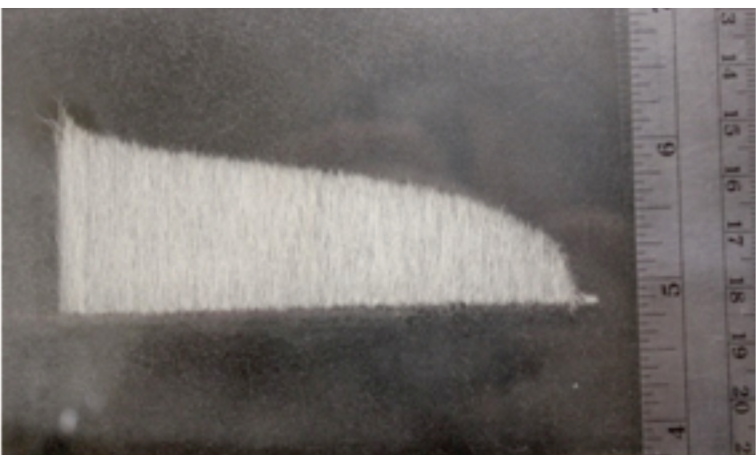
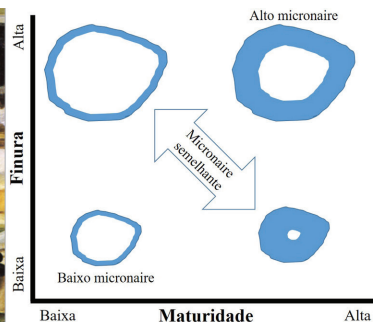


Interpretação das características avaliadas no SITC para qualidade de fibra de algodão – Uma abordagem prática



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

9 INDÚSTRIA,
INOVAÇÃO E
INFRAESTRUTURA



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Algodão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Associação Brasileira dos Produtores de Algodão - ABRAPA
Associação Goiana dos Produtores de Algodão - AGOPA
Instituto Mato-Grossense do Algodão - IMAmt

DOCUMENTOS 285

Interpretação das características avaliadas no SITC para qualidade de fibra de algodão – Uma abordagem prática

João Paulo Saraiva Morais
Francisco José Correia Farias
Jean-Louis Belot
Rhudson Santo Assolari Martins
Edson Tetsuji Mizoguchi

Embrapa Algodão
Campina Grande, PB
2021

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/algodao/publicacoes>

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Algodão

Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário
CEP 58428-095, Campina Grande, PB
Fone: (83) 3182 4300
Fax: (83) 3182 4367
www.embrapa.br/algodao
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Presidente
João Henrique Zonta

Secretário-Executivo
Magna Maria Macedo Nunes Costa

Membros
Nair Helena Castro Arriel, Geraldo Fernandes de Sousa Filho, Francisco José Correia Farias, Luiz Paulo de Carvalho, Rita de Cássia Cunha Saboya

Supervisão editorial
Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Revisão de texto
Ivanilda Cardoso da Silva

Normalização bibliográfica
Iara Del Fiaco Rocha

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Fotos da capa
Superior esquerda: Fonte: Degas (1873).
Demais fotos: *João Paulo Saraiva Morais*.

1ª edição
Publicação digital - PDF (2021).

ABRAPA
SMPW Q 1 - Núcleo Bandeirante, Brasília - DF,
CEP 70297-400
Fone: (61) 3028 9700

AGOPA
Rua da Pátria, 230, Bairro Santa Geneveva Goiânia/GO
CEP: 74.670-300
Fone: (62) 3241 0404

IMAmt
Ed. Cloves Vettorato, Rua Eng. Edgar Prado Arze, 1777,
2º andar Quadra 03 - Centro Político Administrativo,
Cuiabá - MT, CEP 78049-015
Fone: (65) 3624 1840

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Algodão

Interpretação das características avaliadas no SITC para qualidade de fibra de algodão – uma
abordagem prática / João Paulo Saraiva Morais ... [et al.]. – Campina Grande : Embrapa
Algodão, 2021.

(46 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Algodão, ISSN 0103-0205 ; 285).

1. Algodão. 2. Planta textil. 3. Fibra. 4. Controle de qualidade. I. Morais, João Paulo
Saraiva. II. Farias, Francisco José Correia. III. Belot, Jean-Louis. IV. Martins, Rhudson Santo
Assolari. V. Mizoguchi, Edson Tetsuji. VI. Embrapa Algodão. VII. Série.

CDD 633.51

Autor

João Paulo Saraiva Moraes

Farmacêutico, Ph.D. em Ciências dos Solos e Plantas, pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB.

Francisco José Correia Farias

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB.

Jean-Louis Belot

Engenheiro-agrônomo, Dr. em Agronomia, pesquisador do Instituto Mato-Grossense do Algodão, Primavera do Leste, MT.

Rhudson Santo Assolari Martins

Administrador de empresas, Bacharel em Administração em Agronegócio, gerente laboratorial de análises de algodão, Associação Goiana dos Produtores de Algodão, Goiânia, GO.

Edson Tetsuji Mizoguchi

Físico, especialista em gestão de negócios e logística empresarial, gestor do programa de qualidade de fibra, Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, Brasília, DF.

Apresentação

Produtos vegetais possuem variabilidade natural. A indústria transforma essas commodities em um bem industrial com menor variabilidade. Assim, fibras de algodão são transformadas pela indústria têxtil em fios com diferentes características para a produção de malhas e tecidos. Para cada produto, a indústria demanda fibras com características específicas. Muitas vezes, não importa a qualidade do material inicial, mas sim a exatidão e precisão quanto aos parâmetros do material. Ou seja, se o maquinário vai produzir um determinado tipo de fio, a indústria não pode receber fibras mais longas ou mais curtas do que o planejado.

A classificação dos parâmetros da fibra de algodão é desafiadora pelo grande número de parâmetros que podem impactar a qualidade do fio. Tradicionalmente, uma amostra de pluma de algodão pode ser classificada geográfica ou manualmente. Entretanto, a classificação instrumental é considerada como mais imparcial e ágil, tornando-se rapidamente um padrão mundial. Dentre os diversos instrumentos que podem ser empregados na classificação do algodão, os mais comuns são os equipamentos de padronização comercial da análise instrumental algodão (CSITC).

Como qualquer instrumento, esses tipos de instrumentos possuem limitações. Há um limite mínimo e máximo de valores para cada parâmetro, existem erros experimentais, e alguns parâmetros relatados não são efetivamente medidos, mas estimados baseados em cálculos desenvolvidos pelo fabricante. Assim sendo, é importante a análise do relatório com senso crítico, para evitar conclusões equivocadas em relação ao grande número de parâmetros apresentados.

O objetivo deste documento é servir como uma ferramenta auxiliar na interpretação do sistema instrumental de classificação, apresentando uma perspectiva histórica e prática. O público alvo deste documento são atores da cadeia produtiva do algodão, como estudantes, pesquisadores, produtores, melhoristas e outros técnicos, extensionistas, comerciantes, seguradoras, dentre outros profissionais que atuam junto à cadeia produtiva do algodão. Espera-se que este documento auxilie a todos esses membros envolvidos com o algodão a discutirem os resultados obtidos, dando fundamentos para questionar e discordar de determinadas classificações, levando-nos a uma maior harmonia do campo ao consumidor.

A publicação está alinhada com a agenda 2030 através do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) N° 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura.

Alderí Emídio de Araújo

Chefe-Geral da Embrapa Algodão

Sumário

Introdução.....	11
Condicionamento.....	16
Micronaire.....	17
Sujeira ou trash	21
Cor.....	23
Classificação CG (Color Grade).....	26
Comprimento	26
Propriedades mecânicas	30
Resistência	30
Alongamento	34
Características estimadas	35
Exemplo de um relatório de análise instrumental de fibras	37
Considerações finais	39
Referências	40

Introdução

O algodão é a fibra vegetal mais importante no mercado têxtil mundial (Stewart et al., 2010). A maior parte do algodão comercializado no mundo trata-se do algodão upland ou herbáceo (Fryxell, 1971; Larkin et al., 2003). Na safra 2017/18 foram produzidos cerca de 124 milhões de fardos de algodão, variando entre 217,7 kg e 226,8 kg, sendo a Índia o maior produtor com 29 milhões de fardos, seguido pela China (27,5 milhões de fardos), Estados Unidos (20,9 milhões de fardos) e Brasil (9,2 milhões de fardos) (United States, 2020b).

Durante a primeira revolução industrial, os fiadores passaram a usar máquinas mais complexas para aumentar a eficiência da produção. Com um maior consumo de algodão nas indústrias, aumentou a demanda por essa fibra. Os fiadores verificaram que o algodão de algumas regiões tinha um desempenho melhor do que de outros locais. Esse algodão de maior qualidade permitia o preparo do fio de interesse com menor desperdício, resultando em maior lucro para o fiador. Desta forma, o primeiro sistema de classificação de qualidade da fibra de algodão surgiu baseado na localização geográfica (Conant Junior, 1915; May, 2000).

Os comerciantes de algodão passaram a criar sistemas próprios de classificação dos seus produtos (Figura 1). Como não havia um sistema uniforme de classificação da qualidade, em vez de facilitar a negociação entre compradores e vendedores, essa prática levou a problemas para a agroindústria algodoeira. Para solucionar esse problema, o governo americano, através do Ministério da Agricultura (USDA), criou um sistema para classificação das amostras de fibras em 1914. Esse sistema levava em conta o comprimento da fibra medida pelo classificador, a quantidade de impurezas presentes, e o processamento ao qual a amostra foi submetida na colheita e descaroçamento (United States, 1964).

Dos anos 1930 aos anos 1950, vários aparelhos para a medição de qualidade de fibra foram criados, tais como instrumentos para testar a resistência e alongamento (Presley, Stelometer) (Figura 2A), maturidade e finura (fibronaire)



Figura 1. “Um Escritório de Algodão em Nova Orleans”, de Edgar Degas (1873). Nesta época, o algodão era classificado manualmente, e cada classificador atribuía uma nota subjetivamente a cada amostra.

Fonte: Degas (1873).

(Figura 2B), e distribuição de comprimento das fibras (fibrógrafo e arranjo Sutter-Webb) (Figura 2C). O desenvolvimento desses instrumentos mostrou que algumas técnicas eram mais adequadas à pesquisa, enquanto outras técnicas eram mais adequadas para a classificação comercial das amostras.

