

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA TÊXTIL**  
**ENGENHARIA TÊXTIL**

**BRUNA GOUVÊA SOUZA**

**ANÁLISE DOS ASPECTOS FÍSICOS EM PEÇAS CONFECCIONADAS  
EM *DENIM* E SUBMETIDAS A PROCESSOS DE ESTONAGEM**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**APUCARANA**

**2018**

**BRUNA GOUVÊA SOUZA**

**ANÁLISE DOS ASPECTOS FÍSICOS EM PEÇAS CONFECCIONADAS  
EM *DENIM* E SUBMETIDAS A PROCESSOS DE ESTONAGEM**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil, da Coordenação de Engenharia Têxtil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Sartori Jabur.

Coorientador: Prof<sup>a</sup>. Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro.

**APUCARANA**

**2018**

**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:**  
**Análise dos aspectos físicos em peças confeccionadas em *denim* e submetidas a processos de estonagem**

Por

BRUNA GOUVÊA SOUZA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado aos treze dias do mês de junho do ano de dois mil e dezoito, às quinze horas, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Têxtil do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

PROFESSOR(A) ANDREA SARTORI JABUR – ORIENTADOR

---

PROFESSOR (A) RODOLFO KRUL TESSARI - EXAMINADOR(A)

---

PROFESSOR(A) FERNANDA RODRIGUES – EXAMINADOR(A)

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

## RESUMO

SOUZA, Bruna Gouvêa. **Análise dos aspectos físicos em peças confeccionadas em *denim* e submetidas a processos de estonagem.** 2018. 53 páginas. Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Têxtil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2018.

O tecido denim é conhecido por sua característica de resistência. Apresenta grande aceitação no mercado e procura se adaptar às tendências de moda por meio dos efeitos de lavagens que as lavanderias industriais realizam. As lavagens mais conhecidas são caracterizadas pelo envelhecimento do tecido, em que utiliza-se a adição de pedras, enzimas ou a combinação destes. Posto isto, alguns autores descrevem que após o processo de lavagem a peça jeans perde significativamente sua característica de resistência. Esse trabalho buscou quantificar qual o nível de perda de resistência das peças jeans por meio de ensaios à tração. Por meio de análises comparativas dos resultados obtidos concluiu-se que, para os artigos com composição 100% algodão, o processo de estonagem que menos agride a peça é a estonagem enzimática. Entretanto para os artigos de composição 98% algodão – 2% elastano, a estonagem enzimática é à que mais agride a peça, logo, existe uma correlação entre o elastano e as enzimas do tipo neutras. Pode-se concluir que os processos de lavagens afetam diretamente o ciclo de vida das peças fabricadas a partir do *denim*, favorecendo diretamente o movimento *fast fashion*.

**Palavras chave:** *Jeanswear. Denim.* Resistência mecânica. Lavanderia industrial.

## ABSTRACT

SOUZA, Bruna Gouvêa. **Analysis of physical aspects in pieces made in denim and submitted to stoning processes.** 2018. 53 páginas. Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Têxtil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2018.

Denim fabric is known for its resistance feature. Its presents great receive full acceptance of the market and seeks to adapt to fashion trends through the effects of washes that industrial laundries perform. The most known washes are characterized by the aging of the garment, in which the addition of stones, enzymes or stones and enzymes the same time in process. Therefore, some authors describe that after the washing process the jeans garment loses significantly its resistance characteristic. This work aim to quantify the level of resistance loss of the jeans pieces through tensile tests. By means of comparative analyzes of the obtained results it was concluded that for the garments with 100% cotton composition, the process of stonewash that less attacks the garment is the enzymatic stone. However, for compositions containing 98% cotton - 2% elastane, the enzymatic stone is the one that most affects the piece, so there is a correlation between elastane and neutral enzymes. It can be concluded that the washing processes directly affect the life cycle of parts manufactured from denim, directly favoring the fast fashion movement.

**Keywords:** Jeanswear. Denim. Mechanical resistance. Industrial laundry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da cadeia têxtil .....	13
Figura 2 - Molécula de obtenção do corante índigo. ....	18
Figura 3 - Estrutura de um aminoácido. ....	22
Figura 4 - Laboratório da lavanderia industrial. ....	25
Figura 5 - Equipamento de ensaios universais WDW-300E.....	30
Figura 6 - Ficha técnica amostra 1 com composição 100%CO.....	33
Figura 7 - Ficha técnica amostra 2 com composição 98%CO – 2%PUE. ....	34
Figura 8 - Diagrama força vs. alongamento amostras 100% CO. ....	35
Figura 9 - Diagrama força vs. alongamento amostra 100% CO.....	36
Figura 10 - Diagrama força vs. alongamento amostras 98% CO – 2% PUE.....	38
Figura 11 - Diagrama força vs. alongamento amostra 98% CO – 2% PUE. ....	39
Figura 12 - Peças com estonagem enzimática/pedras, estonagem enzimática, estonagem com pedras e peça com tecido cru. Artigo com composição 100%CO. .	41
Figura 13 - Peças com Estonagem enzimática/pedras, estonagem enzimática, estonagem com pedras e peça com tecido cru. Artigo com composição 98%CO – 2%PUE.....	44

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos tipos de enzimas.....	23
Quadro 2 – Normas referentes a cada parâmetro avaliado. ....	24
Quadro 3 – Procedimento experimental da estonagem com enzimas. ....	26
Quadro 4 – Procedimento experimental da estonagem com pedras.....	28
Quadro 5 – Processo experimental da estonagem enzimática/pedras. ....	29
Quadro 6 – Foto das amostras rompidas do tecido 100% algodão.....	37
Quadro 7 – Foto das amostras rompidas do tecido 98% CO – 2% PUE.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resistência máxima à tração das peças 100% CO.....	42
Tabela 2 - Resistência máxima à tração das peças 98% CO – 2% PUE. ....	45
Tabela 3 - Redução em percentual da resistência para os tecidos de diferentes composições. ....	46

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	10
1.2.1 Objetivo Geral .....	10
1.2.2 Objetivos Específicos .....	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
2.1 INDÚSTRIA TÊXTIL.....	12
2.2 SEGMENTO DO <i>JEANSWEAR</i> .....	15
2.2.1 Matéria-prima .....	16
2.2.2 Corante índigo.....	17
2.2.3 Tingimento.....	18
2.3 LAVANDERIAS INDÚSTRIAS .....	19
2.3.1 Lavagem com pedras.....	21
2.3.2 Lavagem com enzimas.....	21
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA .....	24
3.2 LAVAGENS NO <i>JEANSWEAR</i> .....	25
3.2.1Estonagem enzimática .....	26
3.2.2Estonagem com pedras.....	27
3.2.3Estonagem enzimas/pedras.....	28
3.3 REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS.....	29
3.4 ANÁLISE COMPARATIVA.....	31
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>32</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	32
4.2 REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO.....	34
4.3 ANÁLISE COMPARATIVA.....	40
4.3.1Artigos com composição 100% algodão.....	41
4.3.2Artigos com composição 98% algodão – 2% elastano.....	44
4.3.3Variação percentual entre os resultados das análises de resistência .....	46
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O *jeanswear* é utilizado em diversos produtos de moda, destinados para variados tipos de usufruidores, sendo eles diferenciados por idades, condições sociais ou localização. Ele se reinventou de diversas formas ao longo de toda história e sua individualidade dá-se pelos acabamentos que existem fazendo com agreguem valores para seus consumidores (ROVARIS, 2016).

O início do século XXI marcou a origem de novas concepções, movimentos antagônicos que são: *fast fashion* e *slow fashion*. Carli (2000) descreve sobre o segmento *fast fashion* que propõem encurtar o ciclo de vida dos produtos, ofertando mensalmente novidades para o mercado. Já o conceito do *slow fashion*, é um modo de produção mais espaçado, onde os produtos possuem maior valor agregado, que pode resultar, nesse caso em um maior ciclo de vida do produto. São produtos que possuem intrinsecamente um valor ético social, onde existem consumidores que se preocupam com a humanização do consumo consciente (DAMASCENO, 2016).

O Brasil se destaca no segmento de lavagens em jeans que assume um setor de inovação e desenvolvimento (GORINI, 1999). As empresas do setor são responsáveis pela criação de novas tecnologias que proporcionem a produção de artigos diferenciados, bem como favorecer a produtividade, racionalizar o consumo de produtos químicos, água e energia assim como a qualidade do artigo beneficiado (BRAGA et al, 2009).

Com a necessidade de inovar as lavanderias industriais dispõe de processos que modificam os produtos por meio de novas texturas e cores, com o objetivo de produzir peças individualizadas, aumentando o índice de diferenciação no mercado (COSTA, 2009).

Um dos primeiros processos de lavagens que surgiram e que se destaca até hoje, é o processo de estonagem, o qual atribui um aspecto envelhecido na peça jeans, eliminando superficialmente o corante índigo presente no fio de urdume. Atualmente esse processo pode ocorrer por meios químicos/físicos (com pedras) ou biológicos (enzimas). Portanto, este trabalho busca avaliar de forma quantitativa o efeito dos processos de lavagens de estonagem, realizados em condições industriais, indicando os danos em termos de resistência, que as peças sofrem após estes processos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A competitividade do mercado estimula consumidores mais exigentes que tendem a adquirir produtos que atribuam maiores vantagens a si. Conseqüentemente, as empresas buscam artifícios para destacar-se no mercado por meio de qualidade, preço compatível e na percepção de valor agregado (SEIDLER, 2017).

Nesse contexto, as lavanderias industriais disponibilizam técnicas que agregam valor às peças jeans confeccionadas, das quais, uma refere-se à estonagem que proporciona um caráter envelhecido na peça. Entretanto, sabe-se que após realização da técnica o jeans apresenta redução na sua resistência (DUVAL; FOODY, 2007). El-Dessouki (2015) afirma que os processos de estonagem, geram implicações nas características de resistência do tecido *denim*, sendo assim esses efeitos acarretam uma redução na vida útil dos artigos após os processos.

Com ênfase na produção *slow fashion* é de grande interesse para o segmento determinar o quanto de resistência a peça jeans perde ao ser submetida aos processos de estonagem uma vez que isso irá influenciar diretamente no ciclo de vida da peça.

## 1.2 OBJETIVOS

A seguir estão relacionados o objetivo geral e os objetivos específicos que orientam esta pesquisa.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as propriedades físicas em artigos confeccionados de jeans, pós-processos de estonagem com pedras, enzimas e combinados.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Com o intuito de se alcançar o objetivo geral, foram traçados os objetivos específicos:

- Analisar as propriedades intrínsecas do material têxtil utilizado;
- Realizar os processos de estonagem enzimática, estonagem com pedras e estonagem enzimas/pedras;
- Realizar ensaios de resistência à tração;
- Avaliar os resultados quantitativamente;
- Explorar resultados de forma comparativa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O embasamento teórico deste trabalho está subdividido em 3 partes. Primeiramente engloba os traços da indústria têxtil no Brasil e suas respectivas etapas produtivas. A segunda parte descreve sobre o segmento do *jeanswear* e suas propriedades. O terceiro tópico refere-se aos tipos de beneficiamentos que o jeans recebe nas lavanderias industriais têxteis.

