

# CENTRO PAULA SOUZA

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA**

**Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil**

Sidinéia Maria Prando

**Tecido Índigo – Problemas de tecelagem**

**Americana, SP**

**2017**

# CENTRO PAULA SOUZA

---

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA

Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil

Sidinéia Maria Prando

## Tecido Índigo – Problemas de tecelagem

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 Profº Me Daives Arakem Bergamasco. Área de concentração: Processo de Tecnologia Têxtil.

Americana, S. P.

2017

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

P923t PRANDO, Sidinéia Maria

Tecido índigo: problemas de tecelagem./ Sidinéia Maria Prando. – Americana: 2017.

41f.

Monografia (Curso de Tecnologia em Produção Têxtil) - - Faculdade de Tecnologia de Americana – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Orientador: Prof. Ms. Daives Arakem Bergamasco

1. Tecelagem I. BERGAMASCO, Daives Arakem II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Americana

CDU: 677.024

Sidinéia Maria Prando

## Tecido Índigo – Problemas de tecelagem

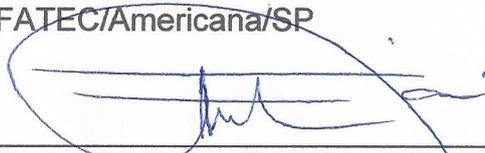
Trabalho de graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Produção Têxtil pelo CEETEPS/Faculdade de Tecnologia – FATEC/ Americana.  
Área de concentração: Tecelagem

Americana, 01 de Julho de 2017.

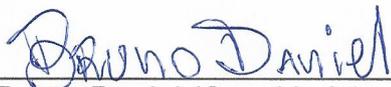
### Banca Examinadora:



Daives Arakem Bergamasco (Presidente)  
Mestre  
FATEC/Americana/SP



Carlos Frederico Faé (Convidado)  
Especialista  
FATEC/Americana/SP



Bruno Daniel (Convidado)  
Mestre  
FATEC/Americana/SP

## **DEDICATÓRIA**

Para minha filha Enimaire, que esteve presente desde o começo me dando força e encorajamento para eu prestar o vestibular e depois estudar.

## **AGRADECIMENTOS:**

Ao meu genro ALEXANDRE, que nunca deixou de me encorajar.

A Maria Eulália, tia do meu genro, que estimula a todos quanto ao saber, já que é professora aposentada.

Ao meu companheiro de trabalho, contramestre Givanildo, que colaborou com as amostras de tecidos, vídeos e fotos dos teares.

FELIZ É A NAÇÃO CUJO DEUS É O SENHOR...

(Salmos: capítulo 33, versículo 12 da BÍBLIA SAGRADA).

## **RESUMO**

A indústria de tecelagem é muito presente na região de Americana. Nos últimos anos, a produção de tecido índigo teve um aumento significativo no número de empresas que passaram a se dedicar a este setor, principalmente pela região ter uma cadeia completa de produção de moda jeanswear, com fiações, tinturarias, tecelagens, confecções e lavanderias. A literatura sobre os problemas de tecelagens em produção de tecido índigo é muito pobre, quase inexistente. Este trabalho faz uma pequena revisão bibliográfica sobre os processos produtivos do tecido índigo até a tecelagem. São apresentados três problemas de produção na tecelagem do tecido índigo: Quebra do fio de urdume, problema de qualidade no fio de trama e trama dupla. Também são apresentadas as soluções para os problemas apresentados. Toda a documentação foi escrita de forma simples e acompanhada por fotos reais do processo produtivo, sempre com o objetivo de servir de referência para consulta e estudos futuros.

**Palavras Chave:** Tecelagem, tecido índigo, problemas de tecelagem.

## **ABSTRACT**

The weaving industry is very present in the Americana region. In recent years, the production of indigo fabric has seen a significant increase in the number of companies that started to dedicate themselves to this sector, mainly in the region to have a complete production chain of jeanswear fashion, with spinning, dyeing, weaving, confections and laundries. The literature on the problems of weaving in indigo fabric production is very poor, almost nonexistent. This work makes a small bibliographical revision on the productive processes of the indigo fabric until weaving. Three production problems are presented in indigo fabric weaving: warp yarn cracking, weft yarn quality problem and double weave. The solutions to the problems presented are also presented. All the documentation was written in a simple way and accompanied by real photos of the production process, always with the purpose of serving as reference for consultation and future studies.

**Keywords:** Weaving, indigo fabric, weaving problems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Síntese do Poliéster .....	3
Figura 2: Fluxo de produção das fibras de poliéster.....	3
Figura 3: Fibra de elastano .....	4
Figura 4: Combinação de fios com a fibra de elastano .....	5
Figura 5: Cadeia Produtiva Têxtil .....	6
Figura 6: Processo geral de Fiação.....	7
Figura 7: Mecanismo de funcionamento do tear .....	9
Figura 8: Ligamento tela ou tafetá.....	10
Figura 9: Ligamento Sarja .....	11
Figura 10: Ciclo ou DIP .....	14
Figura 11: Corte transversal do fio e as camadas de tingimento.....	14
Figura 12: Graduação de cor conforme número de DIP's .....	15
Figura 13: Fluxo do processo Rope Dye (corda).....	17
Figura 14: Vista lateral de uma máquina Rope Dye .....	18
Figura 15: Fluxo do processo Slasher Dye (multicaixas) .....	20
Figura 16: Vista lateral de uma máquina Slasher Dye .....	20
Figura 17: Fluxo do processo Loop Dye (multicaixas).....	22
Figura 18: Detalhe do tecido Indigo .....	23
Figura 19: Caminho do fio de urdume no tear .....	24
Figura 20: Lamelas do guarda urdume .....	24
Figura 21: Esquema básico de um tear de índigo .....	25
Figura 22: Sarja de 3 pesada, diagonal direita e esquerda .....	26
Figura 23: Sarja de 3 leve, diagonal direita e esquerda .....	26
Figura 24: Sistemas de torção de fios .....	27
Figura 25: Tear Sulzer Têxtil L5400 .....	28
Figura 26: Falta de fio de urdume, com tecido ainda no tear .....	29
Figura 27: Detalhe da falta de urdume no lado direito do tecido .....	30
Figura 28: Detalhe da falta de urdume no lado avesso do tecido.....	31
Figura 29: Microscopia digital mostrando em detalhes o rompimento do fio de urdume .....	32
Figura 30: Lamelas com excesso de sujeira .....	33
Figura 31: Lamelas limpas .....	34
Figura 32: Problema de qualidade de fio de trama.....	35

Figura 33: Microscopia digital mostrando em detalhes o estado de trama.....	35
Figura 34: Detalhe do fio de trama sem defeitos (Fio A) e com defeitos (Fio B). .....	36
Figura 35: Tecido Índigo com trama dupla .....	37
Figura 36: Microscopia Digital mostrando em detalhes a trama dupla .....	37
Figura 37: Fluxo para solução do problema de trama dupla .....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Torção X Diagonal 27

Tabela 2: Fluxo de retirada de fio de trama detalhado em fotos 39

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....	2
2.1 ALGODÃO .....	2
<b>2.2 POLIESTER</b> .....	<b>2</b>
2.3 ELASTANO .....	4
2.4 PROCESSO PRODUTIVO TÊXTIL .....	5
2.4.1 FIAÇÃO .....	6
2.4.2 TECELAGEM .....	8
2.5 CORANTE INDIGO .....	11
2.6 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO TECIDO ÍNDIGO .....	13
2.6.1 TECNOLOGIAS DE TINGIMENTO DE ÍNDIGO .....	15
2.6.1.1 ROPE DYE (CORDA) .....	16
2.6.1.2 SLASHER DYE (MULTI-CAIXAS) .....	18
2.6.1.3 LOOP DYE (LOOP OU GIROTEX) .....	20
3 METODOS E PROCESSOS .....	23
3.1 TECELAGEM DE TECIDO INDIGO .....	23
3.1.1 LIGAMENTO SARJA .....	25
4 PROBLEMAS E SOLUÇÕES .....	28
4.1 QUEBRA DE FIO DE URDUME .....	28
4.2 DEFEITO DE QUALIDADE NOS FIOS DE TRAMA .....	34
4.3 TRAMA DUPLA .....	36
5 CONCLUSÃO .....	40
6 BIBLIOGRAFIA .....	41

## **1 INTRODUÇÃO**

A produção do segmento jeanswear foi ao redor de 350 milhões de peças em 2012 (Fonte: IEMI). A região sudeste representa 43,4% da indústria produtora. Na região de Americana, a cadeia para a produção industrial da moda jeanswear é completa, contando com fiações, tinturarias, tecelagens, confecções e lavanderias.

O processo de tecelagem é muito conhecido, tanto em relação ao desenvolvimento como a produção. Mas em uma pequena busca por literatura sobre os problemas apresentados na tecelagem de tecido Índigo, constatou-se que esta era quase inexistente. O presente trabalho propõe a apresentação de três problemas comuns de tecelagem de tecido Índigo, bem como as suas soluções. O propósito é construir uma literatura técnica, que possa se juntar a literatura existente (desenvolvimento e produção) para que sirva de referência para estudos e trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ALGODÃO

A fibra de algodão é uma das fibras mais antigas usadas na indústria têxtil. Há relatos de seu uso há mais de 7000 anos. A sua origem está ligada aos mais remotos relatos sobre vestuário e também está ligada à evolução da produção de artigos têxteis (SOUSA, 2003).

A palavra algodão vem do árabe *qoton*, que gerou o italiano *cottone*, o francês *coton* e o inglês *cotton*. Tem sua origem na Índia, onde foram tecidas as peças mais antigas, e da Etiópia (ALBUQUERQUE, 2011).

A grande vantagem do algodoeiro é que se pode aproveitar a planta quase totalmente. As fibras são usadas na área têxtil e as sementes são usadas na produção de óleo.

Dentre as várias propriedades do algodão, o comprimento tem destaque. Essa característica está ligada diretamente com a finura, a resistência e o número de torções que o fio poderá ser submetido.

A fibra de algodão produz tecidos muito confortáveis, devido ao seu alto grau de absorção de água, o qual está relacionado com a presença de grupos hidroxilas da celulose. Quando a água penetra na fibra de algodão, ela incha, permitindo assim absorver até cerca de um quarto do seu peso em água (ALBUQUERQUE, 2011).

### 2.2 POLIÉSTER

As normas ISO 2076 e a diretiva EU definem o nome genérico Poliéster – PES, como “fibra composta de macromoléculas lineares cuja cadeia contém um mínimo de 85% em massa de um éster de um diol e do ácido tereftálico” (GUILLÉN, 2003).

A fibra de poliéster consiste de uma macromolécula caracterizada por inúmeras funções multiésteres. A sua produção é baseada na reação de condensação de um ácido dicarboxílico com um glicol. Usualmente ácido tereftálico e etileno glicol (Figura 1).

