



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Faculdade de Tecnologia de Americana – Ministro Ralph Biasi

Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil

Fábio Aparecido de Castro

Estudo Comparativo entre o processo de clareamento com hipoclorito de sódio e clorito de sódio em amostras jeanswear

Americana, SP

2023

Faculdade de Tecnologia de Americana – Ministro Ralph Biasi
Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil

Fábio Aparecido de Castro

Estudo Comparativo entre o processo de clareamento com hipoclorito de sódio e clorito de sódio em amostras jeanswear

Trabalho de graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Produção Têxtil pelo CEETEPS/Faculdade de Tecnologia – FATEC/Americana sob a orientação do Professor Dr. Daives Arakem Bergamasco.
Área de concentração: Processo de Tecnologia Têxtil.

**FICHA CATALOGRÁFICA – Biblioteca Fatec Americana
Ministro Ralph Biasi- CEETEPS Dados Internacionais de
Catalogação-na-fonte**

CASTRO, Fábio Aparecido de

Estudo Comparativo entre o processo de clareamento com hipoclorito de sódio e clorito de sódio em amostras jeanswear. / Fábio Aparecido de Castro – Americana, 2023.

55f.

Estudo de caso (Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil) - - Faculdade de Tecnologia de Americana Ministro Ralph Biasi – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Orientador: Prof. Dr. Daives Arakem Bergamasco

1. Lavanderia 2. Meio ambiente 3. Química têxtil. I. CASTRO, Fábio Aparecido de II. BERGAMASCO, Daives Arakem III. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Americana Ministro Ralph Biasi

CDU: 677.027.25

504

66:677

Elaborada pelo autor por meio de sistema automático gerador de ficha catalográfica da Fatec de Americana Ministro Ralph Biasi.

Fábio Aparecido de Castro

Estudo Comparativo entre o processo de clareamento com hipoclorito de sódio e clorito de sódio em amostras jeanswear

Trabalho de graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil pelo Centro Paula Souza – FATEC Faculdade de Tecnologia de Americana – Ministro Ralph Biasi.
Área de concentração: Processo de Tecnologia Têxtil

Americana, 1 de dezembro de 2023

Banca Examinadora:



Daives Arakem Bergamasco
Doutor
Faculdade de Tecnologia – FATEC/Americana



João Batista Giordano
Doutor
Faculdade de Tecnologia – FATEC/Americana



José Antonio Della Negra
Especialista
Faculdade de Tecnologia – FATEC/Americana

DEDICATÓRIA

Agradecimento ao meu orientador, Professor Dr. Daives Arakem Bergamasco, por concordar em me acompanhar neste projeto. Seu comprometimento tem sido vital para minha motivação, mesmo ocorrendo dificuldades no caminho.

Gostaria de expressar minha gratidão aos profissionais do Curso Superior em Tecnologia de Produção Têxtil da Faculdade de Tecnologia de Americana “Ministro Ralph Biasi” por todo o apoio, desde o início até a conclusão do meu trabalho. Agradeço aos professores, Mestre José Fornazier Camargo Sampaio e Dr. Daives Arakem Bergamasco, por me fornecerem todos os fundamentos necessários para a realização deste trabalho, e expresso minha profunda admiração pelo seu profissionalismo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por me dar forças para concluir mais esta etapa da minha vida.

Gostaria de agradecer e dedicar este trabalho a: minha família, minha mãe Judite, meu pai Cláudio, meu irmão Ricardo, minha cunhada Bruna, pelo incentivo e apoio incondicional e por nunca desacreditar de mim.

A todos os meus colegas de sala durante estes três anos e meio de jornada, em especial ao Carlos Alves, meu companheiro de aulas, de trabalho, de seminários, excelente amigo que Deus colocou no meu caminho, e demais que estão direta ou indiretamente envolvidos na minha formação, sou eternamente grato.

Agradeço ao meu colega de profissão Leonardo, que ajudou a desenvolver a parte prática, na pesagem dos materiais, do químico, até a conclusão final do teste, meu muito obrigado.

Agradeço aos professores que, com muita paciência e dedicação, me ensinaram não só o conteúdo da programação, mas também o significado da amizade e do respeito. Para o professor. Dr. Daives Arakem Bergamasco, obrigado pela orientação incansável. Pela sabedoria, pela paciência, pelo amor que exerce tanto como docente quanto profissionalmente e toda confiança depositada para realização do meu sonho.

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará uma máquina indestrutível, mas não uma personalidade. É necessário que se adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto”.

Albert Einstein

RESUMO

O beneficiamento Jeanswear é uma etapa importante na cadeia de produção de peças de vestuário. Esses processos são utilizados para dar um visual todo especial as peças confeccionadas com tecido Denim. Porém todo processo de transformação físico-químico gera uma série de impactos no sentido da sustentabilidade, principalmente pelo uso de grandes quantidades de água. Os clareamentos químicos são uma fase desse processo de beneficiamento e são responsáveis por clarear as peças jeans para tons médios e claros. Esse processo é feito de forma padrão com agentes oxidantes, principalmente o hipoclorito de sódio, que deve ser aplicado com grandes quantidades de água e enxagues se seguem a mesma linha, além de ser necessário um processo redutivo para a sua total remoção do tecido. Já o Clorito de sódio é um agente oxidante usado em tinturarias de tecidos a muito tempo, mas que em processos de lavanderia está no seu início. Este processo se caracteriza pela redução significativa no consumo de água, pois usa relações de banho muito baixa e ao final somente com dois enxagues o processo é finalizado, não tendo a necessidade de um processo redutivo. Este trabalho apresenta um estudo comparativo em relação aos processos de clareamento usando hipoclorito de sódio como processo padrão em relação ao processo de clareamento com clorito de sódio.

Palavras-chave: Jeans, Denim, hipoclorito de sódio, clorito de sódio.

ABSTRACT

Jeanswear processing is an important stage in the clothing production chain. These processes are used to give a very special look to pieces made with Denim fabric. However, every physical-chemical transformation process generates a series of impacts in terms of sustainability, mainly due to the use of large quantities of water. Chemical bleaching is a phase of this processing process and is responsible for lightening denim pieces to medium and light tones. This process is carried out in a standard way with oxidizing agents, mainly sodium hypochlorite, which must be applied with large amounts of water and rinsed in the same way, in addition to requiring a reductive process to completely remove it from the tissue. Sodium chlorite is an oxidizing agent used in fabric dyeing for a long time, but in laundry processes it is just beginning. This process is characterized by a significant reduction in water consumption, as it uses very low bath ratios and at the end of only two rinses the process is completed, without the need for a reductive process. This work presents a comparative study in relation to bleaching processes using sodium hypochlorite as a standard process in relation to the bleaching process with sodium chlorite.

Keywords: Jeans, Denim, sodium hypochlorite, sodium chlorite

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo da cadeia têxtil.....	14
Figura 2: Planta do algodão	16
Figura 3: Processo de fiação.....	18
Figura 4: Filatório Ring	19
Figura 5: Princípios da fiação open end	20
Figura 6: Síntese do índigo a partir da anilina.....	21
Figura 7: Ciclo de Tingimento.....	22
Figura 8: Corte transversal do fio e as camadas de tingimento.....	23
Figura 9: Rope dye (corda).....	24
Figura 10: Vista lateral de uma máquina multi-caixas	25
Figura 11: Máquina de tingimento tipo Loop ou Girotex.....	26
Figura 12: Tear e seus principais elementos.....	29
Figura 13: Ligamento sarja 3x1 direita	30
Figura 14: Amostras de tecido em forma de perninhas e bandeiras	31
Figura 15: Processo de Stonewash por espuma.....	33
Figura 16: Amostras lavadas com o processo de umectação e Stonewash	33
Figura 17: Over Destroyer com Hipoclorito de sódio.....	35
Figura 18: Ice Destroyer com Hipoclorito de sódio.....	37
Figura 19: Clareamento Over Destroyer com clorito de sódio.....	39
Figura 20: Over Destroyer com Clorito de Sódio.....	40
Figura 21: Ice Destroyer com Clorito de Sódio.....	41
Figura 22: “Over Destroyer” feito com hipoclorito de sódio (esquerda) e “Over Destroyer” feito com clorito de sódio Direita).....	43
Figura 23: “Ice Destroyer” feito com hipoclorito de sódio (esquerda) e “Ice Destroyer” feito com clorito de sódio Direita).	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição do processo de lavagem básico: Umectação e Stonewash.....	32
Tabela 2: Processo de Over Destroyer com Hipoclorito de Sódio.....	34
Tabela 3: Processo de Ice Destroyer com Hipoclorito de Sódio.....	36
Tabela 4: Processo de Over Destroyer com Clorito de Sódio	38
Tabela 5: Processo de Ice Destroyer com Clorito de Sódio	40
Tabela 6: Processo de alvejamento	42
Tabela 7: Comparativo do consumo de água entre o processo “Over Destroyer” tradicional e por espuma	44
Tabela 8: Tolerâncias para resistência a tração pelo método TIRA = ABNT NBR 14634	45
Tabela 9: Comparativo dos testes de resistência a tração o processo “Over Destroyer” feito com hipoclorito de sódio e “Over Destroyer” feito com clorito de sódio	46
Tabela 10: Comparativo do consumo de água entre o processo “Ice Destroyer” feito com hipoclorito de sódio e “Ice Destroyer” feito com clorito de sódio.....	47
Tabela 11: Tolerâncias para resistência a tração pelo método TIRA = ABNT NBR 14634	48
Tabela 12: Comparativo dos ensaios de resistência a tração entre o processo “Ice Destroyer” feito com hipoclorito de sódio e “Ice Destroyer” feito com clorito de sódio	49

