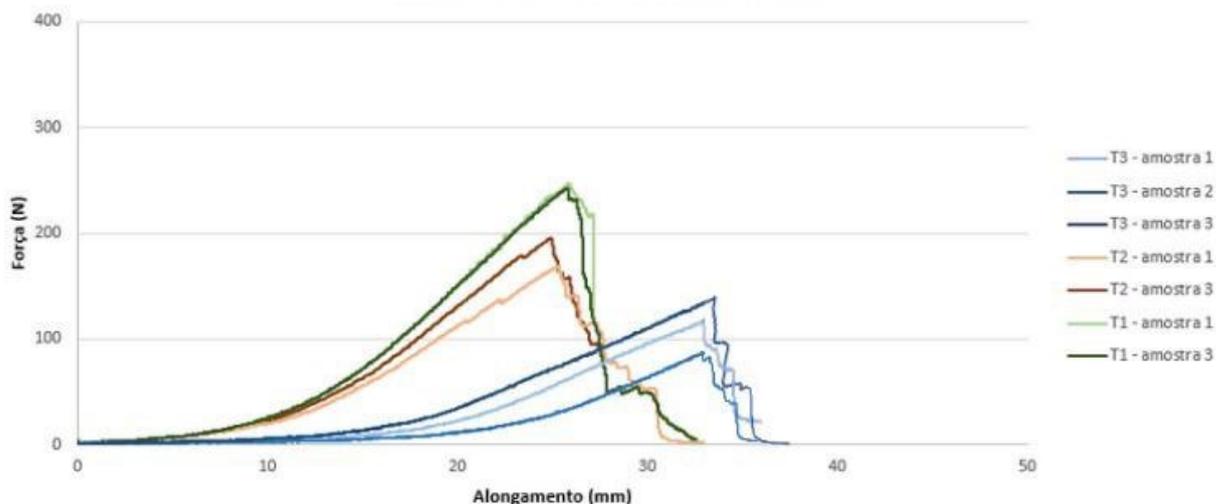
Após a aplicação do acabamento com 1,5% de concentração, os resultados obtidos são apresentados nos Gráficos 5 e 6.

No Gráfico 5 é apresentado os resultados da resistência dos tecidos no sentido da trama. Neste gráfico podemos analisar que o tecido T1 melhorou suas propriedades de alongamento quanto comparado ao tecido sem o acabamento sendo sua fibra 100% algodão. O tecido T3 reduziu o alongamento em aproximadamente 15%, o processo pode ter afetado as propriedades do elastano.

As amostras do tecido T1 comparadas com os tecidos que não tiveram a aplicação do acabamento sofreram uma perda de resistência de aproximadamente 200% e uma melhora de quase 15% em seu alongamento. Os tecidos T2 e T3

comparados com as amostras sem acabamento obtiveram melhora em sua resistência, porém o tecido T3 sofreu uma perda de aproximadamente 20% em seu alongamento.

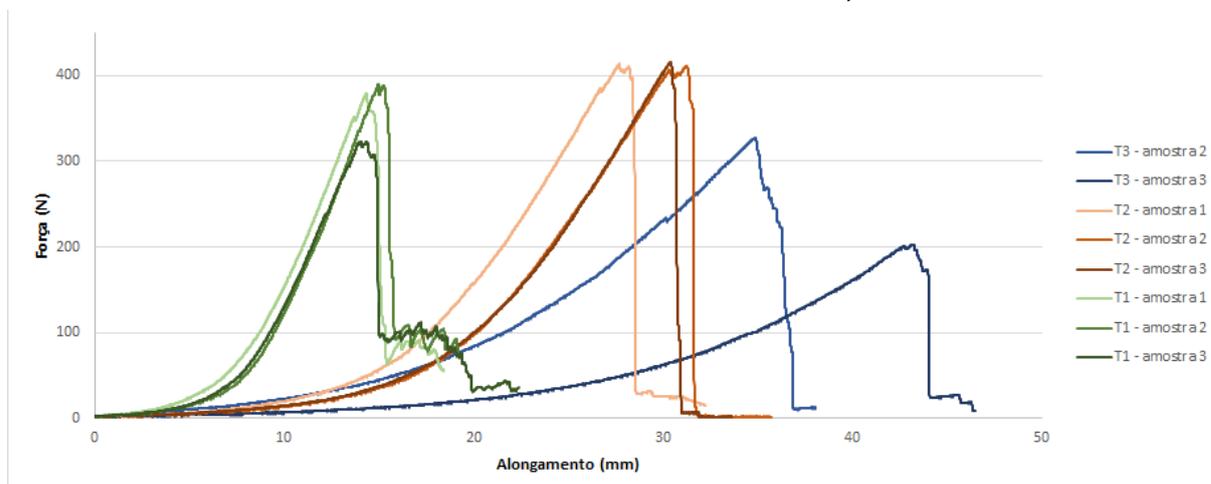
**Gráfico 5 - Teste realizado no sentido da trama com 1,5% de acabamento**



Fonte: Autoria própria (2021).