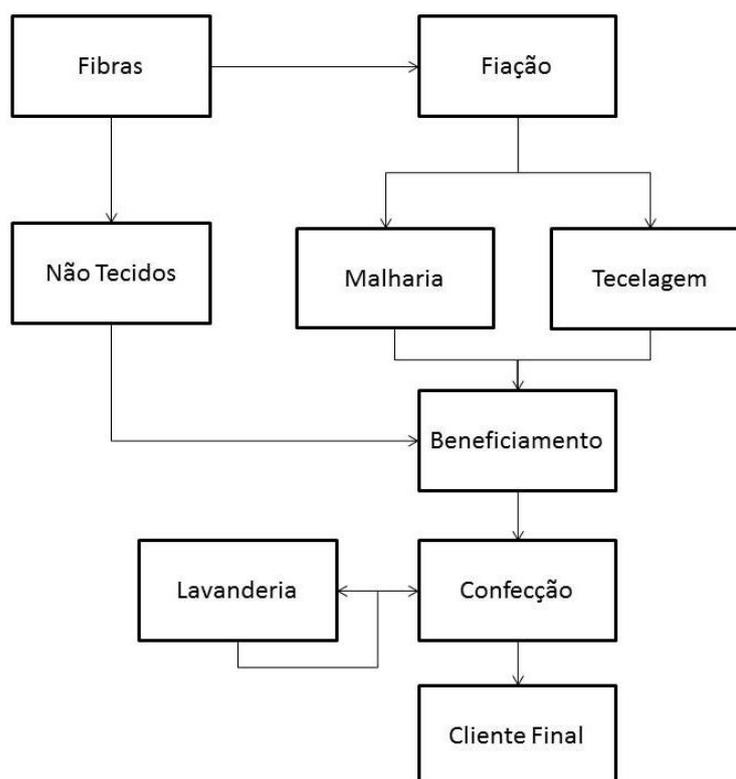
### 2.1 INDÚSTRIA TÊXTIL

A indústria têxtil do Brasil teve sua expansão no início do século XX e cerca de 40 anos depois foi considerado um ramo consolidado e dinâmico (KON; COAN, 2005). De acordo com Associação Brasileira da Indústria de Confecção (ABIT) (2017), os dados gerais sobre o setor têxtil no Brasil relativo ao ano de 2016 descrevem-no como o segundo maior empregador.

Conjuntamente, classifica-se o país como referência mundial na confecção de *jeanswear*, sendo o terceiro maior consumidor de *denim* no mundo e retém autossuficiência na produção da fibra de algodão, matéria prima na produção do jeans. Por tais motivos é exclusivamente o único país do ocidente que executa todos os segmentos da cadeia têxtil.

A cadeia produtiva têxtil pode ser subdividida em segmentos, como ilustra a Figura 1.

**Figura 1 - Fluxograma da cadeia têxtil**



**Fonte:** adaptado de Pereira, 2009.

A primeira etapa produtiva refere-se à fiação, por isto faz-se necessário a obtenção das fibras têxteis. A norma NBR 12744 da ABNT (1992) classifica as fibras têxteis por meio de sua origem ou constituição química, sendo de origem natural ou manufaturada. Chataignier (2006) compara a fibra têxtil com um átomo, evidenciando que é a menor parte do tecido e possui características intrínsecas. Portanto, faz-se necessário reuni-las com a intenção de construir uma estrutura dimensional.

Deste modo a etapa de fiação é responsável por transformar fibras em fios (PEREIRA, 2009). O fio é obtido por meio de uma sequência de maquinários que realizam diversificadas operações, tais como a limpeza, paralelização, estiramento e torções, conferindo assim, uma estrutura uniforme que constituirá os tecidos (GOMES et al, 2005).

Por conseguinte, têm-se o tecido, conhecido como substrato têxtil, caracterizado por três formas fundamentais que diferem-se mediante a sua

construção. Entende-se por tecido têxtil um composto de fibras ou fios, tornando-se coberturas utilizáveis em variadas aplicações (LOBO et al, 2014; PEREIRA, 2016).

Os tecidos planos são organizados pelo cruzamento dos fios de urdume juntamente com os fios de trama gerando um ângulo próximo a 90°, determinado pela norma ABNT NBR 12546 (2017). Um segundo tipo de superfície são as malhas, que de acordo com a norma ABNT NBR 13462 (1995) são constituídos pelo entrelaçamento dos fios que alimentam as várias agulhas do tear. As malhas possuem em sua estrutura ligamentos formados por laçadas que se entrelaçam entre si. Por fim, encontra-se os não-tecidos, que são a formação de mantas de fibras, paralelas ou ao acaso, e sua consolidação dá-se por meio de processos químicos, físicos ou térmicos (BASTIAN; ROCCO, 2009).

Chataignier (2006) descreve a maneira como o tecido têxtil pode ser caracterizado fisicamente e algumas particularidades como, por exemplo, sua morfologia, tipo de material, ou seja, qual fibra foi utilizada para tecer o artigo, qual densidade do fio utilizado, o tipo de beneficiamento que o tecido sofreu ao longo do processo e sua coloração.

Subsequentemente, decorrem os processos de acabamentos, na qual realiza-se inicialmente o beneficiamento a fim de melhorar as características físico-químicas do substrato têxtil, visando retirar do tecido produtos do tipo óleos e gomas que foram usadas anteriormente para o tecimento, fazendo com que torne-o apto a receber os tratamentos posteriores (PEREIRA, 2016).

O beneficiamento secundário tem a finalidade de conferir cor ao substrato totalmente ou parcialmente. Nessa fase da cadeia têxtil, inclui-se também o beneficiamento terciário, no qual tem por objetivo valorizar o substrato fazendo com que o cliente sinta-se atraído pelo produto, por meio de tratamentos com produtos impermeabilizantes, retardadores de fogo entre outros (PEREIRA, 2016).

Seguindo a cadeia produtiva têxtil, tem-se a indústria de confecção que é responsável pelo processo que engloba o corte, costura e acabamento de uma peça.

Comparado a outros artigos têxteis confeccionados, os produtos fabricados a partir do *denim* passam por processamentos após a confecção. Tais processos são realizados em lavanderias industriais que utilizam técnicas, que agregarão valor ao produto por meio de processos físicos e/ou químicos e/ou biológicos.

Antigamente, as peças eram comercializadas em seu estado natural, sendo artigos enrijecidos devido ao processo de engomagem dos fios de urdume, bem como apresentavam a cor azul índigo (LOPES, 2011; IARA, 2014). Finalizando a cadeia produtiva, tem-se a destinação das peças confeccionadas para os canais de distribuições, sendo eles atacadistas e varejistas.

## 2.2 SEGMENTO DO JEANSWEAR

A moda manifesta-se de forma significativa e busca caracterizar grupos sociais. Sendo assim o tecido jeans acompanha a história compondo a simbologia da juventude, dos trabalhadores e da alta sociedade (CATOIRA, 2006). A disseminação mundial do jeans decorreu devido aos fatores sociais, culturais e econômicos (BROOKS, 2015).

O termo jeans é originário da palavra francesa Gênes, e se tornou popular na cidade de Gênova na Itália (PEZZOLO, 2007). Em meados dos anos de 1600, os marinheiros necessitavam utilizar peças resistentes, laváveis e duráveis (MAHLMEISTER, 2009). As peças jeans provêm do tecido denominado *denim*, cujo termo de origem é *nimes* (SANTOS, 2011).

É um tecido de alta resistência devido ao tipo de entrelaçamento. O arranjo dos fios de urdume e trama, geralmente são conhecidos por sarja, mas pode ser desenvolvido em outras variedades, por exemplo, tela e seus derivados (SILVA, 2014). Outra característica do *denim* é seu peso de comercialização onde suas unidades são representadas por oz/jd<sup>2</sup>. Cada oz/jd<sup>2</sup> corresponde a 33,1 g/m<sup>2</sup> (FIGUEIDERO; CAVALCANTE, 2010).

O *denim* é considerado a matéria-prima que originou o jeans. Levi Strauss, de nacionalidade alemã, nasceu em 1829 e por volta de 1847 emigrou para os Estados Unidos em companhia de sua família (PAUL, 2015). Posteriormente ao ano de sua chegada nos EUA, sucedeu a descoberta de jazidas de ouro, nomeada de *Corrida do Ouro*. Sendo assim, Levi deu início à comercialização de artigos para revestir os vagões e encontrou determinada demanda de roupas mais resistentes para os garimpeiros (MUNCHEN et al., 2015). Com o decorrer do tempo, ele percebeu que as peças impossibilitavam determinada flexibilidade e os bolsos não

possuíam resistência suficiente para transportar as ferramentas de trabalho utilizadas (GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO: NORMAS PARA CONFECÇÃO DE JEANS, 2012).

Devido às necessidades do mercado da época, nasceu a marca de calças Levi's Pants, que se difundiu a novos grupos sociais como os cowboys que trabalhavam com gados e careciam também de peças resistentes a fim de se proteger (ALMEIDA; EMIDIO, 2012). Em função disso, a empresa elege o estereótipo de cowboy como referência, associando-se à individualista, durão (CATOIRA, 2009). Dentro de pouco tempo o estilo cowboy alcançou as telas do cinema, com o filme "*far west*", e eram peças que secavam no corpo sendo assim ajustáveis ao formato do usuário (MAHLMEISTER, 2009).

Em parceria com Jacob Davis, Levi desenvolveu calças com rebites de cobre (PAUL, 2015). Os rebites vieram da exigência de encontrar uma técnica de reforçar os bolsos de suas calças, tornando-se peças únicas e conhecidas mundialmente (MORASHÁ, 2003). Devido à sua grandiosa inovação o Escritório de Marcas e Patentes dos EUA, fornece a patente a Levi Strauss&Co, nascendo o jeans chamado de "XX" (SITE LEVI'S, 2017). A primeira calça considerada como famosa de Levi foi desenvolvida em 1890, de 100% algodão (CO), nomeada por 501 (CATOIRA, 2009).

### 2.2.1 Matéria-prima

O tecido *denim* é originalmente 100% algodão (CO), os fios ao longo do sentido do urdume são tintos com corante índigo e o comprimento da trama com fios originalmente crus (CHAVAN, 2015). A fibra de algodão está no grupo das fibras naturais e seu polímero é composto por cerca de 95% de celulose. As condições climáticas, teor de umidade do ar e tipos de solos, são fatores que interferem no crescimento da fibra de algodão, assim seu comprimento pode variar de 13 a 40 mm (MCLOUGHLIN et al, 2015).

Erhardt (1976) descreve que a fibra de algodão possui de 20 a 40 micrometros de finura, e compara sua estrutura com um tubo torcido que sofreu determinada tensão superficial. Sua torção é realizada para direita (Z) ou esquerda

(S) e pode ser alterada ao longo do comprimento do fio. Outra característica da fibra de algodão é a desconformidade da cor, devido à sua origem, variando entre as cores branco-amarelo-cinza. Sua higroscopicidade pode oscilar de 8 a 8,5% de umidade de ar, dispondo de um nível alto de intumescimento.