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	14
2.1	INDUSTRIA TEXTIL.....	14
2.2	ALGODÃO	16
2.3	FIAÇÃO.....	17
2.4	FIAÇÃO RING.....	18
2.5	FIAÇÃO OPEN – END	19
2.6	TINGIMENTO ÍNDIGO	20
2.6.1	TECNOLOGIAS DE TINGIMENTO DE ÍNDIGO.....	23
2.7	TECELAGEM	27
2.7.1	TIPOS DE LIGAMENTOS	30
3	MÉTODOS E PROCESSOS.....	31
3.1	LAVAGEM BÁSICA – UMECTAÇÃO E STONEWASH.....	31
3.2	CLAREAMENTO COM HIPOCLORITO DE SÓDIO.....	34
3.3	CLAREAMENTO COM CLORITO DE SÓDIO	37
4	RESULTADOS.....	43
4.1	OVER DESTROYER.....	43
4.1.1	COMPARATIVO DO CONSUMO DE ÁGUA	44
4.1.2	COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA PELO MÉTODO “TIRA”.....	44
4.2	ICE DESTROYER.....	46
4.2.1	COMPARATIVO DO CONSUMO DE ÁGUA	47
4.2.2	COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA PELO MÉTODO “TIRA”	48
5	CONCLUSÃO	50
6	BIBLIOGRAFIA	51

1 INTRODUÇÃO

O trabalho das lavanderias de beneficiamento jeanswear vem ao longo dos últimos anos sofrendo uma alteração, passando de lavagens estritamente físicas para processos físico-químicos. Essa alteração de procedimento leva a um entendimento melhor dos processos de lavagem desenvolvidos. Junto a isso, a sustentabilidade é um dos marcos principais que hoje em dia são aplicados a cadeia têxtil de beneficiamento.

Os clareamentos químicos são uma dessas etapas. São aplicados para promover um desbote da cor das peças jeans. Esses processos são feitos com agentes oxidantes, que tem a capacidade de fazer a destruição do cromóforo da molécula de corante índigo (parte responsável pela cor), fazendo assim que os fios tintos de urdume percam cor.

Durante muitos anos o agente oxidante mais usado nos processos de clareamentos químicos foi o hipoclorito de sódio. Esse químico é muito eficiente nos processos de clareamento, tem um custo adequado, porém são consumidores de uma quantidade de água muito alta, pois o banho de clareamento deve sempre ser em nível alto, os enxagues seguem a mesma linha e ao final do processo deve-se fazer um processo redutivo, com metabissulfito de sódio para que toda a quantidade de hipoclorito seja consumida.

Uma alternativa que pode ser usada nos processos de clareamento é o clorito de sódio, agente oxidante que já foi muito utilizado no processo de alvejamento nas tinturarias de tecido. Mas a sua aplicação forma um gás pesado e altamente denso, que provoca irritação nas vias respiratórias. A alternativa para a aplicação do processo é fazê-lo em pH ácido, usando agentes acidulantes tamponados.

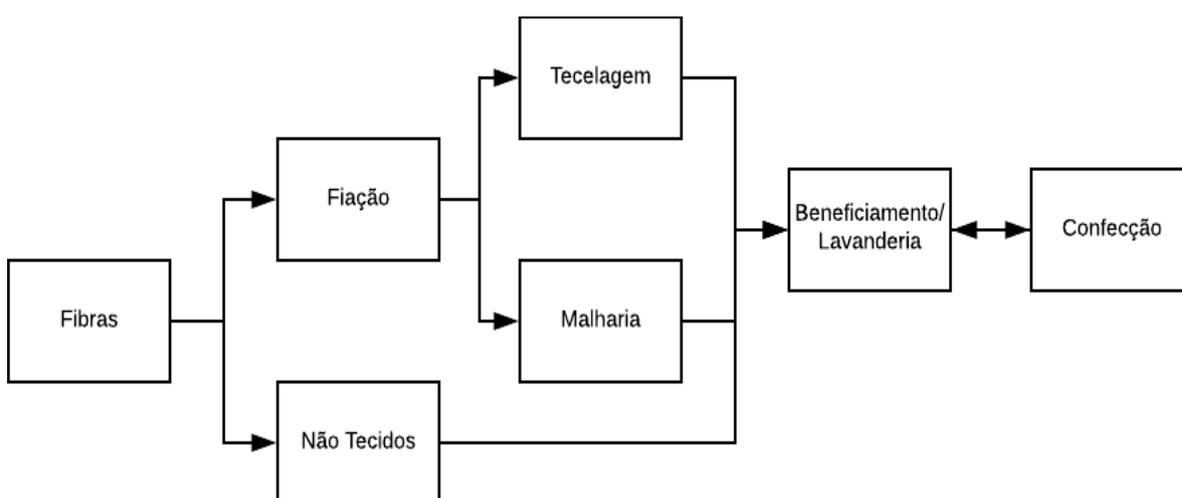
Esse trabalho faz um estudo comparativo entre dois processos de clareamento (padrão médio e padrão claro) usando hipoclorito de sódio como processo padrão e clorito de sódio. Os processos são apresentados em detalhes e os resultados visam mostrar a viabilidade do uso do clorito como sendo uma alternativa mais sustentável, principalmente pela redução da quantidade de água utilizada no processo.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 INDUSTRIA TEXTIL

O setor têxtil tem grande importância na economia brasileira, correspondendo a uma parcela significativa na geração de empregos, sendo o segundo maior empregador da indústria de transformação, é a maior cadeia têxtil completa do ocidente e o quarto maior produtor e consumidor de denim no mundo (ABIT, 2019). A estrutura da cadeia têxtil engloba desde a produção das fibras até o produto acabado, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Fluxo da cadeia têxtil



Fonte: Adaptado de Pereira, 2008

Cada uma dessas etapas possui características próprias, assim, o resultado de cada etapa independe da seguinte, pois cada etapa elabora um produto, embora em condições pré-determinadas pelo sistema de produção (BEZERRA, 2014). Essa independência presente na indústria têxtil, permite a consolidação de empresas especializadas em diferentes atividades e com diversas tecnologias empregadas. A resultante de cada etapa produtiva pode ser o insumo da etapa subsequente, assim encontra-se indústrias têxteis que trabalham somente o subsetor de fiação, atuando como fornecedor para as indústrias que atuam nos subsetores de malharia e tecelagem, além das indústrias verticalizadas que demandam todo o processo

produtivo, sendo fornecedores para as indústrias de confecção e vestuário (PEREIRA, 2008).

Segundo Bezerra (2014) e Paiva (2010), a indústria têxtil compreende a fiação, a tecelagem, a malharia, o não tecido, o enobrecimento e a confecção. As matérias-primas têxteis que alimentam esse segmento são as fibras, que podem ser naturais, onde se sobressai o algodão, ou fibras de filamentos sintéticos e artificiais. Posteriormente, estas fibras são destinadas à fiação e são transformadas em fios que servirão para produção dos artigos de malha (a técnica consiste na passagem de uma laçada de fio através de outra), não tecidos (estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados direccionalmente ou ao acaso) e tecido plano (obtido pelo entrelaçamento de um conjunto de fios em ângulos retos).

O processo a ser utilizado depende das características da fibra e quais os parâmetros desejados para o fio. (BEZERRA, 2014; PAIVA, 2010). Em sequência, tem-se a etapa de enobrecimento, que se dispõe como um conjunto de beneficiamentos a fim de conferir cor, estampas e acabamentos funcionais, além de resultar em propriedades específicas do produto. (BEZERRA, 2014; PAIVA, 2010). Por fim, chega-se ao setor de confecção que, na maioria das vezes, é a etapa final da cadeia. Para que haja efetividade nos produtos desta etapa é necessário que a qualidade das fibras esteja alinhada com a qualidade dos fios que, por sua vez, interfere na qualidade dos tecidos ou não tecidos, que determinam a qualidade dos artigos finais. (BEZERRA, 2014; PAIVA, 2010).

Em artigos de denim, depois da peça confeccionada, esta vai para o setor de acabamentos. Essa fase adicional de beneficiamento geralmente ocorre o desbote e amaciamento, para adquirir aparência de usados, gasto ou “vintage”, agregando características únicas, como é o caso das lavagens às quais o jeans pode ser submetido (LOPES, 2011). As peças jeans são as mais consumidas no mundo, sendo o Brasil o segundo maior produtor e o terceiro maior consumidor de tecido denim do mundo. O tecido denim é composto por algodão, fibra têxtil natural, e geralmente tinto a partir de um corante azul, o índigo (MORITA et al., 2017).

2.2 ALGODÃO

Segundo a ABNT NBR 12744 (1992), as fibras têxteis são classificadas quanto à sua origem e constituição química, podendo ser de origem natural ou manufaturada. As propriedades mais relevantes das fibras são responsáveis por sua destinação, podendo ser aplicadas em diversos segmentos conforme sua morfologia, finura, alongamento, elasticidade, rigidez, densidade, comprimento, massa específica, resistência e porosidade.

A principal matéria prima do tecido denim é o algodão, fibra natural mais produzido em escala mundial. O poliéster e o elastano também podem ser utilizados para atribuírem forma, conforto e maleabilidade. A semente da planta algodoeira é revestida pela fibra de algodão, conforme demonstra a Figura 2, composta por longas cadeias de celulose, em formatos helicoidais que resultam em boa resistência à tração e estabilidade dimensional. Essas cadeias celulósicas são ligadas por grupos OH• que conferem a fibra alta absorção de água, facilitando assim o tingimento (MORITA et al., 2017).