No final dos anos 60, a demanda por um sistema rápido de classificação levou ao início de pesquisas para desenvolvimento de um instrumento que pudesse classificar um grande número de fardos (Figura 3). Esse instrumento de alto volume de análise (high volume instrument, ou HVI) passou a ser adotado como o sistema padrão para a classificação de fardos de algodão nos Estados Unidos na década de 1990 (Sasser; Moore, 1992). Atualmente,

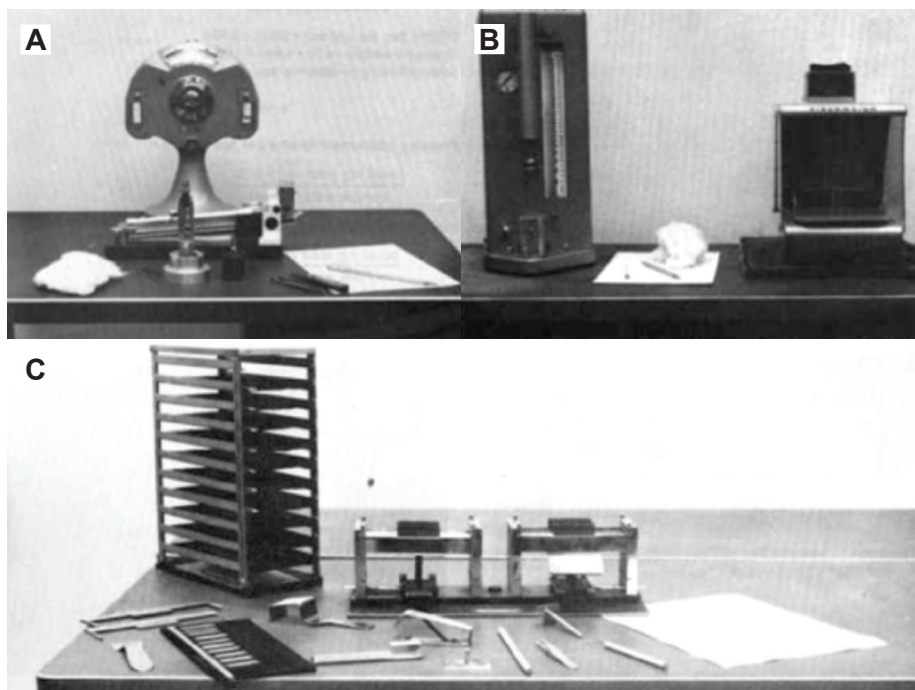


Figura 2. Exemplos de instrumentos clássicos usados para a classificação da fibra de algodão: medidor Presley (A), fribronaire (B) e arranjo Suter-Webb (C).

Fonte: United States (1982).

o termo HVI é uma marca registrada para os equipamentos produzidos pela fabricante Uster®, e o termo geral para as linhas de análise de qualidade de algodão, englobando diversas características, é Standardized Instrument for Testing Cotton (SITC) ou Instrumento Padronizado para Testagem de Algodão. Alguns exemplos desses instrumentos são o HVI 1000 da Uster Technologies¹, o ART 3 da Premier Evolvics², o Contest-F da MesdanS.p.A.³ e o HVT Expert 1401 da MagSolvics Private Limited⁴.

Como os Estados Unidos tornaram-se o maior país exportador de algodão na década de 1990, o sistema para classificar o algodão exportado, usando

¹Disponível em: www.uster.com.

²Disponível em: www.premierevolvics.com/index.php.

³Disponível em: <https://www.mesdan.it/en/Pages/default.aspx>.

⁴Disponível em: <http://www.magsolvics.com/>.

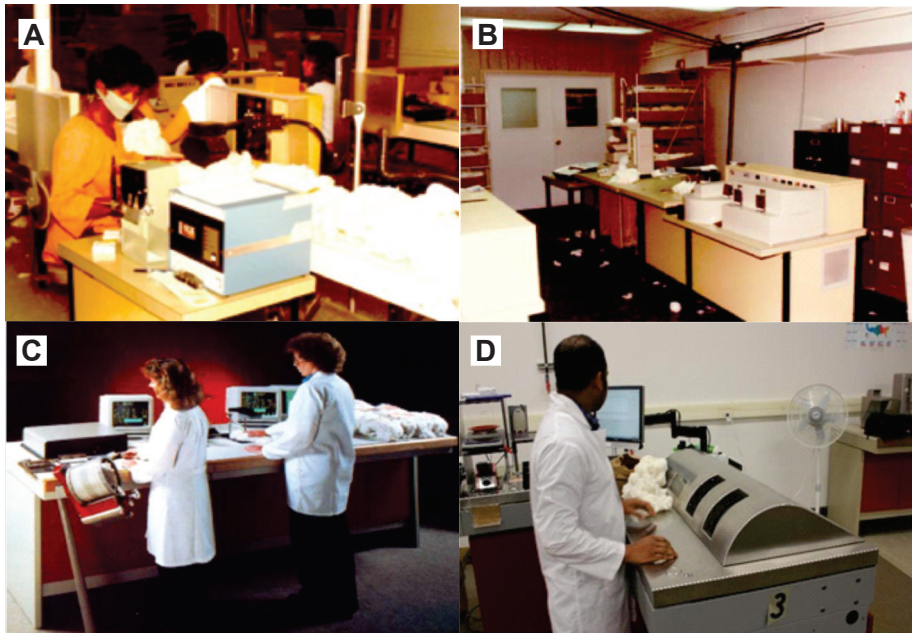


Figura 3. A evolução do HVI em relação ao número de operadores. O instrumento (A) necessitava de cinco operadores para medição de micronaire, comprimento, resistência e cor (1979). O instrumento (B) necessitava de apenas três operadores (1981) e o instrumento (C), dois operadores (1985). Instrumentos atuais (2020), como o HVI 1000, necessitam de apenas um operador.

Fonte: (C) Shofner et al. (1993) e Uster (2008b); (D) João Paulo Saraiva Morais.

dados de HVI, passou a ser também adotado pelos compradores desse algodão. Um sistema de desconto e prêmio baseado em características relatadas pelo HVI foi criado e acordos de compra e venda de algodão passaram a ser firmados com base nesses valores (United States, 2020a).

Dependendo da tecnologia de fiação e do produto têxtil final, uma determinada característica do algodão pode ser mais importante do que outra. Por exemplo, na fiação anel, as fibras são torcidas entre si e seguem uma orientação paralela e compacta do feixe de fibras. O comprimento e a uniformidade de comprimento são as características mais importantes para uma boa fiação. Por outro lado, na fiação rotor open-end, as fibras não seguem um padrão tão paralelo e é necessário que haja fibras enrolando o feixe. Para esta

tecnologia de fiação, a resistência do fio é a característica mais importante. No caso da fiação a jato de ar (air-jet), também chamada vórtex, as fibras no centro do fio são paralelas com pouca ou nenhuma torção, enquanto as fibras da borda são torcidas em uma espiral. Para esta tecnologia de fiação, a finura, a limpeza e a resistência são as características mais importantes (Alagirusamy; Das, 2014; Elhawary, 2014).

Considerando-se a cadeia produtiva como um todo, foram gerados 19,2 bilhões de dólares no PIB brasileiro a partir de 1,4 milhões de hectares plantados na safra 2011/2012, a safra com últimos dados disponíveis em relação ao impacto econômico da cadeia produtiva completa (Neves; Pinto, 2012). Na safra 2018/2019, a produção brasileira de pluma de algodão foi de 2,72 milhões de toneladas em uma área de 1,62 milhões de hectares. Desse total produzido, 1,7 milhões de toneladas de pluma de algodão foram exportadas em 2019, sendo a China e o Vietnã os principais destinos, rendendo mais de 2 bilhões de reais em divisas para a nação (Abrapa, 2020a; Conab, 2020).

Tendo em vista que o aumento da quantidade produzida de algodão deve ser acompanhado de um aumento da qualidade reportada, uma vez que há penalidades para os comerciantes que negociem fardos de algodão de baixa qualidade ou não classificados, a Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA) criou um programa de controle de qualidade dos dados reportados pelos instrumentos em laboratórios parceiros. Um total de 11 laboratórios e 71 instrumentos fazem parte do programa da ABRAPA, para validar os resultados obtidos por todos os laboratórios de classificação instrumental (Abrapa, 2020b).

Já que o comércio é baseado nessas características, pesquisadores começaram a avaliar a qualidade de fibra majoritariamente com instrumentos SITC, tendo em vista sua agilidade para analisar um grande número de amostras dos seus experimentos e porque os materiais genéticos serão premiados ou descontados com base nos valores dessas características. Nas próximas seções deste documento, serão explicados os princípios das análises realizadas pelos módulos do SITC para o teste das amostras de algodão. O conhecimento desses princípios é importante para o entendimento das vantagens e limitações do SITC em pesquisa e comércio.

Condicionamento

Antes que as amostras de algodão sejam analisadas, é fundamental que elas sejam padronizadas para uma dada condição atmosférica. Como a fibra de algodão é constituída majoritariamente por celulose, ela é um material hidrofílico (Abidi et al., 2010; Mogahzy; Farag, 2018).

A umidade de todas as amostras de algodão deve estar entre 6,75% e 8,25%. Para agilizar esse processo e minimizar a rejeição de amostras que não podem ser testadas por estarem fora dessa faixa, é recomendado que as amostras sejam climatizadas a $21 \pm 1^\circ\text{C}$ e $65 \pm 2\%$ de umidade relativa do ar por pelo menos 48 horas, a fim de garantir que a umidade necessária seja atingida (ASTM, 2012b).

Sistemas de acondicionamento rápido são permitidos para análises comerciais. Nesses sistemas, um fluxo de ar condicionado na umidade e temperatura padrões são forçados através das amostras por no máximo 15 minutos. Uma vez que as amostras estejam adequadamente condicionadas, a análise pode ser iniciada (Shofner; Shofner, 2002). Este procedimento não é indicado para amostras de pesquisa porque elas podem ter peculiaridades genéticas e ambientais que poderiam invalidar a eficiência dessa técnica de condicionamento.

Dependendo da agilidade e precisão que precisam ser obtidas, diferentes protocolos podem ser empregados para as análises das amostras. Amostras de fardos oriundos de campos de produção comumente seguem um padrão de análise 1-2-2 ou 1-4-2, referentes a 1 teste de micronaire, 2 ou 4 testes de sujeira e cor, e 2 testes de comprimento, resistência e alongamento. Amostras de algodão oriundas de um programa de melhoramento, que serão usadas para a tomada de decisão sobre quais linhagens serão mantidas e quais serão descartadas, deveriam seguir um padrão de análise 4-4-10, referentes a 4 testes de micronaire, 4 testes de sujeira e cor, e 10 testes de comprimento, resistência, e alongamento (Fiberand Biopolymer Research Institute, 2018).

Nas próximas seções deste documento, será explicado o significado das características relatadas pelos aparelhos SITC.

Micronaire

Originalmente, o micronaire foi criado para estudos de filtração de água (Darcy, 1856). Um filtro de cascalho, com partículas maiores e menor área superficial, tem menor resistência ao fluxo de água do que um filtro de areia fina (Figura 4A e 4B). Desta forma, o micronaire do filtro de cascalho é maior que o do filtro de areia fina.

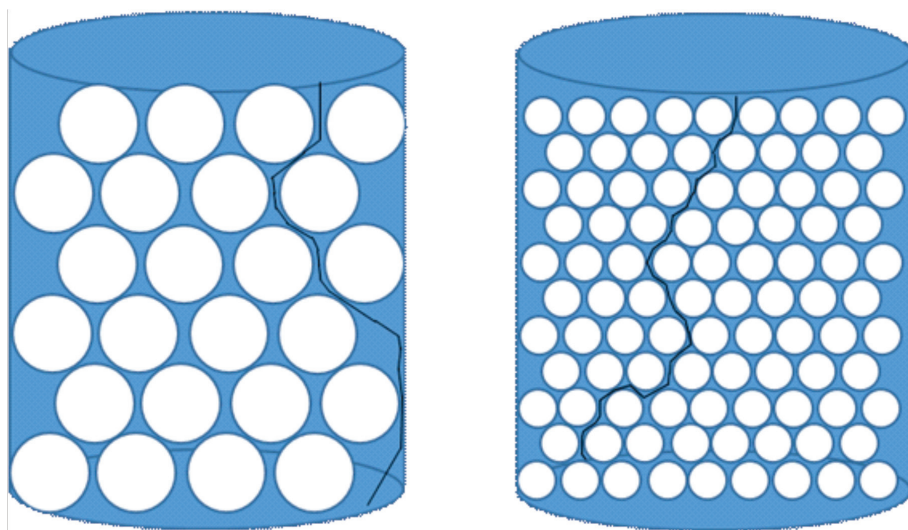


Figura 4. Exemplo de como o diâmetro das partículas afeta o fluxo: da esquerda, a linha segue um caminho menos tortuoso através das partículas mais grossas (A); a linha tem o mesmo comprimento da linha da esquerda, mas não chega ao fundo do cilindro porque percorre um trajeto mais tortuoso (B).