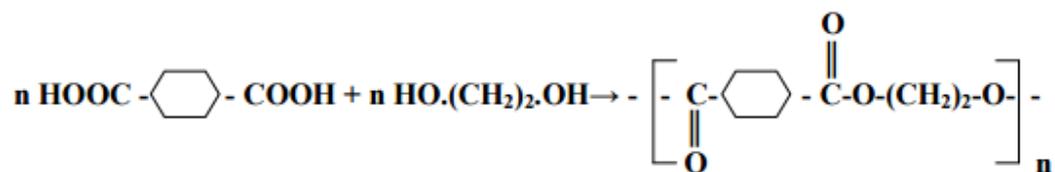


Figura 1: Síntese do Poliester  
Fonte: Dolzan, 2004

A figura 2 apresenta o fluxo de produção das fibras de poliéster:

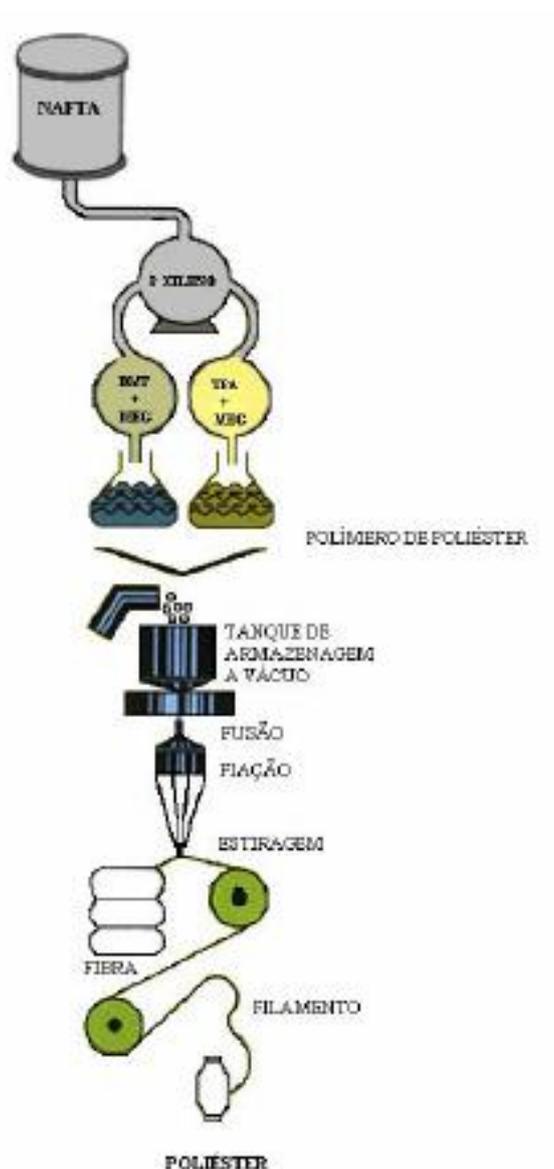


Figura 2: Fluxo de produção das fibras de poliéster  
Fonte: Dolzan, 2004

As cadeias ficam muito orientadas e cristalizadas, o que leva a fibra a ter uma alta compactação e coesão interna. Isso faz com que as fibras sejam menos elásticas que outras fibras sintéticas, porém as suas características de resistência ao amassado, rigidez e deformação são bem superiores. Possuem moderada condutividade térmica, alta resistência a abrasão e boa estabilidade a luz.

### 2.3 ELASTANO

As fibras de elastano são compostas por macromoléculas lineares, formadas por polímeros de alto peso molecular, principalmente de 85% de poliuretano segmentado. A fibra de elastano pode se deformar de 400% a 800%, voltando ao seu estado original após o término da aplicação da força (DOLZAN, 2004).

O poliuretano segmentado é composto de um segmento rígido cristalino, com orientação no sentido do comprimento e um segmento flexível amorfo (Figura 3). Os segmentos flexíveis estão sob a forma de aglomerações desordenadas. Quando estes últimos são estirados para uma configuração mais orientada, os segmentos rígidos atuam como resistentes a estas forças, buscando recuperar a forma original.

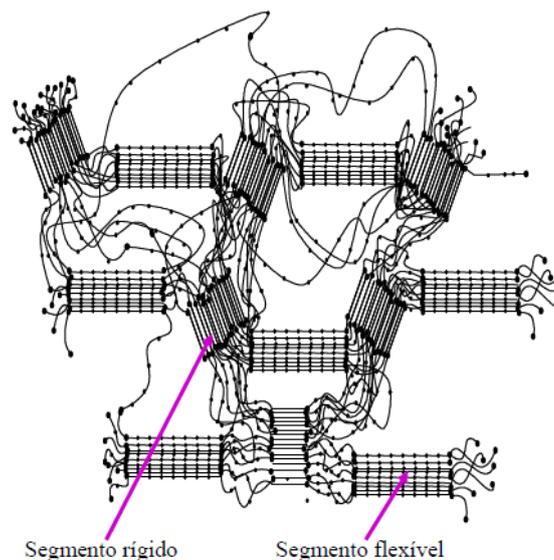


Figura 3: Fibra de elastano  
Fonte: Dolzan, 2004

O elastano é exclusivamente combinado com outras fibras têxteis as quais não requerem tanta elasticidade. O elastano raramente se apresenta na forma original; normalmente se produzem mesclas com os demais fios. No final, o fio contém dois componentes: o núcleo do fio elástico de elastano e a superfície do fio enrolado em materiais como o poliéster (Figura 4)..

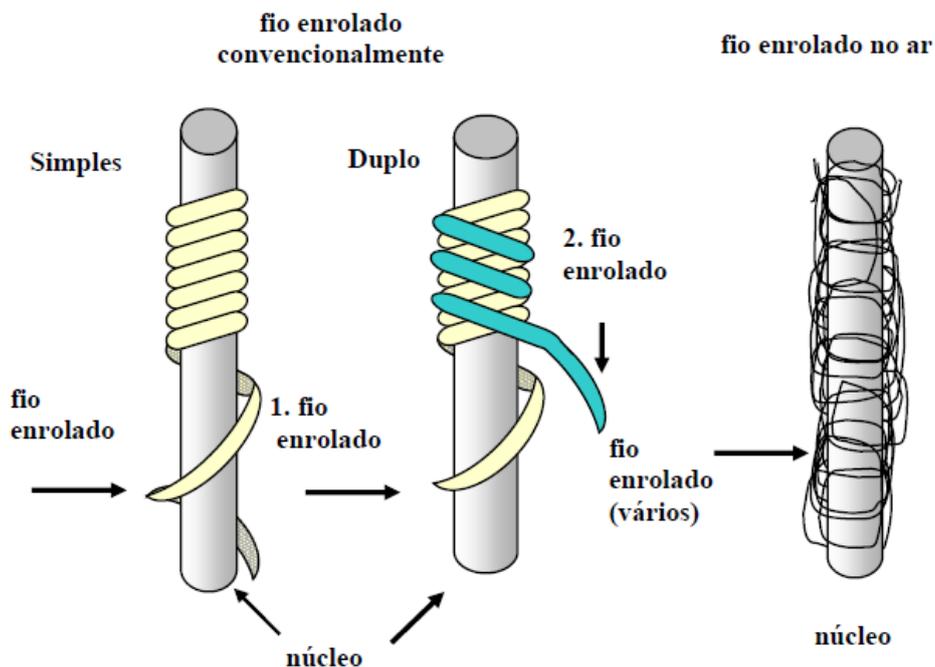


Figura 4: Combinação de fios com a fibra de elastano  
Fonte: Dolzan, 2004

## 2.4 PROCESSO PRODUTIVO TÊXTIL

O processo de produção têxtil é um conjunto de etapas sequenciais, no qual as fibras são transformadas em insumos. Estes processos têm início nas matérias primas, passando por fiação, tecelagem plana ou malharia, beneficiamento ou acabamento e por último as confecções (Figura 5).

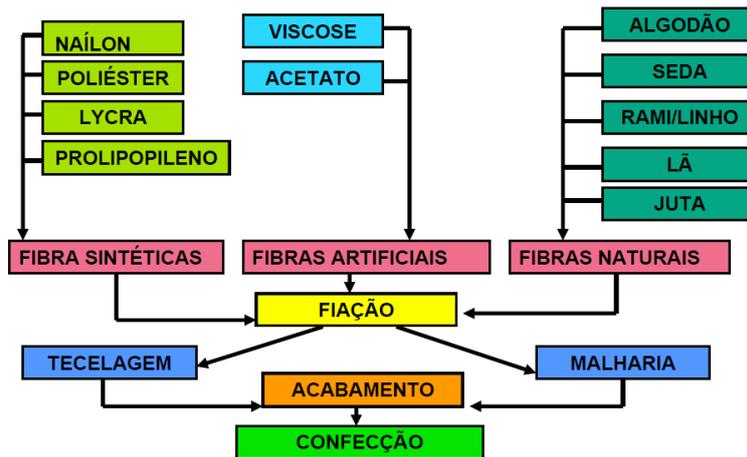


Figura 5: Cadeia Produtiva Têxtil  
Fonte: Santos, 2006

### 2.4.1 FIAÇÃO

Esta é a etapa onde as fibras são transformadas em fios. O processo de fiação abrange diversas etapas das quais as fibras são orientadas em uma mesma direção, depois são torcidas de modo a se prenderem umas nas outras por atrito (ALCÂNTARA & DALTIM, 1996).

Na fiação pode-se obter 3 tipos de fios de algodão diferente, que são determinados pelo seu modo de produção, são os chamados Fios Penteados, Fios Cardados e *Open End*(SOUZA,2016).

Os fios penteados são produzidos a partir do sistema de filatório anel (também conhecido por método convencional). O fio é produzido passando pelo processo de penteagem que retira da matéria-prima as impurezas e fibras curtas. Na fase de fiar passa pelo filatório de anéis. Essa etapa apresenta seis fases de processamento e utiliza mais pessoas, maior número de máquinas e também uma maior área construída. 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 e conseqüentemente, de maior valor agregado.

Os fios cardados também são produzidos a partir do sistema anel (método convencional), porém apresenta uma fase a menos do que os fios penteados, justamente a fase de separação das fibras curtas das longas, gerando, desta forma, fios mais fracos e grossos do que os fios penteados.

O *open end* é um processo de fiação relativamente moderno iniciado pelos tchecos há mais de 30 anos e vem gradativamente ocupando o espaço dos filatórios convencionais. A finalidade da sua introdução foi de tornar o processo de fiação mais compacto, eliminando-se passagens na sucessão do seu processo, o uso mais coerente de matéria-prima, o aumento da velocidade de saída, a maior globalização de processos e principalmente a automação e informatização.

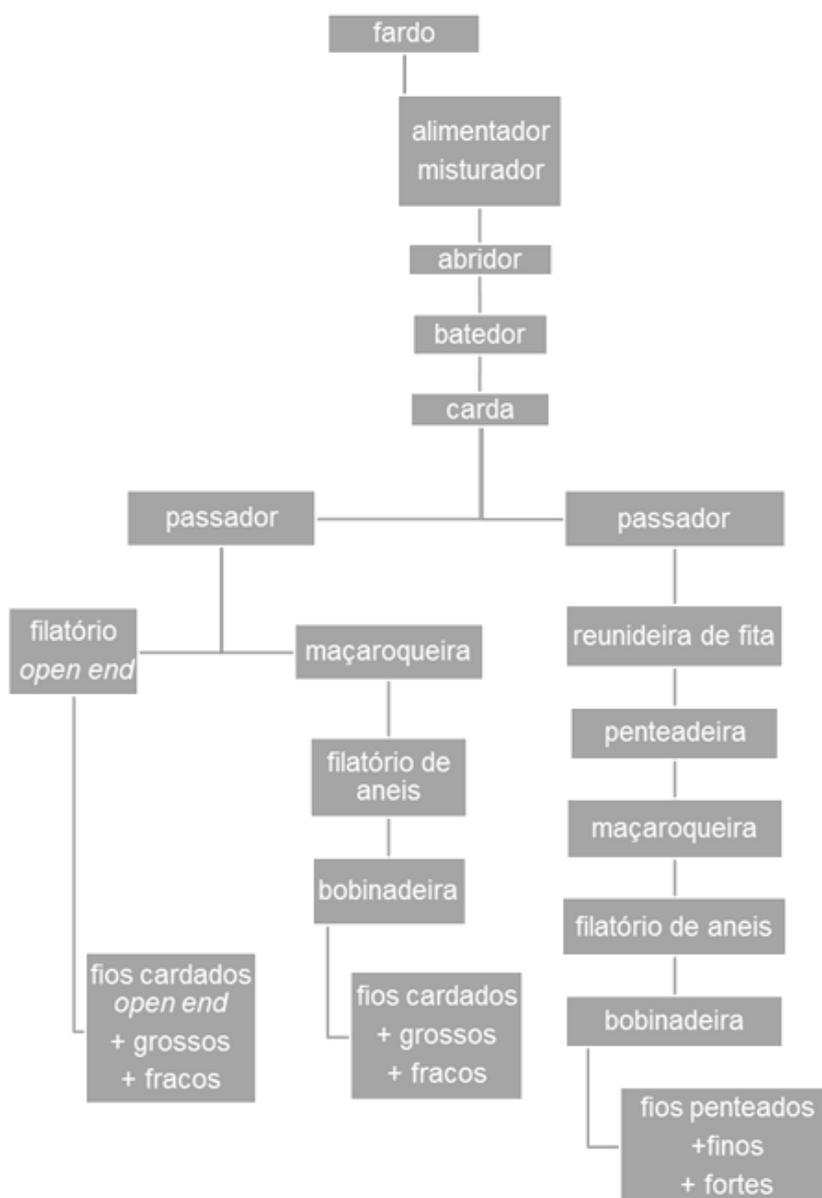


Figura 6: Processo geral de Fiação  
Fonte: Elaborado pela autora

## 2.4.2 TECELAGEM

Após o término do processo de fiação, o fio está pronto para ser encaminhado ao processo de tecelagem. Este processo é responsável pela fabricação de tecidos planos, que são produzidos pelo entrelaçamento em 90° dos fios de urdume (fios no sentido do comprimento) e fios de trama (fios no sentido da largura). Todo esse processamento é feito em máquinas chamadas teares.