Figura 2: Planta do algodão



Fonte: Embrapa, 2018

Para melhor comercialização do algodão, algumas características são essenciais para que este seja considerado uma matéria prima de qualidade. A pureza do algodão está relacionada com a elevada quantidade de impurezas que são encontradas após sua colheita - quanto mais elevado for o percentual de impurezas, menor será a qualidade do fio. Sua resistência é determinada pela capacidade que o

fio tem em resistir aos esforços sofridos; a flexibilidade da fibra é a disponibilidade de ser submetido a flexões e torções sem alterar suas características; e, por fim, a uniformidade do fio que determina a qualidade do tecido em relação aos barramentos que pode interferir na quantidade de paradas de máquinas no processo de fiação. (PEREIRA, 2008).

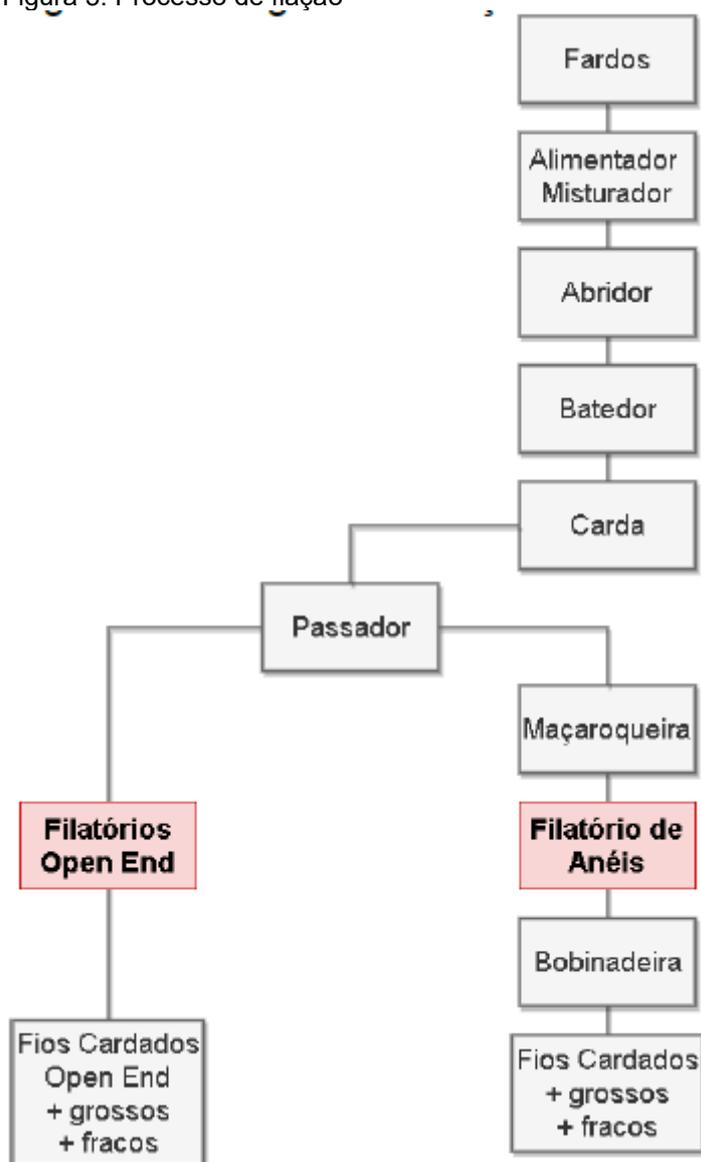
2.3 FIAÇÃO

A matéria prima utilizada para fabricação de um fio pode ser de origem natural, artificial e sintética. A etapa de fiação da cadeia têxtil tem como objetivo transformar as fibras em fio. O produto resultante da etapa final de fiação recebe o nome de linha ou fio têxtil. A característica principal deste produto é tecnicamente chamada de título do fio e está diretamente ligado à sua espessura ou diâmetro.

Na pré-história o processo de fiação era realizado manualmente, onde um chumaço de fibras (lã, algodão ou linho, por exemplo) era estirado e depois torcido. Nas antigas Grécia e Roma o processo de fiação era realizado por um aparelho chamado ROCA. Uma evolução da roca primitiva foi a invenção da roca com tambor onde a fiadora podia ficar sentada. Com a revolução industrial da Inglaterra, automatizou-se o processo de fiação, transformando as rocas em máquinas que chamamos nos dias de hoje de filatórios (PEREIRA,2011).

O processo de produção de fios (figura 3), também chamado de fiação, compreende diversas operações por meio das quais as fibras são abertas, limpas e orientadas em uma mesma direção, paralelizadas e torcidas de modo a se prenderem umas às outras por atrito. Entre estas operações temos: abertura e separação das fibras, limpeza, paralelização parcial e limpeza, limpeza e paralelização final, regularização, afinamento, torção e embalagem (PEREIRA, 2011).

Figura 3: Processo de fiação



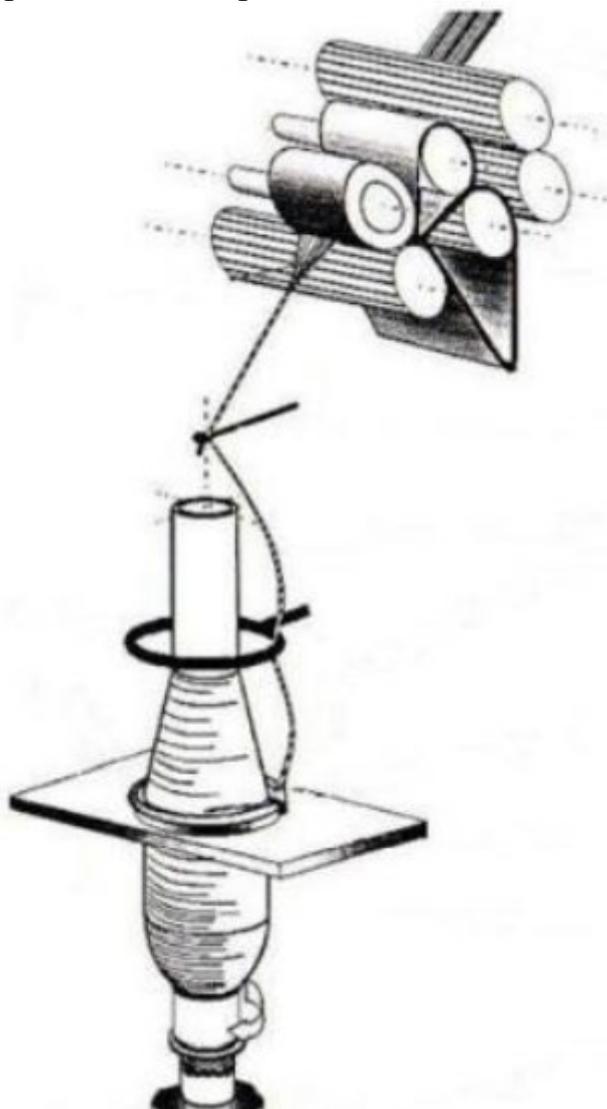
Fonte: Mariano, 2002

2.4 FIAÇÃO RING

O sistema de filatório a anel (figura 4), também conhecido como método convencional, cada fuso é alimentado por mechas de fibras paralelizadas. Essas mechas são limpas e separadas na carda, após seguem para a passadeira onde se juntam a outras mechas que foram afinadas. Em seguida vão para a maçaroqueira onde sofrem torção e são novamente estiradas para reduzir a massa por comprimento formando um pavio. Neste momento a fiação do sistema a anel pode seguir dois 16 caminhos: formação de fios penteados e fios cardados.

Uma das vantagens deste sistema é a flexibilidade de produção, pois permite produzir fios de qualquer espessura, além de produzir um fio de maior resistência.

Figura 4: Filatório Ring



Fonte: Perreira, 2011

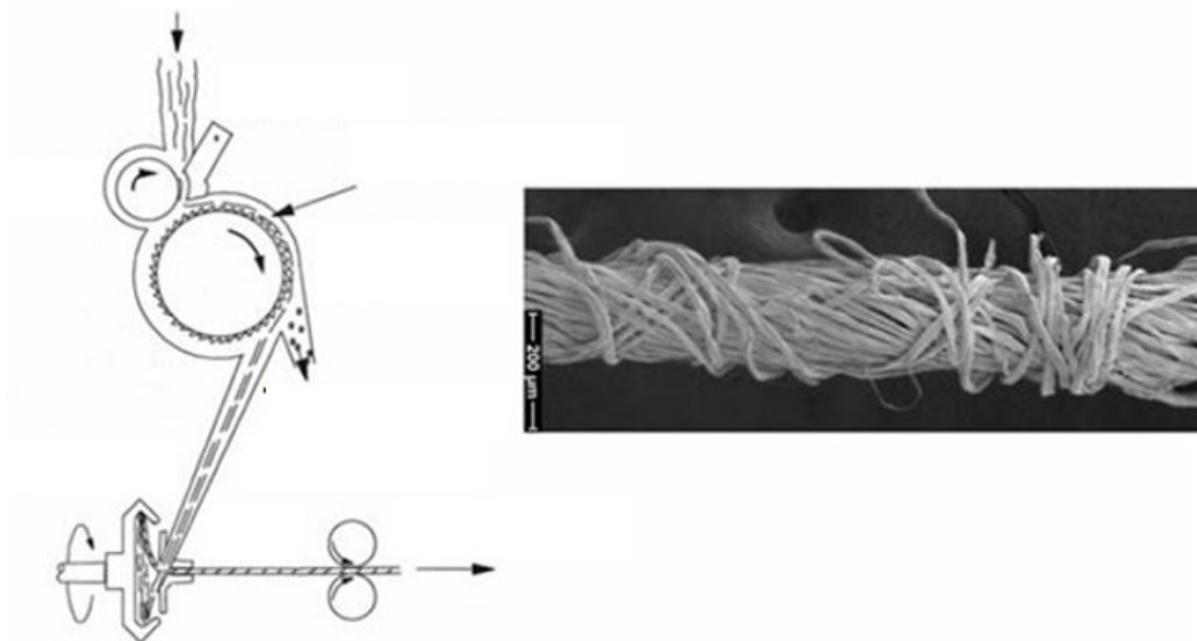
2.5 FIAÇÃO OPEN – END

Um dos métodos utilizados é a fiação a rotor também chamado de Open End (Figura 5) sendo mais utilizado e indicado para fibras curtas. As fibras caem em uma turbina onde a força centrífuga irá conduzi-las formando um anel de fibras. Esse processo produz fibras e fios descontínuos. A desvantagem desse processo é a impossibilidade de utilizar uma mistura de fibras construindo fios mais grossos e mais

fracos. Os filatórios de rotores ou open end são destinados em grande parte à confecção do tecido Denim.