O Gráfico 6 apresenta o resultado dos testes no sentido do urdume, após a aplicação do acabamento em concentração de 1,5%. Observa-se nestes resultados uma maior variação no alongamento em todos os tecidos. No 1 e T3, houve uma queda na resistência. O tratamento realizado nesta concentração pode ter afetado as propriedades dos fios.

**Gráfico 6 - Teste realizado no sentido do urdume com 1,5% de acabamento**



Fonte: Autoria própria (2021).

## 5 CONCLUSÃO

Na busca pela melhoria constante de produtos que melhorem a performance de tecidos, a aplicação de acabamento é uma alternativa para a indústria têxtil. Com os procedimentos de uso e lavagens os tecido possuem uma tendencia de apresentar desgastes, o que resulta em um aspecto envelhecido, e, sua resistência à tração e alongamento torna-se agente principal para diminuição da vida útil do produto. Desta forma, neste trabalho analisou-se a eficácia da aplicação do acabamento de biopolimento enzimático em tecido jeans.

Com base nos resultados dos ensaios realizados, foi possível concluir que o acabamento de biopolimento demonstrou a manter do aspecto visual do tecido e baixo índice de *pilling*. No entanto foi satisfatório para melhora no alongamento dos tecidos. Em geral, as amostras no sentido da trama sofreram mudanças, visto que inicialmente as amostras obtiveram maior resistência à tração e menor alongamento. No sentido do urdume o alongamento das três amostras foi melhorado, porém as amostras com maior porcentagem de elastano apresentaram leve redução na sua resistência.

Desta forma, conclui-se que a utilização do acabamento auxilia positivamente para a melhora da vida útil do artigo têxtil, porém, para o artigo com maior composição de elastano, maiores porcentagens de concentração de acabamento precisam ser melhor estudadas em trabalhos futuros, avaliando de que forma o produto pode vir a afetar as propriedades físicas das fibras.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A seguir algumas sugestões de temas que podem ser estudados a fim de dar continuidade a este trabalho:

- Realização da comparação de acabamento de biopolimento e resinado;
- Realização de maiores ciclos no equipamento do *Pilling Tester*;
- Realização do *Pilling Tester* e do dinamômetro com as amostras molhadas;
- Realização de maiores porcentagens de concentração de acabamento em artigos com elevadas concentrações de elastano.

## REFERÊNCIAS

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Perfil do consumidor têxtil. São Paulo. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>. Acesso em: 03 out. 2020.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10588**: tecidos planos: determinação da densidade de fios. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 7 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10589**: materiais têxteis: determinação da largura de não-tecido e tecidos planos. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 6 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10591**: materiais têxteis: determinação da gramatura de superfícies têxteis. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 8 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 11912**: materiais têxteis: determinação da resistência à tração e alongamento de tecidos planos (tira) em dinamômetro tipo CRT. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 11 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 12966**: materiais têxteis: determinação dos ligamentos fundamentais de tecidos planos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 2 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 14634**: tecido plano de 100% algodão: denim: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 3 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 14727**: têxteis: resistência à tração e alongamento de tecidos planos com o dinamômetro do tipo CRT. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 13 p.

AGUIAR NETO, P. P. **Fibras Têxteis**. Rio de Janeiro: SENAI-CETIQ. vol 1e 2, 1996.

ALBUQUERQUE, W. M. Z. **Estudo da secagem de tecido jeans**. 2011. 126 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

AMERI, V., BUSCHMANN H.; GUTMANN, J. Durable press finishing of cotton fabrics: An overview. **Textile Research Journal**, v. 83, n. 18, p. 1974-1995, 2013.

AQUINO, M. S. **Apostila de métodos e processos de manufatura de malha I**. Departamento de Engenharia Têxtil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2008.