Antes do tecimento, é necessário a preparação dos fios de urdume, que devem passar pelos processos de urdimento, engomagem e remeteção.

O urdimento é a preparação dos fios de urdume. O processo de urdimento é uma operação que incide na transferência dos fios de seus suportes iniciais (cones, bobinas, etc.) para o rolete do tear formando o urdume do tecido. O número de fios a ser urdido está em função da largura do tecido a ser produzido e do número de fios por centímetro. Portanto, este número é muito variável dependendo de cada artigo a ser produzido.

Logo após o processo de urdimento, tem a engomagem, processo que consiste no revestimento do fio de urdume com uma camada protetora – Goma. A máquina responsável por este estágio do processo é denominada de engomadeira e tem como funções básicas reunir os fios dos rolos de urdume aplicando a eles soluções de produtos de engomantes. Esta aplicação é feita normalmente em um banho a quente e posteriormente o fio é submetido ao calor para voltar a se constituir com sua umidade natural. A engomadeira é uma máquina de dimensões grandes, portanto é dividida em seções, que possuem finalidades bem distintas entre si, mas com o único objetivo de criar uma camada protetora em volta do fio de forma que o torne mais resistente.

Os efeitos produzidos pela goma estão restritamente ligados ao produto final e sua qualidade, mas a garantia deste sucesso depende dos produtos, procedimentos e condições de engomagem adotados, pois além da boa força de aderência e afinidade às fibras exige-se do produto de engomagem elevada elasticidade da película e resistência às condições climáticas. Na composição da goma também são utilizados produtos auxiliares que têm como

objetivo melhorar sua aplicação, fixação e também facilita no momento de tirara goma do tecido já pronto.

Após a engomagem dos rolos, o mesmo é destinado à remeteção. Este processo consiste no passamento dos fios de urdume nas lamelas, liços e pente do tear. Podendo ser realizada de modo manual, que demanda mais tempo e grande concentração, pois não pode haver erros, e tem o rendimento de até 600 metros/hora, ou de modo automático, quando o rolo de urdume é passado diretamente nos liços, lamelas e pente com velocidade de até 200 metros/minutos.

Estando os fios de urdume preparados e remetidos, é iniciado o entrelaçamento com a trama através tear.

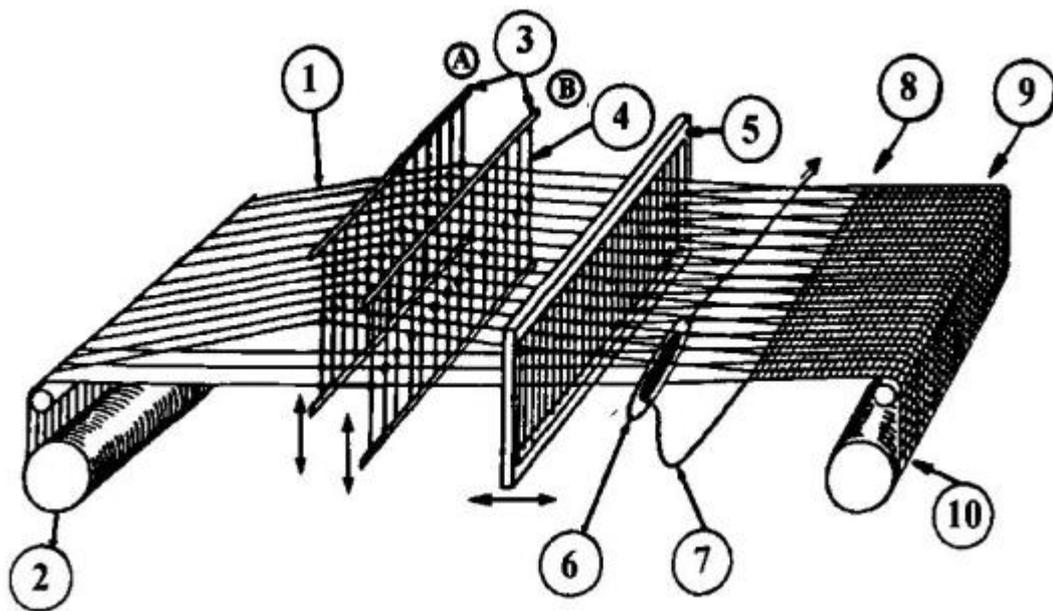


Figura 7: Mecanismo de funcionamento do tear  
Fonte: ALCÂNTARA & DALTIM, 1996

O mecanismo de funcionamento dos teares segue o seguinte procedimento: Os fios de urdume (1) saem do rolo de urdume (2) e passam pelas agulhas (4) dos quadros de liços (3). No caso de tecidos simples, os fios são intercalados destes quadros de liços (A) e (B). O abaixar e levantar alternados destes quadros de liços faz com que se abra, entre as duas camadas de fios, um espaço chamado de cala, por onde é inserido o fio de trama (7) através de uma

lançadeira (6) ou outro sistema. Logo após a passagem do fio de trama, o pente (5) se desloca fortemente para a direita, batendo os fios de trama de forma a aproximar este último fio dos anteriores (8). Este processo se repete a velocidades que podem chegar a 100 batidas por minuto, produzindo o tecido (9) que é enrolado no rolo de tecido (10). (ALCÂNTARA & DALTIM, 1996).

Os teares podem se diferenciar de acordo com o mecanismo de inserção de trama e pelo sistema de abertura de cala. Dentre os principais tipos de teares temos:

- Lançadeira;
- Lançadeira de pinça;
- Projétil;
- Jato de ar;
- Jato de água.

A maneira que se dá o entrelaçamento dos fios de urdume com os fios de trama é o que determina a estrutura do tecido (também chamada de ligamento). Entre as diversas formas podemos destacar dois tipos de entrelaçamentos mais comuns: tela ou tafetá (Figura 8) e sarja (Figura 9). Estas duas estruturas são distinguidas pela frequência de entrelaçamento e pelo grau de endireitamento dos fios.

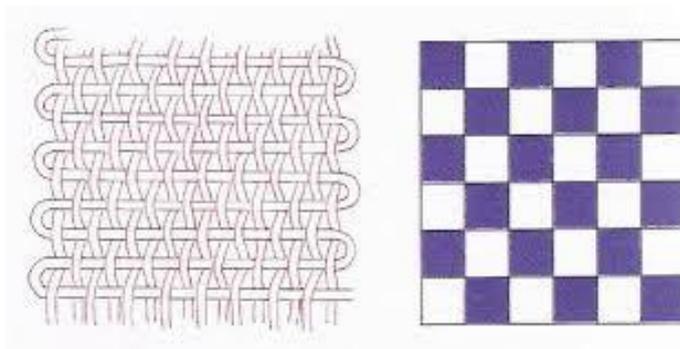


Figura 8: Ligamento tela ou tafetá  
Fonte: PEZZOLO, 2007

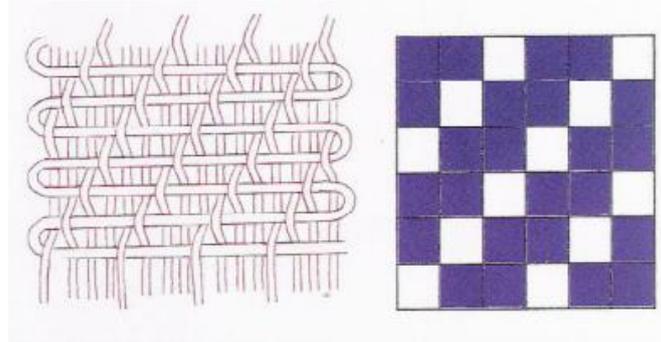


Figura 9: Ligamento Sarja  
Fonte: PEZZOLO, 2007

## 2.5 CORANTE INDIGO

O Índigo é um dos mais antigos corantes azuis utilizados pelo homem em artigos têxteis. Sua história remonta a noite dos tempos e começa na Índia, que recebe o crédito de ser o centro mais antigo a utilizar o anil no velho mundo. Em manuscritos “Atharvaveda”, escrituras Bramane de 4 mil anos A.C. e no texto Samyutta Nikaya de 3 mil anos A.C., encontra-se menção ao Índigo como tintura.

Muitos países asiáticos, tais como Índia, China, e Japão, usaram o anil como tintura por séculos. A tintura foi conhecida também pelas civilizações antigas na Mesopotâmia, no Egito, na Grécia, em Roma, na Grã-Bretanha, na América Central, nos Andes em especial no Peru, no Irã, e na África. No antigo Egito era conhecido a utilização de diferentes tons de azul oriundos de plantas, eram utilizados como tintura e como pigmento insolúvel na pintura de murais, e como pasta na bandagem das múmias. A associação de Índia com anil é percebida na palavra grega para “tintura”, que era indikon (indicum). Os romanos usaram o indicum do termo, que passou no dialeto italiano, e eventualmente no inglês, em que a palavra para anil é índigo.

Na Mesopotâmia, uma tabuleta cuneiforme neo-babilônica do século VII A.C. mostrava uma receita para tingir lãs, onde a lã era colorida lápis-lazúli (uqnatu) através da imersão repetida do pano em um banho de tingimento.

No período Greco-romano também encontramos registros da utilização do Índigo como pigmento na pintura. Marco Polo descreve no século XIII, a partir

de registros de viagens pela Índia e África, processos de obtenção deste pigmento a partir das folhas desta planta. Os romanos usaram o anil como um pigmento para a pintura de afrescos e para finalidades medicinais e cosméticas. Era um artigo de luxo importado pelo Mediterrâneo, trazido da Índia por comerciantes árabes. Ele permaneceu como um produto raro na Europa durante toda a idade média. O pastel, uma tintura quimicamente idêntica derivada da planta (*Isatis tinctoria* - Brassicaceae), era usada preferencialmente.

No final do século XV, o explorador português Vasco da Gama descobriu uma rota marítima para as Índias. Isto levou a estabelecer o comércio direto com Índia, a China, e o Japão. Conseqüentemente, a importação e o uso do anil na Europa aumentaram significativamente. Muito anil utilizado na Europa proveniente da Ásia chegou através dos portos de Portugal, dos Países Baixos e Inglaterra. Já a Espanha importava a tintura de suas colônias nas Américas Central e do Sul.

No Brasil a planta presente em todo o território, era bem conhecida entre os índios por seu uso tintorial, nunca havia sido cultivada por eles. Curiosamente esta informação não chegou aos colonizadores, uma vez que, em 1689, o governador da Bahia pediu remessas de sementes do índigo da Índia. Segundo registros da Companhia Geral do Comercio do Grão-Pará e do Maranhão, fundada em 1756, eram enviados para a Europa o pau-brasil, sangue-de-drago, o anil e outros corantes para as tinturarias da época. A planta foi domesticada sob o patrocínio da Academia Científica do Rio de Janeiro, as técnicas de beneficiamento foram ensinadas, e a sua comercialização foi promovida pelo vice-rei. Até 1779 as exportações brasileiras de anil satisfizeram o mercado português.

Em 1865 o químico alemão Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer iniciou trabalhos com o anil. Seu trabalho culminou na primeira síntese química do anil em 1880 a partir do nitrobenzeno aldeído e a acetona em adição a hidróxido sódio diluído. Sua estrutura química foi anunciada três anos mais tarde. A BASF (Badische Aniline Soda Fabrik) desenvolveu o processo de síntese comercial de produção e introduziu no mercado o primeiro Índigo sintético no

ano de 1905; e já em 1913 o Índigo natural havia sido substituído quase inteiramente pelo Índigo sintético.

Com a vinda do substituto sintético, a demanda para o anil natural caiu substancialmente, e para muitos fazendeiros de anil a plantação tornou-se economicamente inviável.

