



PARTE 3

A INDÚSTRIA TÊXTIL E A QUALIDADE DE FIBRA



Produzir fibra de algodão, mais para que tipo de mercado?

O desafio da cadeia de algodão é de manter o seu market share no consumo mundial de fibras têxteis. Para isso, é importante produzir uma fibra cujas características atendam os diversos mercados, nacionais e internacionais, que utilizam diferentes tipos de fição; para cada tipo de fição, são requeridas características de fibra diferentes. A incidência de contaminantes na fibra sobre o andamento das fiações é também abordado; por isso também a importância da aproximação entre produtores e industriais, sendo que os produtores de algodão de Mato Grosso devem atender a demanda de diversos mercados, com tipo de fição muito diferente.



Jean-Louis
BELOT
IMAmt

Indústria têxtil, mercado mundial e qualidade de fibra para o futuro

Neste capítulo, fazemos a síntese de diversas apresentações feitas pelo dr. Eric Hequet, atual diretor do departamento de Plant and Soil Science da Texas Tech University em Lubbock, Texas, e até havia pouco diretor do Fiber and Biopolymere Research Institute (FBRI), feitas no 9º CBA de Brasília (2013), no workshop de qualidade em Mato Grosso (2014) e no Congresso Mundial do Algodão (WCRC-2016) de Goiania/GO, chamando a atenção sobre as evoluções do parque têxtil mundial e do mercado de fibra.

O dr. Hequet apresentou a rápida evolução da indústria têxtil e das inovações tecnológicas nas indústrias dos principais países têxteis, principalmente em comparação à velocidade do melhoramento genético de uma planta como o algodão, enfatizando a necessidade de adequar melhor os objetivos do melhoramento genético aos novos atributos de qualidade requeridos pela indústria têxtil mundial.

Alguns trabalhos e resultados importantes são apresentados sinteticamente.

1. Evoluções do mercado de fibra de algodão e da indústria têxtil mundial

Dentro do mercado mundial de fibras têxteis, o algodão não para de perder mercado para as fibras sintéticas, chegando apenas a 30%, apesar de grande variação entre países (Figura 1).

Essa perda de competitividade da fibra de algodão tem diversas explicações, que envolvem considerações de preços, mas também de qualidade ou propriedades (conforto, toque etc.) dos tecidos para os diversos usos. Porém, é de suma importância que entidades representantes da cadeia algodoeira implantem e reforcem ações de *marketing* para fomentar o aumento de consumo da fibra de algodão. Organismos como Cotton Inc. nos EUA, Abrapa, no Brasil, ou Cotton Australia

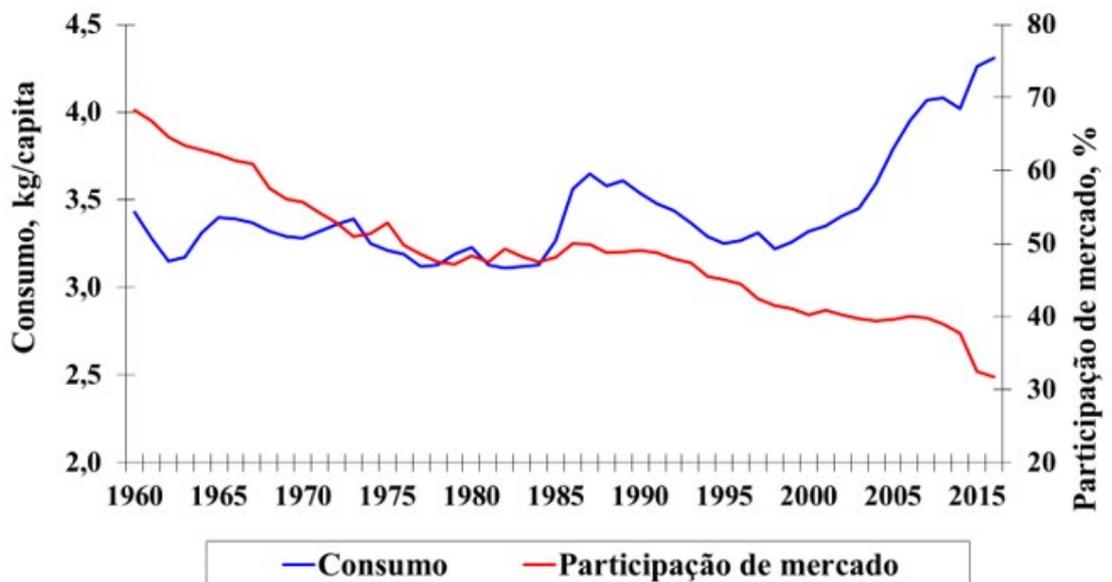


Figura 1. Algodão: consumo per capita e participação no mercado de fibras têxteis (Fontes: ICAC e Hequet)

Tabela 1. Capacidade das fiações instaladas nos EUA e na China entre 1984 e 2010
(Fonte: ITMF e Hequet)

		1984	1994	2004	2007	2010
Rotor	US	300,000	1,008,000	569,000	364,000	303,000
	China	100,000	550,000	1,160,000	2,037,000	2,260,000
Anel	US	14,330,000	6,261,000	1,602,000	1,043,000	670,000
	China	22,000,000	41,585,000	67,000,000	99,000,000	120,000,000

	Fusos Short staple	Fusos Long staple	OE Rotors
África	2.3%	1.7%	2.2%
América, Norte	2.3%	6.2%	6.2%
América, Sul	3.9%	4.8%	6.7%
Ásia & Oceania	<u>86.0%</u>	<u>44.9%</u>	<u>54.9%</u>
Europa, Leste	1.5%	8.8%	18.6%
Europa, Oeste	1.3%	28.5%	3.4%
Europa, Turquia	2.7%	5.1%	7.9%
Mundo	243,573,557	14,663,468	7,566,164

Tabela 2. Capacidade das fiações instaladas em 2010
(Fonte: ITMF e Hequet)

	Sem lançadeiras	Lançadeiras
África	1.2%	4.1%
América, Norte	4.3%	3.2%
América, Sul	5.6%	4.9%
Ásia & Oceania	<u>73.2%</u>	<u>85.3%</u>
Europa, Leste	9.4%	0.6%
Europa, Oeste	3.0%	0.4%
Europa, Turquia	3.4%	1.3%

Tabela 3. Capacidade das tecelagens instaladas em 2010 (Fontes: ITMF e Hequet)

Obs.: primeiramente utilizadas para tecelagem de fios Short Staple

Figura 2.
Fiação de anel
(Foto: Jean
Belot/IMAMt)



realizam cada um em seu mercado local ou internacional esse tipo de atividade, o que, porém, até o momento, não foi suficiente para inverter a tendência. Caso a participação do algodão venha a reduzir-se ainda mais, muito abaixo do nível de 30%, a fibra poderia tornar-se um mercado de nicho (como aconteceu com a fibra de lã natural), não chamando mais a atenção da indústria internacional e dos investidores para desenvolver inovações industriais para o uso desta no mercado têxtil mundial.

O final dos anos 1990 e o início dos anos 2000 marcaram o começo do declínio da indústria têxtil americana e a migração para países como China (*Tabela 1*) e demais países asiáticos, com custo de mão de obra menor. Em 2010, as capacidades de fiação e tecelagem instaladas nos países asiáticos passam a dominar a indústria mundial (*Tabelas 2 e 3*).

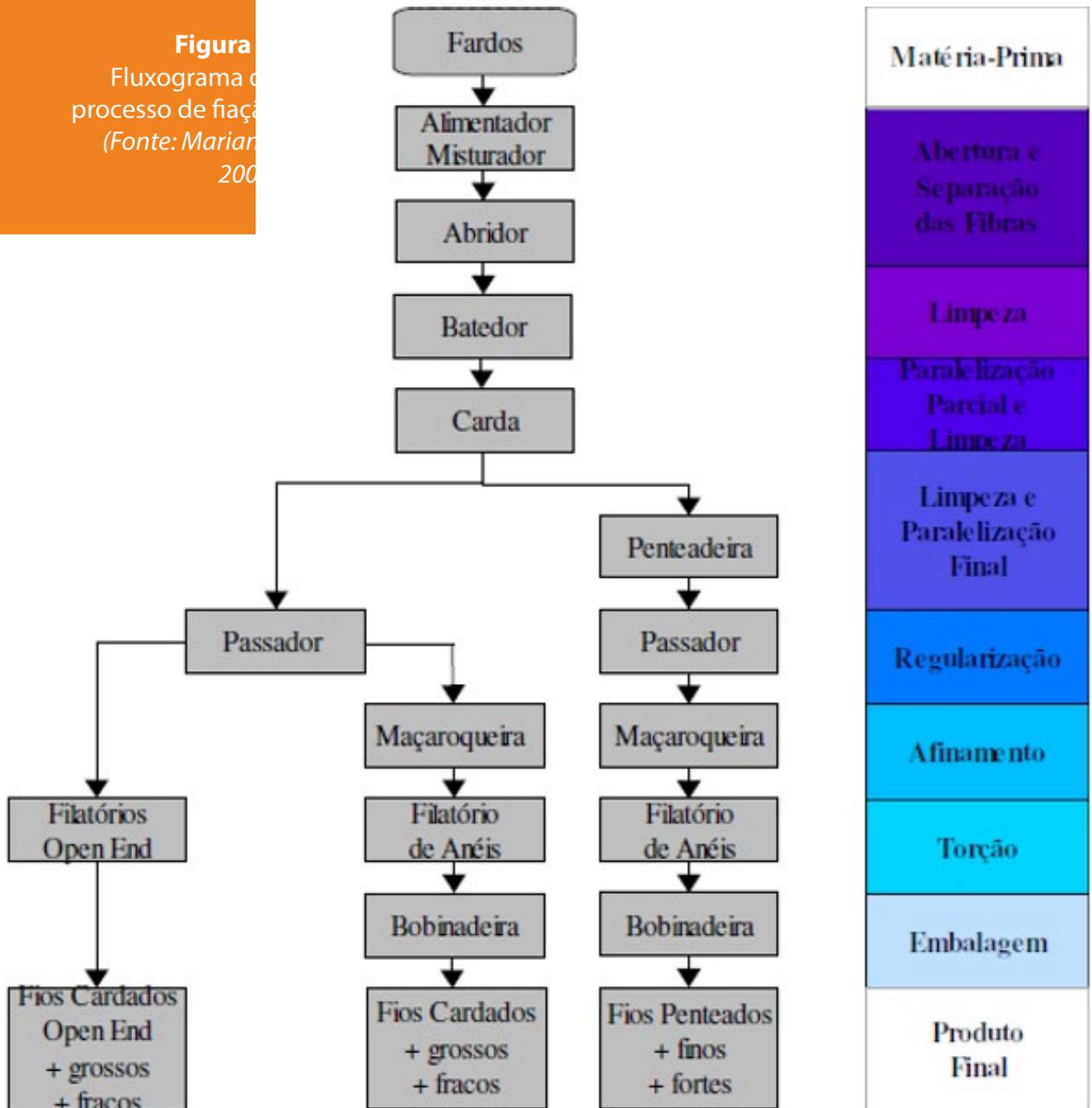
A tendência foi-se acentuando depois dos anos 2010 até hoje; atualmente a migração dá-se para países como Vietnã e outros. A industrializa-

ção têxtil desses países foi realizada em base principalmente a equipamentos de fiação de anel, com poucas indústrias de fio *open-end* (OE), porém de alta velocidade.

Com o declínio da indústria têxtil americana (e europeia), os Estados Unidos, país historicamente grande produtor de fibra de algodão, tornou-se grande exportador de fibra no mercado internacional e importador de produtos industrializados (tecidos, vestuário etc.). Assim, a fibra americana é destinada a ser vendida no mercado internacional, daí a necessidade de atender as exigências de qualidade dessas indústrias, principalmente das indústrias asiáticas equipadas com fiação de anel (*Figura 2*).

Porém, países exportadores de fibra, como Estados Unidos, e agora o Brasil, precisam ficar atentos às evoluções futuras do parque têxtil mundial. A fiação de anel consolidou-se nos países asiáticos, porém, a evolução do maquinário têxtil é extremamente rápida. Outros sistemas de fiação, como o *air-jet*, que precisariam de fibra de

Figura 3
Fluxograma do processo de fiação
(Fonte: Marian, 2000)



qualidade diferente, poderiam, nas próximas décadas, substituir o parque industrial têxtil atual.

2. Tipo de fiação e qualidade de fibra requerida

A primeira etapa de industrialização da fibra de algodão para obtenção de um produto têxtil (vestido, toalha etc.) é a fabricação do fio. Diversos tipos de fiação existem no mundo, cada uma requerendo características especiais da fibra para atingir certo patamar de qualidade. Essas indústrias evoluem rapidamente, produzindo cada vez mais, com ve-

locidades cada vez maior das máquinas. Por isso, precisam de fibra cada vez mais resistente; porém, a resistência não é o único parâmetro importante.

Os diversos tipos de fiação

Diversas sequências de equipamentos são necessárias para cada tipo de fiação (Figura 3).