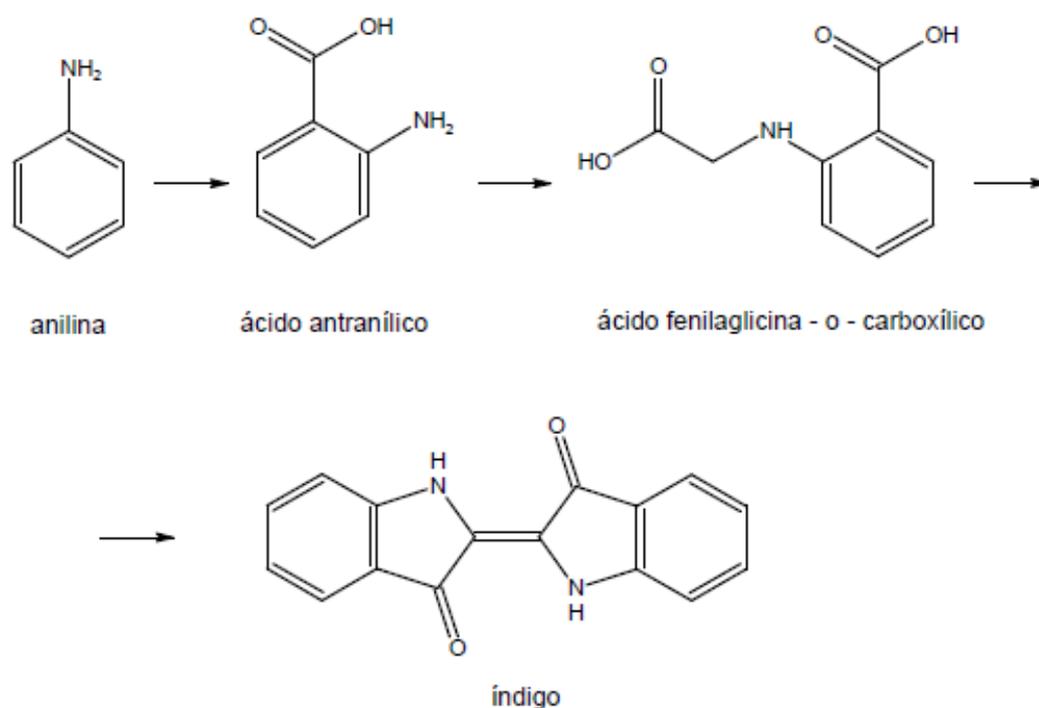
A fibra de algodão está inserida no mercado para produção de peças íntimas, cama, mesa e banho, entre outros. Os fios de algodão são utilizados para tecer na malharia e tecelagem. Com o surgimento de novas fibras, pode haver a mescla, obtendo peças jeans com melhores resultados, porém é válido destacar que as fibras artificiais ou sintéticas não vão substituir a fibra de algodão completamente (ERHARDT, 1976; PAUL, 2015). Atualmente é improvável encontrar um jeans 100% algodão. As mesclas de algodão com elastano surgiram por motivos estéticos, enquanto com o poliéster para a finalidade de reduzir custos.

Industrialmente o tecido *denim* é conhecido como índigo blue devido ao corante índigo que o fio de urdume do tecido recebe (COSTA, 2009).

### 2.2.2 Corante índigo

Chavan (2015) caracteriza o corante índigo como o único que proporciona um azul brilhante, com cor intensa. Lima e Ferreira (2007) relatam que o corante índigo é de origem natural e em tempos antigos eram utilizados como pigmento em peças jeans tornando-se a cor característica do jeans. É extraído da planta indigofera por meio de fermentação, Entretanto, nos dias atuais é utilizado o corante índigo sintético. Sua molécula é constituída por duas moléculas de fenilaglicianato de sódio que é obtida através da anilina por meio de uma solução de hidróxido de sódio e amideto de sódio. A figura 2 ilustra a obtenção do índigo sintético.

Figura 2 - Molécula de obtenção do corante índigo.



Fonte: Lima; Ferreira, (2007).

O corante índigo permite que o *denim* tenha um aspecto final desgastado com diferentes lavagens sem perder a sua tonalidade da cor, pois a penetração no fio ocorre de forma parcial, com as camadas internas da fibra livre de cor. É um corante que se consegue tingir em temperatura ambiente. (CHAVAN, 2015).

A molécula é considerada pequena e de baixa afinidade com a fibra de algodão, assim utiliza-se o método por impregnação para realizar o tingimento. Essa técnica é conhecida por fouldagem uma vez que após a impregnação existem cilindros que realizam a espremedura, favorecendo a entrada do corante no interior da fibra. Sequente a isso é preciso que o corante oxide em contato ao ar, finalizando o processo de tingimento (RIBEIRO, 2015).

### 2.2.3 Tingimento

A forma de tingimento com corante índigo é considerada primitiva uma vez que se utiliza o mesmo método desde cem anos atrás. O método, nomeado por *dip*

caracteriza-se por uma série de vezes em que o fio de urdume é submerso na tina que contém uma solução aquosa de corante. Seguido da foulardagem, fazendo com que o corante recubra o fio de algodão. Sem interrupção o fio sofre o processo de oxidação, onde acontece a ancoragem do corante à fibra.

O *dip* repete-se cerca de 4 a 8 vezes. A quantidade de *dips* é proporcional à intensidade da cor e à solidez do fio (LIMA; FERREIRA, 2007).

Outra variável do processo é o tempo de imersão do fio, que vai depender do tipo de máquina e de que forma o substrato se encontra. Posto isto, existem três principais tecnologias para o tingimento de índigo: loop dye, slasher dye e rope dye. Dentre os quais, destaca-se o *rope dye* conhecido como processo em corda, que possui a vantagem de alta produtividade. Dados do ano de 2003 descrevem que 48% das indústrias utilizavam este método (LIMA; FERREIRA, 2007).

## 2.3 LAVANDERIAS INDÚSTRIAS

As lavanderias industriais surgiram por volta de 1969 e, na época, realizavam o beneficiamento do jeans visando apenas o conforto. A partir de 1980 percebeu-se a necessidade de diferenciação do jeans, quando foram desenvolvidas técnicas de lavagens nas peças como, por exemplo, o envelhecimento e desbotamento das peças (RIBEIRO, 2015).

Abaixo estão descritos alguns tipos de lavagens realizadas em lavanderias industriais em conjunto com suas principais características (RIBEIRO, 2015).

- Alvejamento: efeito que proporciona o contraste de cor entre os fios de trama e urdume;
- Amaciamento: seu principal objetivo é alterar o toque da peça;
- Bigode 3D: é um procedimento realizado de forma manual com auxílio de grampos ou prensas térmicas e resina. A ação da temperatura proporciona fixar o efeito;
- Délavé: técnica de clareamento do jeans;
- Detonado: efeito realizado por meio do uso de esmeril ou retífica, abrindo buracos que são revelados depois da peça lavada;

- Encouramento: obtido por meio da aplicação de resinas que proporcionam à peça um toque semelhante ao do couro;
- *Foil*: realizado em prensa térmica, por meio do papel *foil* que transfere ao artigo efeitos de metalização em pequenas partes da peça;
- Jato de areia: conhecido por desgaste localizado ou total, é promovida por jatos de areia pulverizados por meio de pistola sobre a peça. Ao longo dos anos, está sendo substituída por outros processos devido às questões de saúde do trabalho;
- Laser: remoção do corante superficial presente nas peças com índigo ou em peças tintas por meio do processo de sublimação. Agrega ao produto efeitos localizados, estampas, desenvolvidas em *software* adequado para este fim;
- Lixado total: obtido por meio do atrito de lixas rotativas (lixadeira), que promove o desgaste na peça como um todo, promovendo a remoção do corante presente na superfície do fio;
- Metalizações: obtido por meio de pulverização, pincelamento, espatulagem ou siliconização de pigmentos metalizados;
- *Tie-Dye*: processo de tingimento manual ou industrial, no qual a peça é tinta enquanto se encontra amarrada, proporcionando tingimento desigual, com manchas.
- *Used*: processo que utiliza aplicação do agente oxidante, permanganato de potássio, de forma localizada ou total por meio da pulverização, promovendo a descoloração da peça. Neste processo, o acabamento ocorre peça a peça.

As lavagens agregam às peças jeans novas formas, texturas e cores, de modo que desenvolva peças customizadas e exclusivas (COSTA, 2009). Existe uma gama de tratamentos utilizados para obter lavagens diferenciadas (JUCIENÉ et al, 2006). Um destes tratamentos é a *stone washed* que consiste na lavagem do jeans com a adição de pedras ou enzimas. Outro método é a combinação dos dois processos, nomeado por *destroyer* que propicia um alto efeito de estonagem em um menor tempo (MAGELA, 2012).

### 2.3.1 Lavagem com pedras

Processo em que se usa pedras, seja de origem vulcânica (pomes) ou cinasitas (argila expandida). É considerado um processo de pura abrasividade, uma vez que elimina a cor do índigo de forma a deixar pontos mais claros ao longo de toda superfície da peça. A ação mecânica retira o corante que está inicialmente recobrando o fio e proporciona uma peça com aspecto mais agradável, envelhecido, uma vez que causa a liberação de pequenas fibrilas ao longo do fio de algodão (MAGELA, 2012). Caracteriza-se por ressaltar as costuras da peça (COSTA, 2015).

Os pontos negativos desse tipo de lavagem com pedras estão relacionados à depreciação das máquinas, que com o tempo de uso faz-se necessário a troca dos cestos rotativos, além da contaminação das pedras, que podem prejudicar o processo. Ao utilizar tal processo, deve-se atentar às características da matéria prima, como por exemplo, a gramatura. A abrasividade do banho pode deteriorar tecidos considerados finos (MAGELA, 2012).

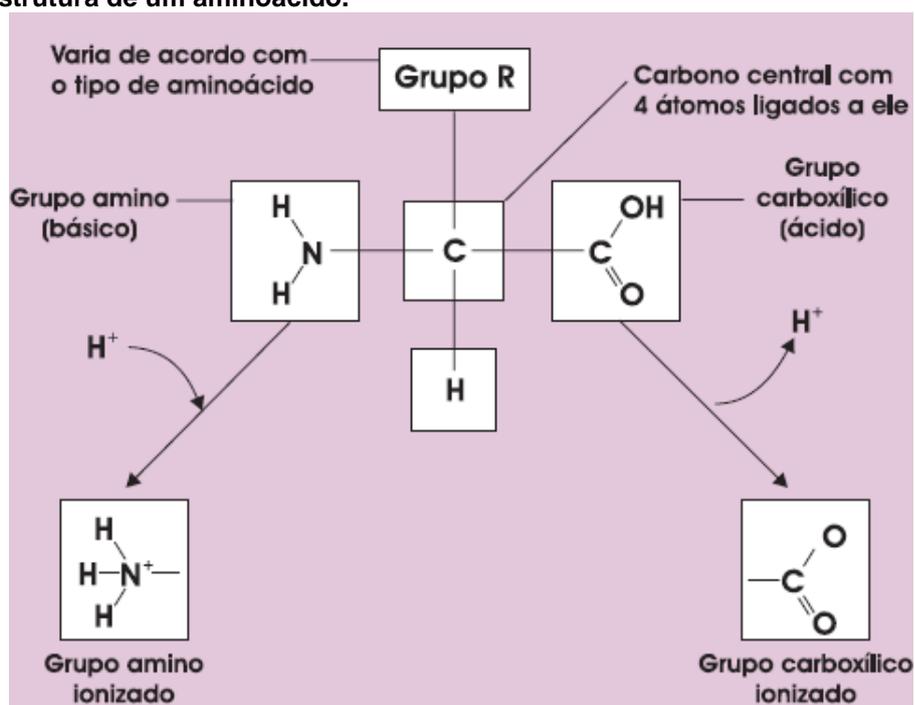
### 2.3.2 Lavagem com enzimas

As enzimas possuem características de baixo custo energético e um menor impacto ambiental (COELHO et al, 2001). São nomeadas como proteínas e atuam como um agente catalisador composto de aminoácidos (TZANOV et al, 2003).

Proteínas são compostas por uma sequência de moléculas de aminoácidos de uma longa cadeia. Todos os aminoácidos estão diretamente ligados a quatro grupos de átomos de carbono central.

O primeiro grupo é considerado como básico nomeado por grupo amino, que pode receber um íon de hidrogênio. O segundo é um grupo carboxílico, o qual pode liberar o íon do grupo anterior. Seguidamente encontra-se um átomo de hidrogênio e, por fim, o grupo "R" que difere a cada diferente tipo de enzima (CUNHA et al, 2006). A Figura 3 ilustra a estrutura de um aminoácido.

Figura 3 - Estrutura de um aminoácido.



Fonte: CUNHA et al, 2006.

O mecanismo de funcionamento da lavagem enzimática dá-se pela ligação da enzima ao substrato, formando um complexo chamado de enzima-subproduto. Logo após, acontece a reação de liberação dos produtos, dessa forma a enzima retorna ao seu estado inicial e liga-se novamente, fazendo com que se inicie um novo ciclo (CUNHA et al, 2006).