## **2.6 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO TECIDO ÍNDIGO**

O tecido  ndigo, tradicionalmente possui ligamento em sarja, com fios de algodão, a partir da trama em fio cru e urdume tinto com corante  ndigo, que é o grande diferencial das peças jeans.

A principal característica do tingimento com corante  ndigo é o método particular de tingimento sobre os fios de urdume de algodão. Este método permanece praticamente inalterado desde os tempos do  ndigo natural até os dias atuais, mais de cem anos desde a sua síntese. O corante  ndigo possui molécula relativamente pequena e baixa afinidade com a fibra celulósica. Para ser aplicado além de ser reduzido numa soluço alcalina (leuco), também requer uma série de impregna es seguidas de foulardagem e oxida o ao ar, para se obter um azul intenso sobre a fibra (LIMA & FERREIRA, 2001).

Cada série de impregna o, foulardagem e oxida o é denominada ciclo ou dip, e um tingimento em geral varia de 4 a 8 ciclos (Figura 10).

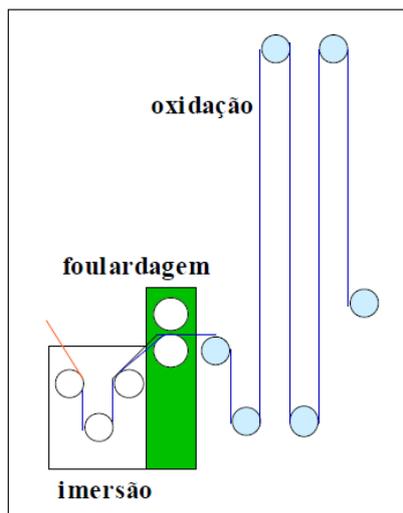


Figura 10: Ciclo ou DIP  
Fonte: LIMA & FERREIRA, 2001

O número ideal de caixas de tingimento depende da intensidade de cor requerida: poucas caixas fornecem uma intensidade baixa. Outro fator é a solidez, que para uma mesma cor, quanto maior o número de caixas maior será a 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. Dessa forma, quanto maior o número de DIP's, maior vai ser a intensidade do tom azul (Figura 11 e 12).

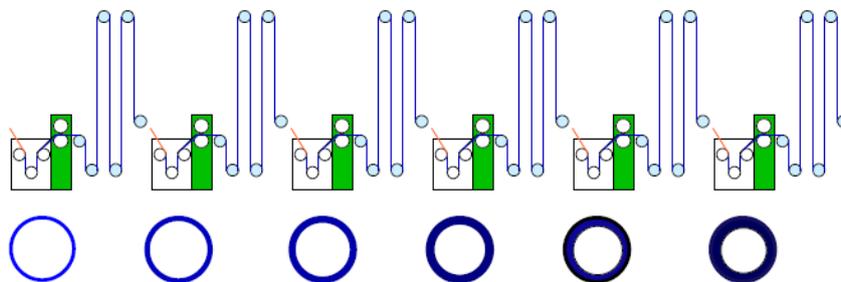


Figura 11: Corte transversal do fio e as camadas de tingimento  
Fonte: LIMA & FERREIRA, 2001

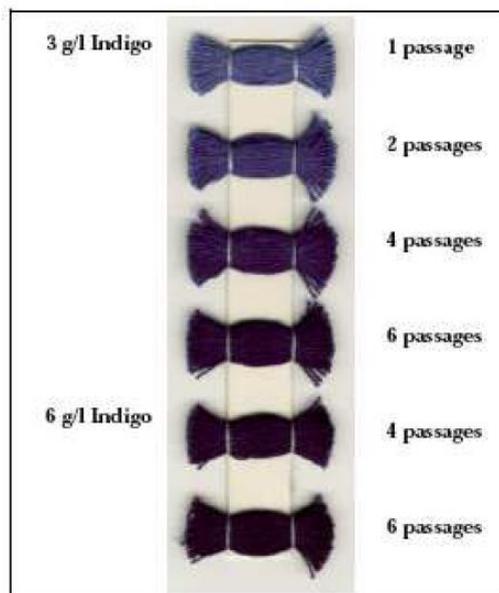


Figura 12: Graduação de cor conforme número de DIP's

Fonte: LIMA & FERREIRA, 2001

O tempo de imersão se rege pelo tipo de instalação de tingimento e pela velocidade de produção. Nas instalações ao largo (multicaixas ou loop) o tempo de imersão varia de 4 a 15 segundos. Se o tempo de imersão é inferior a 8 segundos, a solidez em tons escuros é limitada. Tingindo-se em cabo, o tempo de imersão varia de 12 a 20 segundos. O tempo de oxidação deve ser no mínimo de 45 segundos no tingimento ao largo (multicaixas ou loop), bem como mínimo de 80 segundos para o tingimento em corda. Em teoria, a relação entre imersão e oxidação é de 1:6, isto é, para cada metro de imersão são necessários 6 metros de oxidação, exceto para as máquinas equipadas com equipamentos de oxidação forçada.

Na prática, em máquinas ao largo (multicaixas ou loop) a oxidação perfeita está em torno de 60 segundos. Em termos gerais o comprimento em metros de oxidação para cada ciclo, é o mesmo da velocidade da máquina.

### 2.6.1 TECNOLOGIAS DE TINGIMENTO DE ÍNDIGO

Dentro do cenário de produção de tecido índigo no Brasil, três tecnologias se apresentam com destaque:

- Rope dye (corda)
- Slasher dye (multi-caixas)
- Loop dye (loop, também chamadas girotex).

### **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 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 (rope dye). 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).

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 multicaixas.
- 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.

O fluxo de produção do tecido índigo com o processo Rope Dye é apresentado na figura 13.

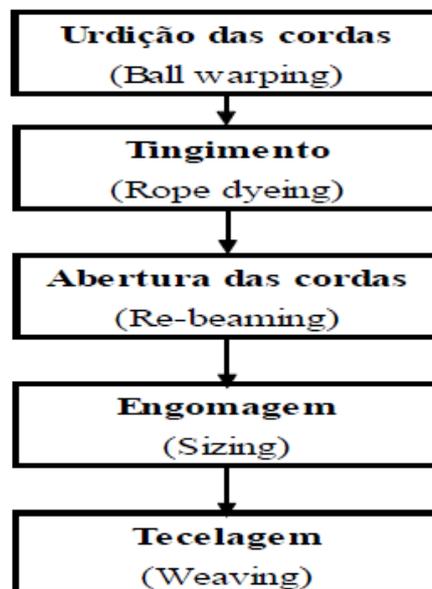


Figura 13: Fluxo do processo Rope Dye (corda)  
Fonte: LIMA & FERREIRA, 2001

Como citado nas desvantagens, as máquinas do tipo Rope Dye são muito grandes, o que pode ser visto na figura 14.



Figura 14: Vista lateral de uma máquina Rope Dye  
Fonte: LIMA & FERREIRA, 2001

#### **2.6.1.2 SLASHER DYE (MULTI-CAIXAS)**

A partir de 1970 deu-se início na Europa a tecnologia de tingimento multicaixas. 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.

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 de produção do tecido índigo com o processo Slasher Dye é apresentado na figura 15.

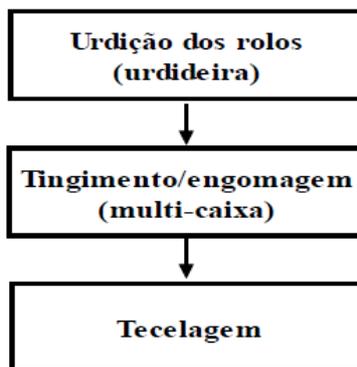


Figura 15:Fluxo do processo Slasher Dye (multicaixas)  
Fonte: LIMA & FERREIRA, 2001



Figura 16: Vista lateral de uma máquina Slasher Dye  
Fonte: LIMA & FERREIRA, 2001

### 2.6.1.3 LOOP DYE (LOOP OU GIROTEX)

Esta tecnologia possui uma história curiosa, em 1973, o Sr. Lau Chor Sen , um químico têxtil de Hong Kong, por absoluta falta de espaço para montar uma máquina multicaixas, teve a idéia 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”.

Principais vantagens:

- 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 multicaixas e cordas)
- Flexibilidade na troca de artigos e de títulos finos.
- Baixo investimento em relação à máquina de cordas e multicaixas.

Principais desvantagens:

- 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.

O fluxo de produção do tecido índigo com o processo LoopDye é apresentado na figura 17.

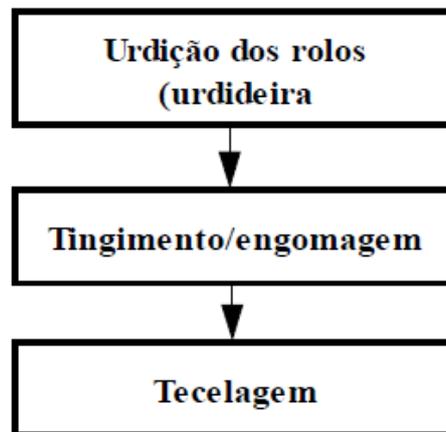


Figura 17: Fluxo do processo Loop Dye (multicaixas)  
Fonte: LIMA & FERREIRA, 2001

### 3 MÉTODOS E PROCESSOS

#### 3.1 TECELAGEM DE TECIDO ÍNDIGO

O tecido de índigo é caracterizado pelo entrelaçamento de tecidos de urdume, tintos com corantes índigo - Azul (Figura 18) ou enxofres – Black, com os fios de trama brancos. A padronagem utilizado na produção de tecidos índigo pode variar bastante, porem sempre revelando os fios tintos(urdume). O uso de diferentes títulos de fios, densidades de fios, são características fundamentais para a determinação da gramatura do tecido, resistência a tração, rasgo e outra propriedades do tecido.



Figura 18: Detahe do tecido Indigo

<https://www.denimhunters.com/how-denim-is-made-weaving/>

Os principais movimentos realizados pelos teares na produção de índigo são:

- **Abertura de Cala:** abertura triangular de duas camadas de fios de urdume com auxílio de alavancas e cordéis amarrados aos quadros de liços onde os fios estão inseridos;
- **Incursão de trama:** introdução dos fios de trama por meio de lançadeira, pinças, projétil, jato de ar ou jato de água.
- **Batida de pente:** o pente está preso à frente e tem movimento de vai e vêm. Quando ele vem à frente, encosta a última trama inserida no remate e quando recua propicia a inserção da trama seguinte. Este movimento e feito em sincronismo com o enrolamento do tecido pronto.

O caminho dos fios de urdume no tear segue a seguinte sequência (Figura 19):

- Rolo de urdume;
- Lamelas;
- Liços (pertencente aos quadros);
- Pente;

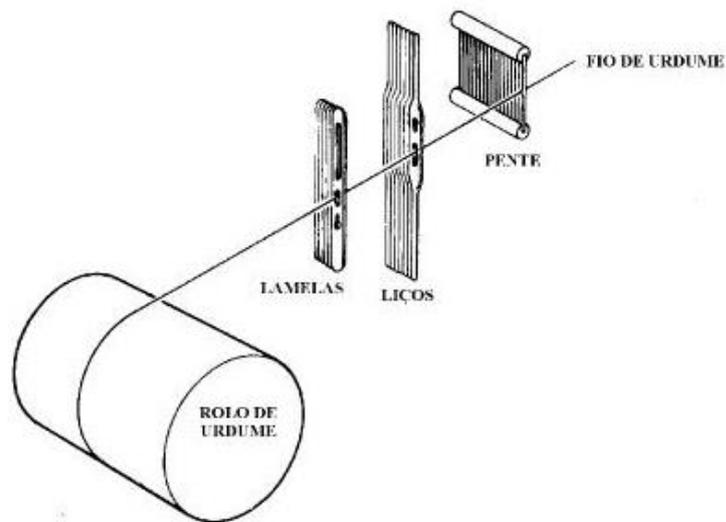


Figura 19: Caminho do fio de urdume no tear  
Fonte: Site <http://www.ebah.com.br>

As lamelas são um dispositivo de segurança, pois promovem a parada do tear quando um fio de urdume se rompe (Figura 20).