Fiação de anel

É provavelmente o sistema de fiação mais antigo, que simula os primeiros sistemas de confecção artesanal de um fio: paralelização das fibras

Figura 4.
Esquema de
uma fiação de
anel (Fonte:
Bange et al.,
2009)

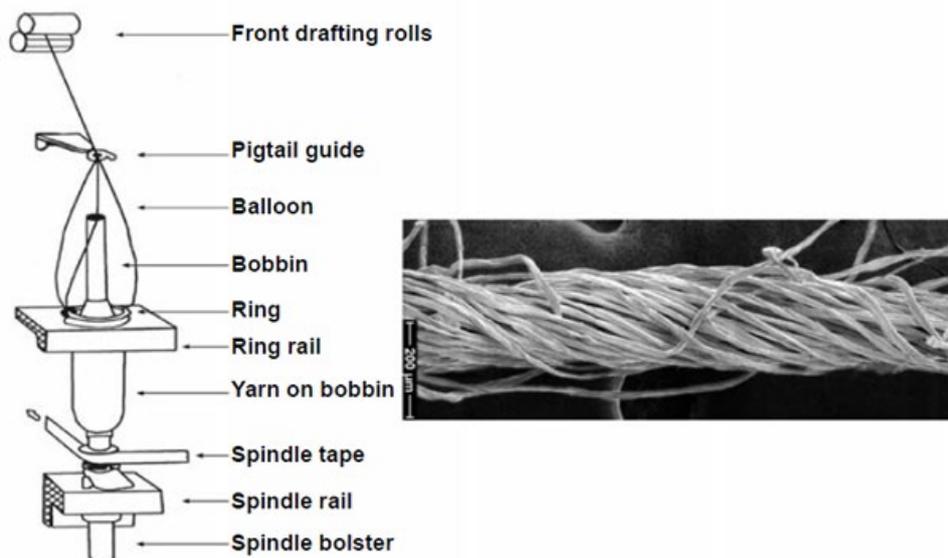


Figura 5.
Esquema de
uma fiação de
rotor (Fonte:
Bange et al.,
2009)

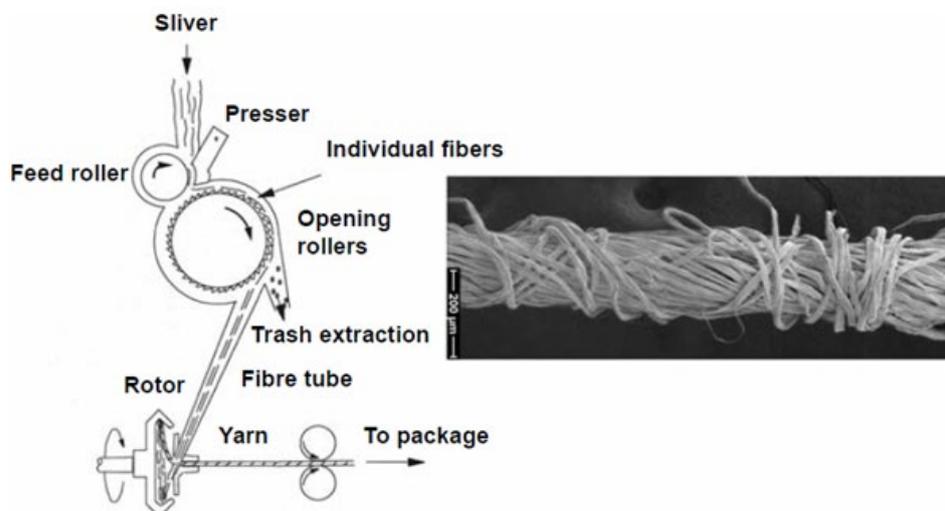


Figura 6.
Esquema de
uma fiação
air-jet (Fonte:
Bange et al.,
2009)

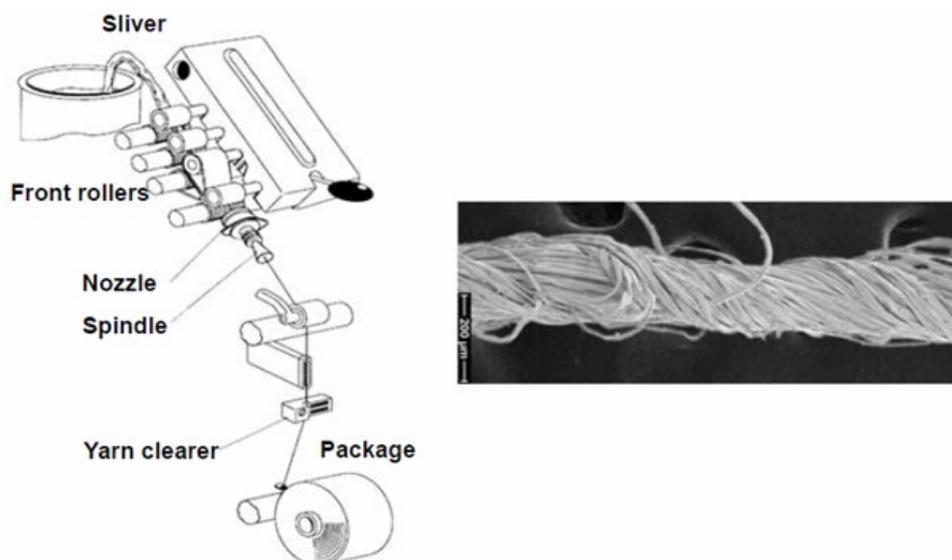


Tabela 4 - Importância de diversos parâmetros de qualidade da fibra em função do tipo de fiação (Fonte: CSIRO, 2009)

Prioridade	Fiação de anel	Fiação de rotor (<i>open-end</i>)	Fiação <i>air-jet</i>
1	Comprimento	Resistência	Comprimento
2	Resistência	Finura intrínseca	Limpa (sem trash)
3	Finura intrínseca	Comprimento	Finura intrínseca
4		Limpa (sem trash)	Resistência

e torção destas para que haja coesão das fibras entre si. O princípio de fiação de anel é descrito na *Figura 4*.

Ao longo das décadas, as fiações de anel foram aperfeiçoadas, e as partes mecânicas giram cada vez mais rapidamente, requerendo, além de comprimento, resistência cada vez maior das fibras.

Fiação de rotor

Também chamada de fiação *open-end* (*Figura 5*), esse tipo de fiação era destinado a produzir fios grossos ou muito grossos. Porém, ao longo do tempo, o maquinário evoluiu, permitindo a produção de fios mais finos e de melhor qualidade.

Fiação *air-jet*

Esse sistema de fiação é o mais recente, ainda com pouca participação no parque mundial de fiação, mas que vem crescendo ao longo dos anos. O princípio desse tipo de fiação é apresentado na *Figura 6*.

Fica claro nas ilustrações e fotos das *Figuras 4 a 6* que a estrutura do fio é diferente, podendo proporcionar qualidade diferencial para os tecidos que serão confeccionados com esses fios. Para cada tipo de fiação foi estabelecida pelos industriais a importância/prioridade dos diversos parâmetros de qualidade da fibra sobre a qualidade do fio (*Tabela 4*), e, portanto, quais são as características da fibra que cada tipo de fiação vai priorizar no momento da compra da matéria-prima.

É importante saber que uma fiação trabalha sempre com mistura de fardos (geralmente de sessenta a oitenta fardos por linha de abertura), cuja fibra é retirada de cada um deles em camadas finas (*Figura 7*). Para o bom funcionamento da fiação ao longo do tempo, é importante que

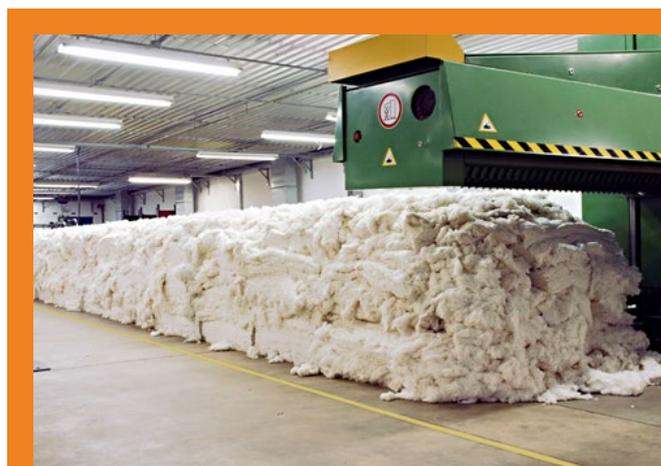


Figura 7. Linha de abertura dentro de uma fiação

as misturas de fardos evoluam muito pouco, tomando em conta os parâmetros de colorimetria e de características intrínsecas da fibra (microaire, comprimento e resistência).

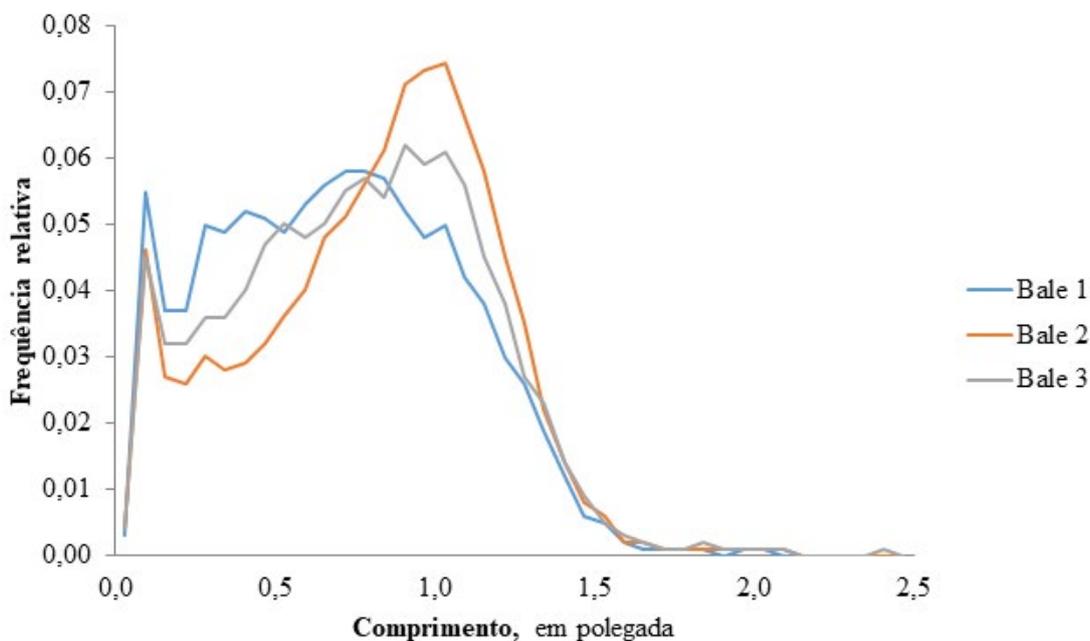
Já que a elaboração dessa mistura de fardos é muito importante, há *softwares* que ajudam na elaboração delas e no gerenciamento do estoque de fardos da indústria.

3. Características de fibra de algodão para o futuro

Do exposto anteriormente, fica claro que para exportar fibra no mercado internacional, principalmente o asiático, ela precisa adaptar-se ao tipo de fiação de anel, que privilegia, por ordem de importância, comprimento, resistência e finura intrínseca.

Muitos programas de melhoramento genético do algodoeiro no mundo, sejam privados ou

Figura 8. Distribuição do comprimento Afis por número, de três fardos comerciais de igual comprimento (Upper Half Mean Length = 1,1 pol.; Uniformity Index = 81,3) (Fonte: Hequet & Kelly, 2013)



públicos, usam os resultados de tecnologia de fibra das HVI para realizar a seleção de materiais novos.

Sobre os parâmetros determinados pelo HVI, o dr. Hequet lembra que só os parâmetros de Rd, +b, comprimento/uniformidade, micronaire e resistência são calibrados entre os laboratórios, com os Standard (algodões de calibração confeccionados pelo USDA). Os demais parâmetros não têm algodões de calibração, e, dessa maneira, os valores podem ser diferentes entre laboratórios. É o caso dos valores de alongamento (EL) ou do índice de fibras curtas (SFI ou SFC), e portanto, deve-se evitar o uso desses parâmetros para base de contratos comerciais. A característica de maturidade (MAT) fornecida pelo HVI é calculada por uma fórmula de regressão múltipla, e não apresenta muita confiabilidade. Lembrando que as condições de funcionamento do HVI são fundamentais na confiabilidade dos resultados fornecidos, principalmente o tempo de acondicionamento das amostras, a umidade e a temperatura da sala de análise. A metodologia de análise usada nas salas de classificações comerciais dos Estados Unidos (duas faces para colorímetro, duas para micronaire e

dois pentes para comprimento/resistência: 2/2/2) foi estabelecida para os algodões americanos e para fornecer valores com intervalos de confiança que podem ser grandes demais para trabalhos de pesquisa cujo intuito seja evidenciar diferenças significativas entre linhas em seleção. Assim, para os programas de melhoramento genético, recomenda-se a realização de análises em laboratórios HVI acostumados a trabalhar para a pesquisa, modificando a metodologia de análise para pelo menos 2/2/4 ou 2/2/6.

O dr. Hequet chamou a atenção sobre o fato que as características HVI não descrevem totalmente o comportamento de uma fibra nos processos de fiação de anel. É possível encontrar modelos de predição relativamente confiáveis da resistência do fio de anel em função dos parâmetros HVI, porém é impossível encontrar modelos de predição das imperfeições do fio com unicamente os parâmetros HVI. Modelos confiáveis podem ser encontrados com o uso de resultados de HVI e de Afis, porque a Afis caracteriza em detalhes a distribuição do comprimento da fibra.