AUDACES. Qualidade do tecido. [s.d.]. Disponível em: <https://www.audaces.com/qualidade-do-tecido-pontos-a-serem-avaliados-no-recebimento-de-tecidos/>. Acesso em: 11 nov. 2020.

BARBOSA, M. F.; MENDES, F. D. Malhas, detalhes e cuidados que fazem toda a diferença. 2º CONTEXMOD, v. 1, n. 2, p. 12, 2014.

BELTRAN, R.; WANG, L.; WANG, X.. A controlled experiment on yarn hairiness and fabric pilling. **Textile Research Journal**, v. 77, n. 3, p. 179-183, 2007.

BEM, N. A.; YAMAGUCHI, B. U.; ALBUQUERQUE, A. C. D.; GROSSI, R. M.; REZENDE, L. C. S. H. Estudo de caso: implantação da produção mais limpa em processos têxteis para confecção de artigos denim. XI EPCC Encontro Internacional de Produção Científica, Maringá, out. 2019.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. O segmento de índigo. **Biblioteca Digital**. Brasília: BNDES. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/3161>. Acesso em: 11 nov. 2020.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. Panorama da cadeia produtiva têxtil. **Biblioteca Digital**. Brasília: BNDES. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1964/2/BS%2029\\_Panorama%20da%20cadeia%20produtiva%20têxtil\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1964/2/BS%2029_Panorama%20da%20cadeia%20produtiva%20têxtil_P.pdf). Acesso em: 27 set. 2020.

BUNSELL, A. R. Handbook of Tensile Properties of Textile and Technical Fibres. Elsevier, cap 2, p. 18-46. 2009.

BUSILIENÉ, G.; LEKECKAS, K.; URBELIS, V. Pilling resistance of knitted fabrics. **Materials Science**, Lithuania, v. 17, n. 3, p. 297-301, 2011.

CALLISTER, W. D.: Material science and engineering: an introduction. 7. Ed. John Wiley & Sons, USA, 2007.

CASTANHARO, C. E.; MORITA, A. M. **Controle de Qualidade de Artigos Têxteis em uma Indústria de Confecção**. 2014. 83 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

CHEN, X., HUANG, X. B., Evaluating Fabric Pilling with Light-Projected Image Analysis. **Textile Research Journal**, v. 74, n. 11, p. 977– 981, 2004.

COLLIER, Robert. **Secret of the Ages**. CSL Asheville USA, 1926.

COSTA, Marcelo; DE LIMA, Apoliane; ROSA, Jorge Marcos. Fibras têxteis no Brasil: propriedades e perfil atual das principais fibras utilizadas no setor do vestuário. **9o Colóquio da Moda-Ceará**, 2013.

DOUSTANEH, A. H; MAHMOUDIAN, M.; JAHANDIR, A. The effects of weave structure and yarn fiber specification on pilling of woven fabrics. **World Application Science Journal**, v. 24, n. 4, p. 503-506, 2013.

DUARTE, L. S. Design de jeans para sustentabilidade: aplicação de ferramentas de redução de impacto ambiental para análise do jeans CO/PET reciclado. **lara: revista de moda, cultura e arte**, São Paulo, v. 7, n. 2, 2014.

EL-DESSOUKI, H. A. A study on abrasion characteristics and pilling performance of socks. **International Design Journal**, v. 4, n. 2, 2010.

ELDESSOUKI, M. Evaluation of fabric pilling as an end-use quality and a performance measure for the fabrics. **Applications of Computer Vision in Fashion and Textile**, p. 147–187, 2018.

ESFANDIARI, A.; FIROUZI, E. P.; AGHAEI, M. P. Effect of enzymatic and mechanical treatment on combined desizing and bio-polishing of cotton fabrics. **The Journal of The Textile Institute**, v. 105, n. 11, p. 1193-1202, 2014.

FERNANDES, R. L.; CARIO, S. A. Da roda d'água à nanotecnologia: a trajetória da evolução tecnológica do setor têxtil. Congresso Brasileiro de História Econômica, 2011, Curitiba, ABPHE, 2011.

FIGUEIREDO, G. C.; CAVALCANTE, A. L. Calça Jeans: produtividade e possibilidades sustentáveis. **Projetica**, v. 1, n. 1, p. 128-145, 2010.

FLETCHER, K. Sustainable Fashion and Textiles: **Design Journeys**. Earth Scan, London, England, 2008.