Figura 20: Lamelas do guarda urdume  
Fonte: Site <http://www.ebah.com.br>

A figura 21 apresenta um esquema geral de funcionamento do tear que produz o tecido indigo. Na figura estão destacados os principais dispositivos do tear.

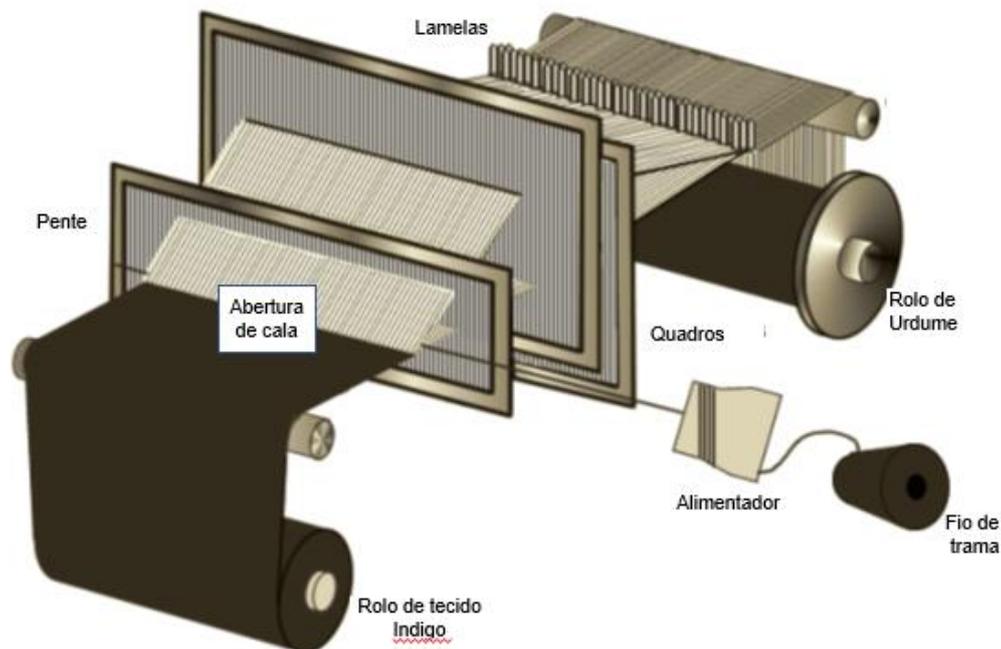


Figura 21: Esquema básico de um tear de índigo  
 Fonte: Adaptado de Technical Bulltin – Denim fabric manufacturing, 2004.

### 3.1.1 LIGAMENTO SARJA

O principal ligamento para a construção do tecido Indigo é a “**SARJA**”. Este ligamento se caracteriza por apresentar nervuras oblíquas, formadas pelo entrelaçamento dos fios de trama e urdume. As nervuras podem se desenvolver para a direita ou para a esquerda.

A sarja de menor repetição é aquela formada por três fios de urdume e três fios de trama (sarja de três). O deslocamento utilizado para a formação do tecido é sempre igual a “1”, formando um ângulo de 45°. A sarja apresenta duas formações distintas, uma com efeito de urdume (armação pesada – Figura 22) e outra com efeito de trama (armação leve – Figura 23).

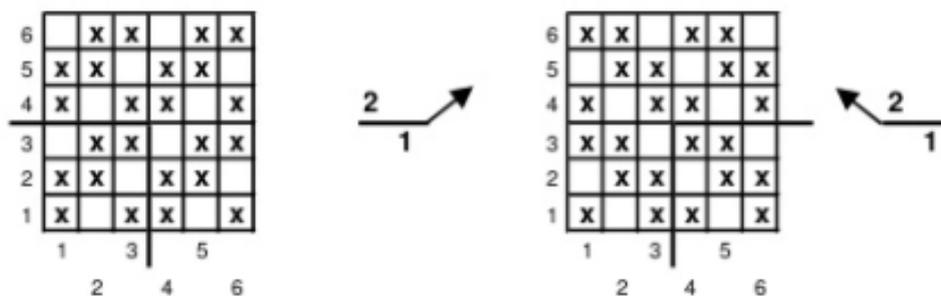


Figura 22: Sarja de 3 pesada, diagonal direita e esquerda  
Fonte: FUZIWARA, 2014

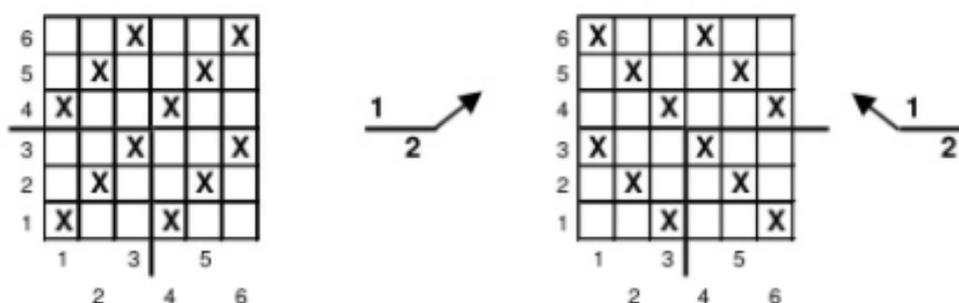


Figura 23: Sarja de 3 leve, diagonal direita e esquerda  
Fonte: FUZIWARA, 2014

Diagonal é o sentido que deve tomar a nervura formada pelo ligamento. Portanto: diagonal direita, nervura no sentido da direita; diagonal esquerda, nervura no sentido da esquerda.

O ligamento sarja geralmente é indicado com um traço horizontal, tendo em uma de suas extremidades o sentido da diagonal.

Os números que aparecem no traço horizontal indicam a quantidade de quadros e o número de subida dos quadros. Quando o número sobre o traço for menor que o de baixo, a sarja será considerada leve; caso contrário, pesada.

Geralmente, a sarja apresenta duas faces distintas: uma em efeito de urdume, armação pesada; outra em efeito de trama, armação leve. Nestes ligamentos, a torção do fio exerce forte influência no aspecto do tecido, podendo realçar ou atenuar as diagonais.

Observações práticas demonstram que para destacar o aspecto da sarja, a direção da torção deve ser contrária a direção das diagonais, caso contrário, as nervuras se apresentarão mais apagadas. É indispensável ao técnico de tecelagem, o conhecimento desses sistemas de torção (Figura 24), pois só assim poderá fazer a aplicação do fio corretamente.

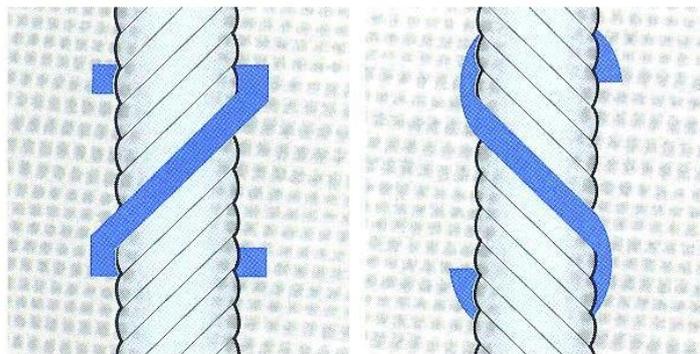


Figura 24: Sistemas de torção de fios  
Fonte: Site <http://www.audaces.com>

A tabela a seguir mostra-nos o melhor sentido de diagonal a ser utilizado.

Tabela 1: Torção X Diagonal

FILO	TORÇÃO	CONSTRUÇÃO	SENTIDO DIAGONAL	EXEMPLO	
S I N G E L O		LEVE	DIREITA		
		PESADA	ESQUERDA		
		EQUILIBRADA	ESQUERDA		
R E T O R C I D O		LEVE	ESQUERDA		
		PESADA	DIREITA		
		EQUILIBRADA	DIREITA		

## 4 PROBLEMAS E SOLUÇÕES

Os problemas de tecelagem na fabricação de tecidos Índigo, bem como as soluções indicadas, tiveram como meio de estudo e produção o tear Sulzer textil l5400, com sistema de inserção de trama por jato de ar (Figura 25).



Figura 25: Tear Sulzer Têxtil L5400  
Fonte: Elaborado pela autora

O tecido avaliado foi um tecido Índigo, com ligamento sarja pesada 3x1 direita, com fio de urdume 100% algodão, 9/1 NE liso e trama 92% poliéster e 8% elastano, 150/48 DEN +40TEX.

### 4.1 QUEBRA DE FIO DE URDUME

Um dos problemas mais comuns no processo de tecimento do tecido Índigo é a quebra do fio de urdume (Figuras 26, 27 e 28). Este problema ocorre por inúmeras razões, como resistência dos fios, problemas de engomagem, enroscamento de fios. Na figura 29, é apresentado uma microscopia digital, revelando em detalhes a quebra de dois fios de urdume.

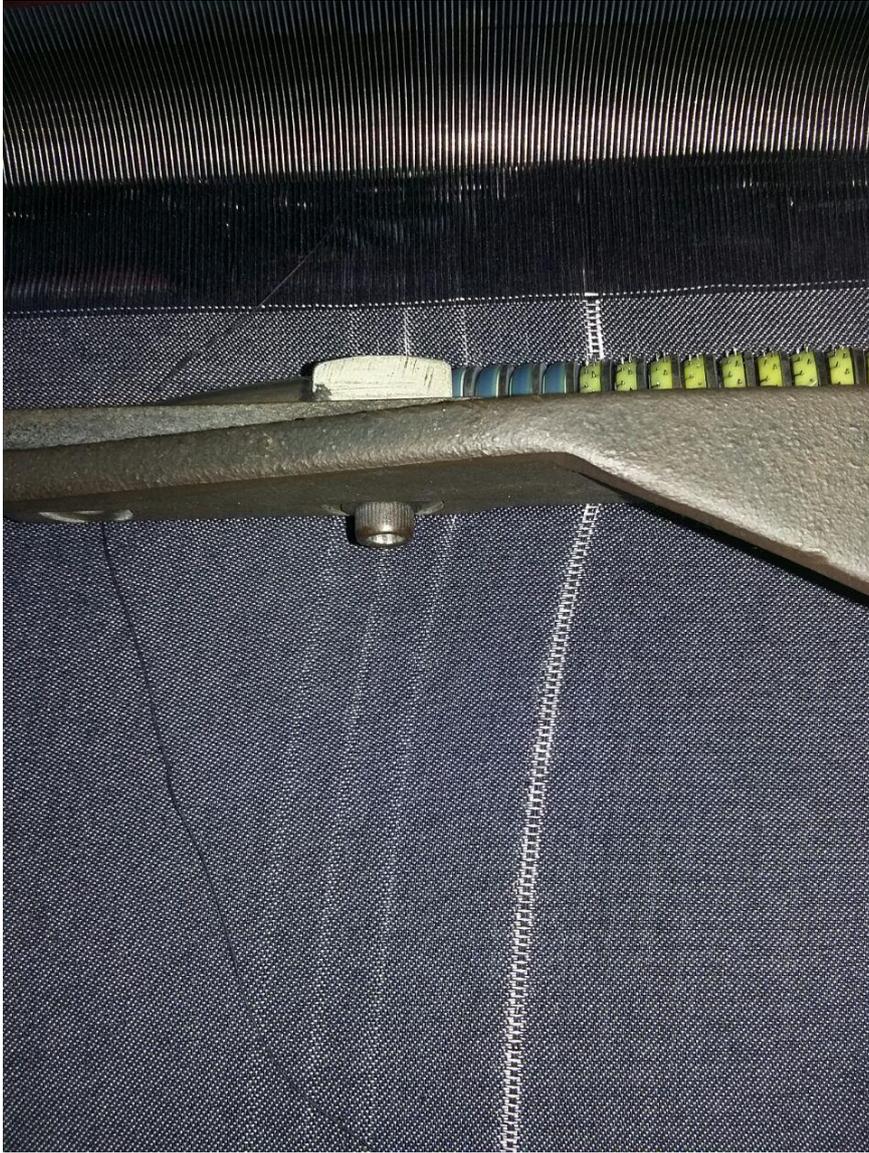


Figura 26: Falta de fio de urdume, com tecido ainda no tear  
Fonte: Elaborado pela autora