Hequet & Kelly (2013) apresentam na *Figura 8* a distribuição de comprimento de fibra de três algodões co-

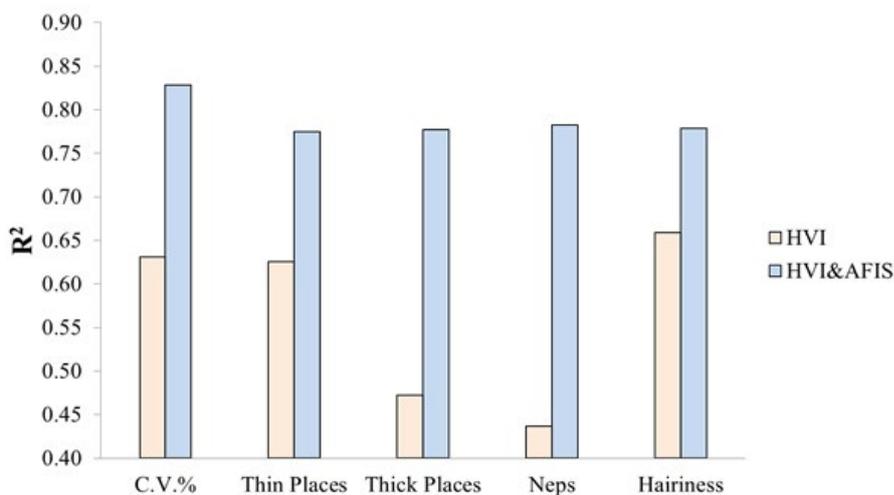
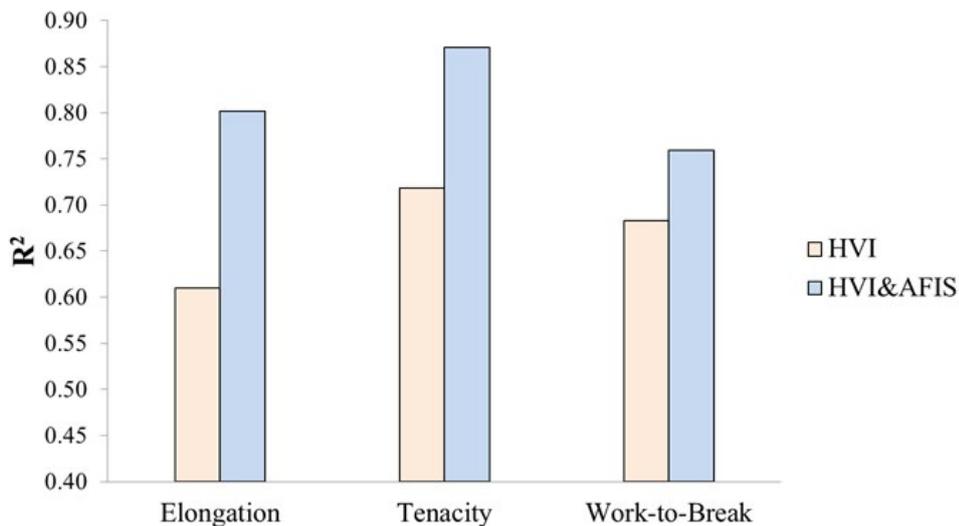


Figura 9. Variação explicada para as características de ruptura do fio (Um R2 de 1 indica que os parâmetros usados no modelo explicam a totalidade da variabilidade observada) (Fonte: Hequet & Kelly, 2013)

Figura 10. Variação explicada para as características de imperfeições do fio (Um R2 de 1 indica que os parâmetros usados no modelo explicam a totalidade da variabilidade observada) (Fonte: Hequet & Kelly, 2013)

merciais de mesmo comprimento HVI (UHML) realizada com aparelho Afis. Esses gráficos mostram que os equipamentos HVI não caracterizam adequadamente as grandes diferenças de distribuição de comprimento entre esses três fardos de fibra. Os fardos 1 e 3 apresentam maior SFC e menor comprimento médio em relação ao fardo 2. Para produzir mais fio “premium”, as menores fibras precisam ser penteadas e eliminadas, tornando os fardos 1 e 3 menos atrativos para o mercado de fição de qualidade.

Realizando estudo sobre 110 algodões de características muito diferentes, analisados com HVI e Afis, e após confeccionar fio de anel para cada um, eles mostram que, juntas, as características HVI e Afis melhoram significativamente as previsões (modelo de regressão múltiplo) da qualidade do fio (Figura 9) em relação ao uso das únicas

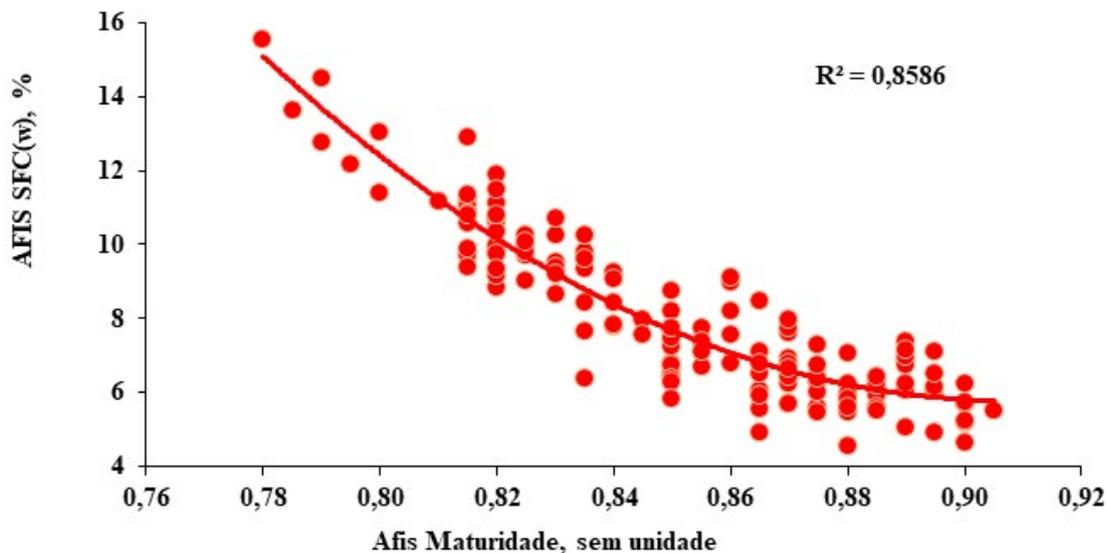
características HVI, principalmente em relação aos parâmetros de regularimetria (Figura 10).

Esse tipo de modelo seria uma ferramenta muito valiosa para um programa de melhoramento genético visando criar variedades novas para o futuro.

Assim, resultados de pesquisas mostram claramente a importância da distribuição do comprimento da fibra sobre o desempenho desta em fição e ainda que é indispensável os programas de melhoramento genético do algodoeiro trabalharem com resultados de fibra analisada com HVI e Afis.

Considerações sobre a importância da distribuição do comprimento da fibra levaram também o laboratório a trabalhar sobre o problema das fibras curtas e sua interação com a maturidade do algodão.

Figura 11. Relação entre maturidade das fibras e SFC, medida pelo Afis (Fonte: Hequet, 2013)



Demonstrou-se em outro trabalho (Figura 11) que o índice de fibras curtas é muito dependente do nível de maturidade de algodão, o que significa que as fibras curtas são fibras imaturas que foram cortadas durante o processo de beneficiamento do algodão.

Em estudos complementares realizadas com novas metodologias de imagem (Shahriar *et al.*, 2013; Turner *et al.*, 2015), mostrou-se que a fibra de algodão apresenta alta variabilidade de maturidade ao longo de uma fibra. O fato novo, exposto nesses dois trabalhos, poderia levar a pensar que podem existir pontos de menor resistência em uma fibra de maturidade alta, favorecendo a quebra no descaroçamento e elevando os níveis de SFC, apesar de a fibra estar madura.

Enfim, o laboratório da TTU, em conjunto com programas de melhoramento genético da Texas A&M em Lubbock, mostrou que é possível melhorar o alongamento da fibra havendo variabilidade genética disponível no *pool* genético atualmente trabalhado (Hequet *et al.*, 2018). A alongação de uma fibra é um parâmetro importante, porque, durante o processo de tração de um fio de algodão, as fibras de menor alongamento vão quebrar primeiro, desencadeando a ruptura do fio.

4. Considerações finais

O produtor brasileiro ainda tem a chance de poder comercializar sua produção em dois mercados distintos:

- O mercado nacional, ainda com muitas fiações de rotor, mas com algumas indústrias posicionando-se no mercado de fios de alta qualidade. É um mercado sensível às contaminações e ao índice de fibras curtas, mas ainda geralmente não muito exigente em relação às características intrínsecas da fibra.
- O mercado internacional, principalmente o mercado asiático, trabalhando com fiações de anel, e cada vez mais velocidades, exigindo, além de uma fibra sem contaminantes, características intrínsecas de fibra de alto padrão, principalmente para comprimento e resistência.

Os programas de melhoramento genético do algodoeiro devem atentar-se às evoluções do mercado de fibra internacional. A determinação de qualidade da fibra por HVI não é suficiente para selecionar variedades que vão atender o mercado. É indispensável valer-se também de resultados de Afis. Alon-

gamento e maturidade devem ser mais bem estudados e integrados como prioridades nos futuros programas, tanto os de melhoramento genético como os de manejo agrônômico, com objetivo de produzir uma fibra cada vez mais madura.

A cadeia têxtil como um todo precisa trabalhar para não perder mais mercado para as fibras sintéticas, sendo o produtor o primeiro a ser cobrado para fornecer uma matéria-prima cada vez melhor. ●

LITERATURA CONSULTADA

BACKE, E. Effect of Short Fiber Content in Cotton on Plant Performance and Quality. **Textile Research Journal**. 56. 112-115, 1986.

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.

EL MOGAHZY, Y. E.; BROUGHTON, R.; LYNCH, W. K. A Statistical Approach for Determining the Technological Value of Cotton Using HVI Fiber Properties. **Textile Research Journal**, 60(9), 495-500, 1990.

EL SOURADY, A. S.; WORLEY, S.; STITH, JR; STITH, L. S. The Relative Contributions of Fiber Properties to Variations in Yarn Strength in Upland Cotton, *Gossypium hirsutum* L. **Textile Research Journal**. 44, 301-306, 1974.

HEQUET, E.; KELLY, B. The future of cotton fibers: breeding for improved processability and end-product quality. 9 Congresso Brasileiro do Algodão (9CBA). Brasília-DF; set.2013. **Resumos...**, 10p. 2013.

HEQUET, E.; KELLY, B.; DEVER, J. Breeding for better fiber elongation: a key to improving yarn tensile properties. Sem data.

<https://baumwollboerse.de/wp-content/uploads/2015/11/Vortrag-Hequet.pdf> Acesso em 22/03/2018

HERTEL, K. L.; CRAVEN, C. J. Cotton Fiber Bundle Elongation and Tenacity as Related to Some Fiber and Yarn Properties. **Textile Research Journal**, 26(6), 479-484, 1956.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE (2013). World Textile Demand. <http://www.icac.org/login?url=%2Fpubdetail.php%3Fid%3DP0000102>, ISBN: 9780979390333

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

https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/7/7d/Apostila_tecnologia.pdf. Acesso em 23/03/2018

MEREDITH, W. R.; CULP, T. W.; ROBERT, K. Q.; RUPPENICKER, G. F.; ANTHONY, W. S.; WILLIFORD, J. R. Determining Future Cotton Variety Fiber Quality Objectives. **Textile Research Journal**, 61(12), 715-720, 1991.

SHAHRIAR M.; SCOTT-FLEMING, I.; SARI-SARRAF, H.; HEQUET, E. A machine vision system to estimate cotton fiber maturity from longitudinal view using a transfer learning approach. **Machine Vision and Applications**. 24 (8); 1661-1683; 2013.

TURNER, C.; SARI-SARRAF, H.; HEQUET, E.; VITHA, S. Variation in maturity observed along individual cotton fibers using confocal microscopy and image analysis. **Textile Research Journal**. 85(8), 867-883, 2015.

WAKEHAM, H. Cotton Fiber Length Distribution - An Important Quality Factor. **Textile Research Journal**. 25, 422-429, 1955.



Jorge José DE LIMA

J.G. Cursos de Classificação de Algodão em Pluma e Têxtil LTDA ME

A indústria têxtil e a qualidade da fibra de algodão

A aparência, o toque à maciez, a absorção, o conforto e o caimento dos vestuários das roupas de cama, mesa e banho dependem dos valores médios e de suas dispersões relativos às propriedades físicas dos tecidos, dos fios e das fibras.

A necessidade de produzir mais tecidos em menor tempo provocou, conseqüentemente, o aumento progressivo das velocidades das máquinas, como filatórios, urdideiras e teares, que, dessa forma, sacrificam e exigem muito das fibras. A evolução e o melhoramento para a obtenção de cultivares que produzam fibras mais compatíveis não conseguem alinhar-se com a rápida evolução das máquinas, visto que dependem de uma série de fatores, principalmente dos naturais, como as condições climáticas.

Na linha do tempo, observamos, por exemplo, que, nos anos 1970, a velocidade dos teares era, em média, de 150 rotações por minuto, e que a largura dos tecidos planos era de 0,90 m. Já no

final dos anos 1990, a velocidade dos teares estava na média de 700 rotações por minuto e a largura dos tecidos era de 1,60 m; a evolução dos sistemas de correção de massa por unidade de comprimento (título) de resposta rápida nas máquinas de preparação à fição impactou positivamente na redução da variação de massa (CVm%) nos diversos comprimentos de corte dos fios ao longo dos anos é real, que é mostrada pelas estatísticas mundiais da USTER Statistics. A USTER Statistics (Figura 1), relativa ao coeficiente de variação de massa dos fios no aparelho *regularímetro*, mostra a evolução da qualidade do fio a longo prazo (Long-term development of yarn quality), ou seja, a redução da variação de massa entre os anos 1964 a 2013. O gráfico da USTER Statistics também nos permite visualizar a evolução da qualidade das cultivares obtidas pelos melhoristas, que vem proporcionando à fibra de algodão condições para suportar as agressões impostas pelas altas velocidades dos

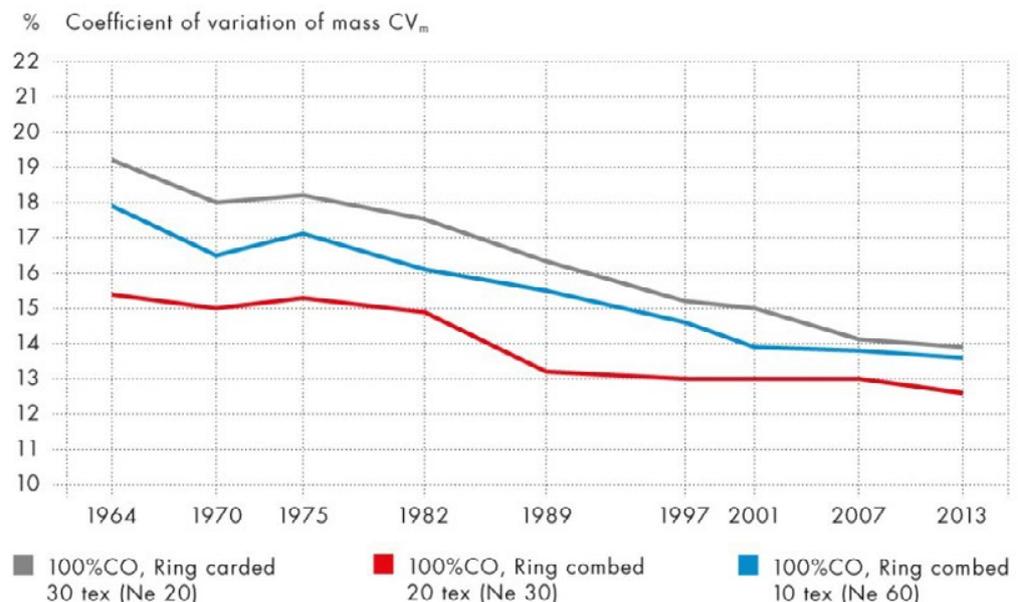


Figura 1. Evolução em longo prazo da qualidade do fio com o aparelho de laboratório regularímetro (Fonte: USTER® STATISTICS, 2011)

processos de colheita, beneficiamento e têxtil.