A figura 5 apresenta os princípios básicos de uma fiação openend.

Figura 5: Princípios da fiação open end



Fonte: Bange et al., 2009

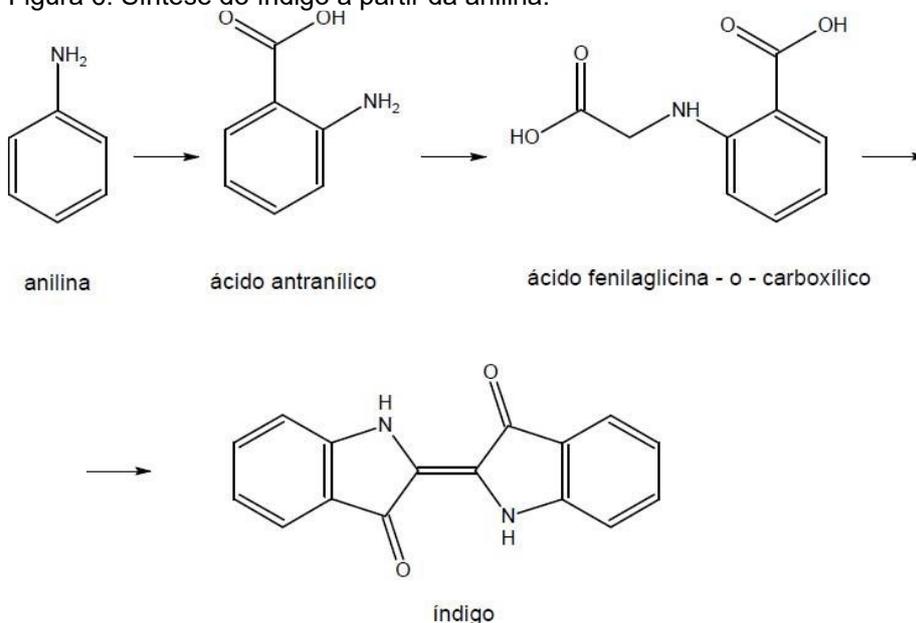
2.6 TINGIMENTO ÍNDIGO

Com a grande demanda por corantes índigos naturais não supria mais a quantidade utilizada pela indústria têxtil houve uma corrida entre os químicos para sintetizar o índigo. Após muitos anos de estudo e muitas tentativas o químico alemão Adolf Von Baeyer, no ano de 1883 anuncia a descoberta da estrutura química do índigo e em 1897 o índigo sintético é introduzido no mercado resultando em um processo mais viável para as fábricas.

Para a produção do corante índigo sintético existe duas sínteses que são mais importantes, utilizadas na atualidade: a anilina e o naftaleno sendo que este último é um processo desenvolvido por Von Heumann. De acordo com Lima e Ferreira (2001), o índigo sintético é produzido pela união de 2 moléculas de fenilglicianato de sódio,

industrialmente obtida da anilina, em uma mistura de hidróxido de sódio e amideto de sódio (sodamida) (figura 6).

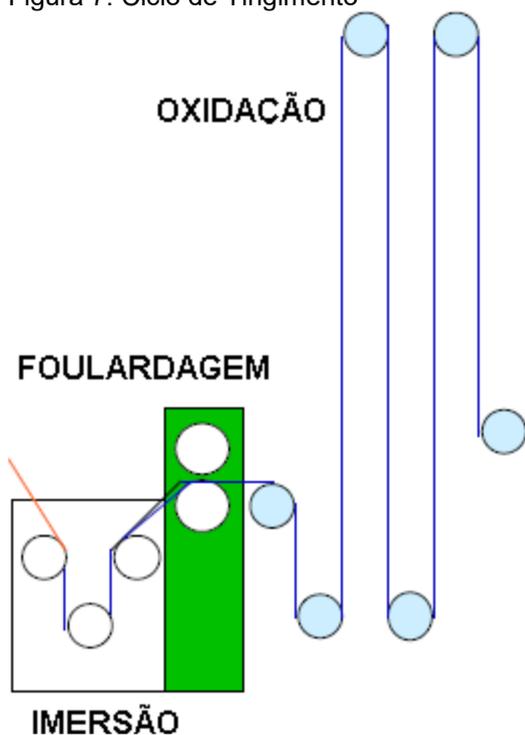
Figura 6: Síntese do índigo a partir da anilina.



Fonte: Lima e Ferreira, 2001

Conforme diz Lima e Ferreira, 2001, o corante índigo possui molécula relativamente pequena e baixa afinidade com a fibra celulósica. Para ser aplicado além de ser reduzido numa solução alcalina, também requer uma série de impregnações seguidas de fouldagem e oxidação ao ar, pois é nessa passagem pelo ar que o tingimento é fixado obtendo assim um azul intenso sobre a fibra. Cada série de impregnação, fouldagem e oxidação é denominada ciclo ou dip. Nas máquinas de tingimento hoje em dia há uma variação entre quatro e dezesseis dips ou ciclos. Essa quantidade determina o tamanho da máquina e conseqüentemente o tamanho da fábrica. O tempo de imersão se rege pelo tipo de instalação de tingimento e pela velocidade de produção. A figura 7 apresenta a ilustração de um ciclo do processo de tingimento.

Figura 7: Ciclo de Tingimento

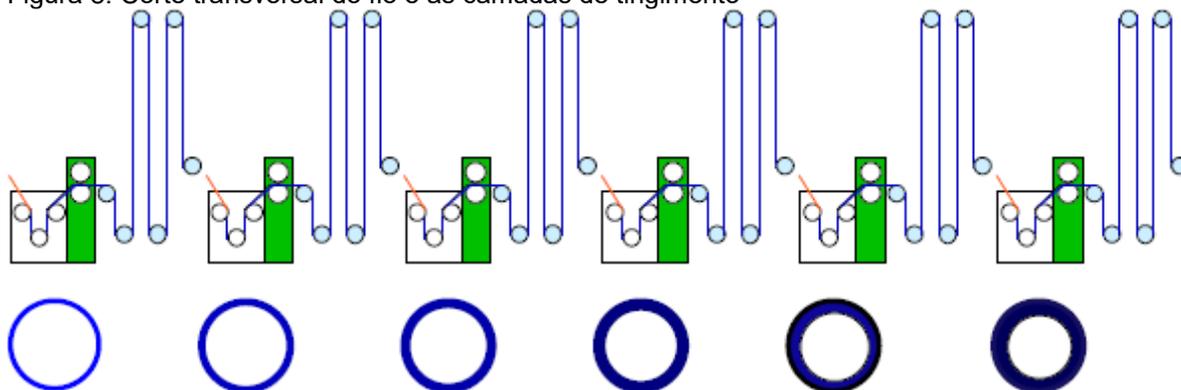


Fonte: Lima e Ferreira,2001

A intensidade da cor desejada no final do tingimento está condicionada a dois fatores importantes que são: número de passagens nas caixas e a concentração do corante usado no processo. Poucas caixas ou mergulhos irá fornecer uma intensidade baixa, do mesmo modo ocorre com o contrário. Quanto mais passagens do fio do urdume nas caixas mais forte será a cor obtida, fator este que também influencia na solidez do tingimento, ou seja, quanto maior o número de caixas, menor a concentração de índigo no banho de tingimento e com isso a fixação do corante na fibra será maior. Recomenda-se durante o tingimento que o banho circule no mínimo de 3 a 4 vezes por hora para se manter a uniformidade das concentrações de corante, hidrossulfito de sódio e soda cáustica.

A cada banho ou ciclo a que os fios de urdume são submetidos, a sua intensidade de cor aumenta. Esse tingimento é na superfície da fibra, de forma anelar, aumentando gradativamente a cada passagem e a penetração do corante se dá de maneira crescente para o centro do fio, entretanto, o miolo do fio precisa permanecer branco. A figura 8 demonstra como o fio reage após cada ciclo de tingimento:

Figura 8: Corte transversal do fio e as camadas de tingimento



Fonte: Lima e Ferreira, 2001

2.6.1 TECNOLOGIAS DE TINGIMENTO DE ÍNDIGO

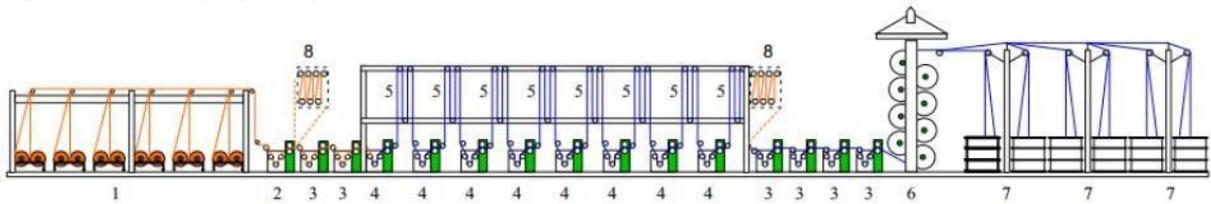
Existem três equipamentos utilizados para o tingimento de fios urdume destinados a confecção do tecido denim que são: *Rope dye* (corda), *Slasher dye* (multi-caixas) e *Loop dye* (loop, também chamadas girotex). Para cada uma delas há vantagens e desvantagens.