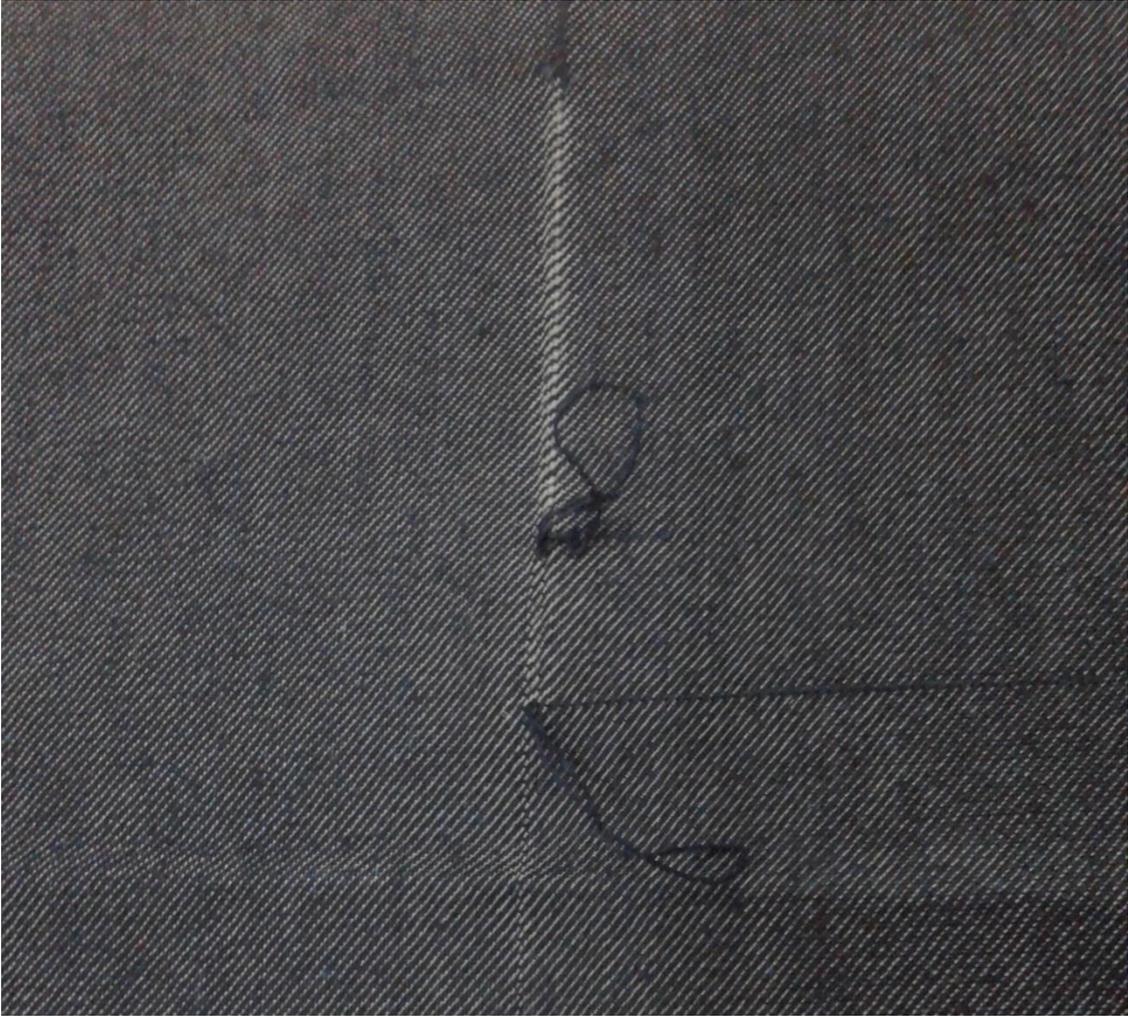


Figura 27: Detalhe da falta de urdume no lado direito do tecido  
Fonte: Elaborado pela autora

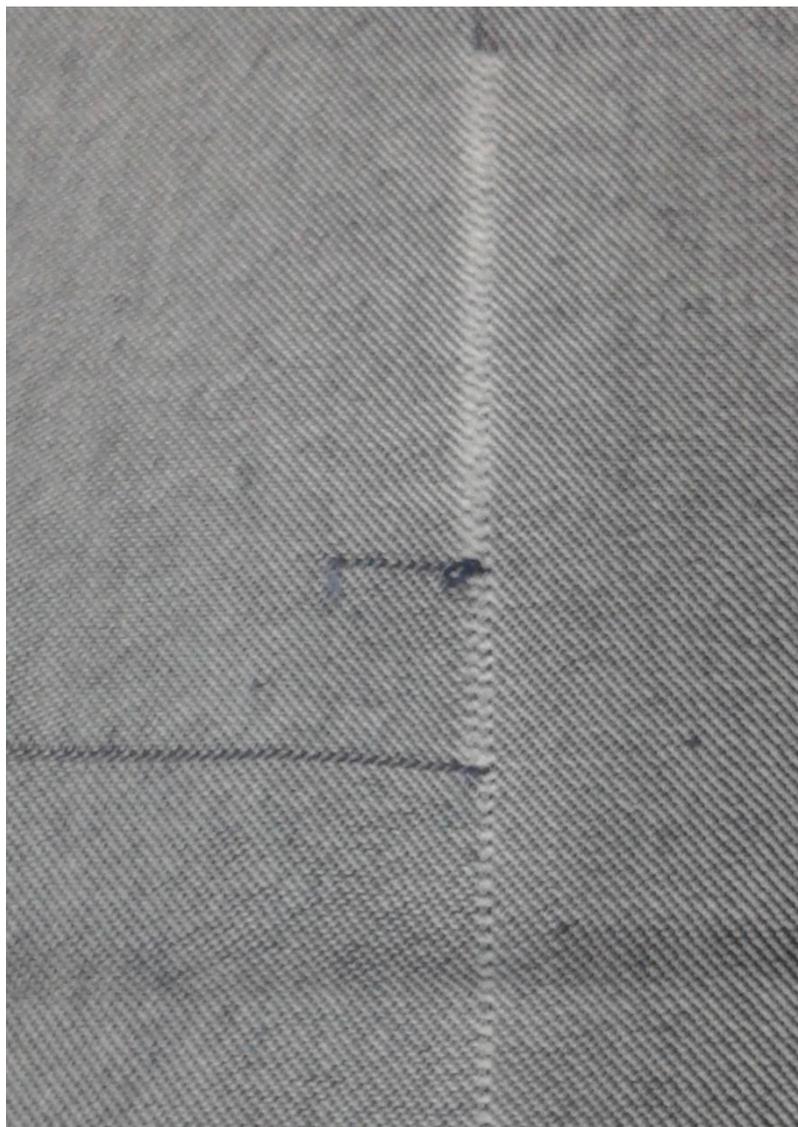


Figura 28: Detalhe da falta de urdume no lado avesso do tecido  
Fonte: Elaborado pela autora

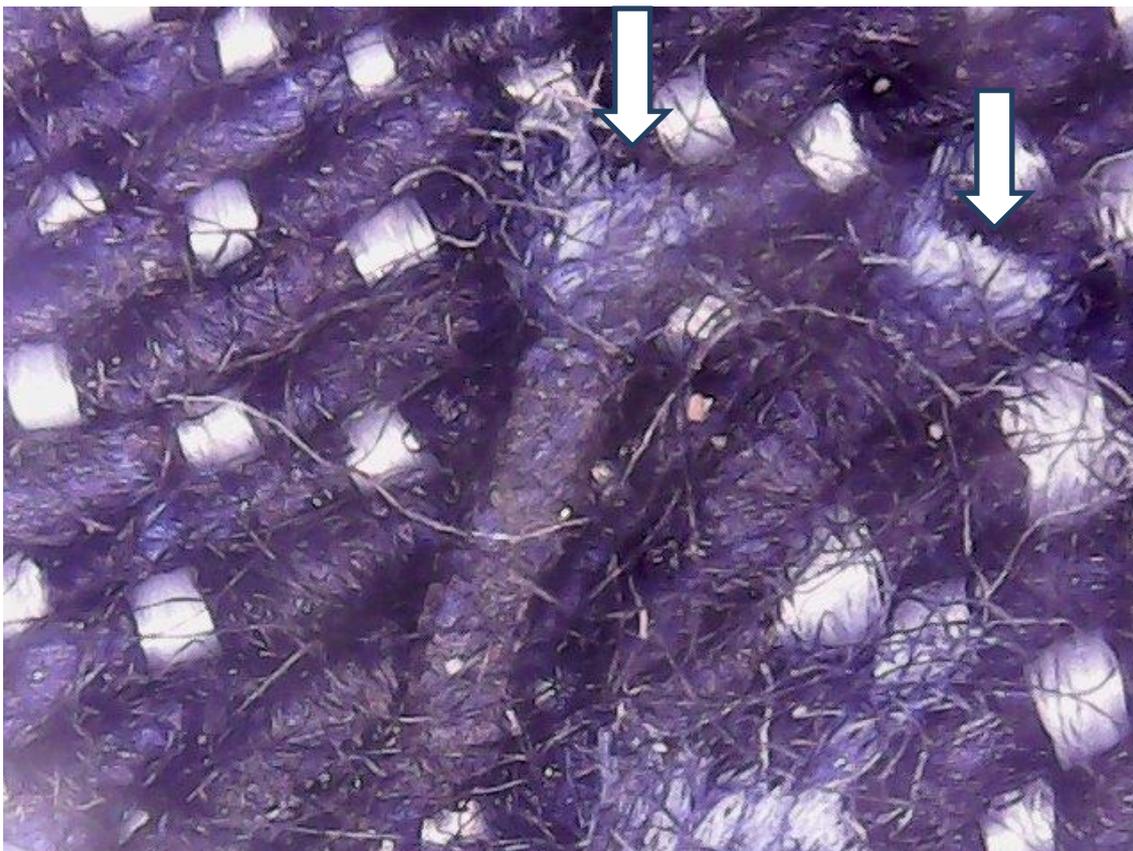


Figura 29: Microscopia digital mostrando em detalhes o rompimento do fio de urdume  
Fonte: Elaborado pela autora

A quebra do fio de urdume é um problema muito comum nas tecelagens de Índigo. Para que estes problemas não ocorram, existem as lamelas, que são um sistema de segurança para rompimentos de fios. Quando os fios de urdume se rompem, as lamelas caem e acionam um sensor que promove a parada imediata do tear. A partir dessa parada o tecelão identifica o fio rompido, faz a emenda e continua o tecimento. Com este procedimento, o tecido não apresenta as falhas mostradas nas figuras anteriores.

O problema apresentado nas fotos ocorreu porque o sistema de lamelas não funcionou, com isso o tear não parou e o problema foi aumentando. Somente quando o tecelão percebeu o problema visualmente é que houve a parada.

O sistema de lamelas não parou devido ao excesso de sujeira (Figura 30). Isto é provocado pela quantidade de pó que solta na produção do tecido Índigo.