Fonte: João Paulo Saraiva Morais.

O micronaire é comumente a primeira medida a ser efetuada no SITC. Um tampão de massa entre 9,5 e 10,5 gramas é colocado em uma câmara de volume definido (Figura 5). Um fluxo de ar é passado por essa câmara e a resistência ao fluxo é medida (Lord, 1956a, 1956b, 1956c). O índice micronaire é proporcional ao inverso da área superficial da amostra. Isso significa que fibras mais grossas, com menor área superficial, apresentam menor resistência ao fluxo de ar, resultando em um micronaire maior. O índice micronaire tem um erro instrumental de ± 0.1 (Cotton Incorporated, 2013).

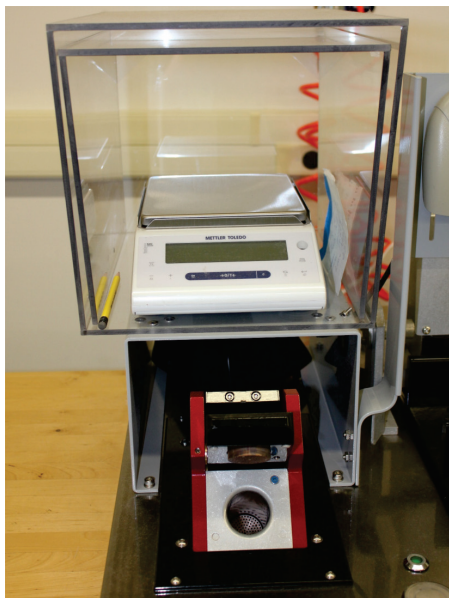


Figura 5. Módulo micronaire em um HVI 1000. Uma amostra de algodão é pesada em uma balança e depositada dentro da câmara. Um fluxo de ar passa através da superfície perfurada e a resistência ao fluxo é diferente, dependendo da área superficial das fibras dentro da câmara. Desta forma, o micronaire pode ser medido.

Fonte: João Paulo Saraiva Morais.

de (porcentagem de enchimento em relação ao máximo que a fibra pode conter de celulose). Alta maturidade é um indicativo de que há um grande teor de celulose na fibra, e esse material tende a ter uma boa absorção de corante durante o tingimento. Entretanto, se as fibras são muito grossas, não é possível empacotar o número suficiente de fibras na seção transversal de um fio fino para que ele tenha coesão suficiente (Lawrence, 2010).

Um baixo índice micronaire não é tão claro quanto ao seu significado físico. O índice micronaire é usado como um indicativo conjunto da finura e maturidade da fibra, mas ele é incapaz de fornecer essas informações isoladamente (Equações 1 e 2). Com base nessas equações, se o micronaire e a maturidade forem conhecidos, é possível calcular a finura média da amostra. Da mesma forma, se o micronaire e a finura forem conhecidos, é possível calcular a maturidade média das fibras.

A técnica do micronaire foi adaptada para a análise da área superficial das fibras de algodão por ser uma técnica rápida. Inicialmente, quando a escala micronaire foi criada na década de 1940, acreditava-se que a densidade linear ou finura estava sendo medida em microgramas por polegada ($\mu\text{g}/\text{polegada}$) (Lord, 1956a; Gourlot et al., 2020). Correções posteriores mostraram que o micronaire não é simplesmente a medida de finura.

Além de ser uma característica rápida de ser medida, o micronaire é muito usado na indústria têxtil. Fardos comerciais cujas amostras medidas apresentaram um micronaire com valor entre 3,7 e 4,2 são relacionados com um bom desempenho dos processos de fiação. Um alto índice micronaire indica que a amostra possui fibras com alta densidade linear ou finura (massa por unidade de comprimento) e/ou alta maturidade

Equação 1:

$$\text{Maturidade} \times \text{Finura} = 3,86 \times (\text{micronaire})^2 + 18,16 \times (\text{micronaire}) + 13,00 \quad (\text{Lord, 1981})$$

Equação 2:

$$\text{Maturidade} \times \text{Finura} = 39,38 \times (\text{micronaire}) - 22,67 \quad (\text{Hequet et al., 2006})$$

Como o micronaire é relativo à área da fibra, um micronaire intermediário, na faixa desejada pelo comércio, pode ser causado por fibras de menor finura com alta maturidade ou fibras de maior finura com baixa maturidade (Figura 6) (Hequet et al., 2006). No primeiro caso, as fibras são desejáveis para a indústria têxtil fabricar fios finos (Smith, 1991). No segundo caso, as fibras têm maior tendência a quebrar e não absorver adequadamente o corante.

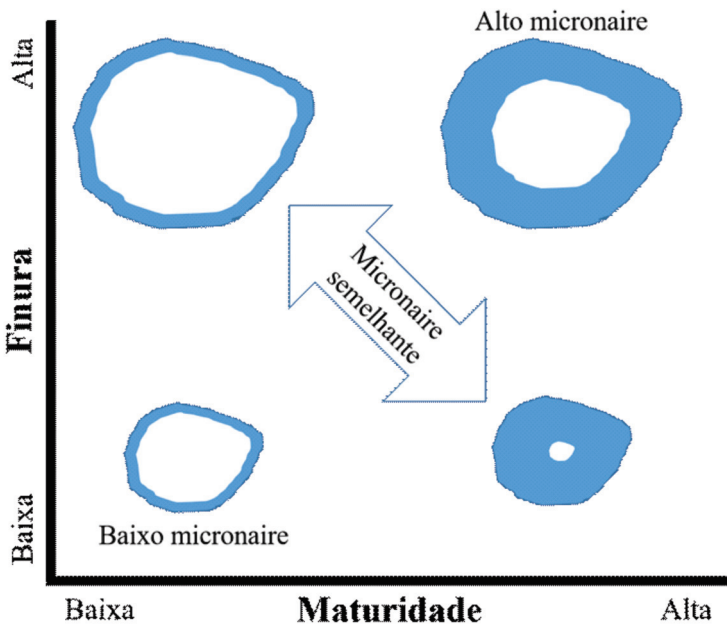


Figura 6. Gráfico mostrando a dependência do micronaire de duas diferentes características, maturidade e finura. Na figura, o azul refere-se à espessura da parede celular da fibra de algodão e o branco refere-se ao lúmen. Baixa finura e baixa maturidade resultam em baixo micronaire, enquanto alta finura e alta maturidade resultam em alto micronaire. Um mesmo valor de micronaire pode ser causado por uma combinação de alta maturidade e baixa finura (desejável para a fiação) ou baixa maturidade e alta finura (indesejável para a fiação).

Em linhas gerais, a indústria têxtil tenta evitar os extremos de micronaire quando contratos são firmados entre vendedores e compradores. Tipicamente, um valor de micronaire entre 3,5 e 4,9 é considerado um valor adequado (Tabela 1). Valores abaixo de 3,5 são indicativo de uma fibra imatura, enquanto valores acima de 4,9 são indicativo de fibras maduras mas grossas demais (Gourlot et al., 2020).

Convém ressaltar que os valores apresentados na Tabela 1 são relativos ao empréstimo do programa Commodity Credit Corporation (CCC) dos Estados Unidos. Em diferentes contratos, o comprador pode descontar ou premiar outras faixas de micronaire dependendo do mercado final. Por exemplo, se o comprador deseja usar a fibra para extrair celulose a ser usada em algum produto comercial, como papel, um micronaire muito elevado poderia ser premiado. Então, se o contrato foi firmado no Brasil para entregar algodão de micronaire 5,0 e o produtor entrega algodão com o micronaire 5,0, não há desconto.

Tabela 1. Tabela de descontos e prêmios para algodão baseado no índice micronaire para o empréstimo bancário a agricultores americanos, safra 2020/2021 e negociação de contratos para produtores brasileiros, safra 2020*.

Micronaire	Pontuação (EUA)*	Diferença no micronaire contratado	Desconto para o mercado interno (Brasil)**
≤ 2,4	-1840	0	0
2,5-2,6	-1395	0,1	-300
2,7-2,9	-905	0,2	-600
3,0-3,2	-645	0,3	-1200
3,3-3,4	-465	0,4	-1400
3,5-3,6	0	0,5	-1800
3,7-4,2	5	0,6	-2200
4,3-4,9	0		
5,0-5,2	-235		
≥5,3	-385		

*A pontuação base para o ano foram 5200 pontos, ou 52,00 centavos de dólar por libra (453,6 g) de algodão. Uma pontuação de -1840 significa que o algodão tem um desconto de 18,40 centavos de dólar por libra, equivalente a um desconto de 35,4% do preço base.

**Para um determinado valor que foi negociado e não entregue, o produtor recebe um desconto. Um desconto de -600 significa que o algodão tem um desconto de R\$ 6,00 por libra-peso (1 libra-peso = 0,453592 kg), ou R\$ 13,2277/kg.

Fonte: Bolsa Brasileira de Mercadorias (2020) e United States (2020a).

Finalmente, considerando-se o ponto de vista do melhorista ou do técnico de experimentação, o micronaire pode ter uma aplicação mais objetiva. O diâmetro da fibra é pouco influenciado pelo ambiente, podendo ser considerada constante para um mesmo genótipo (Stewart et al., 2010). Como consequência, para um mesmo material genético cultivado e testado em diversos ambientes, o valor do micronaire será uma boa indicativa da maturidade da fibra produzida.

Sujeira ou trash

A sujeira ou trash é um problema inerente ao comércio de algodão. Quando um comprador negocia fardos de algodão, deseja-se pagar pela pluma de algodão, com valor para ser transformada em fio, não pela sujeira ou materiais que não poderão ser fiados, ou que irão prejudicar a qualidade do fio produzido. A sujeira pode gerar quebras na fiação ou imperfeições no fio (Boykin et al., 2009; Sluijs; Hunter, 2017), reduzindo o lucro para a fiação e tecelagem/malharia que for usar esse fio.

A primeira classificação da quantidade e tipo de sujeira foi a visual. Nesse sistema, um classificador compara amostras de algodão contra padrões definidos e acordados como válidos por vários atores do agronegócio (Nickerson, 1962). A fim de automatizar e acelerar a classificação de amostras de algodão, iniciou-se a utilização do módulo colorimétrico do SITC para também estimar a quantidade de sujeira nas amostras.

A segunda estação de trabalho do SITC possui uma prensa metálica e uma janela de vidro. A amostra é pressionada contra a janela de vidro para remover dobras e vincos. Sob a janela de vidro, existe uma lâmpada que emite um flash luminoso (Figura 7).

Também sob a janela de vidro onde a amostra foi prensada, há uma câmera preto e branco. A imagem é analisada, e o número de pixels escuros e claros são contados. O número de estruturas compostas por pixels escuros e a área de pixels escuros são usados para estimar a porcentagem de sujeira ou trash na amostra. Esses resultados são convertidos para o grau de folha, que varia de 1 (menor quantidade de folhas) a 8 (maior quantidade de folhas) (Taylor, 1990; Cotton Incorporated, 2013). Apesar do valor de sujeira medido pelo

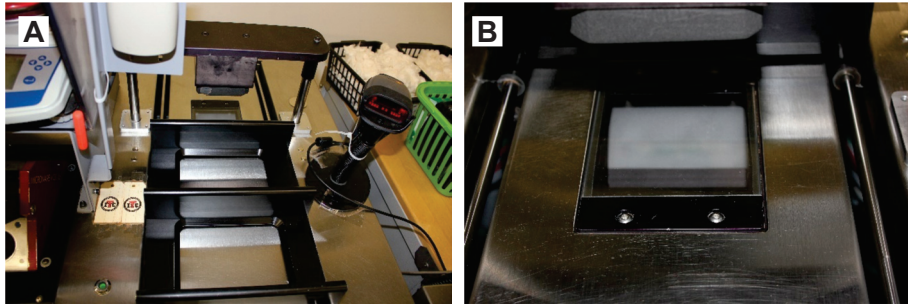


Figura 7. Bandeja para medição da sujeira e cor da amostra de fibras de algodão (A) e detalhe da janela sob a qual está o colorímetro e a câmara preto e branco (B).