As propriedades físicas das fibras de algodão influenciam e correlacionam-se com a comercialização, a industrialização e com as propriedades físicas dos fios, tecidos e peças confeccionadas. Para contribuir com a sustentabilidade e com a sobrevivência da cadeia do algodão, é importante que os beneficiadores entendam a importância das correlações das propriedades das fibras com os processos e com a qualidade dos produtos têxteis, além de terem em mente que é fundamental danificar e agredir o mínimo possível as fibras.

Este capítulo apresenta, de maneira acessível, algumas correlações entre as propriedades das fibras, processos, fios, tecidos e confeccionados, algumas causas que impactam negativamente a produtividade dos fios e tecidos e uma descrição básica sobre a sequência, os tipos e as finalidades dos processos têxteis, que são transformar a lã em fios, linhas e tecidos.

1. Correlações entre as propriedades das fibras e os processos e os produtos têxteis

1.1. Umidade das fibras

O controle do conteúdo de umidade nas fibras a partir da colheita, do beneficiamento ao processamento têxtil, é fundamental para a obtenção de fios, linhas e tecidos mais regulares em massa e resistência, dentre outras características benéficas; tem impacto sobre os desperdícios dos diversos setores da fabricação têxtil e sobre as condições de trabalho. Cabe ressaltar que a umidade da massa de fibras é calculada em relação à massa seca, normalmente denominada *regain*.

1.2. Características de comprimento

Há forte relacionamento entre as características de comprimento com a resistência, a torção, a aparência, a pilosidade e a irregularidade de massa dos fios têxteis. São determinantes nas ajustagens e regulagens das máquinas que compõem o processo de fiação e influenciam nas características dos tecidos enobrecidos e nas peças confeccionadas. O comprimento das fibras é barreira técnica para a definição da gama de títulos (massa por unidade de comprimento) dos fios a serem fiados. Vale esclarecer que, quanto mais finos os fios têxteis, são exigidas fibras mais longas e finas para a sua fiação. O comprimento das fibras também influencia o número de torções

por unidade de comprimento dos fios; quanto mais longas, menos torção pode-se dar aos fios, levando à maior produção das máquinas. Em relação à qualidade, obtêm-se fios e tecidos mais macios, volumosos, flexíveis e maleáveis, ou seja, com bom caimento, entre outras propriedades.

Além do acúmulo de pó e micropó, que contribui de forma negativa para a produção, qualidade e custo, o alto conteúdo de fibras curtas aumenta a variação de massa e de pilosidade, assim como o número de imperfeições/km no fio (pontos finos, pontos grossos e neps) e as imperfeições/100 mm no fio (partes grossas e curtas -S-, partes grossas e longas -L-, partes finas e longas -T), que são denominados raros defeitos.

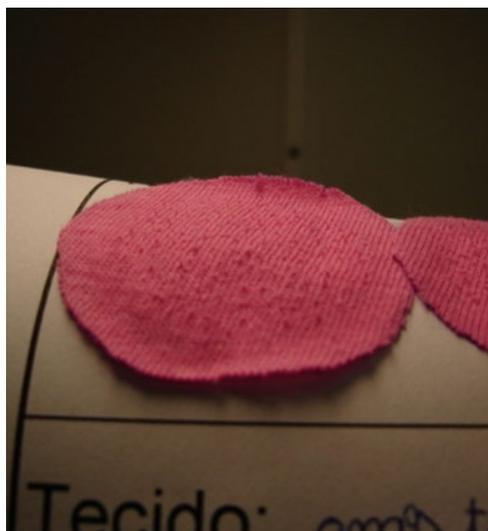
Um índice alto e variação de pilosidade nos fios impactam negativamente na aparência dos tecidos, ou seja, na variação da cor ao longo de sua superfície (nuances) e na formação de *pilling* sobre os tecidos. Cabe ressaltar que a formação de *pilling* ocorre, em geral, nos tecidos compostos de fibras não naturais (artificiais e sintéticas) e em tecidos compostos de misturas de fibras não naturais com naturais, como, por exemplo, o algodão. *Pilling* (Figura 2) são bolinhas que surgem na superfície do tecido, formadas pelo emaranhamento das fibras salientes dos corpos dos fios, formadores do tecido, ao sofrerem atritos no processo de uso e lavagem, tendo forte correlação com as propriedades físicas das fibras e dos fios que formam o tecido. O surgimento de *pilling* deprecia o visual do tecido e traz sensação de desconforto.

1.3. Resistência e alongamento à rotura

A resistência e o alongamento à rotura das fibras têm forte relacionamento com a resistência dos fios e dos tecidos; fibras fortes geram fios, linhas e tecidos resistentes aos vários tipos de atritos. Consequentemente, promovem índices menores de rotura nas várias etapas do processo têxtil, impactando de forma positiva na produtividade, na qualidade e nos custos.

A resistência e o alongamento à rotura suportam e absorvem os altos impactos e as altas tensões impostos pelas velocidades das máquinas dos processos de colheita, beneficiamento e têxteis; contribuem também, em grande parte, com as propriedades físicas dos tecidos, como resistência, alongamento, toque e caimento, entre outras, visto que a forma de entrelaçamento e enlaçamento (armação-base) dos fios para a formação dos tecidos

Figura 2.
Pilling são bolinhas que surgem na superfície dos tecidos planos e de malha (Foto: Jorge José de Lima e Sérgio da Costa Vieira)



planos e de malhas também contribui com as características já mencionadas e para o desempenho desses tecidos nos processos de lavagem e uso.

1.4. Cor e fluorescência

Por meio da determinação do porcentual de reflectância, do índice de amarelamento e, conseqüentemente, do grau da cor das fibras, viabiliza-se o controle da uniformidade da cor das misturas dos fardos que alimentam a linha de abertura, limpeza, mistura e cardagem das fibras na preparação para a fiação, neutralizando a variação de cor nos fios e nos tecidos.

Pela mensuração do índice de fluorescência dos raios ultravioleta (UV), podemos também identificar diversas irregularidades no algodão, como manchas, o efeito cavitoma (perda de

celulose das paredes primária e secundária por ataque de microrganismos), fibras imaturas e "fibras mortas". Essas imperfeições impactam diretamente na resistência e na cor das fibras, que, por sua vez, afetam a produtividade, a qualidade e os custos dos processos.

É comum avaliar a fluorescência do algodão com luz ultravioleta, com cabine de luz, em que a avaliação é visual e, conseqüentemente, subjetiva. Amostras de algodão com variação de cor e com manchas esverdeadas sob a luz ultravioleta em uma cabine de luz (Figura 3) indicam a presença de colônias de microrganismos.

1.5. Conteúdo de materiais não fibrosos

No algodão, o conteúdo de materiais não fibrosos (cascas, restos de fo-

Figura 3.
Amostras de algodão sob luz ultravioleta apresentando variação de cor e manchas esverdeadas, indicando a presença de microrganismos (Foto: Jorge José de Lima)



lhas do algodoeiro e até de outros vegetais, caule, pó e micropó etc.) afeta diretamente a produção, a qualidade e os custos. Logo, faz-se necessário mensurá-lo e acompanhá-lo ao longo do tempo, em conjunto com a determinação da eficiência de limpeza (purga) dos processos até a obtenção dos produtos acabados (fios, linhas e tecidos).

A Federação Internacional de Maquinaria Têxtil (ITMF) recomenda a classificação das impurezas com base no tamanho das partículas, conforme demonstra a *Tabela 1*.

O acúmulo de fibrilas, pó e cascas, dentre outras impurezas, nas máquinas e no ambiente,

contribui, de forma agressiva, para o incremento dos índices de roturas e desperdícios ao longo do processo de fiação, além do aumento das imperfeições no conjunto de fibras formadoras de fios, linhas e tecidos.

Após processar um corpo de prova de algodão em pluma em um aparelho de laboratório denominado Trash Meter por método gravimétrico, obtém-se a separação do material fibroso do não fibroso, que são sujeira, pó e micropó (*Figura 4*).

Para a fiação a rotores, normalmente é fundamental o controle da quantidade de impurezas

Tabela 1. Classificação ITMF das partículas de impurezas contidas no algodão

<i>Sujeiras, lixo ou resíduo (Trash)</i>	<i>Acima de 500 μm</i>
<i>Poeira (Dust)</i>	<i>Acima de 50 a 500 μm</i>
<i>Micropó (Microdust)</i>	<i>Acima de 15 a 50 μm</i>
<i>Poeira respirável (Respirable dust)</i>	<i>De 0 a 15 μm</i>

Fonte: FURTER e SCHNEITER, 1993



Figura 4. Material fibroso e não fibrosos (sujeira, pó e micropó) (Foto: Jorge José de Lima)

(cascas, pó e micropó) contidas na fita de alimentação, expressa em miligramas de impurezas por grama de fita. É importante analisar o poder de limpeza entre e intrapassadores, bem como entre e intramáquinas das que compõem o processo de fiação. Não basta determinar somente quanto o passador retira de resíduo (pneumafil), em porcentual; faz-se necessário determinar também a eficiência de limpeza, as características físicas do material fibroso do resíduo e a relação entre a massa em miligramas de impurezas contidas na fita produzida e sua massa em gramas (mg de impurezas/g de fita produzida). Em geral, as linhas de abertura, mistura, limpeza e cardagem projetadas para compor as fiações de filatórios Open-End de rotores são equipadas com máquinas denominadas extratoras de pó, já que esse tipo de fiação é mais sensível à poeira que a fiação de filatórios de anéis. A poeira afeta os processos de estiragem, aumenta o índice de roturas nas diversas etapas do processo de fiação, aumenta o valor de irregularidade de massa dos fios produzidos, aumenta o número de imperfeições por 1 km (pontos finos, pontos grossos e neps) e por 100 km (os raros defeitos), aumenta a variação da resistência e, conseqüentemente, provoca maior índice de roturas nas tecelagens planas e de malhas, maior quantidade de desper-

dício, menor eficiência de produção, alto custo de manutenção por desgaste de diversos componentes das máquinas e tecidos acabados com aparência inferiorizada.

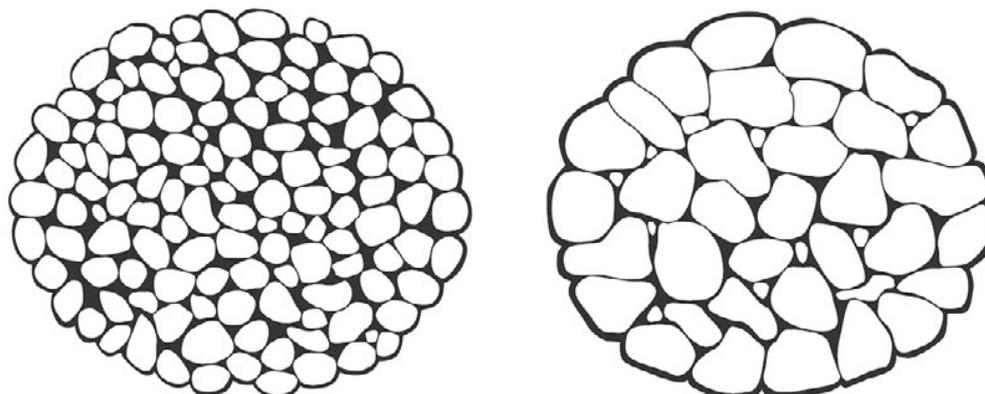
1.6. Índice micronaire

Há uma boa correlação entre o índice micronaire, o número de fibras contidas na seção transversal dos materiais em processo (mantas, fitas, pavios e fios) e o índice de irregularidade de massa desses materiais (*Figura 5*). O índice micronaire exerce forte influência na resistência, na uniformidade de massa dos fios, no índice de pilosidade dos fios e tecidos e no tingimento de fibras, fios, linhas e tecidos. O beneficiamento não muda o índice, mas as fibras que apresentam baixo valor, mesmo que maduras, devem ser beneficiadas e processadas com muita atenção, pois são delicadas e podem sofrer agressões, levando à formação de neps, redução da uniformidade do comprimento e aumento do conteúdo de fibras curtas. As fibras com índice micronaire baixo e valores altos de maturidade, resistência e alongamento à rotura são muito bem-vindas ao processo têxtil, visto que, se processadas de forma correta, agregarão valores positivos à produtividade.