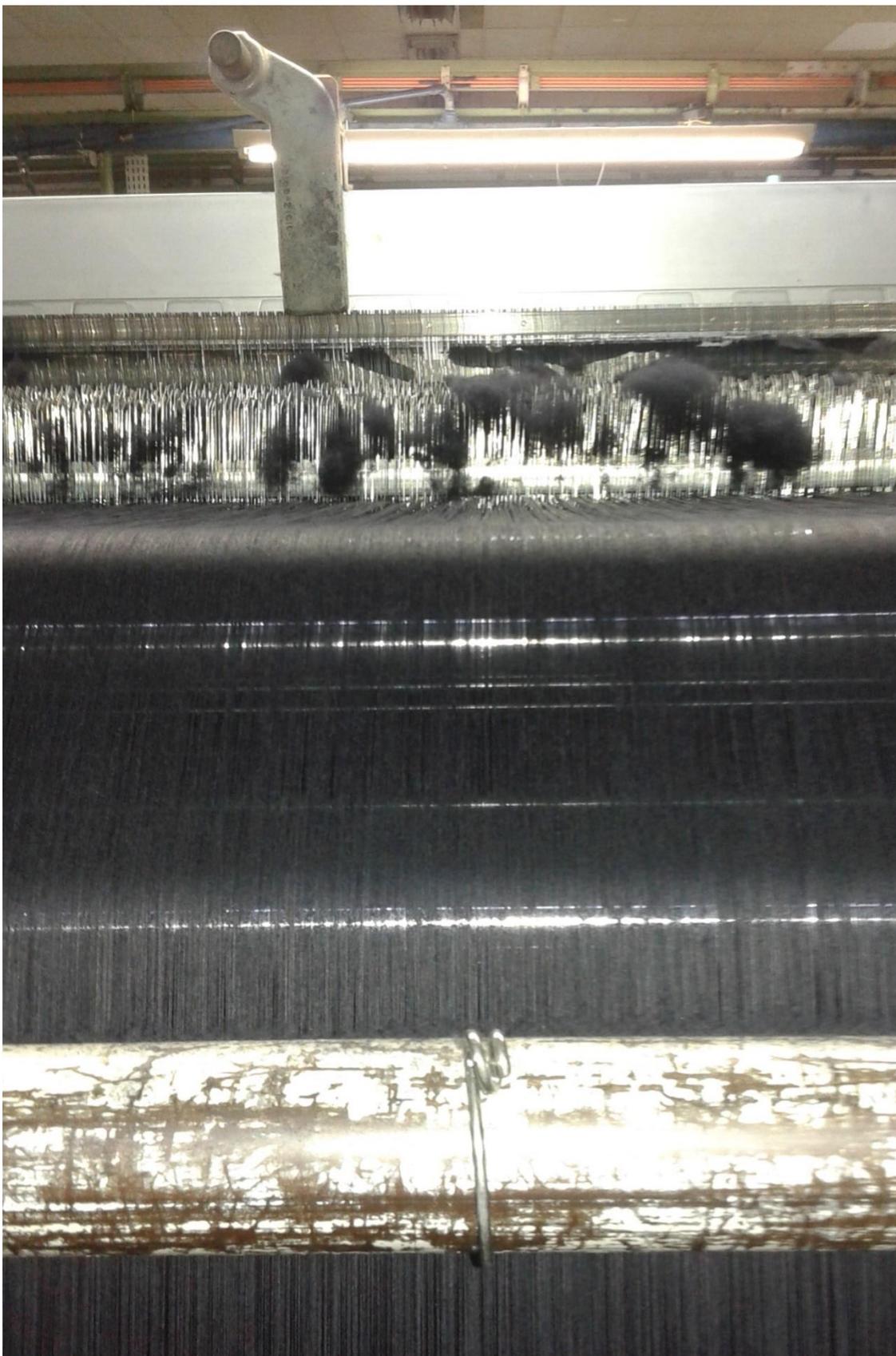


Figura 30: Lamelas com excesso de sujeira  
Fonte: Elaborado pela autora

A limpeza das lamelas (Figura 31) é a sugestão para a não ocorrência dos problemas. Essa limpeza deve ser feita em períodos curtos, ou mesmo quando o tecelão observar uma quantidade excessiva de sujeira.

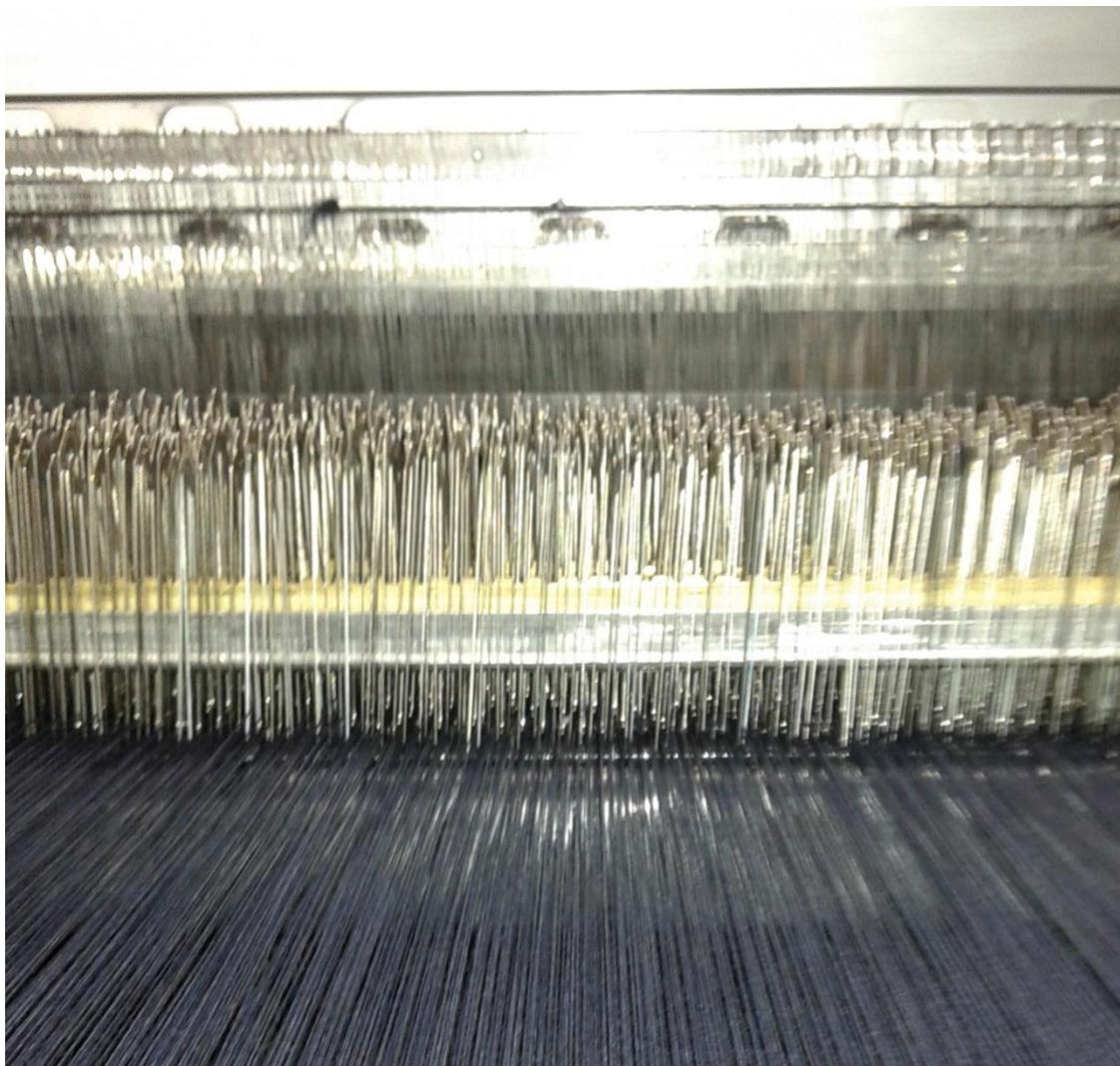


Figura 31: Lamelas limpas  
Fonte: Elaborado pela autora

#### **4.2 DEFEITO DE QUALIDADE NOS FIOS DE TRAMA**

Os fios de trama usados no tecimento do tecido índigo avaliado são uma mistura poliéster / elastano. A figura 32 mostra um tecido que apresenta problemas de qualidade de trama no tecido índigo.

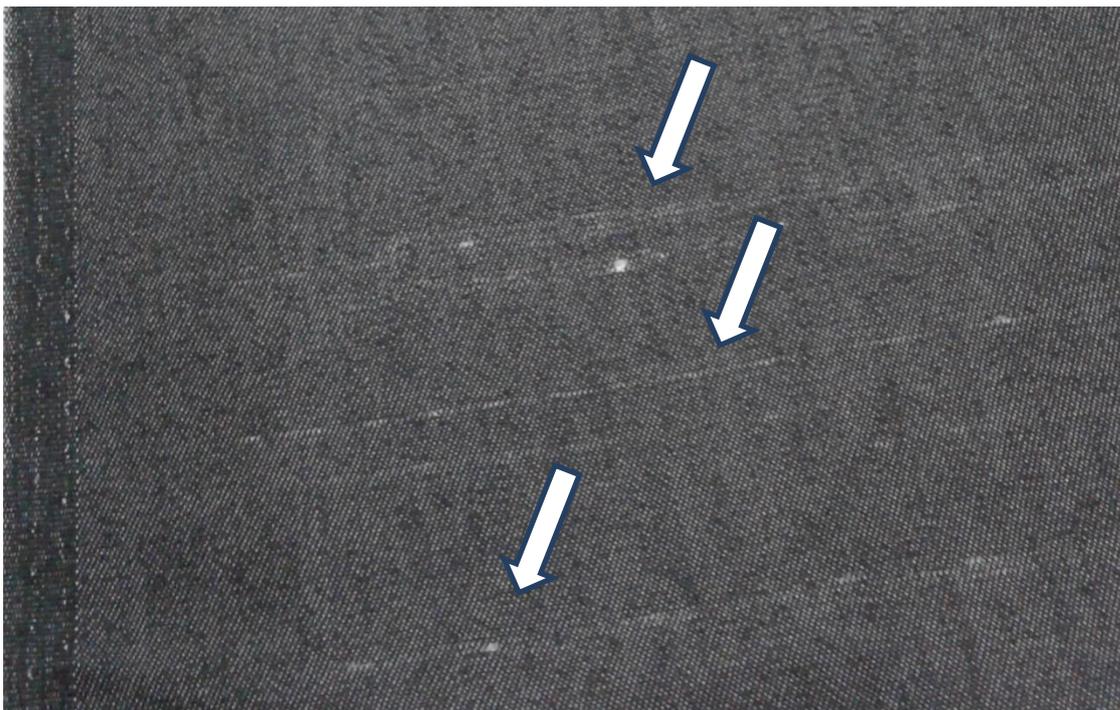


Figura 32: Problema de qualidade de fio de trama  
Fonte: Elaborado pela autora

A figura 33 mostra uma microscopia digital detalhando o problema de qualidade de fio. Pode-se observar um rompimento do fio trama, fazendo com que o revestimento do poliéster fique para fora.

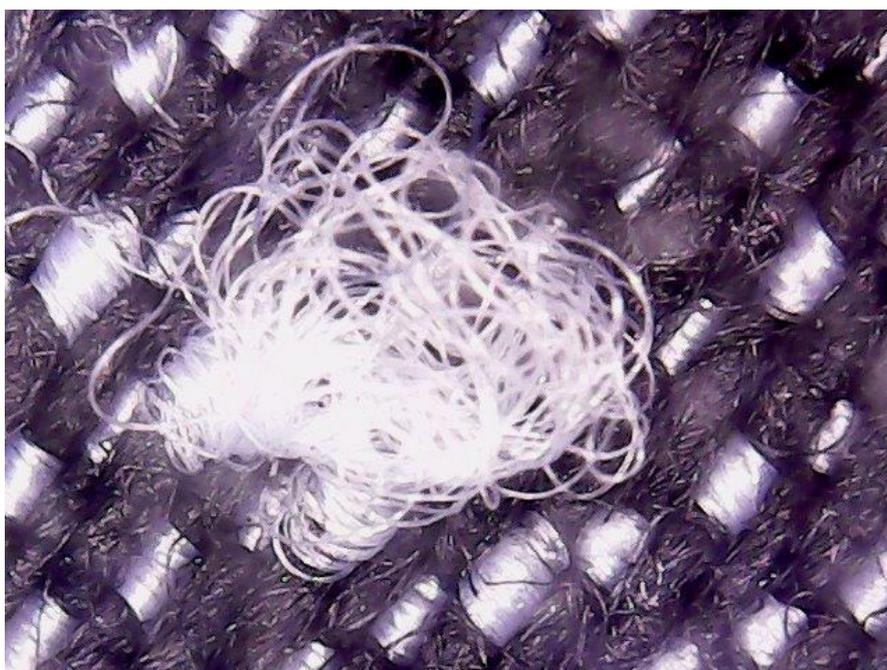


Figura 33: Microscopia digital mostrando em detalhes o estouro de trama  
Fonte: Elaborado pela autora

Este problema é causado pela qualidade do fio de trama. O processo de cobertura do elastano pelo poliéster não foi bem feito (Figura 34 – Fio B), dessa forma o fio não se apresenta de forma uniforme, e quando inserido no tecido, provoca o defeito.