Alguns parâmetros podem influenciar na velocidade da reação do processo enzimático. Um deles refere-se à estabilidade da proteína que varia de acordo com o estado de seus grupos ionizáveis. Pode-se destacar também o valor do pH, varia de acordo com as características de cada tipo de enzima. Em relação à temperatura, sabe-se que com o aumento gera-se maior movimentação no sistema e, conseqüentemente, a velocidade da reação intensifica-se. Entretanto sabe-se que a molécula possui um ponto máximo e quando ultrapassar a temperatura faz com que a enzima seja desativada (KOHAN; ARAÚJO, 2007).

As enzimas podem realizar distintos tratamentos no substrato têxtil, sendo eles: biopreparação, biopurga, purga entre outros (MONTEIRO; SILVA, 2009). O Quadro 1 reúne alguns tipos de enzimas utilizadas na indústria têxtil.

**Quadro 1 – Classificação dos tipos de enzimas.**

<b>ENZIMAS</b>	<b>APLICAÇÃO</b>
Lipases	Remoção de lubrificantes
Lacases	Alveamento do algodão
Proteases	Melhoria na qualidade do tingimento
Proteolíticas	Aumento da qualidade da seda
Amilases	Desengomagem
Xilanases	Preparação ao branqueamento
Pectinases	Remoção da camada de pectina do algodão
Celulases	Lavagem do jeans

Fonte: adaptado de Monteiro; Silva, 2009.

As enzimas do tipo celulase são utilizadas nas lavanderias industriais e são aplicadas nos processos de lavagens, uma vez que proporcionam um efeito tacto mais suave na superfície do jeans (DURÁN; DURÁN, 2000).

As lavagens com enzimas propiciam peças de cores visualmente homogêneas, pois as enzimas atacam a superfície dos fios do *denim*, de forma que o corante índigo seja removido da superfície do fio (MAGELA, 2012). Outra vantagem é pelo fato de que as enzimas provocam um menor impacto ambiental quando comparado ao processo de estonagem com pedras (MONTEIRO; SILVA, 2009).

São enzimas processadas por fungos, bactérias aeróbias e anaeróbias e tais microrganismos possuem a função de quebrar a celulose até glicose. Sendo assim existem três componentes principais que atuam durante o processo, sendo eles as endoglucanases, exoglucanases e celobiohidrolases.

As endoglucanases atacam de forma aleatória as regiões amorfas ao longo de toda cadeia, liberando zonas de extremidades. As exoglucanases atacam as extremidades dos polímeros e regiões cristalinas, onde produz-se a celobiose. Para finalizar o ciclo as celobiodidrolases hidrolisam as moléculas da celulose tornando-as glicose (PUBLIO, 2012).

### **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho é definido como uma pesquisa do tipo exploratória que visa o levantamento de hipóteses. É de natureza flexível uma vez que permite a consideração de aspectos pertinentes ao tema estudado, que utiliza por meio de pesquisa bibliográfica (GIL 2002; OTANI 2011). Classifica-se como exploratório porque constata-se a escassez de estudos que quantifiquem a resistência à tração em tecido *denim*.

Triviños (1987) interpreta o conceito de hipótese onde associa-se com fatos ainda não confirmados, no qual suspeitam-se que existam. A priori, as hipóteses levantadas definem que tipo de abordagem a ser utilizada. Sendo assim, faz-se um estudo quantitativo, que permite mensurar os resultados por meio de amostras, que obedeçam um plano pré-estabelecido (GODOY, 1995).

Os próximos tópicos abordarão: a caracterização da amostra, o processo de lavagem do jeans, o teste de resistência à tração das amostras e as análises comparativas

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Desenvolveu-se uma ficha técnica com o objetivo de apresentar as características de cada tecido utilizado para a confecção das peças jeans. O quadro 2 descreve quais normas foram utilizadas para realização das análises.

**Quadro 2 – Normas referentes a cada parâmetro avaliado.**

PARÂMETROS AVALIADOS	NORMAS
----------------------	--------

Tipo de ligação	ABNT NBR 12546
Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	ABNT NBR 10591
Gramatura (oz)	ABNT NBR 10591
Densidade do urdume	ABNT NBR 10588
Densidade da trama	ABNT NBR 10588
Título do fio de urdume (Ne)	ABNT NBR 13214
Título do fio de trama (Ne)	ABNT NBR 13214

Fonte: autor, 2018.

### 3.2 LAVAGENS NO JEANSWEAR

Primeiramente foram confeccionadas peças jeans de tamanho infantil, a partir de tecidos fornecidos pela universidade. Existe a necessidade da realização das lavagens em peças confeccionadas uma vez que as lavanderias de jeans beneficiam apenas peças confeccionadas e também pelo motivo das pedras e enzimas agirem sobre as costuras, promovendo marcações. Dessa forma, tentou aproximar-se o máximo possível da realidade industrial.

As lavagens nas peças confeccionadas foram realizadas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no laboratório de lavanderia industrial. Realizaram-se três tipos de lavagens, sendo elas: estonagem enzimática, estonagem com pedras e o processo combinado de estonagem com enzimas/pedras. Os procedimentos orientativos adotados no trabalho foram os mesmo utilizados no segmento industrial. A Figura 4 corresponde às imagens do laboratório de lavanderia da UTFPR.

**Figura 4 - Laboratório da lavanderia industrial.**



Fonte: autor, 2018.

### 3.2.1 Estonagem enzimática

Primeiramente foram separadas duas peças para a realização da estonagem enzimática, sendo cada uma de um tipo de amostra (100%CO) e (98%CO – 2%PUE). A quantidade em quilogramas das duas amostras correspondeu a 750 gramas. O Quadro 3 descreve o procedimento utilizado para a realização da estonagem enzimática.

**Quadro 3 – Procedimento experimental da estonagem com enzimas.**

ETAPAS	PROCEDIMENTO	INSUMOS
--------	--------------	---------

1º	Desengomagem	Enzima $\alpha$ -amilase (1%spm) Antimigrante (1%spm) Temperatura 60°C RB 1:10 Tempo 10 minutos
2º	Dois Enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
3º	Estonagem enzimática	Enzima Celulase neutra (2%spm) Antimigrante (1%spm) Tempo 60 minutos Temperatura 60°C RB 1:5 pH 7
4º	Dois Enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
5º	Ensaboamento	Antimigrante (1%spm) Temperatura 60°C RB 1:10 Tempo 10 minutos
6º	Dois Enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
7º	Amaciamento	Amaciante catiônico (2%spm) Temperatura 40°C Tempo 10 minutos RB 1:5
8º	Enxágue à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
9º	Centrifugação	
10º	Secagem	Temperatura 80°C

Fonte: autor, 2018.

### 3.2.2 Estonagem com pedras

Para o processo de estonagem com pedras utilizaram-se também duas peças para a realização da lavagem. Sendo elas, uma amostra com composição 100% algodão e outra com composição 98% algodão - 2% elastano. A quantidade em quilogramas das quatro amostras corresponde a 750 gramas e as pedras empregadas foram as cinasitas. O Quadro 4 descreve o procedimento utilizado para a realização da estonagem com pedras.

Quadro 4 – Procedimento experimental da estonagem com pedras.

ETAPAS	PROCEDIMENTO	INSUMOS
1º	Desengomagem	Enzima $\alpha$ -amilase (1%spm) Antimigrante (1%spm) Temperatura 60°C RB 1:10 Tempo 10 minutos
2º	Dois Enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
3º	Estonagem com pedras	1:2 - 1Kg de tecido;2Kg de pedras Antimigrante (1%spm) Tempo 60 minutos RB 1:5
4º	Dois Enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
5º	Ensaboamento	Antimigrante (1%spm) Temperatura 60°C RB 1:10 Tempo 10 minutos
6º	Dois Enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
7º	Amaciamento	Amaciante catiônico (2%spm) Temperatura 40°C Tempo 10 minutos RB 1:5
8º	Enxágue à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
9º	Centrifugação	
10º	Secagem	Temperatura 80°C

Fonte: autor, 2018.

### 3.2.3 Estonagem enzimas/pedras

Para o processo combinado de estonagem enzimática e pedras, utilizou-se quadro peças para a realização do experimento. Sendo elas, duas com composição 100% algodão e duas amostras com composição 98% algodão - 2% elastano. A quantidade em quilogramas das quatro amostras corresponde a 1,5 quilogramas. O Quadro 5 descreve o procedimento utilizado para a realização da estonagem enzimática/pedras.

Quadro 5 – Processo experimental da estonagem enzimática/pedras.

ETAPAS	PROCEDIMENTO	INSUMOS
1º	Desengomagem	Enzima $\alpha$ -amilase (1%spm) Antimigrante (1%spm) Temperatura 60°C RB 1:10 Tempo 10 minutos
2º	Dois Enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
3º	Estonagem com enzimas e pedras	1:2 - 1Kg de tecido;2Kg de pedras Antimigrante (1%spm) Enzima Celulase neutra (2%spm) Tempo 60 minutos RB 1:1
4º	Dois Enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
5º	Ensaboamento	Antimigrante (1%spm) Temperatura 60°C RB 1:10 Tempo 10 minutos
6º	Dois Enxágues à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
7º	Amaciamento	Amaciante catiônico (2%spm) Temperatura 40°C Tempo 10 minutos RB 1:5
8º	Enxágue à frio	RB 1:15 Tempo 2 minutos
9º	Centrifugação	
10º	Secagem	Temperatura 80°C

Fonte: autor, 2018.

### 3.3 REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Realizou-se os ensaios de resistência à tração no tecido utilizado nas peças, 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 teste de resistência à tração realizado no laboratório de Estruturas, no câmpus Apucarana, constitui-se de duas garras fixas apropriadas para materiais têxteis com tamanho 8,8 cm de comprimento, onde foram posicionadas amostras com altura superior a 5 cm. O teste é realizado com a 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 5 apresenta o equipamento utilizado.

**Figura 5 - Equipamento de ensaios universais WDW-300E.**



Fonte: autor, 2018.

### 3.4 ANÁLISE COMPARATIVA

Realizou-se uma análise comparativa visando quantificar a perda de resistência que a peça sofre após os processos de estonagem enzimática, pedras e a combinação delas. Assim foi possível identificar qual dos processos causou maior dano ao material.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados serão apresentados nesse tópico. Primeiramente descrevem-se as informações técnicas das amostras utilizadas. Logo após, apresentam-se os resultados das respectivas lavagens descritas na metodologia. Seguido disso, os testes de resistência à tração de cada amostra e por fim uma análise comparativa dentre elas.

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS**

Realizou-se a caracterização das amostras utilizadas no procedimento experimental. A Figura 6 descreve as informações da peça 100% algodão (CO) nomeadas por amostra 1.

Figura 6 - Ficha técnica amostra 1 com composição 100%CO.

<b>FICHA TÉCNICA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO</b>						
<b>Informações Técnicas</b>		<b>Raport</b>				
Tipo de ligação	Sarja 3/1					
Composição	100%CO	4				
Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	351,8	3				
Gramatura (oz/jd <sup>2</sup> )	10,4	2				
Densidade do urdume	26 fios/cm	1				
Densidade da trama	17 batidas/cm		1	2	3	4
Título do fio de urdume (Ne)	8					
Título do fio de trama (Ne)	8					
<b>Imagem Amostra Confeccionada</b>						
Frente		Costas				

Fonte: autor, 2018.

Da mesma maneira realizou-se a caracterização das amostras 98% algodão (CO) e 2% elastano (PUE), nomeada por amostra 2. A Figura 7 descreve as informações da peça.

Figura 7 - Ficha técnica amostra 2 com composição 98%CO – 2%PUE.

FICHA TÉCNICA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO						
Informações Técnicas		Raport				
Tipo de ligação	Sarja 3/1					
Composição	98%CO; 2%PUE	4				
Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	329,2	3				
Gramatura (oz/jd <sup>2</sup> )	9,7	2				
Densidade do urdume	29 fios/cm	1				
Densidade da trama	21 batidas/cm		1	2	3	4
Título do fio de urdume (Ne)	10					
Título do fio de trama (Ne)	12					
Imagem Amostra Confeccionada						
Frente		Costas				

Fonte: autor, 2018.