1.7. Maturidade

A maturidade da fibra influencia fortemente em sua resistência,

Figura 5. Fios de mesmos títulos formados de fibras de micronaire diferentes (Fonte: Sérgio Loureiro Kimmeigs, 1995)



em seu poder de fiabilidade e na produtividade dos processos. O beneficiamento não tem efeito sobre a maturidade, mas as fibras imaturas não suportam os esforços, as tensões e os atritos que sofrem desde a colheita até a fiação; logo se quebram, diminuindo o índice de uniformidade do comprimento e aumentando o conteúdo das fibras curtas. Maturidade baixa indica baixo número de anéis de celulose, ou seja, estreita parede secundária da fibra (*Figura 6*), que resulta em redução da capacidade de absorção dos corantes por fibras, fios, linhas e tecidos após o processo de tingimento, causando irregularidade nas cores aplicadas (nuances).

1.8. Conteúdo de neps

Os neps são emaranhados de fibras (*Figura 7*) normalmente ocasionados por fibras imaturas que não suportam os esforços mecânicos e quebram-se durante os processos de colheita, beneficiamento, abertura, mistura e limpeza (preparação à fiação). Os neps podem ser também produzidos em fibras maduras e em condições de fiabilidade, se receberem tratamento mecânico agressivo pelas máquinas que compõem a linha de beneficiamento do algodão em caroço, principalmente o descaroçamento, linha de máquinas incompatíveis com a matéria-prima (fibras) em processo ou máquinas mal reguladas, com garnições danificadas, dentre outras causas, que podem danificar as fibras, produzir neps, fibras curtas e resíduos, depreciando, conseqüentemente, as propriedades físicas de fios, linhas e tecidos.

A presença de neps na massa de fibras em processo gera aumento dos índices de roturas nos processos de fiação, bobinagem, urdição, engomagem e tecelagens plana e de malha, fios com maior número de imperfeições/1 km (pontos finos, pontos grossos e neps), imperfeições/100 km (partes grossas e curtas -S-, partes grossas e longas -L-, partes finas e longas -T), que são denominados de raros defeitos, alta irregularidade de massa e de pilosidade, redução das diversas resistências, tecidos planos e de malha com maior número de imperfeições na superfície, pior toque (maciez), maior irregularidade do tingimento e das diversas resistências; enfim, baixa qualidade, produção e alto custo de processo. Dessa forma, cada vez mais a indústria têxtil busca algodões com conteúdo de neps que permitam um processamento viável.



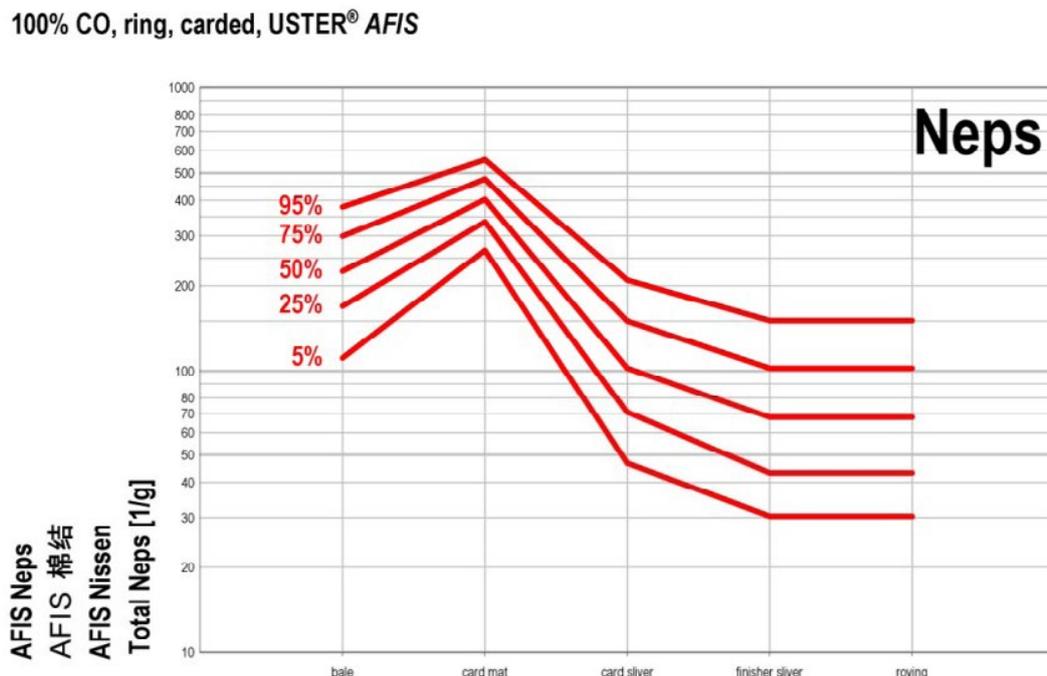
Figura 6. A estrutura da fibra de algodão de forma geométrica (Fonte: Zellweger Uster, Uster Product News, Set. 1992)



Figura 7. Neps (pontos brancos) no véu de carda (Foto: Jorge José de Lima)

O gráfico da Uster® Statistics 2013 (*Figura 8*) mostra o comportamento da quantidade de neps por grama ao longo do processo de fiação de anel para fios 100% algodão cardado nos seguintes materiais: fardos de algodão em pluma (bale), manta de alimentação da carda (card mat), fita de carda (card sliver), fita de passador acabador (finisher sliver) e pavio de maçarocueira (roving). O gráfico indica a tendência normal do comportamento da quantidade de neps/grama na massa de fibras após cada processo que compõe a fiação. Depois do processo da linha de abertura, mistura e limpeza, há aumento na quantidade de neps, que normalmente é devida às agressões que as fibras sofrem durante o processo. Uma redução acentuada é registrada após

FIGURA 8.
Comportamento da quantidade de neps por grama ao longo do processo de fiação (fonte: USTER STATISTICS, 2013)



carda e passador acabador (passador II), mostrando que estão realizando suas funções básicas. A quantidade de neps após a maçarqueira é mantida, o que é normal, visto que as funções básicas desta são transformar a fita de passador para pavio, por estiragem e torção. Nessas estatísticas da Uster, os níveis de qualidade (neps/g) são apresentados para 5% das melhores fiações, e depois 25%, 50% (média mundial), 75% e 95% das fiações. Assim, cada fiação pode se posicionar e buscar atingir uma dessas faixas de neps em função do nível de qualidade dos produtos que produz e das exigências dos clientes externos e internos.

Observando a *Figura 8*, verifica-se que os fardos participantes dessa estatística mundial apresentam na faixa da média mundial (50%) aproximadamente 225 neps por grama, o que em geral passa a ser um referencial para a cadeia do algodão. Vê-se pelo gráfico que, em todos os níveis de qualidade, o processo de fiação apresenta um comportamento de tendência proporcional, e o que determina os níveis de qualidade é a quantidade de neps

no algodão em pluma na mistura inicial. Atualmente, as fiações buscam fibra com 250 neps por grama para menos, a fim de garantir os níveis de produção, qualidade e custo.

1.9. Conteúdo de SCN, SCF ou cometas

Os seed coat neps (SCN), seed coat fragments (SCF) ou cometas (*Figura 9*) são fragmentos de casca de semente de caroço de algodão com fibras. Os SCNs são produzidos nos processos de colheita e de beneficiamento do algodão em caroço, principalmente no descaroçamento do algodão, onde ocorre a separação entre fibras e sementes, por conta do tipo de máquinas e/ou de regulagens inadequadas, guarnições de dente de serras danificadas, dentre outras causas, que podem danificar as sementes e produzir esses SCNs.

Os SCNs são problemáticos na fiação, porque não são totalmente removidos ao longo dos processos de fiação e ficam incorporados ao fio, reduzindo-lhe a qualidade. Eles também são de comportamento pegajoso nos órgãos rotativos das máquinas,



Figura 9. Algodão com seed-coat neps (SCN), seed coat fragments (SCF) ou cometas
(Foto: Jorge José de Lima)

aumentando o índice de rotura do material em processo e até interrompendo a produção. Certas variedades de algodoeiro apresentam sementes pequenas e com casca mais fina, gerando, conseqüentemente, mais SCNs no beneficiamento do algodão em caroço.

O algodão com alto conteúdo de SCNs impacta negativamente na produtividade dos processos têxteis. Assim, cada vez mais a indústria têxtil busca algodões com quantidade de SCNs que permita um processamento viável, sem impactar

negativamente nos índices de rotura e no número de imperfeições nos fios, na superfície dos tecidos planos e de malha, no toque (maciez) e nas diversas resistências.

O gráfico da Uster® Statistics 2013 (Figura 10) mostra o comportamento da quantidade de SCNs por grama ao longo do processo de fiação de anel para fios 100% algodão cardado, nos seguintes materiais: fardos de algodão em pluma (bale), manta de alimentação da carda (card mat), fita de carda (card sliver), fita de passador acaba-

100% CO, ring, carded, USTER® AFIS



Figura 10. Comportamento da quantidade de SCNs por grama ao longo do processo de fiação (Fonte: USTER STATISTICS 2013)

dor (finisher sliver) e pávio de maçarqueira (roving). Depois do processo da linha de abertura, mistura e limpeza, ocorre aumento da quantidade de SCNs, que normalmente se deve à subdivisão (quebra) dos SCNs por conta das agressões que sofrem durante o processo. Sendo assim, o número aumenta, mas as dimensões dos fragmentos diminuem. Ocorre uma redução acentuada após a carda e passador acabador (passador II), mostrando que estão realizando suas funções básicas, seguido da manutenção da quantidade de SCNs após a maçarqueira.

Observando o gráfico, verifica-se que os fardos participantes dessa estatística mundial apresentam na faixa da média mundial (faixa dos 50%) aproximadamente 17 SCNs por grama, o que, em geral, passa a ser um referencial para a cadeia do algodão.

1.10. Pegajosidade

O algodão pode apresentar pegajosidade por estar contaminado com açúcares entomológicos, excesso de agroquímicos na massa de fibras, alto grau de fibras imaturas, alguns tipos de matérias não fibrosas dentre outras contaminações e causas. Logo, a pegajosidade provoca a formação de neps, o enrolamento do material fibroso nos cilindros das máquinas e, conseqüentemente, o aumento do índice de rotura e a desqualificação dos fios produzidos. Portanto, dependendo do grau de contaminação, a produção é dificultada ou mesmo interrompida, causando perdas irreparáveis à produtividade da fição (Figura 11).

Normalmente, a fibra de algodão apresenta, em sua composição química, por volta de 0,3% de açúcar, cuja presença não provoca problema algum nos processos da fição. No entanto, agentes externos, como insetos (pragas), sendo os mais comuns

o pulgão-do-algodoeiro, a mosca-branca e a cochonilha, que atacam a lavoura de algodão, sugando a seiva das plantas e depositando sobre as fibras das maçãs abertas (capulhos) excrementos ricos em açúcares, denominados *honeydew*, que servem de alimento para microrganismos, como a fumagina, prejudicam a qualidade das fibras e causam problemas principalmente nos processos de fição. Os lotes de fardos de algodão em pluma que apresentam contaminação de *honeydew* estão sujeitos a deságio e/ou recusa pelo comprador no processo de comercialização, gerando prejuízos não apenas ao vendedor/produzidor, mas a todos os elos da cadeia do algodão.

O *honeydew*, quando em certa quantidade nas fibras, é a principal fonte de açúcar gerador de pontos pegajosos (sticky points); os insetos são capazes de transformar a sacarose ingerida em mais de vinte tipos de açúcares diferentes. Os principais açúcares pegajosos são trealulose, melezitose, sacarose, frutose e glicose.

Há diferença entre os açúcares quanto à pegajosidade; sabe-se que sacarose, trealulose e melezitose são significativamente mais pegajosos quando depositados em fibras imaturas constituídas basicamente por glicose ou frutose. Também há diferença entre as composições de açúcares do *honeydew* proveniente de pulgões (afídeos) e o oriundo de moscas-brancas. O *honeydew* proveniente de afídeos é composto de 40% de melezitose, enquanto que o proveniente de moscas-brancas é composto por 40% de trealulose. Pesquisadores conseguiram demonstrar que a trealulose tem maior tendência de acúmulo nos órgãos das máquinas que compõem as fiações por conta das mudanças das propriedades desse açúcar. A trealulose demonstrou ter o menor



Figura 11. Capulhos de algodão com açúcares e presença de fumagina; enrolamento de algodão nos cilindros do filatório (Foto: Jorge José de Lima)

ponto de fusão, ao redor de 48°C, porém percebe-se que com temperaturas ao redor de 25°C, já começa a caramelizar-se; além disso, a trealulose é altamente higroscópica, sendo capaz de absorver 17,5% de água em condições ambientais de 65% umidade relativa e 21°C de temperatura. O ponto de decomposição do açúcar é de 193°C, enquanto açúcares como melezitose, sacarose, frutose e glicose apresentam valores de pontos de fusão e pontos de decomposição maiores.

Existem diversos equipamentos para detectar a pegajosidade, com resultados eventualmente contraditórios. Cabe ressaltar a importância de haver um acordo registrado nos contratos entre as partes envolvidas na comercialização dos lotes de fardos de algodão de qual a metodologia de identificação e mensuração do teor de açúcares será utilizada a fim de evitar futuros impasses.

Pode-se minimizar a pegajosidade do algodão nos processos de fiação, misturando fardos com e sem contaminação de pegajosidade, em uma proporção que será encontrada na prática, visto que há uma gama de fatores correlacionados. Também é possível efetuar alterações das condições climáticas ambientais dos processos de fiação em termos de temperatura, umidade relativa e umidade absoluta do ar, além de aplicação de lubrificante antiestático.