Fonte: João Paulo Saraiva Morais.

SITC não ser o mesmo do estimado por um classificador humano, esses valores estão correlacionados (United States, 1999). O erro instrumental tolerável para a análise do teor de sujeira é de $\pm 0,04\%$ da área total da amostra (Cotton Incorporated, 2013). Os instrumentos HVI 1000 para o mercado brasileiro passaram por uma atualização recente, na qual o braço de prensagem também possui uma janela com colorímetro, câmera, e sistema de iluminação. Assim, no mesmo intervalo de tempo em que apenas duas análises de cor seriam efetuadas, é possível realizar quatro análises.

O sistema de reconhecimento de imagem dos SITCs costuma ser um sistema simples que não permite a identificação das estruturas como folhas, cascas, ou contaminantes sintéticos (Figura 8). Também como a análise é feita baseada na cor do pixel, não é possível determinar a presença de fibras brancas de polietileno ou polipropileno como contaminantes na amostra de algodão, sendo necessária a presença de um classificador humano. Geralmente, qualquer nível de folha igual ou acima de 6 ou qualquer outro material como casca ou plástico levam a descontos, mesmo que o comprimento ou cor justificassem ágios (United States, 2020a).

Já existem equipamentos com uma capacidade de detecção não apenas do número de pixel escuros, mas que, por meio de reconhecimento de imagem, detecta a quantidade, o tipo e o tamanho da sujeira presente na amostra de algodão (Xuet al., 1997, 1999; Whitelock et al., 2017). Essas inovações instrumentais para a determinação de sujeira ainda não fazem parte da maioria dos sistemas de ágio/deságio ao redor do mundo, nem de SITCs.

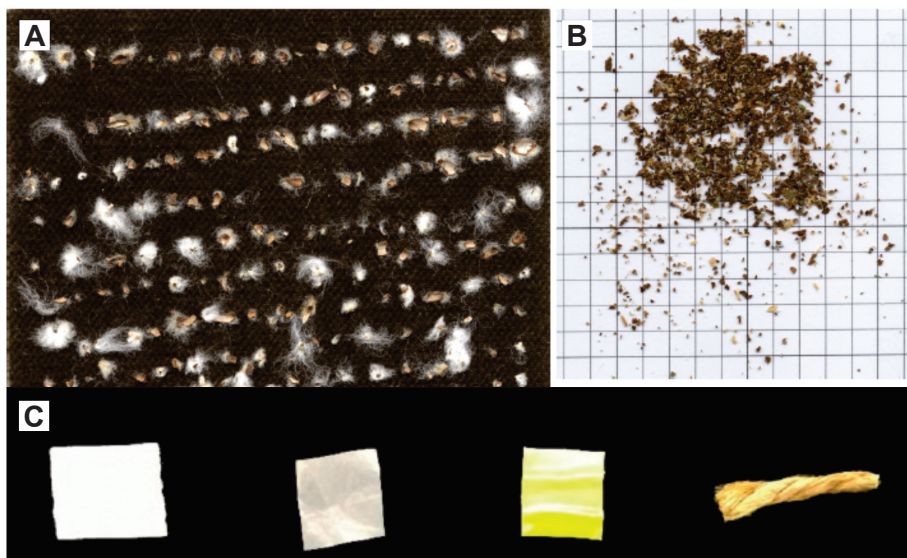


Figura 8. Exemplos de contaminantes naturais: seedcoatfragments ou fragmentos de tegumento (A) e fragmentos de folhas (B) e contaminantes artificiais (C) que podem ser encontrados em amostras de algodão.

Fonte: (B) Boykin et al. (2009); (C) Mustafic et al. (2016).

Cor

A cor pode ser classificada de acordo com vários sistemas diferentes. Existem sistemas de cor baseados em como a cor é sentida pelas pessoas, envolvendo termos como saturação e brilho. Também existem sistemas baseados em como o olho humano funciona, como o sistema da Comissão Internacional em Iluminação (Commission Internationale de l'Elclairage, ou CIE) (Zollinger, 1999). Esses diferentes sistemas de medição da cor são denominados “espaços de cor”.

Assim como a sujeira, a primeira forma de classificação de uma amostra de algodão quanto à cor foi baseada em classificadores treinados. Nessa classificação, atribui-se uma única classe para a cor do algodão. No sistema americano, a cor poderia ser Gray, White, Spotted, Tinged, ou Yellow Stained (Respectivamente, cinza, branca, manchada, tingida, ou manchada de amarelo)(Nickerson; Newton, 1958; United States, 1964).

O surgimento de colorímetros aumentou a velocidade de aquisição de dados, permitindo o aumento do número de fardos classificados. O HVI adotou a tecnologia gerada com o colorímetro Nickerson-Hunter, determinando a cor da amostra de algodão em uma escala bidimensional (United States, 1964; Cotton Incorporated, 2013). No sistema de medição desenvolvido pelo CIE, existem 3 eixos, denominados L^* , a^* e b^* , que resultam no espaço de cor CIELAB, nomeado pela junção das siglas CIE e dos eixos L^* , a^* e b^* .

No espaço CIELAB, a quantidade de luz refletida pela amostra, no eixo L^* , é usada para calcular a reflectância (R_d) (Zollinger, 1999). A reflectância é um índice do brilho da amostra. Uma amostra opaca pode indicar que a fibra foi danificada por um ataque microbiano ou sofreu danos pela chuva (Simon; Harmon, 1954). Uma amostra com alto brilho pode indicar uma fibra de boa qualidade. Entretanto, se a amostra possui muitas fibras imaturas, essas fibras tendem a ser mais achatadas, refletir mais luz, e aumentar o R_d (Bel; Hoven, 2007).

Outro eixo importante para a classificação do algodão no sistema CIELAB é o eixo perpendicular ao eixo de reflectância, que corresponde a mudanças na cor do azul ao amarelo, chamado eixo b^* . Valores negativos no eixo b^* indicam uma cor azulada, associada a uma fibra mais branca, enquanto valores positivos indicam uma cor amarelada (Figura 9) (Zollinger, 1999). O índice de amarelo é um importante indicativo da qualidade da fibra do algodão. Os SITCs utilizam um filtro para a cor amarela refletida pela amostra durante a medida da cor. Quanto maior o índice de amarelo da fibra, maior o risco dessa amostra ter sofrido efeitos climáticos (Barker et al., 1979). Fibras de algodão com danos climáticos podem reduzir a eficiência durante a fiação (Wakeham et al., 1954), o que leva a aplicação de descontos para fardos de algodão com um índice $+b$ muito elevado. O erro instrumental tolerável para a reflectância é de $\pm 0,7$ e o do $+b$, $\pm 0,3$ (Cotton Incorporated, 2013).

No sistema CIELAB, o eixo a^* refere-se a variações entre o vermelho e o verde (Zollinger, 1999). Informações sobre esse eixo poderiam ser importantes para o comércio de algodão colorido marrom. Infelizmente, como a maioria do algodão comercializado no mundo é branco, mudando para amarelo se houver algum dano na fibra, o eixo b^* é o mais importante, e os SITCs apenas reportam valores para esse eixo.

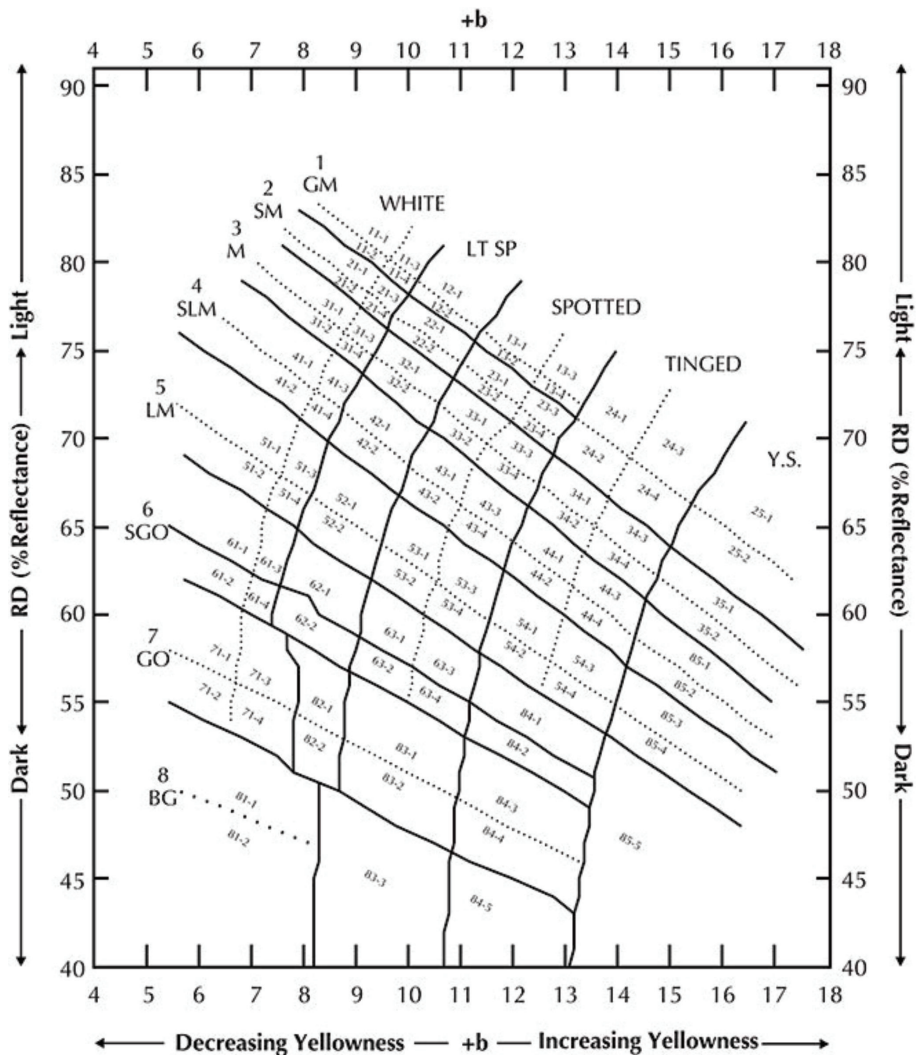


Figura 9. Exemplo de um gráfico de cor e classificação manual/instrumental de fibras de algodão para algodão upland dos Estados Unidos. No eixo vertical, estão os valores de refletância. Quanto maior o valor, mais brilhante é o algodão. No eixo horizontal, estão valores típicos do índice de amarelo. Quanto maior o valor, mais amarela é a amostra. As linhas são onduladas para aumentar a concordância entre a classificação instrumental e manual.

Fonte: Cotton Incorporated (2020).