2.6.1.1 ROPE DYE (CORDA)

A primeira máquina de tingimento de índigo em contínuo foi uma máquina em cordas construída em 1920 pela Coocker Machine & Foundry Company (USA), nas instalações da Cone Mills (Greensboro – USA) e sua montagem levou seis meses (LIMA & FERREIRA, 2001).

As máquinas em corda (figura 9) podem trabalhar de 12 a 48 cabos e possuem entre 300 a 450 fios/cabo, dependendo do número total de fios de urdume. Os cabos são alimentados lado a lado na instalação de tintura (ropedye). Depois de tintos, são abertos e re-urdidos (re-beaming), e engomados da forma tradicional. Eventualmente a máquina pode vir equipada com 1 ou 2 vaporizadores dependendo da finalidade do tingimento (enxofre, reativo ou indanthren).

Figura 9: Rope dye (corda)



Fonte: Lima e Ferreira,2001

Principais vantagens:

- Produtividade alta
- Não existem paradas nas trocas de partidas.
- Excelente uniformidade ourela/meio no tecido final.
- Pouco desperdício de fio.
- Altas eficiências de tingimento.
- Alta solidez

Principais desvantagens:

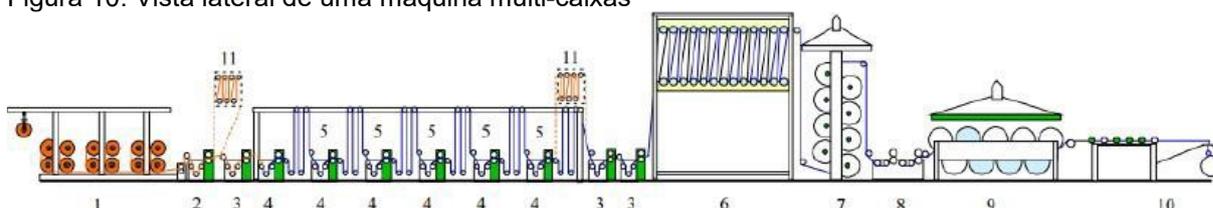
- Alto investimento.
- Necessidade de espaço físico, geralmente 100% maior do que uma multi-caixas.
- Perda de elasticidade dos fios.
- Os cabos devem abrir-se após a tintura (re-beaming).
- Custos adicionais pelo uso de amaciante para abertura das cordas.
- Grande volume do banho de tingimento.
- Limitação do título do urdume geralmente até Ne 20/1.
- Maior mão de obra requerida.

Fluxo do processo é dividido dessa maneira, urdição das cordas (Ball warping), tingimento (Rope dyeing), abertura das cordas (Re-beaming), engomagem (Sizing), tecelagem (Weaving).

2.6.1.2 SLASHER DYE (MULTI-CAIXAS)

A partir de 1970 deu-se início na Europa a tecnologia de tingimento multi-caixas (figura 10). Devido a sua simplicidade em relação às máquinas de cordas, houve um incremento muito grande quanto a este tipo de equipamento, tornando-os bastantes populares.

Figura 10: Vista lateral de uma máquina multi-caixas



Fonte: Lima e Ferreira, 2001

Neste sistema os rolos de urdimento são agrupados a partir de uma gaiola similares à da engomadeira, tintos nas diversas caixas de tingimento (entre 4 e 8 caixas, em casos especiais até 10 caixas) e engomados em uma operação contínua. Eventualmente a máquina pode vir equipada com um ou dois vaporizadores dependendo da finalidade do tingimento (enxofre, reativo ou indanthren).

Principais vantagens:

- Instalação compacta (menor espaço requerido em relação à máquina de cordas).
- Possibilidade de tingimento de fios finos para camisaria.
- Produção contínua desde os rolos de urdideira até os rolos da engomadeira.
- Melhor elasticidade dos fios em relação à máquina de cordas.
- Baixo volume do banho de tingimento (em relação à máquina de cordas).
- Flexibilidade na troca de artigos.
- Adequada para tingimento de denim colorido.
- Baixo investimento em relação à máquina de cordas.
- Mão-de-obra reduzida em relação à máquina de cordas.

Principais desvantagens:

- Possibilidade de variações centro/ourelas.
- Perda de produtividade devido às trocas de partidas.
- Maior tendência à formação de estopa devido às trocas de partidas.
- Ocorrência de manchas na troca de roladas.

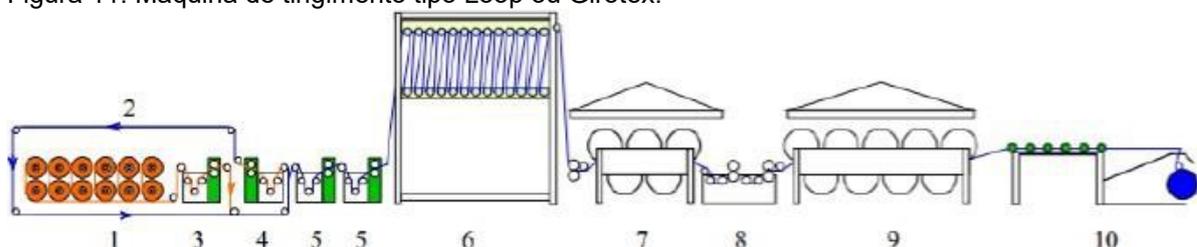
O fluxo do processo se apresenta da seguinte forma, urdição dos rolos (urdideira); tingimento/engomagem (multi-caixa); tecelagem.

2.6.1.3 LOOP DYE (LOOP OU GIROTEX)

Esta tecnologia possui uma história interessante. Em 1973, o Sr. Lau Chor Sen, um químico têxtil de Hong Kong, simplesmente por não possuir espaço suficiente para montar uma máquina multi-caixas, teve a ideia de reduzir as caixas de tingimento para uma única caixa, com o urdimento passando quatro vezes pela mesma caixa, intercalando uma oxidação entre cada passagem. Não havendo conseguido funcionar o protótipo, talvez por falta de conhecimento mecânico, deixou a patente caducar.

Em 1980, a fabricante italiana de tecidos Italdenim, solicitou a Master Macherio a construção de uma máquina baseada neste sistema, nasceu assim a primeira máquina operativa do mundo modelo “loop”. A figura 11 apresenta a máquina de tingimentos de fio de urdume no processo “*Loop Dye*”.

Figura 11: Máquina de tingimento tipo Loop ou Girotex.



Fonte: Lima e Ferreira,2001

As principais vantagens dessa máquina são:

- Instalação mais compacta (menor espaço em relação à máquina multicaixas e cordas);
- Produção contínua desde os rolos de urdideira até os rolos da engomadeira;
- Melhor elasticidade dos fios em relação à máquina de cordas;
- Baixo volume do banho de tingimento (em relação a multi-caixas e cordas);
- Flexibilidade na troca de artigos e de títulos finos;
- Baixo investimento em relação à máquina de cordas e multi-caixas.

As principais desvantagens dessa máquina são:

- Possibilidade de variações centro/ourelas;
- Perda de elasticidade do fio;
- Perda de produtividade devido às trocas de partidas;
- Formação de estopa devido às trocas de partidas;
- Limitação em tonalidades muito escuras;
- Ruptura mais acentuada;
- Ocorrência de manchas.

2.7 TECELAGEM

As fibras passam por uma série de etapas até chegar na formação do fio propriamente dito. Assim também os fios recebem alguns tratamentos antes de serem transportados para os teares para que ocorra o processo de Tecelagem “que é o ato de tecer através do entrelaçamento de fios de trama (transversais) com fios de teia ou urdume (longitudinais), formando tecidos.

O resultado do entrelaçamento do conjunto dos fios que se cruzam em um ângulo reto de noventa graus é comumente conhecido por tecido plano. O tecido plano é o produto do processo de tecelagem. Os fios que são colocados no sentido horizontal, obedecendo a disposição da largura do tecido, dão-se o nome de fios de trama; e os fios que estão dispostos na direção longitudinal, isto é, no comprimento do tecido, recebe o nome de urdume, isso se dá em um equipamento chamado tear.

O resultado do entrelaçamento dos fios recebe o nome de padronagem. Todos esses procedimentos são realizados em máquinas, manuais ou eletrônicas, conhecidas por nome de teares e os seus principais componentes são: rolo de urdume, quadros de liços, pentes e rolo de tecido. Segundo Pereira, 2011, antes que os fios sejam entrelaçados nos teares, é necessária a realização de operações preliminares de preparação destes fios para sua utilização no processo de tecelagem. Isso ocorrerá tanto para os fios de urdume quanto para os fios de trama, por métodos adequados, tais como: o processo de urdimento e o processo de engomagem oriundos ao setor de preparação à tecelagem.

O urdimento é a operação de preparação para acontecer a Tecelagem. Consiste na passagem dos fios que formarão o urdume do tecido, transferindo-os de seus suportes iniciais (cones, bobinas, *cops*,) para o rolete do tear. O número de fios por centímetro a ser urdido determinará a largura e o título do tecido a ser produzido. Os fios de urdimento possuem maior número de torções, porque precisam de maior resistência, uma vez que são aqueles que sofrem maiores esforços, tanto nas operações de tecimento como no uso corrente (PEREIRA, 2011).