A aplicação por pulverização de lubrificante antiestático, também denominado condicionador de fibras, sobre o algodão em caroço na usina de beneficiamento, no algodão em pluma no

processo de fiação e em qualquer outro tipo de fibra natural e não natural (fibras artificiais e sintéticas). Em geral, é fundamental definir a utilização, a frequência e a quantidade de lubrificante a ser aplicada, com base em experimentos práticos realizados por técnicos e colaboradores do laboratório, da linha de produção e da manutenção do processo fabril, em conjunto com as orientações dos produtores e fornecedores do lubrificante. A aplicação de lubrificante sobre a massa de fibras em processo proporciona o aumento da eficiência de limpeza e de produção das máquinas, reduzindo a eletricidade estática, a pegajosidade, os conteúdos de pó, micropó, neps e SCNs. O lubrificante antiestático é utilizado na usina de beneficiamento do algodão em caroço para a obtenção de melhor rendimento e qualidade da pluma. Já a aplicação do lubrificante sobre os fardos (encimagem) — em processo na linha de abertura, limpeza, mistura e cardagem — otimiza os índices de produção, qualidade e custo dos processos de fiação e os subsequentes. A aplicação do lubrificante antiestático nas fibras não naturais reduz a eletricidade estática e, conseqüentemente, o enrolamento das fibras nos cilindros das máquinas ao longo do processo de fiação. Podemos mencionar, como exemplo de lubrificantes antiestáticos, o Gintex, da Cotton Conditioners do Brasil, o Selbana, o Katax, o Silkol e o Spreitan, da Pulcra Chemicals.

Na *Figura 12*, apresentamos a pulverização de lubrificante antiestático sobre o algodão em ca-

Figura 12. Pulverização de lubrificante antiestático sobre o algodão em caroço no processo de beneficiamento e nos fardos de algodão em pluma consumidos por um abridor alimentador automático (Foto: Glauco Fabiano de Andrade)



roço no processo de beneficiamento em uma algodoeira e nos fardos de algodão em pluma sendo consumidos por um abridor alimentador automático, que compõe uma linha de abertura, limpeza, mistura e cardagem de uma fiação.

1.11. Índice de consistência da Fiação

O índice de consistência da Fiação (Spinning Consistency Index - SCI) é uma variável que normalmente surge da correlação múltipla da resistência do fio com as propriedades físicas das fibras (USTER TECHNOLOGIES, 2008); é calculado pelos instrumentos de classificação tecnológica, por meio dos instrumentos do tipo High Volume Instrument (HVI). Logo, essa variável pode ser utilizada na comer-

cialização dos lotes de fardos, na simplificação da logística do depósito de fardos tanto nas algodoeiras como nas indústrias têxteis.

2. Algumas causas que impactam negativamente a produtividade e a qualidade de fios e tecidos

A classificação do algodão em pluma é básica no gerenciamento da matéria-prima do processo de fiação, que pode ser composto pelos sistemas de seleção e compra dos lotes de fardos, de recepção dos fardos, de categorização destes e do estabelecimento de misturas entre os fardos categorizados para a alimentação da linha de abertura, limpeza e mistura e cardagem de forma homogênea e constante.

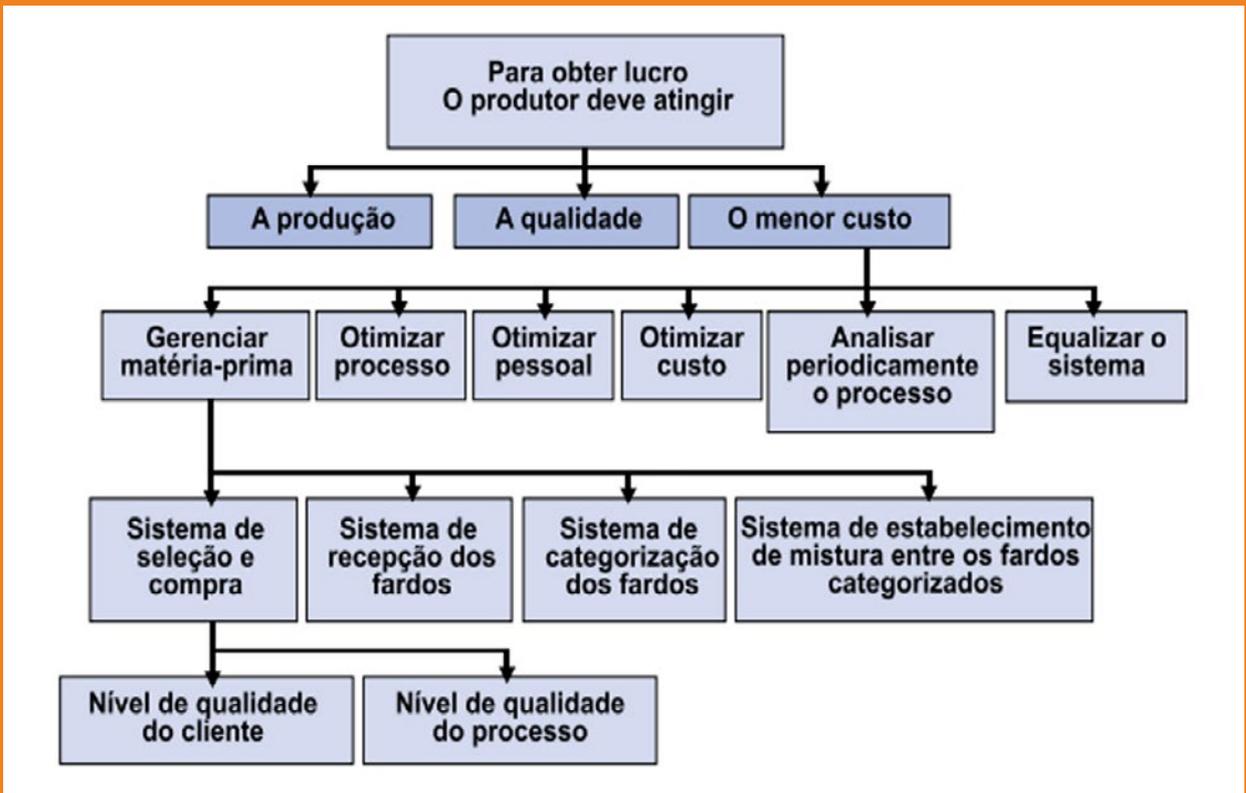


Figura 13. Os pontos fundamentais para a busca de equilíbrio do processo de fiação, obtenção de lucro e viabilidade no mercado (Fonte: Jorge José de Lima)

O nível de qualidade exigida pelos clientes externos (indústrias de confecção e de moda) e pelos clientes internos dos processos têxteis é que norteie os níveis de qualidade das propriedades físicas das fibras para o sistema de seleção e compra dos lotes de fardos de algodão (matéria-prima) da fiação. Assim, os pontos fundamentais para a busca de equilíbrio no processo de fiação e, consequentemente, obter lucro e manter-se vivo no mercado são mostrados na *Figura 13*.

A variação de massa em vários comprimentos de corte ao longo do fio é denominada defeito harmônico, ou seja, é um defeito periódico de um determinado comprimento, seguido de seus submúltiplos, comumente conhecido como moarê (*Figura 14*). Ele pode ser ocasionado por deficiência mecânica das máquinas de fiação, acúmulo de impurezas nos rotores dos filatórios open-end e/ou por deficiências das seguintes propriedades físicas das fibras de algodão: alto conteúdo de fibras curtas, baixa uniformidade do comprimento, baixo índice de maturidade, baixa resistência, baixo alongamento e danos nas fibras ocorridos ao longo do processo de fiação.

O fio tem imperfeições denominadas defeitos

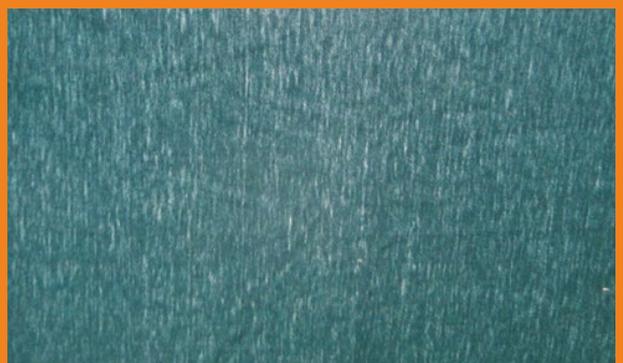


Figura 14. Tábuas de fio em série e tecido de malha com defeito harmônico ou moarê (Foto: Jorge José de Lima)

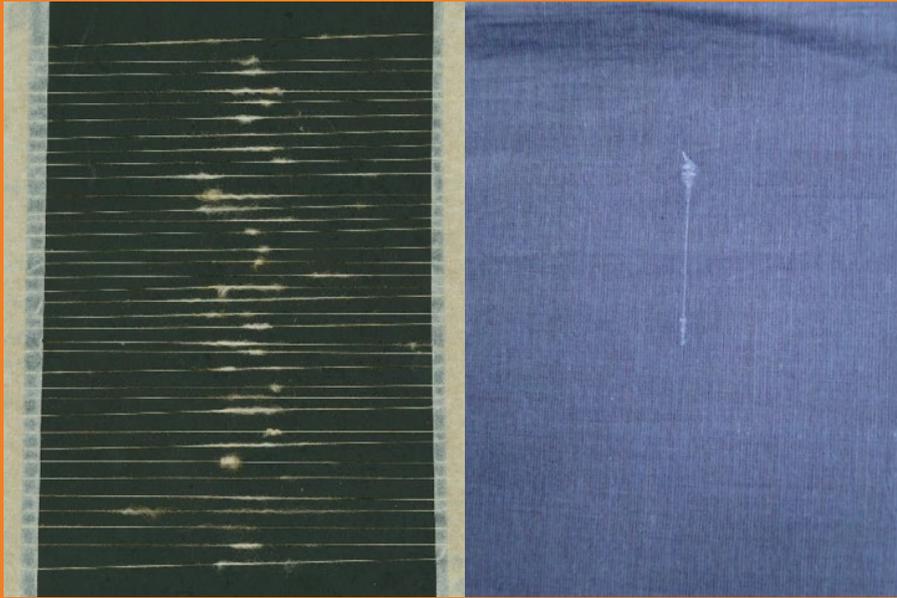


Figura 15.
Tábuas de fio e tecido com imperfeições por 100 km, denominados raros defeitos (Foto: Jorge José de Lima)

Figura 16.
Bobina, espulas e tecidos de algodão com variação de cor (Foto: Jorge José de Lima)

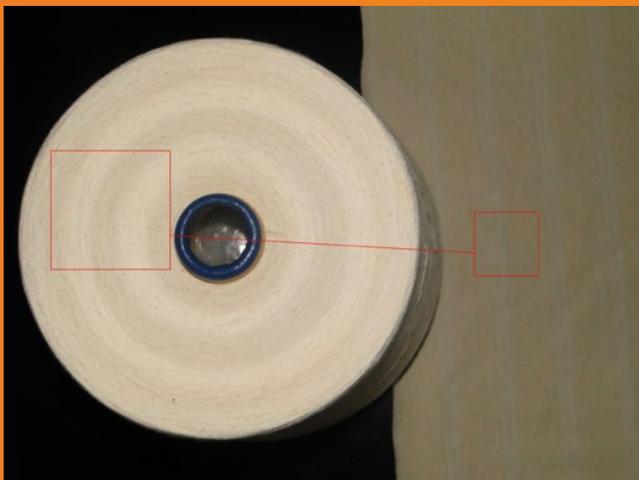


Figura 17.
Fio e tecido com presença de materiais não fibrosos (Foto: Jorge José de Lima)





Figura 18. Presença de micropó, caule, juta e polipropileno nos rotores de fiação (Foto: Jorge José de Lima)

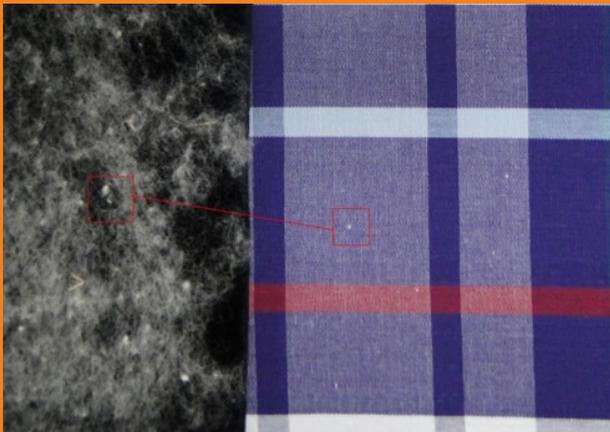


Figura 19. Os neps no algodão e nos fios do tecido plano xadrez (Foto: Jorge José de Lima)

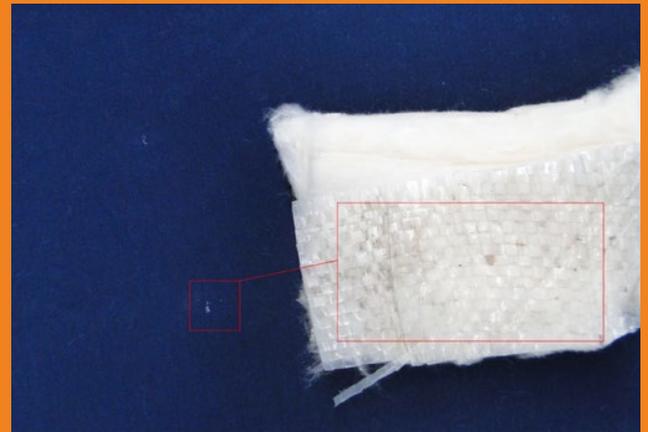


Figura 20. Tecido de malha azul-marinho contaminado com polipropileno (Foto: Jorge José de Lima)

raros, ou seja, de partes grossas e curtas (S), partes grossas e longas (L) e partes finas e longas (T), que são expressos em imperfeições/100 km. Esses defeitos podem ser ocasionados por alto conteúdo de fibras curtas, baixa uniformidade do comprimento, fibras imaturas, baixa resistência, deficiência na limpeza do ambiente e maquinaria da fiação e por danos das fibras ao longo do processo de fiação (Figura 15).

Bobina e espulas de fios de algodão com variação de cor produzem tecidos com o defeito denominado barramento (Figura 16).