FURLAN, F. R. **Avaliação da Eficiência do Processo de Coagulação, Flocculação e Adsorção no Tratamento de Efluentes Têxteis**. 2008. 151 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

GROSBERG, P. The mechanical properties of woven fabrics part ii: the bending of woven fabrics. **Textile Research Journal**, v. 36, n. 3, p. 205-211, 1966.

GURGEL, F. A. **Logística industrial**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 484 p., 2010.

HOUCK, M. M. Identification of textile fibers. Elsevier, Amsterdam, 2009. Disponível em: <http://www.mwotextil.com.br/servico002.html#:~:text=Acabamentos%20têxteis%20são%20processos%20físicos,de%20melhorar%20sua%20estrutura%20dimensional>. Acesso em: 11 nov. 2020.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO/TC 12945:1:2015**: textiles: determination of fabric propensity to surface fuzzing and to pilling: part 1: pilling box method. Geneva: ISO, 2002. 7 p.

JAHAN, I. Effect of fabric structure on the mechanical properties of woven fabrics. **Advance Research in Textile Engineering**, v. 2, n. 2, p. 1018-2, 2017.

KUASNE, A. **Fibras têxteis: curso têxtil em malharia e confecção - 2º módulo**. Araranguá: CEFET/SC, 2008.

LADCHUMANANANDASIVAM, R.; ALEXANDRE, M. E.; MEDEIROS; O. M.; AQUINO, M. S. Estudo do Comportamento Térmico da Fibra da Folha do Abacaxi. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 2002, Natal, CBECM, 2002.

LAITALA, K.; BOKS, C. Sustainable clothing design: use matters. **Journal Design Research**, v. 10, n. 1-2, p. 121-139, 2012.

LEWIN, M. **Handbook of Chemistry Fiber**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2007, 1052 p.

LIN, C. H.; HSIEH, Y. L. Direct Scouring of Greige Cotton Fabrics with Proteases. **Textile Research Journal**, v. 71, n. 5, p.425-434, 2001.

MARMARALI, A.; ERTEKIN, G.; OGLAKCOGLU, N.; KERTMEN, M.; AYDIN, I. New knitted fabric concepts for denim products. In: **17th World Textile Conference AUTEX**. p. 2-7, 2017.

MASUDUR, R. A. Influence of stitch length and structure on select mechanical properties of single jersey knitted fabrics with varying cotton percentage in the yarn. **Journal Textile Engineering Fashion Technology**, v. 4, p. 189-196, 2018.

MENEZES, Patricer Lubumba. **Desenvolvimento e caracterização de um compósito polimérico reforçado com resíduos têxteis de tecido de Juta e malha de poliéster**. 2018. Dissertação de Mestrado. Brasil.

MERLE, K. R.; FERMAM, R. K. Análise de ensaios de qualidade para tecidos denim. **Revista Internacional de Ciências**, v. 9, n. 2, p. 20-34, 2019.

MESACASA, A. **A indústria de confecção do vestuário do município de Pato Branco: aspectos de desenvolvimento, gestão, design, e proposta de reaproveitamento dos resíduos têxteis**. 2012. 280 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional - Universidade Tecnológica Federal do Paraná Pato Branco, 2012.

MIÚRA, Marcelo; MUNOZ, Sandra PV. Manual técnico têxtil e vestuário: Fibras têxteis. **São Paulo: SENAI**, 2015

MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; DRZAL, L. T. **Natural fibers, biopolymers, and biocomposites**. 1. st. ed. Boca Raton: CRC Press, 2005. 896 p.

MOHD, A. Effect of laundering on the pilling properties of cotton and polyester weft knitted fabrics. **Journal of Academia**, v. 6, n. 2, p. 38-45, 2018.

MOJSOV, K. Enzyme Scouring of Cotton Fabrics: A Review. **International Journal Of Marketing And Technology**, S. L., v. 2, n. 9, p. 256-275, 2012.

MWO TÊXTIL. Acabamentos. [s.d.]. Disponível em: <http://www.mwotextil.com.br/servico002.html>. Acesso em: 11 out. 2020.

NEVES, M. **Desenho têxtil – Tecidos**. vol. 1. Portugal: TecMinho, 2004.

ONÑA CODENA, D. P. **Diseño de un sistema automático de control y optimización del proceso de lavado-relajación de tejido plano con elastano en la trama**. 2008. 107 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Politécnica Salesiana, Quito. 2008. Disponível em:

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12865>. Acesso em: 16 set. 2020.