A engomagem é uma atividade realizada em um equipamento chamado Engomadeira e faz parte da preparação para a tecelagem. Tem por finalidade o cobrimento dos fios de urdume com uma película de goma de amido e em alguns casos acrilatos. Essa substância aglomera as fibras ou filamentos, causando uma aderência e evitando o deslizamento entre elas, protegendo os fios do atrito com as peças dos teares, proporcionando ao fio tingido uma estabilidade mecânica. Portanto, o efeito que a engomagem promove nos fios é o aumento da resistência à tração e resistência à abrasão.

O Tear possui cinco movimentos que são fundamentais para a construção do tecido. A formação da cala é feita através da movimentação dos quadros de liços, que ao subir e descer com o auxílio de alavancas e cordéis, produz uma abertura em forma de losango dos fios de urdume, dando origem ao um espaço chamado Cala. A inserção da trama é a introdução dos fios de trama para dentro desse espaço gerado pelos fios do urdume, de um lado para o outro, por meio de objetos como: lançadeira, pinça, projétil de jato de ar ou jato de água.

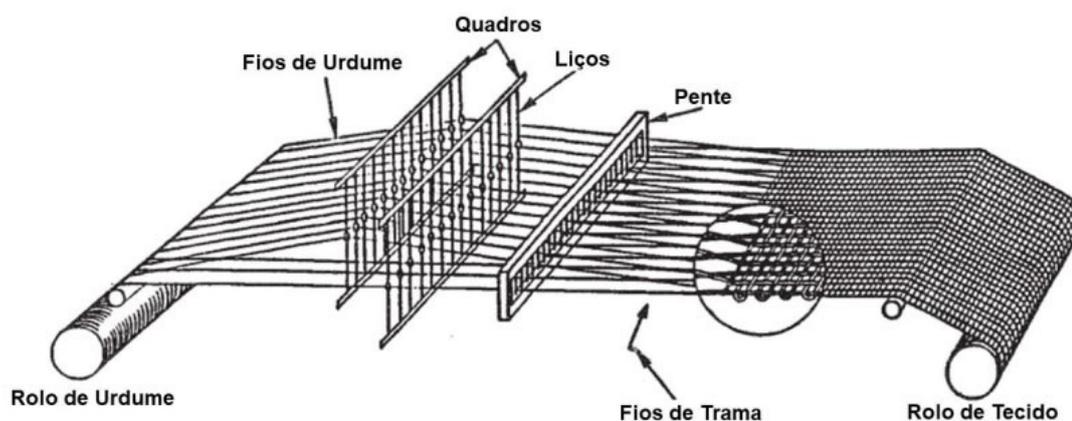
O movimento de batida do pente: “O pente está preso à frente e tem movimento de vaivém. Quando ele vem à frente, encosta a última trama inserida no remate e quando recua propicia a inserção da trama seguinte” (PEREIRA, 2011). É no pente que a densidade do urdume é definida. O pente assegura quantos fios por centímetros terá no urdume do tecido a ser fabricado.

O movimento que o desenrolador do urdume faz é de suma importância para a construção de um tecido com qualidade. É ele que promove o desenrolamento do rolo de urdume garantindo uma tensão constante do começo ao final sendo que esta tensão não pode sofrer alterações.

O enrolador ou regulador de tecido tem por função enrolar o tecido que está saindo pronto do outro lado do tear, de maneira uniforme e em movimento ante horário. Pode acontecer desse tear enrolar o tecido em movimento tangencial que é no sentido horário, saindo para fora. A atribuição do regulador é determinar a velocidade do cilindro de arraste onde o tecido está sendo enrolado e atestar a densidade da trama no tecido medida por centímetro.

A figura 12 apresenta uma ilustração de um tear com os seus principais elementos.

Figura 12: Tear e seus principais elementos



2.7.1 TIPOS DE LIGAMENTOS

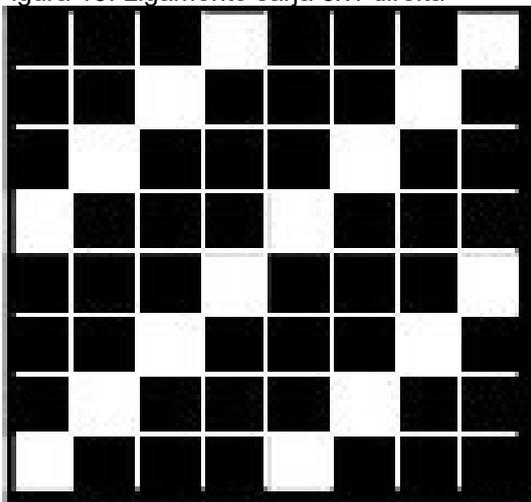
Ligamento é a forma como os fios que compõem um tecido, o urdume e a trama, se entrelaçam.

2.7.1.1 LIGAMENTO SARJA

O ligamento sarja (figura 13) é uma estrutura ou padrão de tecelagem que possui repetição mínima de três fios de urdume e trama, e distingue-se por sua diagonal bem definida. Podendo esta diagonal ser direita (active) ou esquerda (declive).

O entrelaçamento em diagonal possibilita maleabilidade e resiliência aos tecidos. O tecido em ligamento sarja é frequentemente mais firme do que o tecido em ligamento tela, tendo menos tendência a se sujar, apesar de ser de lavagem mais difícil. Tendo quase sempre seu avesso diferente do direito.

Figura 13: Ligamento sarja 3x1 direita



Fonte: Site https://www.wikiwand.com/pt/Ligamento_sarja

3 MÉTODOS E PROCESSOS

As amostras de denim utilizadas nos ensaios são de um tecido denim 100% algodão com gramatura de 390 g/m^2 , todos em forma de perninhas de 50 cm de largura por 30 cm de altura e bandeiras de tecidos de 100cm x 100cm (figura 14). Para realização do trabalho foi necessária a utilização de: lavadora com carga nominal de 70 quilos, balança de precisão, béquer de 50 ml, enzima celulósica neutra para estonar, espuma, carbonato de sódio, hipoclorito de sódio, clorito de sódio, metabissulfito, peróxido de hidrogênio, alvejante sem ótico.

Figura 14: Amostras de tecido em forma de perninhas e bandeiras



Fonte: Autor

Foram realizados processos de “Over Destroyer e Ice Destroyer com hipoclorito de sódio” e “Over Destroyer e Ice Destroyer com clorito de sódio”. A parte básica das lavagens foram feitas da mesma forma, só se diferenciando na parte do clareamento.

3.1 LAVAGEM BÁSICA – UMECTAÇÃO E STONEWASH

O processo de umectação e “Stonewash” são processos de lavagem físico-químico, que fazem uma base de desbote e marcação de costura para que posteriormente os processos de clareamento químico possam ser aplicados com

características distintas. O processo de lavagem básico é apresentado na tabela 1, junto com a descrição de cada processo. Nessa fase a quantidade de amostras feita foi de 10 quilos de material.

Tabela 1: Descrição do processo de lavagem básico: Umectação e Stonewash

Processo	R:B	Produto	Quantidade de produto	Quantidade de água
Umectação	1:2			20 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho e não enxaguar				
Stonewash	1:2	3g/l Espuma	60 gramas	20 litros
		0,5 g/l Enzima celulósica	10 gramas	
Rodar 60 minutos a temperatura ambiente – Soltar o banho				
Enxague 1	1:4	0,5 g/l barrilha	10 gramas	40 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				
Enxague 2	1:4			40 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				

Fonte: Autor

A figura 15 mostra o processo de Stonewash com espuma. Nota-se que mesmo com uma relação de banho baixa, a espuma aumenta o volume pois tem uma grande quantidade de ar dentro das bolhas.

Outro ponto importante é o processo de desnaturação da enzima celulósica. Este processo é feito no primeiro enxague após o processo de Stonewash e é feito subindo o pH para alcalino com a adição de barrilha – 0,5g/l.

Figura 15: Processo de Stonewash por espuma



Fonte: Autor

Após o processo de lavagem básica o material foi centrifugado 15 minutos e seco em secador a vapor em 50 minutos a temperatura de 70 graus. As amostras lavadas nesse processo são apresentadas na figura 16.

Figura 16: Amostras lavadas com o processo de umectação e Stonewash



Fonte: Autor

Ao final do processo de secagem as peças foram separadas em quatro cargas de 2,5 quilos e em seguida teve início os processos de clareamentos químicos.

3.2 CLAREAMENTO COM HIPOCLORITO DE SÓDIO

O hipoclorito de sódio é um agente oxidante de fórmula NaClO. Quando em contato com água gera gás cloro (Cl₂) que é o responsável pela descoloração do corante índigo. O processo de clareamento químico Over Destroyer (padrão médio) é descrito na tabela 2. Esse processo não é feito na espuma, pois como a ação do hipoclorito é muito forte e rápida, é necessário a utilização de uma relação de banho maior – 1:10 – para cada quilo de material 10 litros de água. Todo o clareamento com hipoclorito de sódio, após o tempo de processo, deve ser enxaguado e neutralizado com metabissulfito de sódio.

Tabela 2: Processo de Over Destroyer com Hipoclorito de Sódio

Processo	R:B	Produto	Quantidade de produto	Quatidade de água
Clareamento 1	1:10			25 litros
		30 g/l hipoclorito de sódio	750 gramas	
Rodar 30 minutos a 40°C – soltar o banho				
Enxague 1	1:10			25 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				
Enxague 2	1:10			25 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				
Neutralização	1:10			25 litros
		3 g/l Metabissulfito de sódio	75 gramas	
Rodar 10 minutos a 50°C – soltar o banho				
Enxague 1	1:10			25 litros

Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho			
Enxague 2	1:10		25 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho			

Fonte: Autor

A amostra do processo de clareamento Over Destroyer com hipoclorito de sódio e apresentada na figura 17.