Classificação CG (Color Grade)

As duas características de cor e sujeira discutidas nas duas sessões anteriores são usadas na elaboração do sistema de classificação comercial Cotton Grade (CG). Nesse sistema, os dois primeiros números se referem à cor, e o terceiro à carga de folha. Por exemplo, um algodão 31-4 é um algodão de cor 31, e de grau 4 em folha. Esse valor é o significado do pequeno número que se encontra na figura 9 dentro do espaço delimitado pelas linhas.

Diferentes mercados podem solicitar diferentes CGs. Por exemplo, o tipo base de algodão para o mercado interno brasileiro é o 41-4. Enquanto isso, o tipo base para o mercado externo é o 31-4, ou seja, um algodão mais limpo (Bolsa Brasileira de Mercadorias, 2020).

Tipicamente a medição do CG é realizada por classificadores humanos, com a vantagem desses classificadores também serem capazes de identificar contaminantes não mensurados pelo sistema instrumental, como a presença de partículas de polipropileno ou fragmentos de tegumento das sementes (seed coat fragments, SCF). Há indicações de que o uso de mais repetições de análise da cor e sujeira, como o uso de quatro análises instrumentais em vez de duas, permite uma boa correlação entre o CG instrumental e o humano. Alguns compradores asiáticos já aceitam esse protocolo instrumental com mais repetições em substituição à classificação visual.

Comprimento

A terceira e última estação do SITC contém uma cesta onde a amostra de algodão é depositada (Figura 10A). Nessa cesta, existem estruturas metálicas que aplicam pressão à amostra, chamadas de dedos. Os dedos pressionam a amostra dentro do cesto, expondo tufos de fibras (Figura 10B) através de uma estrutura cilíndrica perfurada. O conjunto dedos/amostra/estrutura cilíndrica é rodado em frente a um pente metálico. Os dentes do pente capturam fibras ao acaso de dentro dos tufos, formando uma barba ou feixe de fibras (Figura 10C). Essa barba ou feixe é escovada (Figura 10D) para alinhar as fibras presas aos dentes e para remover fibras aderidas ao feixe, porém não capturadas pelos dentes.

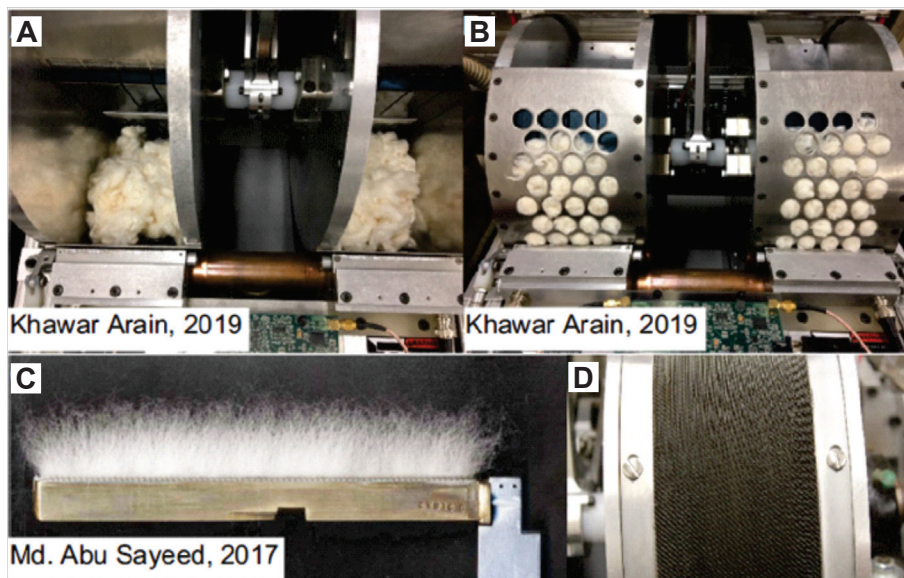


Figura 10. Sistema de amostragem de fibras de algodão para medição de comprimento, resistência e alongamento. Amostras de aproximadamente 10 g são depositadas nas duas cestas (A). Os dedos metálicos pressionam a pluma contra orifícios perfurados (B) que são escovados com um pente metálico, resultando em barbas de fibra (C). A barba é escovada (D) para remover parte da sujeira frouxamente aderida e fibras da barba que não estão efetivamente capturadas pelo pente.

Fonte: Moraes et al. (2020).

A seguir, o comprimento da amostra é medido seguindo-se o princípio do fibrograma (Hertel, 1940). A barba é apresentada para um módulo analisador com um escâner. A parte de baixo desse módulo contém LEDs vermelhos e a parte de cima contém um sensor. A barba é movida para dentro do escâner, atenuando a quantidade de luz emitida que é absorvida pelo sensor. O ponto situado a 0,15 polegada (3,81 mm) da borda metálica do pente é padronizado como o ponto com 100% de atenuação. À medida que a barba é removida do escâner, menos fibras estarão presentes para atenuar a luz em função da distância de deslocamento. Quando não há mais fibras entre o emissor e sensor do escâner, a atenuação é 0%. Baseado na curva de decaimento da atenuação da luz, são estimadas características referentes ao comprimento (Figura 11) (Sayeed et al., 2020), o comprimento médio da metade das fibras de comprimento superior (upper half mean length ou UHML) e o comprimento médio de todas as fibras (mean length ou ML). O índice de uniformidade

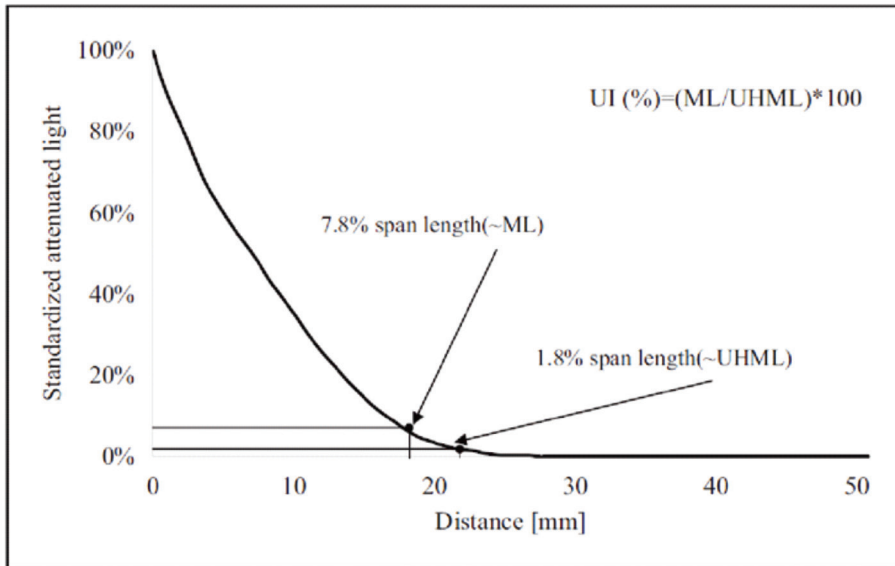


Figura 11. Exemplo de um fibrograma extraído do HVI 1000. As setas indicam como o UHML e ML são calculados a partir do fibrograma, e como o UI é calculado a partir de ambos os comprimentos.

Fonte: Sayeed et al. (2020).

(uniformity index ou UI) é calculado a partir do UHML e do ML (ASTM, 2012a, 2013). É importante não confundir o índice de uniformidade (UI) com a razão de uniformidade, calculada a partir da razão entre o comprimento das fibras a 50% de atenuação óptica e o comprimento das fibras com 2,5% de atenuação óptica (ASTM, 2013).

O UHML é comumente chamado apenas de comprimento, sendo expresso em polegadas, milímetros (1 polegada = 25,4 milímetros) ou comprimento manual (staple length, representando o numerador da fração de 32 avos de polegada). Essa informação é importante para os fiadores ajustarem as máquinas que serão usadas na produção de fios (Mogahzy et al., 1990). O índice de uniformidade é expresso como uma porcentagem e poderia servir como um indicativo de uniformidade de comprimento em uma amostra de algodão. No sistema atual de medição da qualidade, como pode ser visto pela figura 11, não há nenhuma informação diretamente extraída do fibrograma que seja relativa ao conteúdo de fibras curtas. O erro instrumental aceitável

para o UHML é de 0,30 mm ou 0.012 polegada, enquanto para o UI, é de 0,8% (Cotton Incorporated, 2013).

As fiações tentam comprar fardos de algodão que sejam adequados para gerar fios que atendam aos contratos acordados. Infelizmente, nem sempre é possível conseguir todos os fardos com a qualidade desejada. Nesse caso, as fiações vão precisar comprar fardos com qualidade inferior e superior ao necessário, e misturar os fardos conforme a necessidade. Assim, as fiações precisarão aplicar um desconto quando comprarem fardos com a qualidade que elas julguem inferior. Elas também poderão aplicar um prêmio para fardos com a qualidade julgada como superior, para garantir a compra desse material antes dos concorrentes. O comprimento e a uniformidade de comprimento são importantes características para a qualidade da fiação anel e fiação a jato de ar (Elhawary, 2014). Portanto, é prática comum nos contratos entre diversos países produtores que haja descontos e prêmios para fardos de algodão baseados em valores de comprimento (Tabela 2) (United States, 2020a).

Tabela 2. Tabela de descontos e prêmios para algodão baseados em valores de comprimento para o empréstimo bancário a agricultores americanos, safra 2020/2021.

Comprimento em 1/32 de polegada*	Pontuação**	Índice de uniformidade***	Pontuação**
26-31	-625	77.9 ou abaixo	-110
32	-380	78.0-78.9	-60
33	-305	79.0-79.9	-50
34	0	80.0-80.9	-5
35	+65	81.0-82.9	0
36	+140	83.0-83.9	+10
37	+160	84.0-84.9	+15
38 ou acima	+170	85.0-85.9	+20
		86.0 ou acima	+25

*Variação de comprimentos para uma amostra de algodão 41-4 (Algodão tipo White, StrictLow Middling, nível 4 de folha).

**100 pontos equivalem a 1 centavo de dólar por libra (453,6 g) de algodão.

***Variação de índice de uniformidade, independente do tipo de algodão.

Fonte: United States (2020a).

No Brasil, o sistema de ágio e deságio segue outros critérios (Tabela 3). No sistema brasileiro, o maior ágio e deságio é praticado sobre o comprimento relativo ao UHML. O UI não é considerado no sistema. Entretanto, o índice de fibras curtas (SFI) é usado para a aplicação de descontos. Esse índice será discutido neste documento na seção “Características estimadas”, já que existem modelos de SITCs que não medem fibras curtas diretamente.

Tabela 3. Tabela de ágios e deságios para algodão baseados em valores de comprimento para contratos a agricultores brasileiros, safra 2020.

Comprimento em 1/32 de polegada	Pontuação*	Índice de fibras curtas (SFI)**	Pontuação*
32	Valor nominal	≤ 10,0	0
33	-1200	10,0 – 11,0	-300
34	-700	11,1 – 11,9	-450
35	0	≥ 12,0	Valor nominal***
36	+200		
37	+400		

*Pontuação de ágios e deságios em R\$/libra-peso. Um ágio de +200 indica que o vendedor receberá R\$ 2,00 a mais por cada 0,453592 kg de algodão.

**Valor nominal: Valor negociado diretamente entre vendedor e comprador, fora do sistema de ágio de deságio.

Fonte: Bolsa Brasileira de Mercadorias (2020).

Propriedades mecânicas

Resistência

Junto ao módulo do escâner, existe um outro módulo para determinação das propriedades mecânicas da amostra de algodão. Depois do escâner ter determinado o fibrograma, esse módulo que contém duas garras mecânicas prende o feixe, com uma distância de 1/8 de polegada (3,175 mm) entre as garras. Uma garra é fixa e a outra é movida a uma taxa constante de alongamento até que o feixe de fibras seja quebrado (Figura 12). A garra móvel está conectada a um transdutor que cria uma curva força/alongamento (Riley Junior, 1997).