A presença de materiais não fibrosos no algodão — como pedaços de folhas, cascas e caules na massa fibrosa — desqualifica-o na classificação, visto que aumenta o índice de desperdícios, índice de rotura e deprecia a produção, a qualidade e o custo de fios e tecidos (Figura 17).

A presença de micropó, caule, fibras de juta, sisal e polipropileno entre outros não fibrosos, nos rotores e nos trens de estiragem das diversas máquinas do processo de fiação, atinge diretamente a produtividade dos processos e produtos têxteis (Figura 18).

Neps no algodão afetam diretamente a produção, a qualidade e o custo de fios, linhas e tecidos (Figura 19).

Na Figura 20, observa-se um tecido de malha com pontos não tingidos por motivo de contaminação do algodão com polipropileno da capa do fardo, o que é proibido no Brasil. Esse tipo de contaminação pode também ocorrer por causa de cordas, toucas e outros utensílios utilizados para proteger os fardos no campo e algodoeiras, ou lonas plásticas lançadas sobre o algodão do campo à fiação.

3. Descrição de alguns dos processos que compõem a cadeia têxtil, com ênfase nas fibras de algodão

A cadeia têxtil é formada pelas seguintes etapas de produção:

- Fiação, quando ocorre a transformação das fibras em fios.
- Tecelagens, onde os fios formam os tecidos planos ou de malhas.
- Acabamento, também conhecido como enobrecimento, quando os tecidos passam por alguns processos como revisão e classificação do nível de qualidade, navalhagem, chamoscagem, cozinhamento, mercerização, alvejamento, tingimento, estampagem, lavagem, sanforização e calandragem, entre outros tratamentos que lhes proporcionam vários efeitos de cor, brilho, toque, maciez, caimento e flexibilidade (resiliência), enobrecendo os tecidos.
- Esses tecidos atendem as indústrias de confecção de vestuário,

cama, mesa, banho e decoração, cujos desenhos são determinados pela indústria da moda.

- Vale ressaltar que os fios também recebem alguns enobrecimentos, como chamoscagem, alvejamento, tingimento dentre outros, antes dos processos de produção de linhas (para costuras, bordados e crochês) e tecidos planos e de malha listrados, xadrezes, maquinados (fios entrelaçados com comando de evoluções individuais que formam infinitos desenhos).
- Com o avanço da tecnológica, além do vestuário, os têxteis ampliam seu raio de ação e atendem também áreas técnicas, como agricultura, construção civil e indústria química; esses produtos são denominados de têxteis técnicos.

3.1. Fiação

O algodão em pluma chega à indústria têxtil em forma de fardos, matéria-prima da indústria têxtil. Neles,

Figura 21.
Abridor e alimentador automático de fardos
(Foto: Jorge José de Lima)



as fibras encontram-se prensadas, emaranhadas e misturadas com impurezas denominadas, em geral, materiais não fibrosos.

3.1.1. Linha de abertura, limpeza e mistura

A linha de abertura, limpeza e mistura é formada por diversos equipamentos, cujos objetivos principais são iniciar a abertura entre as fibras (flocagem), realizar a mistura homogênea da massa de fibras e remover as impurezas, promovendo a separação do material fibroso do não fibroso.

O produto final na caixa de alimentação para o processo de cardagem é uma massa de fibras desalinhasadas, misturadas homogênea, uniformes e em flocos (*Figura 21*).

3.1.2. Carda

Da caixa para a mesa de alimentação da carda, a massa de fibras desalinhasadas, misturadas homogênea, uniformes e em flocos resultará uma manta com massa por unidade de comprimento determinada em relação ao plano de estiragem e titulação da fiação. O processo de cardagem é responsável por continuar a limpeza

e a abertura entre as fibras até separá-las, quase que individualmente, por meio da estiragem, iniciando a orientação para sua paralelização. A cardagem elimina fibras curtas, neps e SCNs. Nesse processo, ocorre uma grande estiragem, pois a manta de fibras é transformada em um véu fino, que posteriormente é condensado e forma a fita de carda (*Figura 22*).

3.1.3. Preparação à penteadeira

Há dois sistemas de preparação à penteagem: o sistema europeu ou clássico, composto por reunideira de fitas e reunideira de mantas (laminadeira), e o sistema americano, composto pelo formador de rolo. A reunideira de fitas é alimentada por um conjunto de fitas de pré-passador, que as reúne, mistura, estira e forma o rolo de manta; a reunideira de mantas (laminadeira) é alimentada por um conjunto de rolos de manta, que os reúne, mistura, estira, paraleliza as fibras e forma rolo de manta mais homogêneo e uniforme, enquanto o formador de rolo transforma um conjunto de fitas de pré-passador em rolo de manta mais homogêneo e uniforme. Cabe aos técnicos responsáveis pela realização do projeto de estruturação ou reestruturação da



Figura 22. Véu e fita produzida pela carda (Foto: Jorge José de Lima)

Figura 23.
Penteadeira, rolos de manta de alimentação e fitas produzidas
(Foto: Jorge José de Lima)



fábrica de fição qual dos sistemas de preparação à penteagem será adotado, bem como as demais máquinas.

garantirá fios mais uniformes, finos, sedosos e flexíveis. Os fios penteados são o grande diferencial no mercado.

3.1.4. Penteadeira

O processo de penteagem das fibras tem como objetivo eliminar fibras curtas, neps, SCNs e impurezas do material de alimentação que se apresentam em forma de rolos produzidos pela reunideira de mantas ou formador de rolo. Normalmente, a penteadeira trabalha com a duplicação de oito rolos de manta (*Figura 23*). Os ajustes do equipamento determinam quais serão os comprimentos de fibras descartados pelo processo; é importante enfatizar que o diferencial do produto final do processo é a produção de fios penteados a partir de fibras longas, o que

3.1.5. Passador de primeira (I) e de segunda (II) passagens

Os passadores atuam na massa de fibras provocando seu estiramento e paralelização. Esses processos são simultâneos, com objetivo de aumentar a uniformidade do comprimento das fibras, sem, contudo, estressá-las, levando-as à perda do poder de fiabilidade. Nos passadores acontece também a correção final da titulação (massa por unidade de comprimento) do material a ser fiado. São alimentados com fitas duplicadas normalmente em número de seis ou oito, para maior uniformidade (*Figura 24*).

Figura 24.
Trem de estiragem dos passadores
(Foto: Jorge José de Lima)





Figura 25. Maçaroqueira alimentada por fitas de passadores e pavios em produção (Foto: Jorge José de Lima)

No processo de fiação para fios cardados, os passadores de primeira e segunda passagens ficam localizados entre a carda e a maçaroqueira. Já no processo de fiação para fios penteados, há o passador denominado pré-passador, que se localiza entre a carda e a reunideira de fitas ou o formador de rolos. Os passadores I e II localizam-se entre a penteadeira e a maçaroqueira.

3.1.6. Maçaroqueira

Cada fuso ou unidade de produção da maçaroqueira (Figura 25) é alimentado por uma fita dos passadores de primeira ou segunda passagem; a finalidade da maçaroqueira é transformar por estiragem as fitas (mechas) dos passadores em pavios de densidade linear inferior (menor titulação). Como o pavio é uma mecha com número menor de fibras em sua sessão transversal, logo se faz necessário dar coesão e amarração entre as fibras por meio de torção, a fim de evitar a falsa estiragem e as roturas. Porém, o número de voltas por unidade de comprimento (torções) deve ser o menor possível, pois está em função do comprimento e do índice micronaire da fibra

em processo; deve-se ressaltar que a torção é inversamente proporcional à produção. O excesso de torção tampouco pode comprometer o processo de estiragem; o pavio não deve ser estirado, pois, conseqüentemente, não produzirá o fio.

3.1.7. Filatório

Na etapa de fiação, existem diferentes tecnologias de transformação dos pavios ou fitas em fios. O objetivo último é o mesmo: realizar a estiragem final e a amarração entre as fibras por torção, formando o fio singelo. As principais tecnologias para fiar são: fiação de anel, fiação a rotor, fiação a jato de ar e fiação a fricção.

3.1.7.1. Filatório de anéis produzindo fios convencionais

A formação do fio nos filatórios de anéis ocorre em duas etapas; a primeira delas é a estiragem e a segunda a torção das fibras para a formação do fio. A estiragem ocorre no conjunto de cilindros e manchões (trem de estiragem). A diferença de velocidade entre os pares de cilindros determina a estiragem do material.

Já a torção ocorre relacionando a rotação dos fusos ao comprimento produzido pelo primeiro cilindro do trem de estiragem. Existem dois tipos de torção: a torção "S" indica o sentido horário, enquanto a "Z" indica a torção no sentido anti-horário.

O acondicionamento do fio produzido nas canelas (embalagens) para formar as espulas ocorre pelo movimento de uma pequena peça metálica, na qual o fio é passado, que percorre a periferia de um círculo chamado anel. A essa pequena peça dá-se o nome de viajante;

ele atua como um guia que, ao se movimentar na periferia do anel, enrola o fio ao longo da embalagem (Figura 26).

Normalmente, os filatórios de anéis são utilizados para fiar fios, dos finos aos muito finos, que são fios penteados.

3.1.7.2. Filatório de rotor (open-end)

No processo de fiação a rotor, também conhecido como open-end, a matéria-prima de alimentação é diretamente a fita, que pode ser proveniente da carda ou dos passadores. A

Figura 26. Filatório de anéis com pavios de alimentação e fios em produção (Foto: Jorge José de Lima)



Figura 27. Filatório de rotor com fitas de alimentação e bobinas de fios produzidos (Foto: Jorge José de Lima)



torção ocorre assim que a massa de fibras passa do ângulo de fiação do rotor em alta rotação para o cilindro tomador; a seguir, o fio é enrolado em um núcleo, formando embalagens com grandes metragens (*Figura 27*). Uma das vantagens é o tempo menor de produção, uma vez que envolve menos processos e equipamentos; os processos da maçoqueira e a bobinadeira são eliminados.

Nesse processo de fiação, é importante destacar a necessidade da remoção prévia das impurezas, principalmente de pó e micropó, pois estas provocam o entupimento dos diversos componentes do sistema de fiar; conseqüentemente, ocorre a produção de fio com defeito periódico e normalmente harmônico, que impacta negativamente no nível de qualidade dos tecidos.

3.1.7.3. Filatório a fricção e filatório a jato de ar

Os filatórios por fricção (Dref) produzem fios utilizando vários tipos de fibras descontínuas, como o algodão, e fibras contínuas como, por exemplo, filamentos de elastômeros, vidro e arames de aço. Atendem os tecidos para vestiários, uso doméstico, técnicos para indústria aeronáutica, automobilística e roupas protetoras, dentre outros.

A opção do sistema de fiar está em função dos tipos de matérias-primas a serem fiadas, a gama de títulos de fios que se deseja fiar e a produtividade. Em relação à velocidade de produção, o filatório de anel atinge entre 19-25 m/min, o open-end (rotor), 130 m/min, o jato de ar, 180 m/min e o por fricção, 300 m/min.

3.1.8. Bobinadeira e/ ou conicaleira

As bobinadeiras são máquinas que desenvolvem três tarefas; a primeira é mudar o fio das espulas dos filatórios de anéis para embalagens que acondicionam grande metragem; a segunda é a purga das imperfeições indesejáveis contidas no fio; e a terceira é a lubrificação (parafinação) do fio, que normalmente é direcionado para a malharia.

3.1.9. Retorcedeira

Essa máquina retorce os fios binados, normalmente no sentido contrário ao da torção que receberam nos filatórios, para ganhar resistência, uniformidade de massa e pilosidade, e, conseqüentemente, obter tecidos mais sedosos, resistentes e nobres; esse é um dos grandes diferenciais de qualidade no mercado de produtos

têxteis. O aumento do nível de qualidade do fio retorcido com o mesmo título de um fio singelo é por ser composto com dois ou mais fios singelos (cabos) mais finos. Logo, exigem fibras mais longas, finas, maduras e resistentes em relação às fibras para o fio singelo. Pode-se citar, como exemplo, que para a produção de um fio retorcido que tenha um número inglês (Ne) equivalente a um fio singelo de Ne 40, necessita-se ter pelo menos dois fios (cabos) e que sejam de Ne 80, que terá o Ne resultante igual a 80/2.

Após as descrições dos processos que compõem a fiação, será apresentado, como exemplo, o fluxograma do processo de fiação de fio singelo de algodão cardado fiado em filatório de anéis (*Figura 28*).

3.2. Tecelagem

A tecelagem implica na criação e na execução das armações estruturais que caracterizam o entrelaçamento intra e entrefios (base de armação), para a formação de diversos tecidos com uma superfície plana, flexível e tridimensional em termos de espessura, largura e comprimento contínuo.

Normalmente, os tecidos formados pelas tecelagens planas e de malhas por entrelaçamento ordenado dos fios são denominados planos ou de malha; os denominados não tecidos (non-woven) são os tecidos obtidos pelos processos de agulhamento, prensagem ou colagem de camadas de fibras distribuídas de forma ordenada ou desordenada.

Os processos formadores de tecidos têxteis mais comuns são o de tecelagem para tecidos planos e o de tecelagem para tecidos de malha; as aplicações finais a que os tecidos se destinam também são determinantes do processo de tecelagem a ser utilizado.

3.2.1. Tecidos planos

As estruturas dos tecidos planos são caracterizadas pelo cruzamento de fios no sentido horizontal e vertical. Os fios no sentido horizontal, ou seja, na direção da largura do tecido, são chamados de trama, enquanto os fios no sentido vertical, ou seja, os fios perpendiculares à trama, são chamados de urdume. Na tecelagem plana, a formação dos tecidos ocorre pelo entrelaçamento da trama e do urdume (*Figura 29*). Esse processo é realizado por máquinas denominadas teares para tecidos planos.