Figura 17: Over Destroyer com Hipoclorito de sódio



Fonte: Autor

O processo de de clareamento Ice Destroyer (padrão claro) é apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Processo de Ice Destroyer com Hipoclorito de Sódio

Processo	R:B	Produto	Quantidade de produto	Quantidade de água
Clareamento 1	1:10			25 litros
		30 g/l hipoclorito de sódio	750 gramas	
Rodar 30 minutos a 40°C – soltar o banho				
Clareamento 2	1:10			25 litros
		30 g/l hipoclorito de sódio	750 gramas	
Rodar 30 minutos a 40°C – soltar o banho				
Enxague 1	1:10			25 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				
Enxague 2	1:10			25 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				
Neutralização	1:10			25 litros
		3 g/l Metabissulfito de sódio	75 gramas	
Rodar 10 minutos a 50°C – soltar o banho				
Enxague 1	1:10			25 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				
Enxague 2	1:10			25 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				

Fonte: Autor

Nesse processo, é necessário a aplicação do hipoclorito de sódio em duas etapas, pois após 30 minutos de processo, a quantidade de gás cloro no sistema é muito baixa e não mais promove um clareamento efetivo. Sendo assim, após 30 minutos de clareamento o banho é trocado e o beneficiamento continua por mais meia hora. A amostra do processo de clareamento Ice Destroyer com hipoclorito de sódio é apresentada na figura 18.

Figura 18: Ice Destroyer com Hipoclorito de sódio



Fonte: Autor

3.3 CLAREAMENTO COM CLORITO DE SÓDIO

O clorito de sódio é um agente oxidante de fórmula NaClO_2 . O clorito quando aplicado em pH ácido sofre decomposição para dióxido de cloro (ClO_2) com temperatura em torno de 60 graus. Nessa condição o cromóforo do Índigo é destruído, fazendo com que as amostras denim sofram clareamento. O processo de clareamento químico Over Destroyer (padrão médio) é descrito na tabela 4. Esse processo é feito

na espuma, proporcionando ao clorito de sódio uma redução na quantidade de água utilizada, pois o processo é realizado em relação de banho 1:2 – para cada quilo de material dois litros de água. A redução da quantidade de água também promove a redução da quantidade de químicos utilizada, pois o clorito de sódio e o agente acidulante são aplicados em gramas por litro. No final, o processo é somente enxaguado duas vezes, não tendo necessidade de neutralização com agente redutor.

Tabela 4: Processo de Over Destroyer com Clorito de Sódio

Processo	R:B	Produto	Quantidade de produto	Quantidade de água
Clareamento 1	1:2			5 litros
		3 g/l Clorito de Sódio	15 gramas	
		3 g/l Ag. Acidulante	15 gramas	
Rodar 10 minutos a 60°C – soltar o banho				
Enxague 1	1:4			10 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				
Enxague 2	1:4			10 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				

Fonte: Autor

A figura 19 mostra o processo de clareamento com clorito de sódio.

Figura 19: Clareamento Over Destroyer com clorito de sódio



Fonte: Autor

A amostra do processo de clareamento Over Destroyer com Clorito de Sódio e apresentada na figura 20.

Figura 20: Over Destroyer com Clorito de Sódio



Fonte: Autor

Na sequência (tabela 5) é apresentado o processo de clareamento Ice Destroyer com clorito de sódio (padrão claro). A única alteração em relação ao padrão Over Destroyer é o tempo de clareamento, que passa a ser de 38 minutos.

Tabela 5: Processo de Ice Destroyer com Clorito de Sódio

Processo	R:B	Produto	Quantidade de produto	Quantidade de água
Clareamento 1	1:2			5 litros
		3 g/l Clorito de Sódio	15 gramas	
		3 g/l Ag. Acidulante	15 gramas	
Rodar 38 minutos a 60°C – soltar o banho				
Enxague 1	1:4			10 litros

Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho			
Enxague 2	1:4		10 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho			

A amostra do processo de clareamento Ice Destroyer com Clorito de Sódio e apresentada na figura 21.

Figura 21: Ice Destroyer com Clorito de Sódio



Fonte: Autor

Ao final dos processos de clareamento, todas as peças são alvejadas ao mesmo tempo, para limpar todo o corante índigo migrado / redepositado e dar limpeza nas amostras. Esse processo final é descrito na tabela 6.

Tabela 6: Processo de alvejamento

Processo	R:B	Produto	Quantidade de produto	Quatidade de água
Alvejamento	1:2			20 litros
		1 g/l de Espuma	20 gramas	
		2 g/l Ag. alvejante	40 gramas	
		3g/l Peróxido	60 gramas	
Rodar 15 minutos a 60°C – soltar o banho				
Enxague 1	1:4			40 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				
Enxague 2	1:4			40 litros
Rodar 3 minutos a temperatura ambiente – soltar o banho				

Fonte: Autor

Após o processo de alvejamento o material foi centrifugado 15 minutos e seco em secador a vapor em 50 minutos a temperatura de 70 graus.

4 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados comparativos entre os processos de clareamento usando hipoclorito de sódio e clorito de sódio. Serão apresentados os resultados visuais, gasto comparativo de quantidade de água, bem como os testes de resistência a tração pelo método tira (ABNT NBR 14634).

4.1 OVER DESTROYER

A figura 22 apresenta o comparativo visual entre os processos de “Over Destroyer” feito com hipoclorito de sódio e “Over Destroyer” feito com Clorito de sódio.

Figura 22: “Over Destroyer” feito com hipoclorito de sódio (esquerda) e “Over Destroyer” feito com clorito de sódio Direita).



Para um teste visual, as amostras estão com visual compatível, mesmo que o clareamento no padrão médio apresenta pontos mais esbranquiçados no clareamento feito com clorito de sódio.

4.1.1 COMPARATIVO DO CONSUMO DE ÁGUA

A Tabela 7 apresenta um comparativo entre o processo “Over Destroyer” feito com hipoclorito de sódio e “Over Destroyer” feito com clorito de sódio.

Tabela 7: Comparativo do consumo de água entre o processo “Over Destroyer” tradicional e por espuma

Over Destroyer feito com hipoclorito de sódio	Over Destroyer feito com clorito de sódio	Resultado
370 litros	245 litros	Redução de 33,78%

A redução de 33,78% apresentado se deve ao fato de o processo de clareamento com clorito de sódio usar uma relação de banho mais baixa 1:2, quando comparada ao processo de clareamento com hipoclorito 1:10, bem como o clareamento com clorito só necessita de dois enxagues cm relação de banho baixa (1:4) após a conclusão do processo, enquanto que o clareamento com hipoclorito necessita de dois enxagues, mais neutralização e novamente dois enxagues, tudo com relação de banho alta.

4.1.2 COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA PELO MÉTODO “TIRA”

As análises de resistência a tração foram feitas pelo método Tira – ABNT NBR 14634 e a tolerância de resistência é apresentada na tabela 9.

Tabela 8: Tolerâncias para resistência a tração pelo método TIRA = ABNT NBR 14634

Tolerâncias para Resistência a Tração			
Método TIRA - ABNT NBR 14634			
Tolerâncias conforme - ABNT NBR 14634			
Tipo de Tecido	Gramatura g/M2	Resistência (URDUME)	Resistência (TRAMA)
Leve	Abaixo de 240	500	200
Médio	241 á 410	650	300
Pesado	Acima de 410	1.200	800

Fonte: Norma ABNT NBR 14634

A seguir (tabela 9) são apresentados os resultados dos testes de resistência pelo método de tira comparando o processo Over Destroyer feito com hipoclorito de sódio e o processo Over Destroyer feito com clorito de sódio por espuma. O tecido usado no teste tem as seguintes características: 100% CO com gramatura de 390 g/m².

Tabela 9: Comparativo dos testes de resistência a tração o processo “Over Destroyer” feito com hipoclorito de sódio e “Over Destroyer” feito com clorito de sódio

	Resistência – TIRA NBR ISO 13934 -1 Newton	
Processo	Urdume	Trama
Over Destroyer feito com hipoclorito de sódio	1.293,13	908,57
Over Destroyer feito com clorito de sódio	1.312,79	943,29

Fonte: Autor

Analisando os resultados apresentados no teste de resistência, verifica-se que ambos os processos analisados então dentro dos valores esperados para resistência, tanto no urdume como na trama. Isso mostra a compatibilidade dos processos.

4.2 ICE DESTROYER

A figura 23 apresenta o comparativo visual entre os processos de “Ice Destroyer” feito com hipoclorito de sódio e “Ice Destroyer” feito com Clorito de sódio.

Figura 23: “Ice Destroyer” feito com hipoclorito de sódio (esquerda) e “Ice Destroyer” feito com clorito de sódio Direita).



Fonte: Autor

Na comparação visual, as amostras estão com visual extremamente compatível.

4.2.1 COMPARATIVO DO CONSUMO DE ÁGUA

A Tabela 10 apresenta um comparativo entre o processo “Ice Destroyer” feito com hipoclorito de sódio e “Ice Destroyer” feito com clorito de sódio.