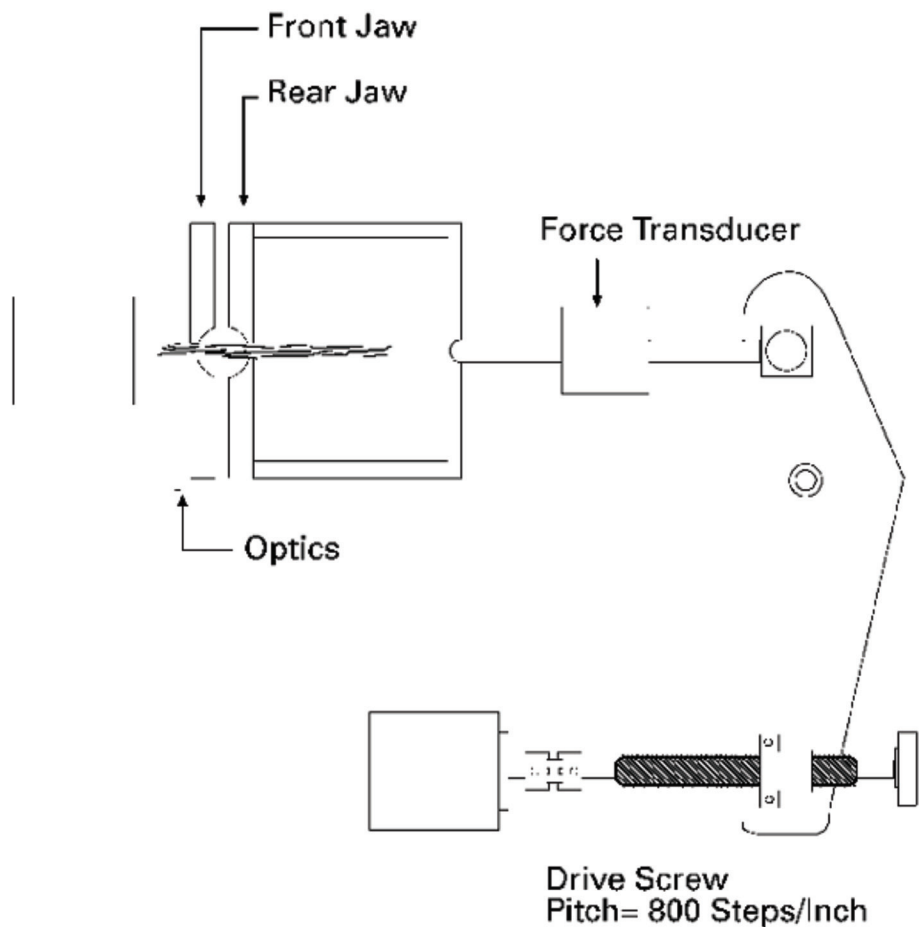


Figura 12. Esquema do módulo de resistência/alongamento de SITC. Os sistemas de garras frontal e traseira (A) prendem o feixe de fibras com base no micronaire, comprimento, e atenuação óptica medida (B). Um motor de 800 passos por polegada (25,4 mm) move a garra traseira, e a força é convertida em um sinal elétrico no transdutor (D).

Fonte: Riley Junior (1997).

O ponto de quebra do feixe é determinado baseado em dados relativos ao comprimento das fibras (Naylor, 2013; Naylor et al., 2014), na quantidade de atenuação óptica (Duckett; Krowicki, 1976) e no micronaire (Krowicki; Duckett, 1979). Após a definição do ponto de quebra, é gerada uma curva força/deslocamento (Figura 13), de onde serão extraídos os dados para o relatório de resistência e alongamento.

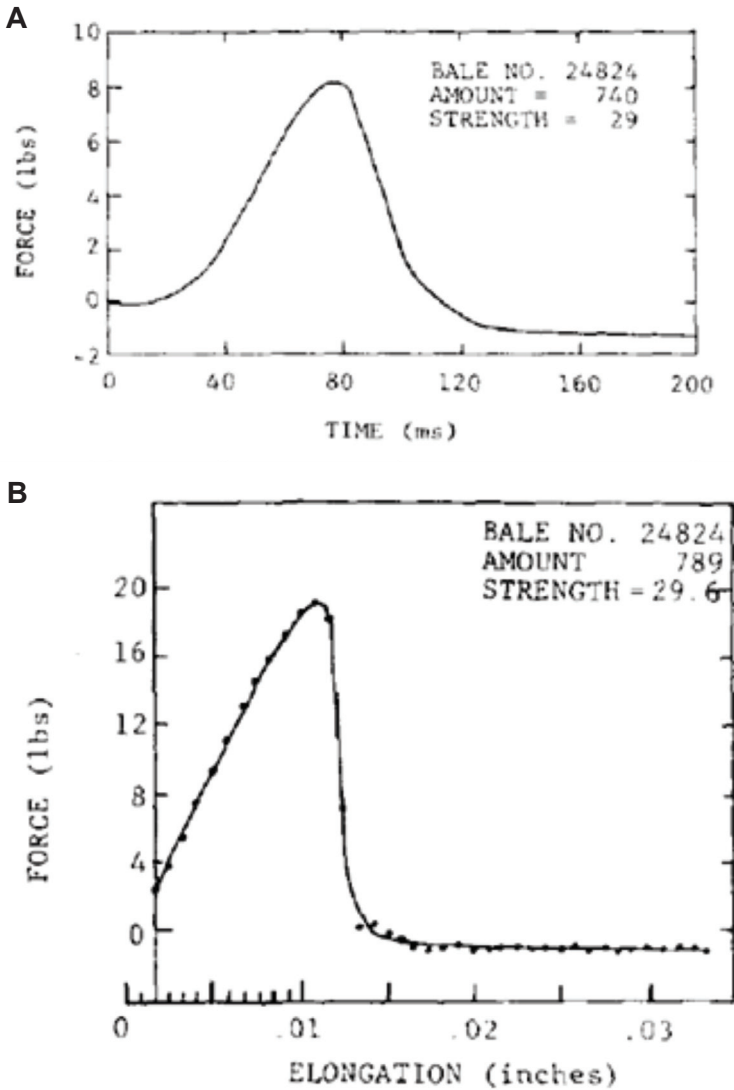


Figura 13. Exemplos de gráficos de resistência/alongamento gerados pelo SITC da Motion Control (A) e da Spinlab (B). À medida que a garra móvel prendendo a barba de fibras de algodão desloca-se a velocidade constante, a força aplicada ao feixe é medida. O ápice da curva indica o ponto de quebra, e deste ponto são reportados os valores referentes à força máxima e alongamento máximo do feixe (Taylor, 1986).

A partir da curva força/resistência, o SITC reporta o alongamento atingido no momento da quebra do feixe. A força necessária para quebrar as fibras de cada amostra varia de feixe para feixe. Assim, o instrumento reporta a resistência em vez da força. A resistência é a força em gramas-força necessária para quebrar um 1 tex (1 grama por quilômetro) de fibras. Os SITCs usam algoritmos envolvendo o micronaire e a atenuação óptica para estimar a massa do feixe quebrado. Com base nessa informação, a resistência é reportada em gf/tex. Esse procedimento padroniza a informação relatada, permitindo a comparação entre diferentes amostras (Taylor, 1986). A precisão instrumental dessa característica é de $\pm 1,0$ gf/tex (Cotton Incorporated, 2013).

Como a resistência é determinada baseada na massa estimada, nem sempre um aumento nesse valor significa uma melhora da qualidade de fibra. Se a amostra contiver muitas fibras imaturas, mais fibras poderão estar presentes no feixe. Esse mesmo feixe também terá uma menor massa estimada. Desta forma, uma amostra com baixa maturidade pode resultar em uma maior resistência (Taylor, 1986). Este fenômeno é observado, por exemplo, em anos de estresse hídrico de final de ciclo do algodoeiro, onde em média a fibra produzida apresenta níveis de resistência mais elevados.

Como foi mencionado na seção “Condicionamento”, a umidade da fibra pode afetar os valores reportados pelo instrumento. Esse erro experimental é particularmente drástico para as propriedades mecânicas. Um aumento de 1% na umidade pode corresponder a um aumento de pelo menos 1 gf/tex (Mogahzy; Farag, 2018).

Tipicamente, a resistência possui um grande valor de desconto (Tabelas 4 e 5). No sistema de empréstimos americano, é possível que o produtor receba um pequeno ágio se estiver produzindo algodão com uma resistência maior. No sistema de contratos brasileiro, só haverá descontos.

Tabela 4. Tabela de descontos e prêmios para algodão baseados na resistência (grama-força/tex ou gf/tex) para o empréstimo bancário a agricultores americanos, safra 2020/2021.

Resistência	≤ 17,9	18,0-19,9	20,0-20,9	21,0-21,9	22,0-22,9
Pontuação	-500	-395	-390	-385	-345
Resistência	23,0-23,9	24,0-24,9	25,0-25,9	26,0-28,9	29,0-29,9
Pontuação	-325	-320	-270	0	+5
Resistência	30,0-30,9	31,0-32,9	≥33,0		
Pontuação	+25	+45	+50		

*A pontuação base para o ano foram 5200 pontos, ou 52,00 centavos de dólar por libra (453,6 g) de algodão. Uma pontuação de -500 significa que o algodão tem um desconto de 5,00 centavos de dólar por libra, equivalente a um desconto de 9,61% do preço base.

Fonte: United States (2020a).

Tabela 5. Tabela de ágios e deságios para algodão baseados na resistência (grama-força/tex ou gf/tex) para contratos a agricultores brasileiros, safra 2020.

Diferença para a resistência contratada	0	0,1 – 0,5	0,6 – 1,0	1,1 – 2,0
Pontuação*	0	-200	-400	-600
Diferença para a resistência contratada	2,1 – 3,0	3,1 – 4,0	4,1 – 5,0	> 5,0
Pontuação*	-1200	-1600	-2000	Mais 500 pontos de desconto por gf/tex

*Pontuação de ágios e deságios em R\$/libra-peso. Um deságio de -200 indica que o vendedor receberá R\$ 2,00 a menos por cada 0,453592 kg de algodão.

Fonte: Bolsa Brasileira de Mercadorias (2020).

Alongamento

O alongamento é uma propriedade normalmente não utilizada em programas de melhoramento ou no comércio porque não existem atualmente padrões comerciais para calibrar esta característica. Isso não significa que o alongamento não seja uma propriedade mecânica importante. Sabe-se que o alongamento das fibras tem grande influência na resistência e alongamento dos fios (Üreyen; Kadoglu, 2006; Kelly et al., 2019).

O algodão possui uma baixa capacidade de recuperação da dimensão original quando a fibra é alongada. Durante o descaroçamento, limpeza da pluma, preparo do pavio e fiação, a fibra é sujeita a tensões e pode ser alongada em cada uma dessas etapas. Cada vez que a fibra é alongada, ela teoricamente perde parte da capacidade de alongar em uma etapa posterior e maior a tendência da fibra quebrar. Desta forma, amostras de algodão de fibras com maior alongamento podem resultar em menor quebra durante a produção e maior eficiência na fiação (Mogahzy; Farag, 2018; Rebenfeld, 1957).

O alongamento poderia ser utilizado em conjunto com a resistência em programas de melhoramento para selecionar materiais genéticos com maior energia de quebra. Materiais com fibras de maior energia de quebra resultam em fios de melhor resistência e uniformidade (McCormick et al., 2019; Mathangadeera et al., 2020).