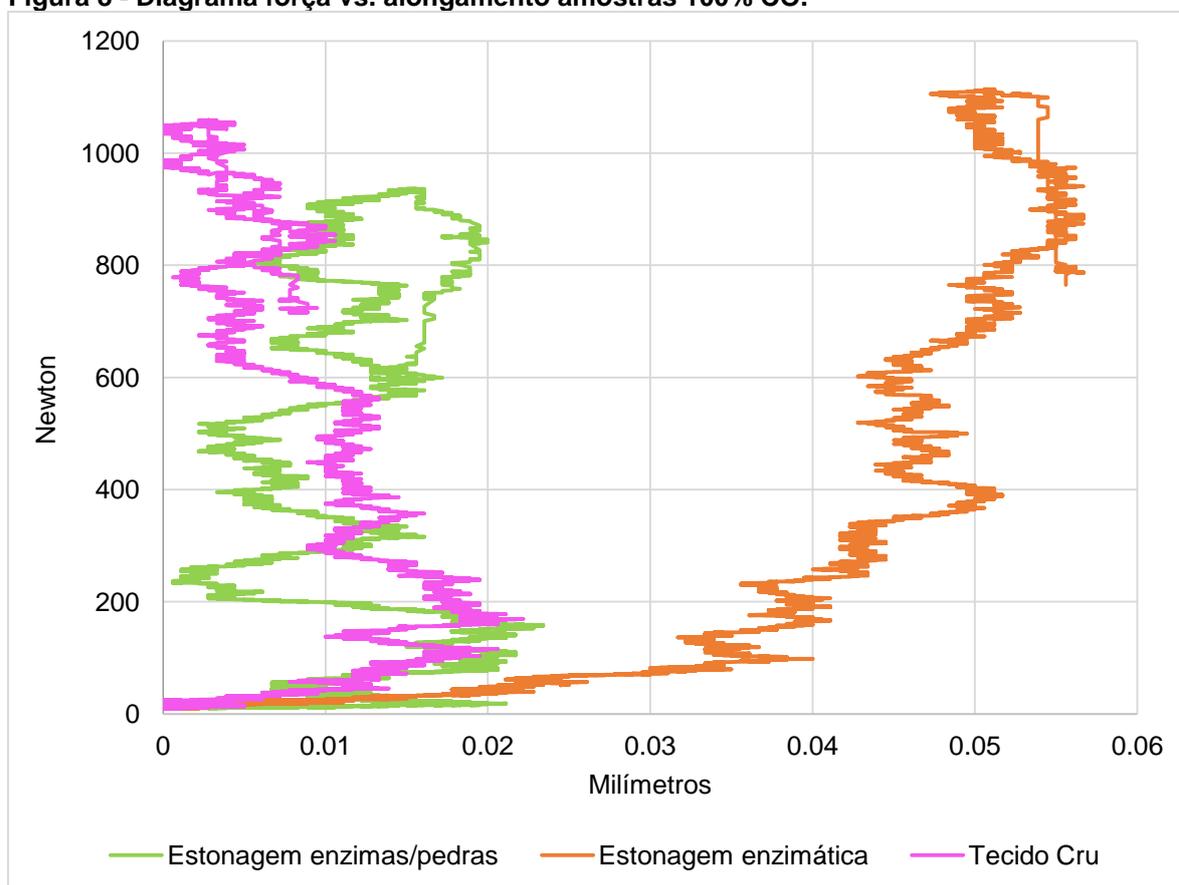
#### 4.2 REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

O equipamento de ensaios universais foi inicialmente calibrado para a execução de análises a uma velocidade de 1mm/min, pois o comportamento das amostras eram desconhecidos. Os corpos de prova ensaiados apresentaram área útil de aproximadamente 12cm por 14cm para encaixar na garra fixa do equipamento. Por meio da largura real da garra fixa de 8,8 cm e da densidade do tecido do urdume, estima-se que, para o tecido de composição 100% algodão, aproximadamente 229 fios de urdume foram tensionados. Para o tecido de composição 98% algodão - 2% elastano, foram aproximadamente 256 fios.

Durante o ensaio a máquina disponibiliza dados que relacionam o alongamento aplicado à força resistida pela amostra. Sendo assim é possível esboçar graficamente a relação entre força (Newtons) e alongamento (em mm). Os ensaios de resistência à tração foram realizados em duas etapas, devido à quantidade de amostras que foram selecionadas. Na primeira etapa analisaram-se as amostras com tecido cru, estonagem combinada de enzimas/pedras, estonagem com pedras e estonagem enzimática para o tecido 100% algodão.

A Figura 8 contém o diagrama das amostras que se comportaram de maneira parecida, sendo elas as amostras com tecido cru, estonagem enzimática/pedras e estonagem enzimática. Todas em tecido do tipo 100% algodão.

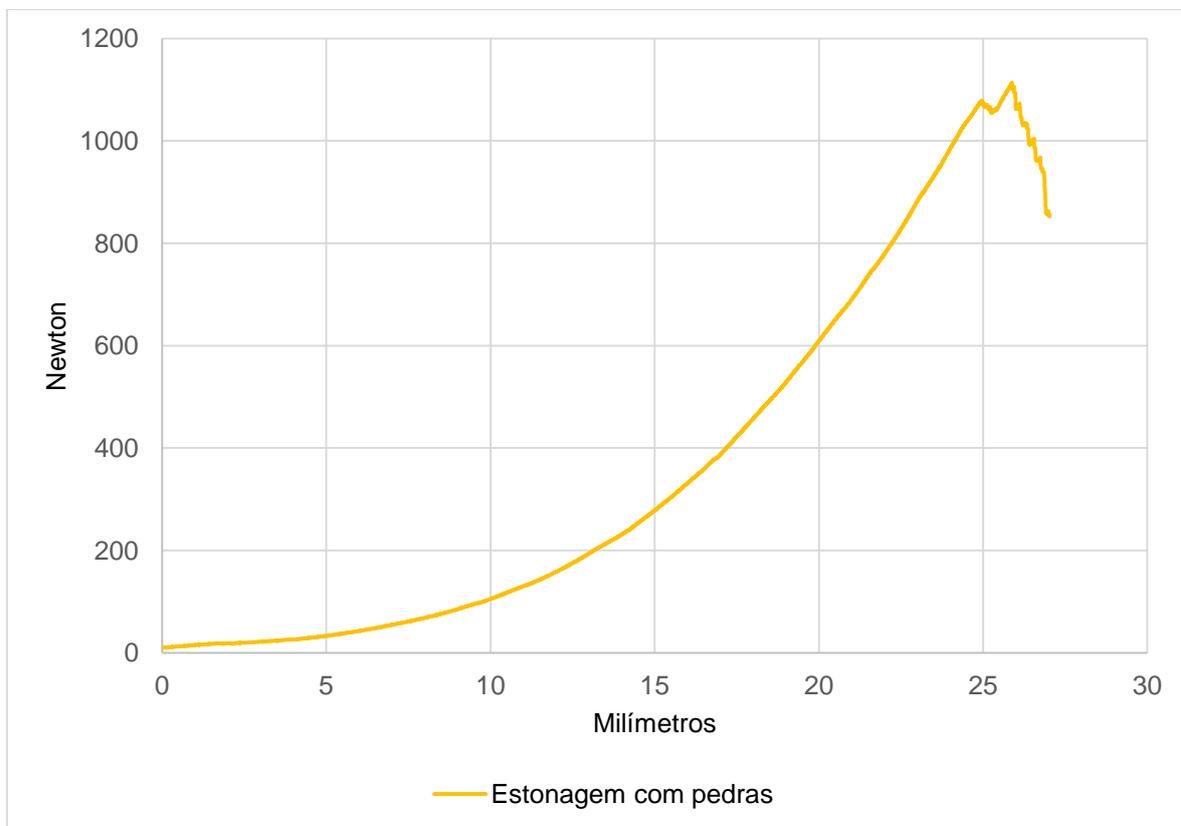
**Figura 8 - Diagrama força vs. alongamento amostras 100% CO.**



Fonte: autor, 2018.

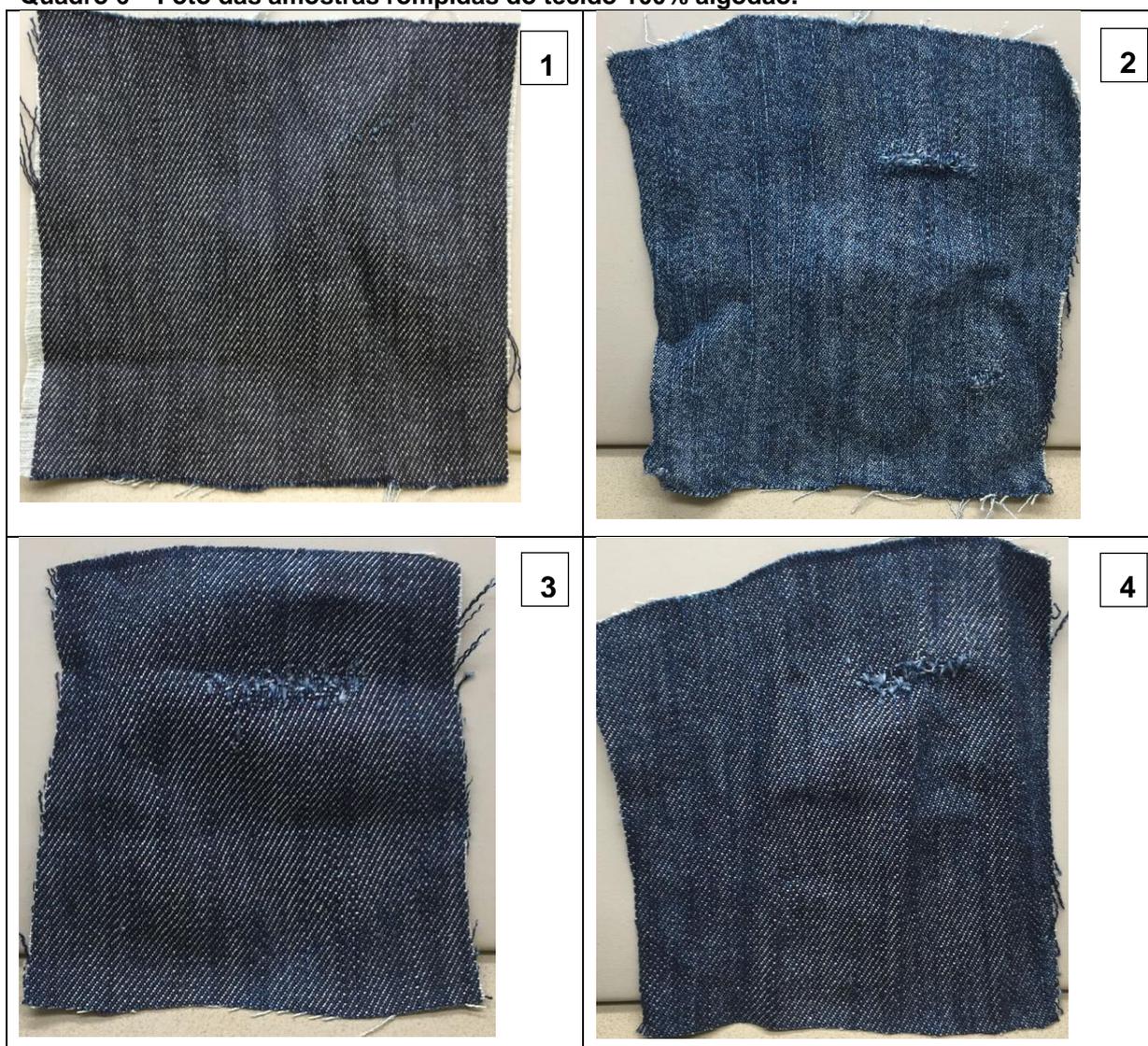
O alongamento destas amostras foi imperceptível a olho nu, estando na ordem dos centésimos de mm. Ainda para o tecido 100% algodão somente a amostra da estonagem com pedras apresentou um diagrama distinto dos outros. A Figura 9 ilustra o diagrama obtido.