ONO, S.; NAGURA, T.; SEKI, M. **Warp backed weave denim**. U.S. Patent n. 6.918.413, 19 jul. 2005.

PERFETO, M. W. **Avaliação do efeito da inibição da celulase no biopolimento de substrato de algodão**. 2012. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

PESSOA, J. **Jeans no segmento de moda íntima**. 2012. 135 p. Dissertação (Mestrado) – Desing e Marketing – Escola de Engenharia. Universidade do Minho, Guimarães, 2012.

PEZZOLO, D. B. **Tecidos: história, tramas, tipos e usos**. Editora Senac: São Paulo, 2019.

REIS, F. F. **As inovações na indústria brasileira do Denim**. Denim industry. 2017. 148 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2017.

ROMANI, M. **A influência do controle da tensão do elastano durante o processo produtivo nas propriedades elásticas dos tecidos com elastano para fitness**. 2016. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SABRÁ, F. **Modelagem: tecnologia em produção de vestuário**. 2. ed. São Paulo: Estação das Letras, p.158, 2014.

SALEM, V. **Tingimento textile: fibras, conceitos e tecnologias**. São Paulo: Goden Tecnologia, 2010.

SANCHES, R. A. **Procedimento para o desenvolvimento de tecidos de malha a partir de planejamento de experimentos**. 2006. 186 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas. 2006.

SCHINDLER, W. D.; HAUSER, P. J. Anti-pilling finishes. **Chemical finishing of textiles**, Cambridge England, p. 129-136. 2004.

SILVA, J. P. M. **Estudo comparativo das propriedades mecânicas em compósitos da fibra modal e poliéster**. 2012. 65 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânicos; Termociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2012.

SILVA, R. **Tratamento de Fibras Têxteis com Ultra-Sons e Enzimas**. 2006. 91 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Minho, Braga, 2006.

SOUSA, A. R. **Extensão da certificação NP EN ISO 9001**. 2014. 92 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Bioengenharia) – Faculdade de Engenharia de Porto, Universidade de Porto, Porto, 2014.

SOUSA, D. C. H. E. **Estudo da secagem de materiais têxteis**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

STREICH, K. R.; PICCOLI, H. H. **Adaptação de metodologia de ensaio para avaliação de abrasão e formação de pilling em tecidos de malha, utilizando o abrasímetro martindale**. Seminário de Pesquisa Extensão e Inovação do IFSC. Jaraguá do Sul, 2013. Disponível em: <https://eventoscientificos.ifsc.edu.br/index.php/sepei/sepei2013/paper/viewFile/113/268>. Acesso em: 16 set. 2020.

TESTEX. *Pilling* de tecido. 2017. Disponível em: <https://www.testertextile.com/pt/o-que-é-pilling-em-tecido/>. Acesso em: 25 set. 2020.

TEXCONTROL. Pilling Tester TC 180-2. 2018. Disponível em: <https://texcontrol.com.br/produto/pilling-tester-180-2/>. Acesso em: 16 set. 2020.

TEXSITE. Acabamento anti-*pilling*. 2008. Disponível em: [http://pt.texsite.info/Acabamento\\_anti-pilling](http://pt.texsite.info/Acabamento_anti-pilling). Acesso em: 02 out. 2020.

TEXTÍLIA. Tecnologia aliada ao conforto e aparências diferenciadas. 2015. Disponível em: [http://www.textilia.net/materias/ler/moda/book-blue-jeans/tecnologia\\_aliada\\_ao\\_conforto\\_e\\_aparencias\\_diferenciadas](http://www.textilia.net/materias/ler/moda/book-blue-jeans/tecnologia_aliada_ao_conforto_e_aparencias_diferenciadas). Acesso em: 02 set. 2020.

TWARDOKUS, R. G. **Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil**. 136 p. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

VENTURA, S.; CARNEIRO, N.; SOUTO, A. P. Acabamento de têxteis multifuncionais com nanocompósitos poliméricos. **Nova Têxtil**, 2011.

VIVEKANADAN, M. V; RAJ. S.; SREENIVASAN, S.; NACHANE, R. P. Parameters affecting warm-cool feeling in cotton denim fabrics. **NISCAIR-CSIR**, p. 117-121, 2011.

ZHANG, J.; WANG, X.; PALMER, S. Objective pilling evaluation of wool fabrics. **Textile research journal**, v. 77, n. 12, p. 929-936, 2007.