Características estimadas

As medições discutidas anteriormente são as características primárias, efetivamente medidas pelos SITCs. Os softwares desses instrumentos possuem algoritmos que, baseados nessas características primárias, reportam estimativas para outras características. Comumente esses algoritmos não são divulgados. A seguir, apresentamos alguns exemplos de características estimadas pelo HVI 900 (Uster, 2008a).

***Maturidade (M ou MAT):** Esta é uma estimativa do preenchimento da fibra de algodão com celulose, podendo variar de um mínimo teórico de 0 (ou 0%) a um máximo teórico de 1 (ou 100%). Existem alguns equipamentos que podem medir a real maturidade como o AFIS (Shofner et al., 1993) e o Cottonscope (Rodgers et al., 2015).

É possível calcular a maturidade se o micronaire e a finura estiverem disponíveis (Equações 1 e 2). Entretanto, um típico instrumento SITC não fornece nem a real maturidade, nem a real finura. Se amostras de algodão da mesma variedade possuem diferentes índices micronaire, é possível interpretar um maior micronaire como uma maior maturidade. Adicionalmente, se um melhorista fizer cruzamentos entre materiais com diferentes finuras, ocorrerá o problema visto na figura 6, e a utilidade desta característica é muito limitada.

***Índice de fibras curtas (SFI):** Esta é uma estimativa percentual do teor de fibras com comprimento abaixo de 12,7 mm, podendo variar de um mínimo teórico de 0 (ou 0%) a um máximo teórico de 1 (ou 100%). No caso do aparelho HVI 900, o índice é calculado a partir da equação 3 (Uster, 2008a):

Equação 3: $SFI = -412,70 + 2,90 \times \text{resistência (STR)} - 9,32 \times \text{micronaire (MIC)} + 1,94 \times \text{comprimento (UHML)} + 4,80 \times \text{uniformidade (UI)} + 0,65 \times \text{reflectância (Rd)}$.

Fibras curtas são reconhecidas como problemáticas para a fiação (Wakeham, 1955). Um dado confiável sobre essa característica seria muito útil para vários setores da cadeia produtiva. Outros aparelhos, como o AFIS, fornecem o conteúdo de fibras curtas (SFC), calculado a partir de um histograma de comprimento de fibras (Shofner et al., 1993). Se for possível escolher entre os dados de SFC e SFI, é mais indicado que decisões sejam baseadas no SFC, que foi efetivamente medido, do que na característica estimada. Além disso, não existem padrões de calibração disponíveis para SFI. Se instrumentos de diferentes laboratórios não podem ser trazidos para o mesmo nível de análise por falta de calibração, o uso do SFI torna-se menos confiável para ser usado em contratos comerciais.

***Índice de consistência de fiabilidade (SCI):** Este índice é calculado com base em regressões múltiplas, como por exemplo as equações 4 e 5, usadas no HVI 900 (Uster, 2008a). Este índice não é uma predição de qualidades do fio, mas sim a consistência do fio gerado a partir de dois tipos diferentes de algodão. Ou seja, o SCI indica se dois algodões com diferentes valores para as características de fibras podem resultar em fios com características similares. Não existe uma escala real para este valor, mas quanto mais próximos os valores obtidos a partir de duas amostras, mais provável que os fios obtidos tenham características similares.

Equação 4: $SCI = -414,67 + 2,9 \times \text{resistência (STR)} - 9,32 \times \text{micronaire (MIC)} + 49,17 \times \text{comprimento (UHML)} + 4,74 \times \text{uniformidade (UI)} + 0,65 \times \text{reflectância (Rd)} + 0,36 \times \text{amarelecimento (+b)}$.

Ou

Equação 5: $SCI = -322,98 + 2,89 \times \text{resistência (STR)} - 9,02 \times \text{micronaire (MIC)} + 45,53 \times \text{comprimento (UHML)} + 4,29 \times \text{uniformidade (UI)}$.

Este índice é importante para fiações que usam diferentes fardos de algodão para atender a uma determinada qualidade de produto. Porém ele não seria um índice a recomendar para melhoristas selecionarem novas variedades.

***Produto da contagem da resistência (CSP):** Este índice é uma previsão da resistência do fio. Quanto maior o valor obtido, maior a resistência estimada para o fio, conforme calculado pela equação 6, usada no HVI 900 (Uster, 2008a).

Equação 6: $CSP = -741,08 + 8,24 \times \text{resistência (STR)} - 97,8 \times \text{micronaire (MIC)} + 33,5 \times \text{comprimento (UHML)} + 15,2 \times \text{uniformidade (UI)} + 14,84 \times \text{reflectância (Rd)} - 27,87 \times \text{amarelecimento (+b)} - 5,02 \times \text{Área de sujeira}$.

Estes índices foram criados baseados em regressões múltiplas entre a qualidade do fio e as características primárias medidas para a fibra. Dependendo do interesse do pesquisador ou fiador, índices proprietários podem ser criados usando a mesma abordagem estatística, voltado para características de fiação mais importantes para um determinado mercado consumidor. Por exemplo, se o mercado consumidor precisa de resistência para o fio, este “índice I” pode ser um índice de interesse para pesquisa e seleção de novas variedades. Se o mercado tiver maior interesse em uniformidade, por outro lado, este “índice I” pode não ser interessante para a pesquisa.

Exemplo de um relatório de análise instrumental de fibras

Em um experimento de qualidade de fibras, as amostras foram analisadas empregando-se um aparelho SITC (HVI 700). Um total de 48 amostras foram testadas para as características UHML, UI, SFI, resistência, alongamento, micronaire, maturidade, Rd, +b e CSP (Tabela 6).

Analisando-se características relativas ao comprimento, observa-se uma grande amplitude para o UHML, variando de 27,8 a 33,3 mm, o equivalente a um comprimento manual de 34 a 42, o que atende ao mercado de fiação anel, mas pode ser excessivo para fiação rotor.

Neste exemplo, o comprimento médio, ML, foi calculado a partir do UHML e UI. Uma regressão linear foi realizada para verificar-se a tendência de crescimento do ML baseado no UHML. Foi obtido um coeficiente de correlação de 0,9558, indicando linearidade entre ambas as características. Essa aná-

Tabela 6. Exemplo de um relatório típico de qualidade de fibra emitido por um aparelho SITC.

Numero	UHML	UI	SFI	RES	ELO	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
1	28,8	84,6	7,7	30,8	6,1	4,0	0,86	77,9	9,1	2874
2	30,1	86,0	7,8	34,9	5,6	4,0	0,86	77,9	8,8	3320
...
11	27,8	82,0	9,5	29,2	5,4	3,8	0,86	77,1	8,9	2502
...
29	33,3	86,4	6,6	34,3	5,8	3,4	0,84	77,5	9,1	3628
...
47	30,5	84,5	7,5	32,9	5,4	3,9	0,86	78,4	9,6	3087
48	31,0	85,1	7,7	34,7	5,8	3,7	0,85	79,5	9,0	3332
Mín.	27,8	81,8	6,4	28,3	4,6	3,4	0,84	73,7	7,9	2502
Méd.	30,7	84,5	7,7	33,0	5,7	3,9	0,86	78,4	9,0	3088
Máx.	33,3	87,0	9,5	35,9	7,0	4,3	0,87	80,0	10,2	3628

UHML: comprimento; UI: índice de uniformidade; SFI: índice de fibras curtas; RES: resistência; ELO: alongamento; MIC: micronaire; MAT: maturidade; Rd: Reflectância; +b: índice de amarelecimento; CSP: produto de resistência. Mín: Valor mínimo registrado na população de amostras; Méd: Valor médio registrado na população de amostras; Máx: Valor máximo registrado na população de amostras.

lise indica que materiais com maior UHML têm a tendência de ter maior ML também, o que minimiza a efetividade do uso de UI como uma real medida de uniformidade porque não é possível encontrar materiais com alto UHML e baixo ML.

Industrialmente, admite-se que um índice de fibras curtas abaixo de 10% é baixo (Tabela 3). No exemplo, 45 das 48 amostras caem nessa categoria, sugerindo que se a pesquisa é feita para selecionar materiais, essa característica não precisa ser uma preocupação para os melhoristas, já que não existe uma grande variabilidade.

Observa-se uma grande diversidade para as propriedades mecânicas das amostras. Existem amostras de resistência e alongamento elevados, resistência e alongamento reduzidos, e combinações entre eles. Mesmo que o alongamento não tenha sido calibrado antes das medidas, como o conjunto é pequeno e a análise foi feita em um curto intervalo de tempo, esses dados poderiam ser usados como um indicativo durante a seleção.

Realizando-se uma regressão linear entre o CSP e a resistência, verifica-se que o CSP possui um coeficiente de correlação de 0,7526 em relação à resistência. Este valor indica uma grande linearidade entre ambas características.

Existe uma grande diversidade de valores para micronaire, mas essa diversidade não é vista para a maturidade. Além disso, há um coeficiente de correlação de 0,7664 entre os dados para as duas características. A falta de diversidade e a colinearidade parcial com o micronaire é um indicativo de que um melhorista poderia selecionar apenas baseado no micronaire.

Considerações finais

Os instrumentos SITCs são instrumentos dominantes e cada vez mais essenciais para a quantificação da qualidade de fibras em amostras usadas em pesquisa e comercialização. O conhecimento das capacidades e limitações desse instrumento é fundamental para uma abordagem crítica com relação à qualidade de fibras e seu significado, dependendo do objetivo da análise.

É inquestionável o sucesso desse instrumento para o comércio de algodão ao redor do mundo, uniformizando a linguagem entre produtores, estoquistas, comerciantes, seguradoras, fiadores, e outros membros da cadeia produtiva. Entretanto, a análise instrumental não é perfeita.

Como discutido anteriormente, existem características que podem ser dúvidas para a pesquisa, como o micronaire. Existem características com potencial para serem usadas na pesquisa, mas que ainda não são por falta de padrões de calibração, como o alongamento. E existem dados que poderiam ser mais bem explorados, mas não são, como o fibrograma e a curva força-alongamento.

Existem outros instrumentos que podem ser usados para melhor entendimento das características de fibras de algodão, como o Uster® AFIS (Advanced FiberInformation System) PRO 2 ou Premier aQura 2. Infelizmente, atualmente, esses aparelhos não possuem a mesma velocidade de processamento de amostras que os aparelhos SITC, dificultando sua adoção no comércio internacional. Mesmo assim, eles podem fornecer informações indispensáveis relacionadas às características das fibras, importantes para pesquisas

relacionadas, por exemplo, ao melhoramento, fisiologia e processamento do algodão.

Os instrumentos SITCs podem ser mais bem explorados para pesquisa e, eventualmente, também para o comércio. Pesquisadores que querem usar esses instrumentos devem se certificar que o laboratório apresenta todas as condições de ambiente necessárias ao bom funcionamento das máquinas, como estabilidade de temperatura e umidade relativa do ar. Além disso, é importante realizar essas análises com metodologias apropriadas em relação ao número de repetições em cada módulo da máquina. Os pesquisadores devem olhar com cuidado para os relatórios e interagir com laboratórios de controle de qualidade para buscar a melhor resposta para as suas perguntas científicas. Esse procedimento pode tanto resultar em materiais com melhor bonificação por qualidade quanto em melhorias não captadas pelo relatório, mas sentidas pelas fiações. Quando um fiador perceber que o algodão de uma determinada área atende às suas necessidades com maior eficiência, a compra de algodão daquela região se tornará recorrente, melhorará a reputação daquela área e estreitará a ligação entre o campo e a indústria.