**Figura 9 - Diagrama força vs. alongamento amostra 100% CO.**



**Fonte: autor, 2018.**

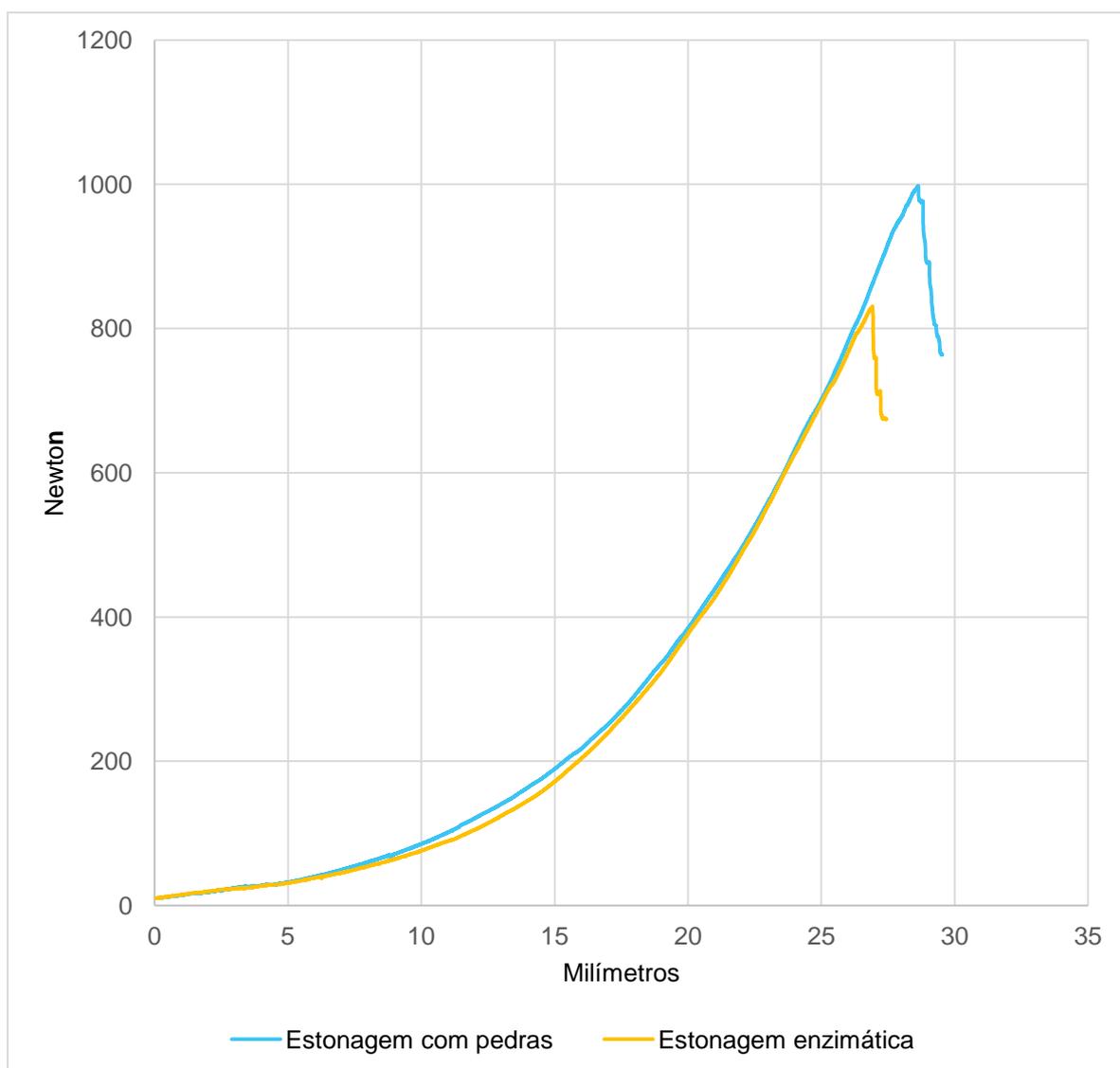
O Quadro 6 apresenta as imagens dos corpos de prova rompidos descritos anteriormente. As amostras estão numeradas na seguinte ordem: 1 - tecido cru; 2 - estonagem enzimas/pedras; 3 - estonagem enzimática; 4 - estonagem com pedras.

**Quadro 6 – Foto das amostras rompidas do tecido 100% algodão.**

Fonte: autor, 2018.

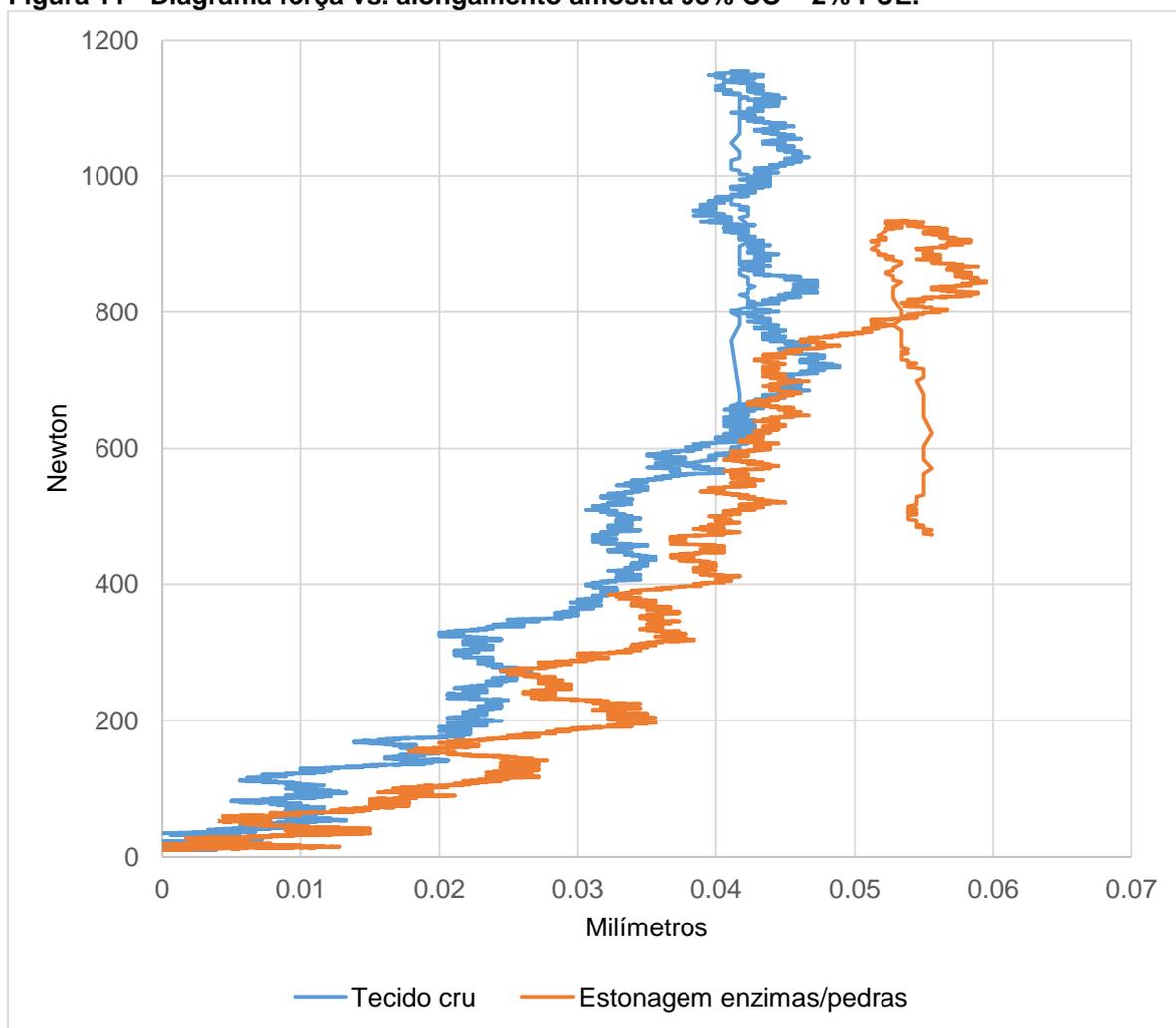
Na segunda etapa do procedimento aumentou-se a velocidade da máquina de ensaios para 2mm/min, visto que as peças aguentam uma força maior do que a julgada inicialmente. Com base nos dados gerados pelo *software* foi possível elaborar gráficos para melhor compreensão do experimento.

A Figura 10 contém os diagramas de força vs. alongamento das amostras que se comportaram de maneira parecida, refere-se à estonagem de pedras e estonagem enzimática para o tecido 98% algodão e 2% elastano.

**Figura 10 - Diagrama força vs. alongamento amostras 98% CO – 2% PUE.**

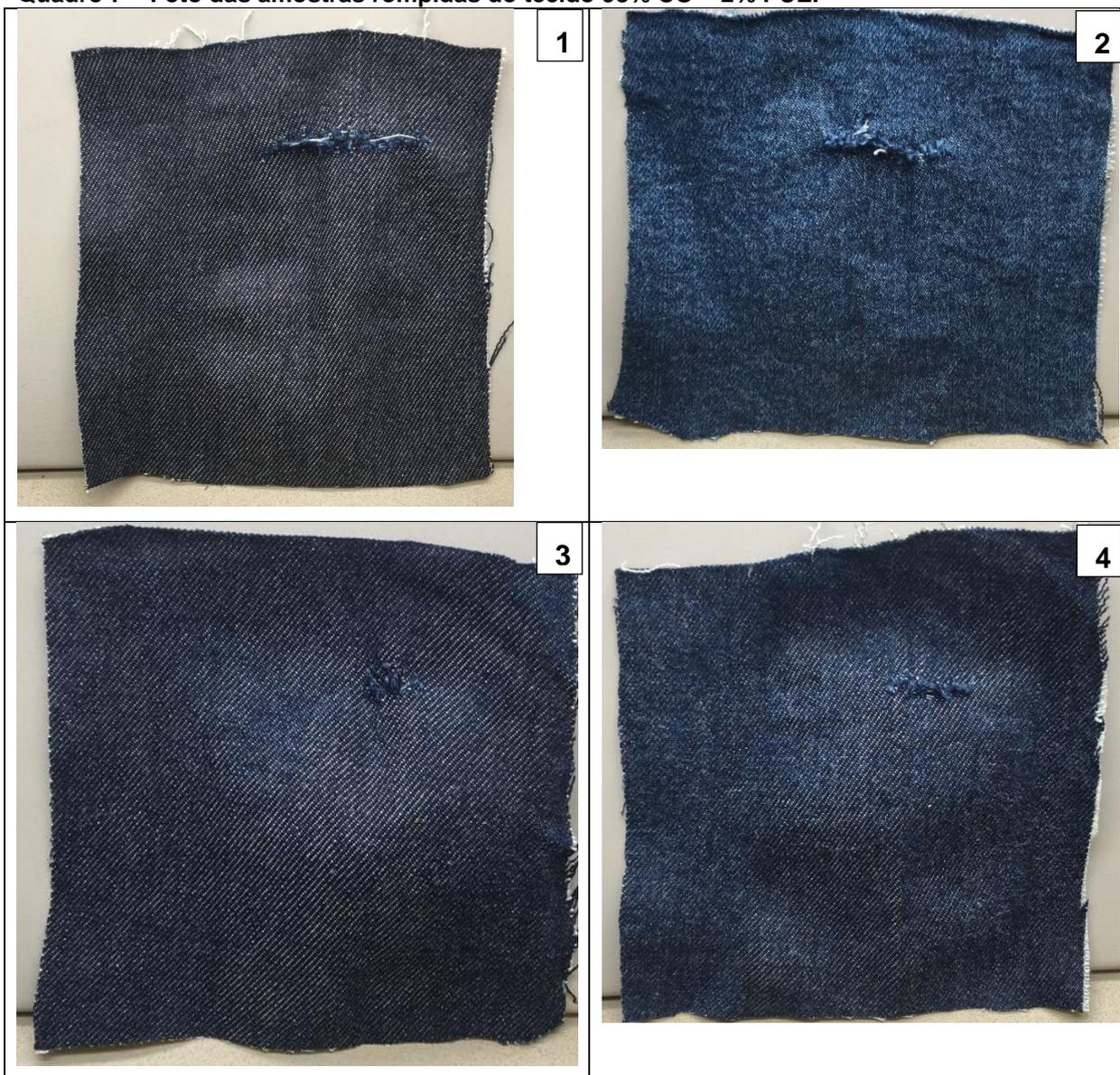
Fonte: autor, 2018.