Figura 28.
Exemplo de fluxograma do processo de fiação de anéis (Fonte: Jorge José de Lima)

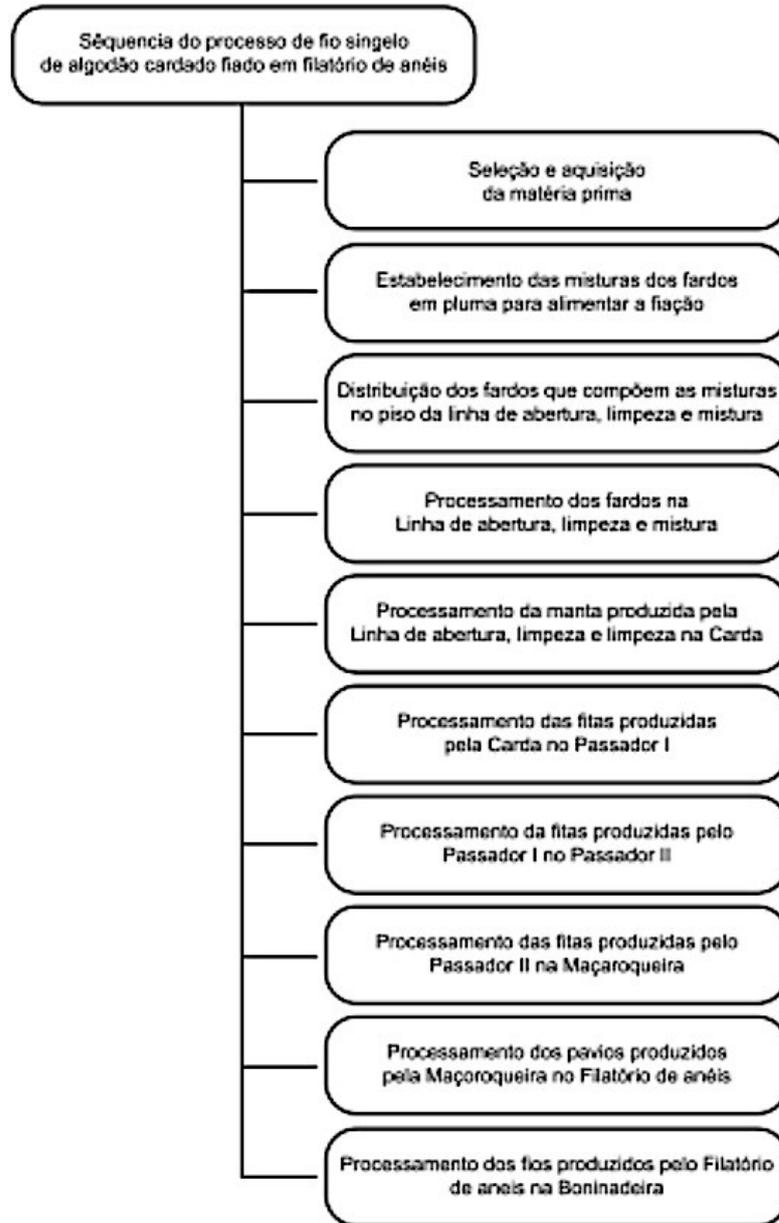
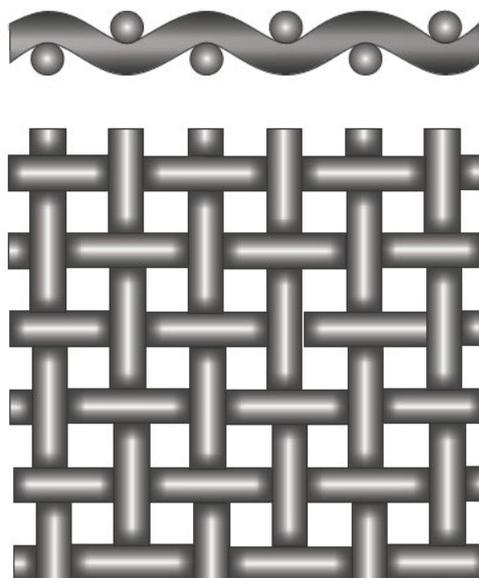


Figura 29.
Entrelaçamento dos fios de urdume e trama, formando o tecido plano (A - Fonte: Sérgio Loureiro Kimmeigs); (B - Foto: Jorge José de Lima)



Para preparar a tecelagem de tecidos planos, duas máquinas são necessárias: a urdideira, que prepara os rolos de urdume, e a engomadeira, que reúne vários rodos de urdideira em um único rolo e impregna uma película de goma e de cera na superfície dos fios dispostos em paralelo, reduzindo assim a pilosidade e aumentando a resistência. Em três décadas, ocorreu o incremento na velocidade de urdição de 300 m/min para 1.200 m/min, mais um motivo para a exigência de fios uniformes nas suas diversas características físicas.

Teares de tecidos planos

Os teares de tecidos planos têm a finalidade de entrelaçar os fios de urdume acondicionados no rolo oriundo da engomadeira com os de trama acondicionados em embalagens oriundas da bobinadeira ou conicaleira (Figura 30).

3.2.2. Tecidos de malha

A característica principal dos tecidos de malha é sua formação em cursos e colunas. O tecido é estruturado a partir do entrelaçamento de laçadas do fio no sentido horizontal, formando assim os tecidos denominados malha (por trama ou urdimento) (Figura 31). Esses processos de tecitura são realizados por máquinas denominadas teares para tecidos de malha, que apresentam, em geral, maleabilidade e flexibilidade, por isso são denominados comumente "tecidos vivos".



Figura 30. Sala de teares (Foto: Jorge José de Lima)

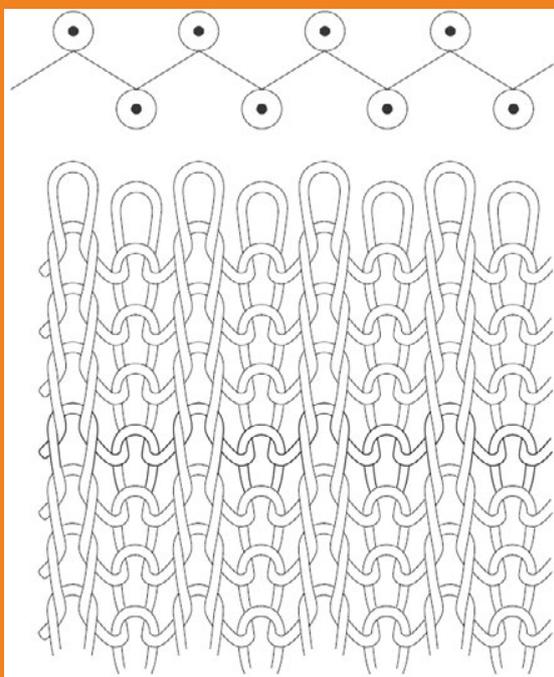
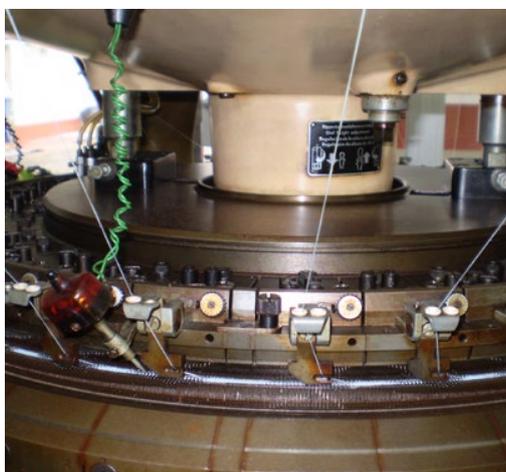


Figura 31.

Enlaçamento intra e entrefios, formando o tecido de malha (Fonte: Sérgio Loureiro Kimmeigs)



Figura 32. Tear circular alimentado por cones de fios, alimentação das agulhas e tecido de malha por trama em produção (Foto: Jorge José de Lima)



Teares de tecidos de malhas

Os teares de malhas têm a finalidade de formar as laçadas (enlaçar) entre os fios de malha, que são acondicionados em embalagens oriundas das bobinadeiras conicaleiras, para a malha por trama, e em rolo oriundo da urdiadeira específica para a malha por urdimento. A *Figura 32* apresenta partes de um tear circular para tecido de malha por trama.

Após as descrições dos processos utilizados nas tecelagens, é importante observar um dos fluxogramas mais comuns para a produção de tecidos planos e de malha (*Figura 33*).

3.3. Enobrecimento dos materiais têxteis

Enobrecimento ou acabamento dos materiais têxteis é o conjunto de processos químicos, físicos e/ou físico-químicos aplicados em fibras, fios, linhas, tecidos e peças confeccionadas. Sua finalidade é transformar os têxteis, que, em geral, encontram-se no estado cru, em alvejados, tintos, estampados, amaciados, estabilizados em suas dimensões, aveludados, brilhosos, resistentes aos raios ultravioleta, aromatizados e antialérgicos, dentre outros enobrecimentos possíveis. Enfim, o enobrecimento agrega valores e propriedades de qualidade, beleza e proteção aos têxteis que são direcionados ao vestuário, cama, mesa, banho, decoração e áreas técnicas.

Quando a matéria-prima é o algodão, o fluxo mais comum compreende os processos de desengomagem, mercerização, alveamento e determinação da cor, podendo o tecido ser tinto, estampado ou ainda tinto e estampado. Os enobrecimentos (acabamentos) têxteis primários são aplicados aos materiais têxteis para torná-los viáveis a receber os secundários (tingimento e estamparia) e os terciários (gama de tratamentos que podem ser aplicados

sobre os têxteis, dando-lhes uma série de versatilidades e utilidades) (Andrade Filho & Santos, 1987). O fluxograma mais comum para a transformação de tecido cru para enobrecido (acabado) e pronto para venda é o que se visualiza a seguir (Figura 34).

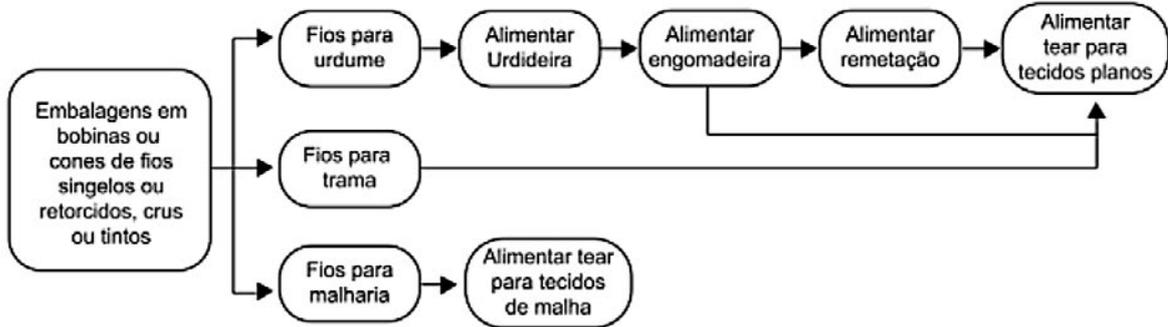


Figura 33. Fluxograma das embalagens de fios do setor de fiação até as tecelagens planas e/ou de malhas (Fonte: Jorge José de Lima)

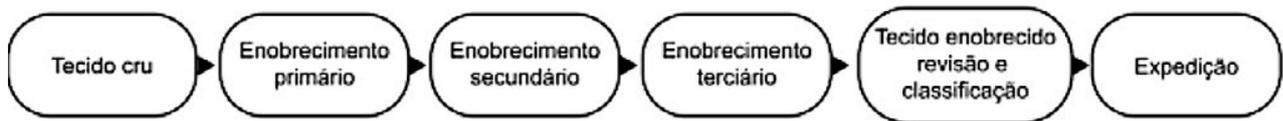


Figura 34. Fluxograma do tecido cru a partir do processo de enobrecimento primário até a expedição (Fonte: Jorge José de Lima)

Considerações finais

Após os processos de pesquisa, cultivo, beneficiamento, classificação, comercialização e transformação das fibras de algodão em fios, linhas e tecidos enobrecidos revisados e classificados quantitativa e qualitativamente, eles finalmente seguem para o setor de expedição que, em geral, é composta por embalagem, estocagem e expedição. As necessidades dos clientes normalmente determinam a forma das embalagens.

Manuseio, embalagem, estocagem, conservação, expedição, transporte e entrega das peças de tecidos aos clientes devem ser garantidos com os parâmetros de quanti-

dade e qualidade acordados. Logo, é fundamental uma gerência de logística de qualidade muito bem estruturada. Vale ressaltar que o serviço após venda é básico em todas as fases da cadeia produtiva e consumidora do algodão; quanto mais cada fase da cadeia algodoeira conhecer e entender as outras, melhor será para todos, ou seja, agricultores, beneficiadores, indústrias transformadoras dos produtos e subprodutos do algodoeiro, consumidores dos produtos manufaturados desse nobre vegetal que é obra-prima divina que dá proteção, beleza e sustentabilidade social à humanidade. ●

LITERATURA CONSULTADA

ANDRADE FILHO, J. F. de; SANTOS, L. F. dos. **Introdução à tecnologia têxtil**. v. 3. Rio de Janeiro: Senai/Cetiqt, 1987. 174 p.

FURTER, R.; SCHNEITER, W. **Determination of trash and the spinnability of raw cotton**. [s.l.]: Zellweger Uster, 1993.

USTER e TECHNOLOGIES AG. **Fiber Symposium – USTER HVI 1000 – Think quality – Think Uster, 2008**. Disponível em: < http://webcache.googleusercontent.com/search?hl=pt-BR&gbv=2&tbs=lr%3Alang_1pt&lr=lang_pt&gs_sm=e&gs_upl=4949115016210151845111101010140114011110&q=cache:OAJ9Vym93J0J:http://api.ning.com/files/oTXTrBTcDKEIMX-vRrXA9B8dizwDm-z1wv5R79vIGt3m8053pzhlf9Ua5gvco4XxxS8xxgE-pOY59k424QhkOwuoGx-haRFJn*/SelecaoGerenciamentodaFibradeAlgodao.pdf+Think+Uster&ct=clnk>. Acesso em: 10 out. 2011.