Figura 34: Detalhe do fio de trama sem defeitos (Fio A) e com defeitos (Fio B).  
Fonte: Elaborado pela autora

A solução para este problema está em trocar os cones de fios com defeitos para cones de fios de boa qualidade (Figura 34 – Fio A).

### 4.3 TRAMA DUPLA

O problema de trama dupla (Figuras 35) provoca um defeito muito destacado no tecido de índigo. Este defeito fica muito evidente, pois dois fios de trama ficam juntos, no sentido transversal do tecido (Figura 36).



Figura 35: Tecido Índigo com trama dupla  
Fonte: Elaborado pela autora

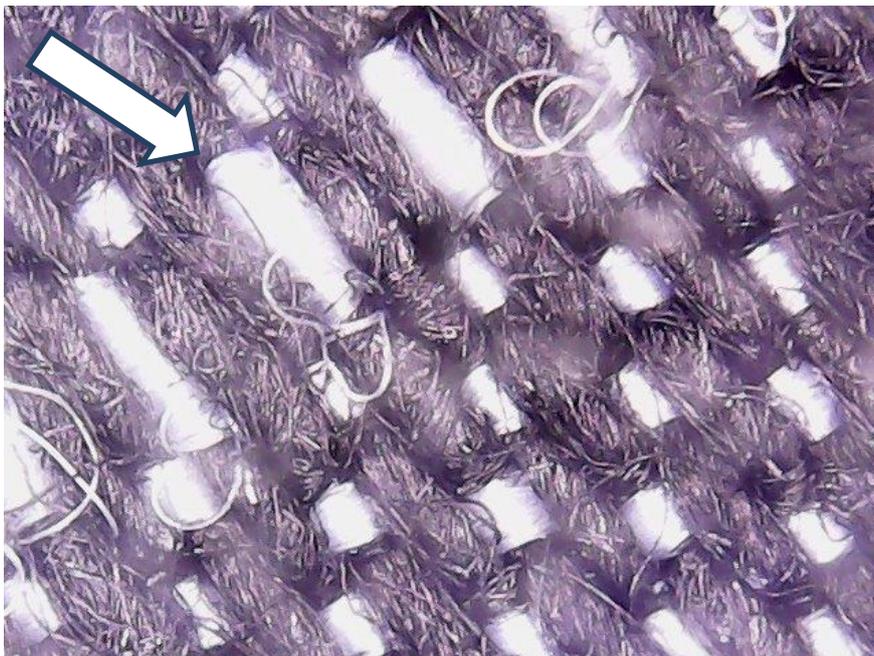


Figura 36: Microscopia Digital mostrando em detalhes a trama dupla  
Fonte: Elaborado pela autora

Este defeito ocorre quando há o rompimento do fio de trama e a parte quebrada não é retirada da cala. Quando um novo fio é inserido e o pente faz a batida, há uma junção de dois fios em determinados lugares.

Este defeito é solucionado retirando o fio quebrada do tecido. Quando isso ocorre, o tecelão deve seguir os seguintes passos:

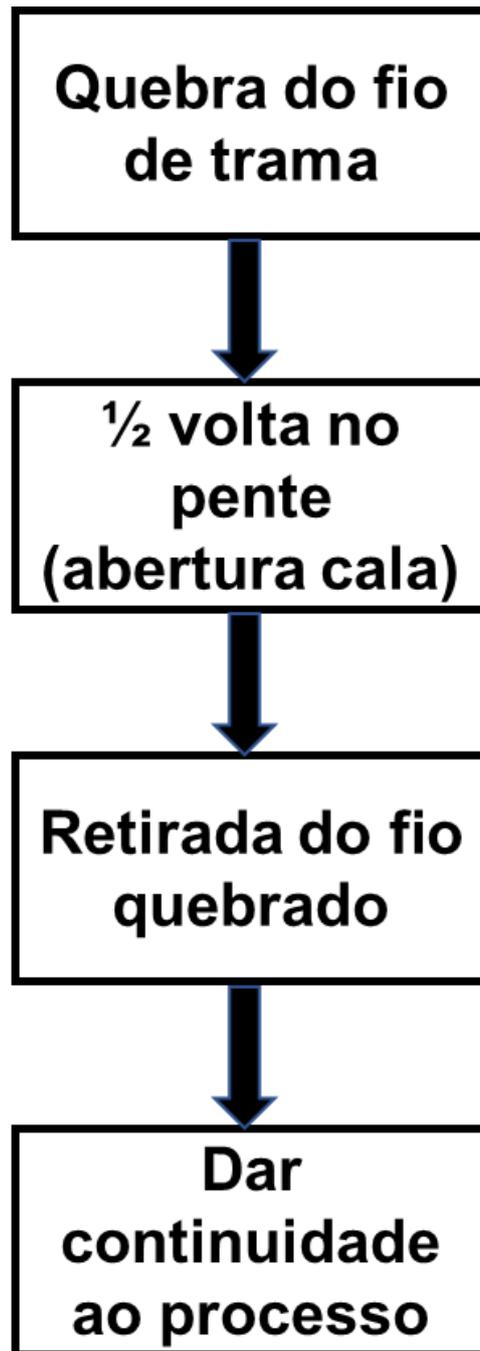
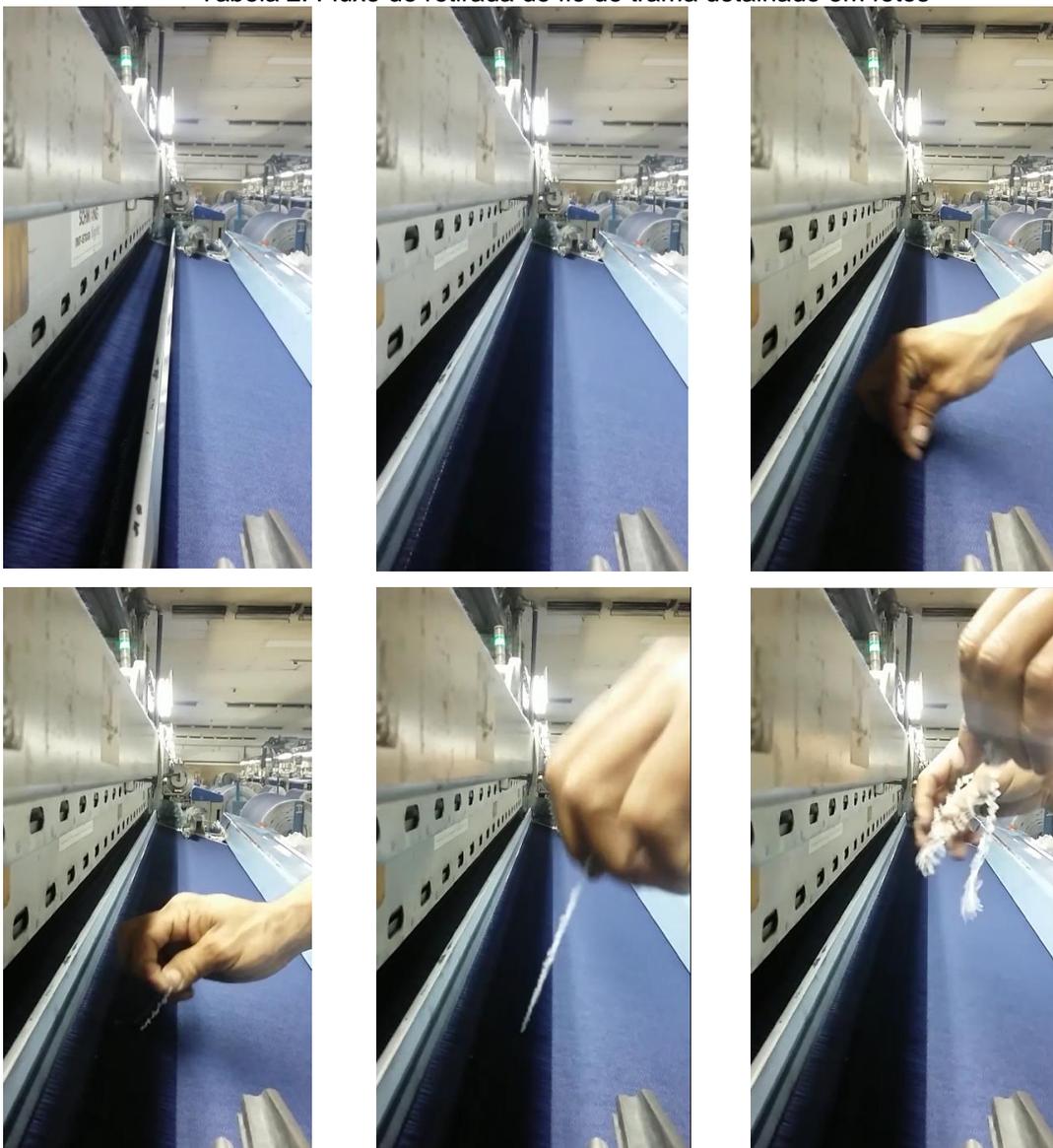


Figura 37: Fluxo para solução do problema de trama dupla  
Fonte: Elaborado pela autora

O fluxo apresentado como solução do problema é apresentado na sequência, em forma de fotos, que mostram em detalhes algumas operações realizadas na retirada do fio de trama quebrado.

Tabela 2: Fluxo de retirada de fio de trama detalhado em fotos



Fonte: Elaborado pela autora

## 5 CONCLUSÃO

O tecido índigo é atualmente um dos principais produtos feitos na região de Americana. A sua cadeia produtiva este presente de forma completa, com fiação, tingimento, tecelagem, confecção e lavanderia. O processo de tecelagem é muito importante nessa cadeia produtiva. Seus defeitos são muito conhecidos dentro das tecelagens, mas a sua documentação é nula. O presente trabalho apresentou de forma simples e didática, três defeitos que estão presentes no dia a dia das tecelagens. Também foram apresentadas soluções simples, que na sua totalidade, podem ser aplicadas sem maiores problemas e gastos. Dessa forma a conclusão é de que o processo pode ser muito mais eficiente, se as medidas apresentadas forem usadas apropriadamente.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a continuidade da documentação dos problemas de tecelagem de tecido Índigo.

## 6 BIBLIOGRAFIA

ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. **A química do processo têxtil**. Revista química Nova. V.19 – n.3 – p. 320 – 329, 1996.

ALBUQUERQUE, W. M. S. **Estudo de secagem em tecidos jeans**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, 2011.

DOLZAN, N. **Tingimento de fibras sintéticas com corantes dispersos**. Programa de Pós graduação em Engenharia Química do centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina – Dissertação de Mestrado, 2004.

FUZIWARA, M. **Introdução ao estudo da padronagem**. 2014

GUILLÉN, J. G. **Nomes genéricos das fibras - Normativas e Legislação**. Revista Química Têxtil, Ano XXVI, nº 70, p.29 – março de 2003

LIMA, F; FERREIRA, P. **Índigo: Tecnologias - Processos; Tingimento - Acabamento**. Fiação e Tecelagem São José S/A, 2001.

PEZZOLO, D. B. **Tecidos: histórias, tramas, tipos e uso**. São Paulo: Senac, 2007.

SANTOS, E. O. **Caracterização, biodegradabilidade e tratabilidade do efluente de uma Lavanderia Industrial**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, 2006

SOUZA, A. S. S. L. **Efeitos físicos e químicos na lavanderia industrial**. Faculdade de Tecnologia de Americana. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil, 2016.

SOUSA, D. C. H. L. **Estudo de secagem de materiais têxteis**. Universidade Estadual de Maringá. Tese de Doutorado em Engenharia Química, 2003.

Technical Bulltin – **Denin fabric manufacturing** – North Carolina, 2004

Sites pesquisados:

<https://www.denimhunters.com/how-denim-is-made-weaving/>

Acesso em 01/05/2017

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAqctYAK/textil-conceitos-basicos-producao-textil-tecidos>

Acesso em 05/05/2017

<http://www.audaces.com/conheca-os-tipos-de-torcao-das-linhas-de-costura/>

Acesso em 10/05/2017

[http://www.textilia.net/materias/ler/textil/conjuntura/iemi\\_divulga\\_estudo\\_sobre\\_producao\\_brasileira\\_de\\_jeans](http://www.textilia.net/materias/ler/textil/conjuntura/iemi_divulga_estudo_sobre_producao_brasileira_de_jeans)

Acesso 12/05/2017