Tabela 10: Comparativo do consumo de água entre o processo “Ice Destroyer” feito com hipoclorito de sódio e “Ice Destroyer” feito com clorito de sódio

“Ice Destroyer” feito com hipoclorito de sódio	“Ice Destroyer” feito com hipoclorito de sódio	Resultado
395 litros	245 litros	Redução de 37,97%

Fonte: Autor

A redução de 33,78% apresentada se deve ao fato do processo de clareamento com clorito de sódio usar uma relação de banho mais baixa 1:2, quando comparada

ao processo de clareamento com hipoclorito 1:10, bem como o clareamento com clorito só necessita de dois enxagues em relação de banho baixa (1:4) após a conclusão do processo, enquanto que o clareamento com hipoclorito necessita de dois enxagues, mais neutralização e novamente dois enxagues, tudo com relação de banho alta. Outro ponto importante a se ressaltar é que o processo de “Ice Destroyer” com hipoclorito necessita de dois processos de clareamentos de 30 minutos, um após o outro para se chegar à amostra desejada, enquanto que o clareamento com clorito só necessita de um ajuste de tempo.

4.2.2 COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA PELO MÉTODO “TIRA”

As análises de resistência a tração foram feitas pelo método Tira – ABNT NBR 14634 e a tolerância de resistência é apresentada na tabela 11.

Tabela 11: Tolerâncias para resistência a tração pelo método TIRA = ABNT NBR 14634

Tolerâncias para Resistência a Tração			
Método TIRA - ABNT NBR 14634			
Tolerâncias conforme - ABNT NBR 14634			
Tipo de Tecido	Gramatura g/M2	Resistência (URDUME)	Resistência (TRAMA)
Leve	Abaixo de 240	500	200
Médio	241 á 410	650	300
Pesado	Acima de 410	1.200	800

Fonte: Norma ABNT NBR 14634

A tabela 12 apresenta os resultados dos testes de resistência pelo método de tira comparando o processo Ice Destroyer feito com hipoclorito de sódio e o processo

Ice Destroyer feito com clorito de sódio. O tecido usado no teste tem as seguintes características: 100% CO com gramatura de 390 g/m²

Tabela 12: Comparativo dos ensaios de resistência a tração entre o processo “Ice Destroyer” feito com hipoclorito de sódio e “Ice Destroyer” feito com clorito de sódio

	Resistência – TIRA	
	NBR ISO 13934 -1	
	Newton	
Processo	Urdume	Trama
Ice Destroyer feito com hipoclorito de sódio	1.258,41	918,39
Ice Destroyer feito com clorito de sódio	1.316,48	942,80

Os resultados do teste de resistência indicam que tanto o processo de “Ice Destroyer” está dentro das tolerâncias de resistência tanto para o clareamento feito com hipoclorito de sódio quanto para o clareamento feito com clorito de sódio. Isso demonstra a compatibilidade dos agentes de clareamento estudados.

5 CONCLUSÃO

Os processos de beneficiamento jeanswear caminham no sentido da sustentabilidade. Esse tema pode ser obtido pela redução no consumo de água nos processos e por consequência, redução da quantidade de produtos químicos usados. Sendo os clareamentos químicos um importante fator no processo de beneficiamento jeanswear, se faz necessário um estudo que procure atender essa nova necessidade de redução de recursos.

Os clareamentos químicos com clorito de sódio em lavanderia são uma alternativa mais econômica do que os processos de clareamento com hipoclorito de sódio. Isso se deve a redução da quantidade de água utilizada no processo com clorito de sódio – Relação de banho 1:2 (para cada um quilo de roupa seca usa-se dois litros de água). Isso é possível porque o processo com clorito de sódio pode ser aplicado pelo processo de espuma, que permite a redução para níveis tão baixo de água. E no final do processo é necessário somente dois enxagues baixos.

Os processos de clareamento padrão que foram usados no comparativo são feitos com hipoclorito de sódio em uma relação de banho 1:10 (para cada um quilo de roupa seca usa-se 10 litros de água) e no final, além dos enxagues altos e é necessária uma reação de redução para consumo total do agente oxidante.

Os resultados obtidos na redução de quantidade de água no processo de “Over Destroyer” feito com clorito de sódio em relação ao hipoclorito de sódio é de 33,78%, enquanto o processo de “Ice Destroyer” foi de 37,97% a favor do processo com clorito. Isso demonstra que o processo de clareamento com o agente oxidante clorito de sódio é realmente mais econômico em relação a quantidade de água utilizada no processo.

Para comprovar que o processo de clareamento com clorito de sódio é seguro, foram realizados processos de resistência a tração pelo método tira, onde os valores apresentados são compatíveis com a tolerância aplicada na norma.

Sendo assim, pode-se afirmar que o processo de clareamento com clorito de sódio é uma realidade e pode ser aplicado de forma segura no processo de beneficiamento de peças jeanswear.

6 BIBLIOGRAFIA

ABIT (Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção). Têxtil e confecção. **Perfil do Setor**. São Paulo, 2019.

ALANE, G. H. F.; Pandolfi, M. A. C. CADEIA PRODUTIVA DO ALGODÃO E SUA IMPORTÂNCIA PARA O AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. **Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga**, v.5 n.1, 2019. Disponível em: <https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/382>>. Acesso em: agosto 2023.

ALENCAR, A. **10 Curiosidades que você precisa saber sobre o algodão**. Canal Rural, ago. 2017. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/curiosidades-que-voce-precisa-saber-sobrealgodao-68417/>. Acesso em: agosto 2023.

ABNT; SEBRAE, **Guia de Implementação: Normas para confecção de Jeans/** Associação Brasileira de Normas Técnicas, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Rio de Janeiro, 2012.

ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. **A química do processamento Têxtil**. Instituto de química – Universidade de São Paulo, 1995.

ANDRADE, G., BORELLI, C. e GIACOMINI, R. **Um novo sensor têxtil de toque para aplicação em vestuário**, São Paulo – Brasil, maio 2014.

BANGE, M.; CONSTABLE, G.; GORDON, S.; LONG, R.; NAYLOR, G.; VAN DER SLUIJS, R. FIBREpak: from seeds to good shirts. CSIRO & Cotton Catchment Communities Cooperative Research (edt). Narrabri, 2390, NSW, Australia. 2009. 108p

BELOSO, T. **Modelagem Industrial de Moda Íntima/SENAI**. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – São Paulo: SENAI-SP Editora, 2014.

BEZERRA, F. D. **Análise retrospectiva e prospectiva do setor têxtil no Brasil e no Nordeste**. Informe Macroeconomia, Indústria e Serviços, Fortaleza, Ano VIII, n. 2, 2014.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. Série agronegócios – **Cadeia Produtiva do Algodão, volume 4**. Janeiro 2007.

EDUARDO, A. C. **Universidade de São Paulo escola de artes ciências e humanidades programa de pós-graduação em têxtil e moda.** São Paulo, 2017.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Algodão de alta produtividade e qualidade superior de fibra é apresentado na Tecnoshow Comigo.** 2018.

GISLAINE. S. P. **Introdução à tecnologia têxtil.** Curso têxtil em malharia e confecção módulo 2. Ministério da educação secretaria de educação profissional e tecnológica centro federal de educação tecnológica de santa Catarina unidade de ensino de Araranguá.

GORINI, A. P. F. **O segmento de índigo.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 10, p. 313 - 334, set.1999.

GORINI, A. P. F.; SIQUEIRA; Sandra H. G., **Tecelagem e malharia.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 7, p.29 - 56, mar.1998.

JULIO, I. K., NELSON P. S.; MILTON G. F., GILBERTO C. **Qualidade do fio “open-end” obtido com matérias-primas produzidas por variedades paulistas de algodoeiro e suas misturas com poliéster.** Bragantina, Campinas, 1984.

LIMA, Fernando; FERREIRA, Paulo. **Indico: Tecnologias, Processos, Tingimento, Acabamento.** Recife: Artes Gráficas, 2001.

LOPES, C. S. D. Análise ambiental da fase de acabamento do jeans. **Interfacehs,** Senac, São Paulo. v. 6, n. 3, jan., 2011.

LUCAS, A. **Jeans cru – Detalhes que fazem a diferença na hora de comprar raw denim.** Março 2017.

MARIANO, 2002, citado por PEREIRA, G.S. Curso têxtil em malharia e confecção.

MORITA, A. M.; MOORE, C. C. S.; KULAY, L. A.; RAVAGNANI, M. A. S. S.

Avaliação do ciclo de vida da produção de calça jeans. *In:* INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 6., 2017. São Paulo. **Anais.** São Paulo, 2017.

Norma Brasileira ABNT NBR 13484:2004. **Tecidos planos – Método de classificação baseado em inspeção por pontuação de defeitos.**

PAIVA, R. S. A. **Modelo para observação das etapas produtivas em empresas de confecção.** Curso de Moda, Cultura de Moda e Arte, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

PEREIRA, G. S. **Introdução à tecnologia têxtil.** Araranguá: CEFET-SC, 2008.

PEREIRA, Gislaine Souza. **Introdução a tecnologia têxtil.** Araranguá 2011. Disponível em: https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/7/7d/Apostila_tecnologia.pdf. Acesso em 29 fev. 2022.

SOUZA, C. S. **Variação de temperatura e umidade e suas influências nas características físicas e mecânicas dos fios de algodão.** Universidade federal do rio grande do norte centro de tecnologia departamento de engenharia mecânica programa de pós-graduação em engenharia mecânica. Natal – RN, 2011.

Sites pesquisados:

<https://www.dinamicalavanderia.com.br/curiosidades9.php>

Acesso em 27/09/2023

<https://www.fiobras.com.br/fiacao>

Acesso em 27/09/2023

http://www.wikiwand.com/pt/Ligamento_sarja

Acesso em 27/09/2023

<http://www.walterporteiro.com.br/caracteristica-construcao-tecidos/>

Acesso em 25/08/2023

<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Fiação-Têxtil/87049.html>

Acesso em 20/10/2023

<http://textilsaosebastiao.com.br/sobre-o-misto-de-elastano-e-algodao/>

Acesso em 27/09/2023

<https://www.tecelagemmanual.com.br/principio/>

Acesso em 27/09/2023