Os diagramas das amostras de tecido cru e estonagem com processos combinado (enzimas/pedras) apresentaram outra performance. A Figura 11 ilustra o comportamento.

**Figura 11 - Diagrama força vs. alongamento amostra 98% CO – 2% PUE.**

Fonte: autor, 2018.

O Quadro 7 apresenta as imagens de cada corpo de prova rompido dos testes descritos anteriormente. As amostras estão numeradas na seguinte ordem: 1 - tecido cru; 2 - estonagem enzimas/pedras; 3 - estonagem enzimática; 4 - estonagem com pedras.

**Quadro 7 – Foto das amostras rompidas do tecido 98% CO – 2% PUE.**

Fonte: autor, 2018.

### 4.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Mediante os resultados obtidos nos testes de resistência à tração foi possível analisar e comparar qual a influência da lavagem nas peças jeans. Primeiramente examinaram-se as peças com composição 100% algodão, seguido das peças com composição 98% algodão – 2% elastano.

#### 4.3.1 Artigos com composição 100% algodão

A Figura 12 apresenta, da esquerda para a direita, uma imagem das amostras com estonagem enzimática/pedras, estonagem enzimática, estonagem com pedras e peça com tecido cru. A fonte de luz utilizada foi a D65.

**Figura 12 - Peças com estonagem enzimática/pedras, estonagem enzimática, estonagem com pedras e peça com tecido cru. Artigo com composição 100%CO.**



Fonte: autor, 2018.

Em relação ao aspecto visual, consegue-se concluir que cada tipo de lavagem proporcionou uma determinada coloração nas peças jeans. Nota-se que a peça com estonagem enzimas/pedras perdeu mais coloração quando comparada as outras lavagens. Isso já era esperado uma vez que o tempo do processo foi mantido o mesmo, então a combinação dos processos tende a promover maior descoloração na peça. Considerando a peça com maior nível de maciez destaca-se a amostra de estonagem com pedras.

Avaliou-se de forma quantitativa a força aplicada em cada peça até seu estado de ruptura. A Tabela 1 reúne os valores obtidos nos testes das amostras com composição 100% algodão.

**Tabela 1 - Resistência máxima à tração das peças 100% CO.**

<b>AMOSTRAS</b>	<b>FORÇA (N)</b>	<b>Redução (%)</b>
Tecido cru	1282	-
Estonagem enzimática	1114	13,1%
Estonagem com pedras	1078	15,9%
Estonagem enzimática/pedras	936	26,9%

Fonte: autor, 2018.

Por meio dos dados descritos na Tabela 1, pode-se observar que a amostra com tecido original resistiu à uma maior força. Esse fato justifica-se, pois quando o tecido se encontra em seu estado cru, contém determinada carga de goma nos fios de urdume. Conforme afirma Pereira (2009), a goma proporciona maior estabilidade para o processo de tecimento uma vez que os fios de urdume sofrem tensões significativas no que diz respeito ao atrito com peças do tear.

Outro fator que a goma proporciona é a união das microfibrilas ao longo de toda camada superficial da fibra, melhorando então a resistência à tração e promovendo o encapsulamento dos fios com uma película elástica. Consequentemente acredita-se que a engomagem das fibras do urdume influencia diretamente nos testes de resistência da amostra do tecido. O tecido cru não foi submetido a nenhuma força de atrito, logo suspeita-se que resulte no mais resistente.

A segunda amostra de maior resistência foi o tecido estonado com enzimas. Quando comparada com tecido cru nota-se uma redução de aproximadamente 13,1% em sua resistência. No processo de lavagem primeiramente realizou-se a desengomagem na peça, pois a goma impede o tratamento posterior de estonagem, uma vez que proporciona ao fio característica de repelência à água (substâncias hidrófobas) indesejáveis para os tratamentos de lavagem (JULIANO; PACHECO, 2008). Sendo assim, a resistência que a goma proporcionou na amostra do tecido cru pode ser desconsiderada, uma vez que foi realizado a desengomagem da peça, reduzindo o nível de força suportada.

Além disso, a lavagem de estonagem enzimática, empregada nesse trabalho, foi com enzimas do tipo celulasas com pH neutro de 7, consideradas de menor poder de abrasão sobre a fibra (MAGELA, 2012).

Na sequência, a terceira amostra que mais suportou carga foi o tecido estonado com pedra e quando comparada com tecido cru verifica-se uma redução de aproximadamente 15,9% em sua resistência. Nesta lavagem também realizou-se a desengomagem previamente à estonagem. As pedras utilizadas propiciam um alto nível de abrasividade sobre a superfície do tecido, uma vez que libera as microfibrilas dos fios (MAGELA, 2012).

Em último lugar, a amostra que resistiu a uma menor força foi o tecido que recebeu a estonagem com processos combinado de enzimas e pedras, onde identificou-se uma redução em torno de 26,9%. Esse tipo de lavagem é realizado industrialmente uma vez que, com a junção dos dois processos, a lavagem pode ocorrer em um menor tempo, tornando o processo mais economicamente viável (MAGELA, 2012).

Porém, nesse estudo, não houve a diminuição do tempo nesse processo. Para uma melhor comparação dos dados obtidos, fixou-se um tempo de processo de 60 minutos para todas as lavagens. Conclui-se que com a junção dos dois processos de estonagem na mesma peça, houve um tempo excessivo de tratamento e conseqüentemente os testes de resistência à tração caíram consideravelmente.

A norma NBR 14634 da ABNT (1999) classifica o tecido plano de 100% algodão (*denim*) com *rapport* em sarja por leve, médio ou pesado. Outro parâmetro apresentado pela norma é em relação à resistência a tração no sentido da trama e no urdume, que devem ser maiores ou superiores aos valores indicados.

O tecido utilizado para esse teste apresenta gramatura aproximadamente de 351,8g/m<sup>2</sup>, que está associado a um tecido do tipo médio, com resistência à tração no sentido do urdume exigida por norma superior a 650 N. A classe acima, nomeada por tecido pesado, deve apresentar uma resistência mínima de 1200 N. Sendo assim, para as amostras analisadas, somente o tecido cru resistiu aproximadamente 7% acima do considerado pesado. As outras amostras condizem com os parâmetros para tecidos médios.

Para o sentido da trama a NBR 14634 determina que um tecido do tipo médio deve suportar uma força mínima de 300 N. Posto isso, realizou-se um ensaio

no sentido da trama para a amostra e a carga suportada foi de 852N. Sendo assim, considera-se que o resultado foi superior ao parâmetro que a norma apresenta.

#### 4.3.2 Artigos com composição 98% algodão – 2% elastano

Em relação ao aspecto visual, consegue-se concluir que cada tipo de lavagem proporcionou uma determinada cor nas peças jeans. A Figura 13, apresenta da esquerda para a direita, uma imagem das amostras com estonagem enzimática/pedras, estonagem enzimática, estonagem com pedras e peça com tecido cru. A fonte de luz utilizada foi a D65.

**Figura 13 - Peças com Estonagem enzimática/pedras, estonagem enzimática, estonagem com pedras e peça com tecido cru. Artigo com composição 98%CO – 2%PUE.**



Fonte: autor, 2018.

Avaliou-se de forma quantitativa a força aplicada em cada peça até seu estado de ruptura. A Tabela 2 descreve quais os valores obtidos nos testes das amostras com composição 98% algodão – 2% elastano.

**Tabela 2 - Resistência máxima à tração das peças 98% CO – 2% PUE.**

<b>AMOSTRAS</b>	<b>FORÇA (N)</b>	<b>REDUÇÃO (%)</b>
Tecido cru	1155	-
Estonagem com pedras	997	13,7%
Estonagem enzimática/pedras	933	19,2%
Estonagem enzimática	830	28,1%

Fonte: autor, 2018.

Qadir et al, (2014) realizaram um estudo de quantificação da resistência à tração do tecido com composição mista de algodão com elastano. Os testes foram realizados no sentido da trama, por meio dos quais verificou-se e comprovou-se uma relação inversamente proporcional tal que, quanto maior o nível de elastano presente no fio de algodão, menor a resistência à tração do tecido no sentido da trama.

Para o presente trabalho os testes foram realizados no sentido do urdume no tecido, mas da mesma maneira percebe-se influência do elastano sobre a resistência do tecido. Ao comparar os valores da Tabela 1 com os da Tabela 2, verificam-se níveis de força menores para o tecido de composição mista.

Descrevendo os testes de forma decrescente verificou-se que o tecido cru foi a amostra que demonstrou uma maior resistência, que pode ser justificada da mesma forma que anteriormente, devido às características intrínsecas da goma.

Seguidamente, a amostra do tecido da estonagem com pedras suportou a segunda maior força, contudo é considerado um procedimento prejudicial ao meio ambiente. Oliveira (2006) caracterizou os efluentes de uma lavanderia industrial e encontrou altos níveis de efluentes, uma vez que o processo de atrito entre as pedras e o tecido libera uma grande quantidade de resíduos sólidos.

Para o processo de estonagem com pedras existem diversas desvantagens, sendo elas o desgaste rápido das máquinas utilizadas na lavanderia, atrito excessivo com as peças o que influencia diretamente em sua perda de resistência, além de

condições de trabalho insalubre, já que o processo resulta em alto nível de ruído das máquinas (FREITAS, 2009).

As amostras que receberam lavagens com enzimas foram as que menos resistiram ao teste de tração. Gençer e Balci (2013) descrevem que as enzimas do tipo celulase possuem três principais componentes (endoglucanases, exoglucanases e celobiohidrolases), entretanto quando comercializadas de maneira inadequada podem conter misturas de diferentes componentes e como resultado podem causar efeitos desfavoráveis sobre a superfície têxtil.

A presença do elastano na peça pode afetar diretamente as características de resistência do material quando na presença da enzima, devendo ser melhor explorado esse fato.

#### 4.3.3 Variação percentual entre os resultados das análises de resistência

A Tabela 3 descreve a redução percentual da resistência do tecido 100% algodão em comparação ao tecido 98% algodão - 2% elastano.

**Tabela 3 - Redução em percentual da resistência para os tecidos de diferentes composições.**

AMOSTRAS	FORÇA (N)		Redução em percentual
	100% CO	98% CO-2% PUE	
<b>Estonagem enzimática/pedras</b>	936	933	0,32%
<b>Estonagem enzimática</b>	1114	830	25,49%
<b>Estonagem com pedras</b>	1078	997	7,51%
<b>Tecido cru</b>	1282	1155	9,91%

Fonte: autor, 2018.

Como os resultados foram expressivamente menores para as amostras com tecido misto, pode-se concluir que o elastano influenciou diretamente na resistência à tração do tecido. Destaca-se o resultado referente à amostra que recebeu lavagem com enzimas, cuja resistência à tração foi cerca de 25% menor para o tecido de composição mista.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho realizou uma análise detalhada para maior conhecimento dos dois tipos de tecidos *denim* utilizado, sendo eles de composição 100% algodão e 98% algodão – 2% elastano. Posteriormente, realizaram-se os processos de estonagem enzimática, estonagem com pedras e estonagem enzimas/pedras, nas amostras confeccionadas a partir do *denim*. Para a realização dos experimentos utilizaram-se os laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana.

Após os processos de lavagens finalizados, realizaram-se os testes de resistência à tração nas peças, onde foi possível quantificar sua resistência máxima em Newtons. A partir disso obtiveram-se parâmetros de comparação entre as peças com diferentes estonagens e tecido original.

Assim, pode-se concluir que para os dois tipos de matéria-prima utilizadas, sendo elas 100% algodão e 98% algodão - 2% elastano as peças que suportaram a maior carga não foram submetidas a nenhum tipo de processo posterior, nomeadas então por tecido cru. O resultado obtido já era suposto, uma vez que, as peças não sofreram nenhum atrito e ainda os fios de urdume estavam engomados.

Para o tecido 100% algodão em ordem decrescente, as peças que mais suportaram foram estonagem enzimática, estonagem com pedras e estonagem enzimas/pedras. Constata-se que as pedras com enzimas causam um atrito superior nas peças, proporcionando uma menor resistência à tração. Por meio dos resultados obtidos conclui-se que o processo de estonagem enzimática é considerado o menos agressivo para o *denim* 100% algodão.

Entretanto, para as peças de composição mista, os resultados obtidos foram inversamente proporcionais, uma vez que a amostra estonada com enzimas resultou-se em uma menor resistência, o que demonstra uma relação nociva entre o elastano e as enzimas neutras, propriedade que deve ser examinada com maior cautela.

Ao final dessa pesquisa conclui-se que os processos de lavagens nas peças confeccionadas a partir do tecido *denim*, afetam diretamente o ciclo de vida dos produtos.

Priorizando as características do *slow fashion* a fim de prolongar a vida útil das peças, uma sugestão para trabalhos futuros é avaliar a correlação entre o elastano e as enzimas neutras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIT. Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. **Perfil do setor**. Disponível em: < <http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor> >. Acesso em: 05 de nov. 2017.

ALMEIDA, A. de C. V. R.; EMIDIO, L. de F. B. A Evolução da Calça Jeans e do Comportamento do Consumidor: uma reflexão como parâmetro para a concepção do produto. **Projética Revista Científica de Design**. Londrina. v3. n2. p.77-87, dez. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10588**: Tecido planos – Determinação da densidade de fios. Rio de Janeiro: Abnt, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10591**: Materiais têxteis – Determinação da gramatura de superfícies têxteis. Rio de Janeiro: Abnt, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12546**: Materiais têxteis – Ligamentos fundamentais de tecidos planos - Terminologia. Rio de Janeiro: Abnt, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12744**: Fibras Têxteis. Rio de Janeiro: Abnt, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13214**: Materiais têxteis – Determinação do título de fios. Rio de Janeiro: Abnt, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13462**: Tecido de malha por trama – Estruturas fundamentais. Rio de Janeiro: Abnt, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14634**: Tecido plano de 100% algodão – *Denim* – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: Abnt, 1999.

BASTIAN, E. Y. O.; ROCCO, J. L. S. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**. São Paulo: CETESB: SINDITÊXTIL, 2009.

BRAGA, E. J. et al. **O processo de Transferência de Tecnologia na Indústria têxtil**. Journal of Technology Management & Innovation. v.4. 2009.

BROOKS, A. **Systems of provision**: Fest fashion and jeans. Department of Geography. Geoforum. Elsevier. p.36-39. 2015.

CARLI, A. M. S. **Moda no terceiro milênio**: novas realidades, novos valores. Manfredini, M. L. (Org.). Moda em Sintonia, Caxias do Sul: Educs. 2010.

CATOIRA, L. **Jeans, a roupa que transcende a moda**. 2.ed. Aparecida, SP: Idéias & Letras, 2006. 11p.

CATOIRA, L. **Moda Jeans**: Fantasia estética sem preconceito. Aparecida, SP: Idéias & Letras, 2009. 66p.

CHATAIGNIER, G. **Fio a Fio**: tecidos, moda e linguagem. Estação das letras. São Paulo. 2006.

CHAVAN, R. B. **Indigo dye and reduction techniques**. Denim manufacture, Finishing and Applications. The Textile Institute. Woodhead Publishing. Elsevier. n.164. 2015.

COELHO, M. A. Z. et al. **Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais**: produção de enzimas a partir da casca de coco verde. B. CEPPA. . v.19, n. 1, p. 33 – 42, Jan/Jun. 2001.

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.

COSTA, M. R. **Efeitos superficiais sobre o índigo**: Parte I – Procedimentos físicos. Instituto Químico de Lima. Peru. 2015.

CUNHA, R. T. da. et al. **Aplicação de enzimas em processos industriais têxteis**. Química têxtil. n. 82, p. 38 – 56, Mar. 2006.

DAMASCENO, A. C. B. D.; et al. **Slow Fashion x Fast Fashion como estratégias de vendas**. 12º Colóquio de Moda – 9ª Edição Internacional. 3º Congresso de Iniciação Científica em Design e Moda. 2016.

DURÁN, N.; DURÁN, M. **Enzyme applications in the textile industry**. Rev. Prog. Coloration. v. 30. P. 41 – 44. 2000.

DUVAL, L. A.; FOODY, P. J. **Novo método para avalia a perda de resistência em peças confeccionadas com Denim**. Revista Química Têxtil. n. 88. Set. 2007.

EL-DESSOUKI, H. A. **Effect of Different Washing Methods on Mechanical Properties of Egyptian Denim Fabrics**. Faculty of Specific Education, Ain Shams University Egypt. 2015.

ERHARDT, T. et al. **Curso técnico Têxtil**: Física e Química aplicada, fibras têxteis, tecnologia. São Paulo. v.2. São Paulo. 1976.

FREITAS, K. R. **Estabilização enzimática para aplicação em biopurga de tecidos de malhas de algodão**. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2009.

FIGUEIDERO, G. C.; CAVALCANTE, A. L. B. L. Calça Jeans – **Produtividade e Possibilidades Sustentáveis**. Projética. v.1. n.1. Londrina. Dez. 2010.

GENÇER, U.; BALCI, O. **Cellulase enzyme application for the cotton based woven fabrics Part I. Determination of effect of enzyme on the performance**. v.64. n.1. Industria Textila. 2013.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.a, 2002.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades: Uma revisão histórica dos principais autores e obras que relembram esta metodologia de uma pesquisa em Ciências Sociais. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo. v. 35, n. 2, p. 57-63, abr. 1995.

GOMES, P. et al. **Manual do Formando. Módulo 1: Tecnologia de confecção**. Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal (CITEVE). Vila nova de Famalicão. 2005.

GORINI, A. P. F. **O segmento do índigo**. 10. ed. Rio de Janeiro: BNDES. Biblioteca Digital. p. 314-334. 1999.

**Guia de implementação: Normas para confecção de jeans**. Recurso eletrônico. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Rio de Janeiro. ABNT. SEBRAE. 2012.

IARA: Revista de moda, cultura e arte. São Paulo-SP: Senac, v.7, n.2, 2014.

JUCIENÉ, M. et al. **Influence of industrial washing on Denim properties**. Department of Cloting and Polymer Products Technology. Kaunas University of Technology. v.12, n. 4, p. 355 – 359, Out. 2006.

JULIANO, L. N. PACHECO, S. M. **Apostila de estamparia e beneficiamento têxtil**. unidade Aranguá, CEFET-SC, Araranguá, 2008.

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.

KON, A.; COAN, D. C. **Transformações da indústria têxtil brasileira**: A transição para a modernização. São Paulo: Revista de Economia Mackenzie. ano3, n.3, p. 11-34, 2005.

LEVI'S®. **History & Heritage**. Disponível em: <<http://www.levi.com.br/sobrenos/historia-legado>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

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

LOBO, R. N.; et al. **Fundamentos da tecnologia têxtil**: da concepção da fibra ao processo de estamparia. 1.ed. São Paulo: Érica, 2014.

LOPES, C. S. D. **Análise ambiental da fase de acabamento do jeans**. Interfacehs. Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade. v.6. n.3. 2011.

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

MAHLMEISTER, E. A. P. **Design de moda pós-moderno**: O jeans como referência. 131f. Dissertação de Mestrado. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2009.

MCLOUGHLIN, J. et al. **Cotton fibre for denim manufacture**. Denim manufacture, Finishing and Applications. The Textile Institute. Woodhead Publishing. Elsevier. n.164. 2015.

MONTEIRO, V. N.; SILVA, R. do N. **Aplicações Industriais da Biotecnologia Enzimática**. Revista Processos Químicos. SENAI. a. 3, n. 5, jan-jun. 2009.

MORASHÁ. **Levi Strauss**: Uma Idéia de ouro. 2003. Disponível em: <<http://www.morasha.com.br/biografias/levi-strauss-uma-ideia-de-ouro.html?q=JEANS>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

MUNCHEN, S. et al. **Jeans**: a relação entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais para o Ensino de Química. Química e Sociedade. São Paulo. v.37. n.3. p..172-179, Ago. 2015.

OLIVEIRA, E.S. **Carateterização, biodegradabilidade e tratabilidade do efluente de uma lavanderia industrial**. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2006.

OTANI, Nilo. **TCC**: métodos e técnicas. 2.ed. Florianópolis: Visual Books. 2011.

PAUL, r. **Denim and jeans**: an overview. Denim manufacture, Finishing and Applications. The Textile Institute. Woodhead Publishing. Elsevier. n.164. 2015.

PEREIRA, G. S. **Apostila: Introdução à tecnologia têxtil.** Araranguá: CEFET-SC, 2016.

PEREIRA, G. S. **Apostila: Materiais e Processos Têxteis.** Araranguá: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia , 2009.

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

PUBLIO, R. **Aplicação de celuloses no refino de fibras celulósicas Kraft branqueadas de eucalipto.** Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química. São Paulo. 2012.

QADIR, B.; HUSSAIN, T.; MALIK, M. **Effect of elastane denier and draft ratio of core-spun cotton weft yarns on the mechanical properties of woven fabrics.** National Textile University. Journal of Engineered Fibers and Fabrics. v.9. Pakistan. 2014.

RIBEIRO, V. A dos S. **Apostila de lavanderia industrial.** Universidade Tecnológica do Paraná. Apucarana. 2015.

ROVARIS, A. S. et al. **O mapeamento da cadeia de valor do segmento jeanswear na indústria brasileira. Estudo de caso – A calça jeans.** 26º Seminário de Iniciação Científica da Universidade do Estado de Santa Catarina. Santa Catarina. 2016.

SANTOS, C. P. **Acabamentos em calças jeans de senhora: Estimulação da circulação sanguínea através de micro emulsões.** 111p. Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2011.

SEIDLER, J. L. et al. **Agregando valor aos produtos por meio da metodologia do design thinking.** 5º Congresso Científico Têxtil e Moda. Abril. 2017

SILVA, C. M. S. **Moda e Sustentabilidade – reuso de jeans para o desenvolvimento de produtos comerciais com valor agregado do Design.** CONTEXMOD. 2º Congresso Científico Têxtil e de Moda. São Paulo. Maio. 2014.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo. 1987.

TZANOV, T. et al. **Protein interactions in enzymatic processes in textiles.** Electronic Journal Of Biotechnology. v.6, n. 3, p. 147 – 154, Dez. 2003.