Referências

ABIDI, N.; HEQUET, E.; CABRALES, L. Changes in sugar composition and cellulose content during the secondary cell wall biogenesis in cotton fibers. **Cellulose**, v. 17, n. 1, p. 153-160, 2010. DOI: 10.1007/s10570-009-9364-3.

ABRAPA. **Algodão no Brasil**. Disponível em: [https://www.abrapa.com.br/Paginas/Dados/Algodão no Brasil.aspx](https://www.abrapa.com.br/Paginas/Dados/Algodao%20no%20Brasil.aspx). Acesso em: 7 set. 2020a.

ABRAPA. **Programa standard Brasil HVI**. Brasília, DF, 2020b.

ALAGIRUSAMY, R.; DAS, A. Conversion of fibre to yarn: an overview. In: SINCLAIR, R. (ed.). **Textile and fashion: materials, design, and technology**. Sawston: Woodhead Publishing, 2014. p. 159-189.

ASTM. **ASTM D1447-07 Standard test method for length and length uniformity of cotton fibers by photoelectric measurement**. West Conshohocken, 2012a. p. 5. DOI: 10.1520/D1447-07R12E01.2.

ASTM. **ASTM D5867-12 Standard test methods for measurement of physical properties of cotton fibers by high volume instruments**. West Conshohocken, 2012b. p. 1-8. DOI: 10.1520/D5867-12E01.2.

ASTM. **ASTM Standard D7139-09 Standard terminology for cotton fibers**. West Conshohocken, 2013. p. 5. DOI: 10.1520/D3878-15.2.

BEL, P.; HOVEN, T. von. Measuring white specks in dyed cotton fabrics using the optimas imaging system. **Journal of Cotton Science**, v. 11, n. 4, p. 293-299, 2007.

BOLSA BRASILEIRA DE MERCADORIAS. **Tabela de ágios e deságios (mercado interno e externo)**. 2020. Disponível em: <https://www.bbmnet.com.br/sinap-algodao/tabela-de-agios-e-desagios>. Acesso em: 22 set. 2020.

BOYKIN, J. C.; ARMIJO, C. B.; WHITELOCK, D. P.; BUSER, M. D.; HOLT, G. A.; VALCO, T. D.; FINDLEY, D. S.; BARNES, E. M.; WATSON, M. D.; BARNES, E. M.; MEMBER ENGINEER, Asabe; BOYKIN, J. C. Fractionation of foreign matter in ginned lint before and after lint cleaning. **Transactions of the ASABE**, v. 52, n. 2, p. 419-426, 2009.

CONAB. **Análise mensal algodão - janeiro de 2020**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-algodao/item/download/30698_f3df845cfa8edddd239ea0c88db5fc6. Acesso em: 15 Jun. 2020.

CONANT JUNIOR, L. The United States cotton futures act. **The American Economic Review**, v. 5, n. 1, p. 1-11, 1915. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/71>. Acesso em: Acesso em 13 Jul. 2020.

COTTON INCORPORATED. **HVI color chart**. 2020. Disponível em: <https://www.cottoninc.com/cotton-production/quality/us-cotton-fiber-chart/hvi-color-chart/>. Acesso em: Acesso em: 12 Jun. 2020.

COTTON INCORPORATED. **The classification of cotton**. Cary: Incorporated, Cotton, 2013. Disponível em: <http://www.cottoninc.com/fiber/quality/Classification-Of-Cotton/Classing-booklet.pdf>. Acesso em: 03. Jul. 2020.

DARCY, H. **Les fontaines publiques de la ville de Dijon**. Paris: [s.n.], 1856. Disponível em: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k624312/f1n657.pdf>. Acesso em: 20 Jun. 2020.

- DEGAS, E. **A cotton office in New Orleans**. 1873. Disponível em: <https://www.wikiart.org/en/edgar-degas/the-cotton-exchange-new-orleans-1873>. Acesso em: 20 Jun. 2020.
- DUCKETT, K. E.; KROWICKI, R. S. 42-optical measurements of flat-bundle cotton masses used in standard fibre-tenacity tests. **Journal of the Textile Institute**, v. 67, n. 10, p. 334-340, 1976. DOI:10.1080/00405007608630590.
- ELHAWARY, I. A. Fiber to yarn: staple-yarn spinning. In: SINCLAIR, R. (ed.). **Textile and fashion: materials, design, and technology**. Sawston: Woodhead Publishing, 2014. p. 191-211.
- FIBER AND BIOPOLYMER RESEARCH INSTITUTE. **Testing and services**. Lubbock: Texas Tech University, 2018. Disponível em: <https://www.depts.ttu.edu/pss/fbri/fee09.pdf>. Acesso em: 03 de Jul. 2020.
- FRYXELL, P. A. Phenetic analysis and the phylogeny of the diploid species of *Gossypium* L. (Malvaceae). **Evolution**, v. 25, n. 3, p. 554-562, 1971. DOI: 10.1111/j.1558-5646.1971.tb01916.x.
- BARKER, G. L.; MCCLENDON, R. W.; COLWICK, R. F.; JONES, J. W. Relationship between cotton lint color and weather exposure. **Transactions of the ASAE**, v. 22, n. 3, p. 0470-0474, 1979. DOI: 10.13031/2013.35042.
- GOURLOT, J.-P.; DRIELING, A.; QAUD, M.; GORDON, S.; KNOWLTON, J.; MATUSIAK, M.; SLUIJS, R. van der; MARTIN, V.; FROESE, K.; DELHOM, C. **Interpretation and use of instrument measured cotton characteristics - A guideline by ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM) and by ICAC task force on commercial standardization of instrument testing of cotton (CSITC)**. Washington, DC: [s.n.], 2020. Disponível em: www.csitc.org. Acesso em: 18 Jun. 2020.
- HEQUET, E. F.; WYATT, B.; ABIDI, N.; THIBODEAUX, D. P. Creation of a set of reference material for cotton fiber maturity measurements. **Textile Research Journal**, v. 76, n. 7, p. 576-586, 2006. DOI: 10.1177/0040517506064710.
- HERTEL, K. L. A method of fibre-length analysis using the fibrograph. **Textile Research**, v. 10, n. 12, p. 510-520, 1940. DOI: 10.1177/004051754001001203.
- KELLY, C. M.; OSORIO-MARIN, J.; KOTHARI, N.; HAGUE, S.; DEVER, J. K. Genetic improvement in cotton fiber elongation can impact yarn quality. **Industrial Crops and Products**, v. 129, p. 1-9, 2019. DOI: 10.1016/J.INDCROP.2018.11.066.

KROWICKI, R. S.; DUCKETT, K. E. A re-examination of determinations of the mass of cotton fibres by means of optical and geometrical measurements. **The Journal of The Textile Institute**, v. 70, n. 2, p. 78-80, 1979. DOI: 10.1080/00405007908631521.

LARKIN, J. C.; BROWN, M. L.; SCHIEFELBEIN, J. How do cells know what they want to be when they grow up? Lessons from epidermal patterning in Arabidopsis. **Annual Review of Plant Biology**, v. 54, n. 1, p. 403-430, 2003. DOI: 10.1146/annurev.arplant.54.031902.134823.

LAWRENCE, C. A. **Advances in yarn spinning technology**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2010. DOI: 10.1533/9780857090218.

LORD, E. 2—Air flow through plugs of textile fibres: Part II. the micronaire test for cotton. **Journal of the Textile Institute Transactions**, v. 47, n. 1, p. T16–T47, 1956a. DOI: 10.1080/19447027.1956.10750375.

LORD, E. 51—Air flow through plugs of textile fibres Part III—The causticaire test for cotton. **Journal of the Textile Institute Transactions**, v. 47, n. 12, p. T635–T649, 1956b. DOI: 10.1080/19447027.1956.10750454.

LORD, E. Air flow through plugs of textile fibres Part II : The micronaire test for cotton. **Journal of the Textile Institute Tr**, v. 47, p. T17–T47, 1956c.

LORD, E. **The origin and assesment of cotton fibre maturity**. Washington, DC: International Institute for Cotton, 1981.

MATHANGADEERA, R. W.; HEQUET, E. F.; KELLY, B.; DEVER, J. K.; KELLY, C. M. Importance of cotton fiber elongation in fiber processing. **Industrial Crops and Products**, v. 147, p. 112217, 2020. DOI: 10.1016/J.INDCROP.2020.112217.

MAY, O. Lloyd. Genetic variation in fiber quality. In: BASRA, AS (ed.). **Cotton Fibers: developmental biology, quality improvement, and textile processing**. Binghamton: Haworth Press, 2000. p. 183-230.

MCCORMICK, K. M; MORAIS, J. P. S.; HEQUET, E.; KELLY, B. Development of the correction procedure for High Volume Instrument elongation measurement. **Textile Research Journal**, v. 89, n. 19/20, p. 4095-4103, 2019. DOI: 10.1177/0040517519829002.

MOGAHZY, Y. E. E.; BROUGHTON, R.; LYNCH, W. K. A statistical approach for determining the technological value of cotton using HVI fiber properties. **Textile Research Journal**, v. 60, n. 9, p. 495-500, 1990. DOI: 10.1177/004051759006000901.

MOGAHZY, Y.; FARAG, R. 7 - Tensile properties of cotton fibers: Importance, research, and limitations. In: BUNSELL, A. R. (ed.). **Handbook of properties of textile and technical fibres**. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2018. p. 223-273. DOI: 10.1016/B978-0-08-101272-7.00007-9.

MORAIS, J. P. S.; KELLY, B. R.; SAYEED, A.; HEQUET, E. F. Effects of non-lint material on heritability estimates of cotton fiber length parameters. **Euphytica**, v. 216, n. 2, p. 24, 2020. DOI: 10.1007/s10681-019-2536-9.

MUSTAFIC, A.; JIANG, Y.; LI, C. Cotton contamination detection and classification using hyperspectral fluorescence imaging. **Textile Research Journal**, v. 86, n. 15, p. 1574-1584, 2016. DOI: 10.1177/0040517515590416.

NAYLOR, G. R. Evidence and potential explanation of the influence of fiber length on the High Volume Instrument measurement of cotton fiber strength. **Textile Research Journal**, v. 83, n. 18, p. 1896-1905, 2013. DOI: 10.1177/0040517513483860.

NAYLOR, G. R. S.; DELHOM, C. D.; CUI, X.; GOURLLOT, J.-P.; RODGERS, J. Understanding the influence of fiber length on the High Volume Instrument™ measurement of cotton fiber strength. **Textile Research Journal**, v. 84, n. 9, p. 979-988, 2014. DOI: 10.1177/0040517513515318.

NEVES, M. F.; PINTO, M. J. A. **The Brazilian cotton chain: challenges and strategies**. Brasília, DF: Abrapa, 2012. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004.

NICKERSON, D. **Recent trends in trash content of raw cotton create a problem in grade standards**. Washington, DC: USDA, 1962. Disponível em: <https://archive.org/details/recenttrendsintr45nick>. Acesso em: 01 Jul. 2020.

NICKERSON, D.; NEWTON, F. E. **Grade color indexes developed for evaluating results of USDA cotton finishing tests**. Washington, DC: [s.n.], 1958.

REBENFELD, L. The effect of processing on cotton fiber properties. **Textile Research Journal**, v. 27, n. 6, p. 473-479, 1957.

RILEY JUNIOR, C. R. Improved high volume Instrument elongation measurements. **Journal of Cotton Science**, v. 1, p. 61-71, 1997.

RODGERS, J.; NAYLOR, G. R. S.; CUI, X.; DELHOM, C.; HINCHLIFFE, D. Cotton scope fiber maturity, fineness, and ribbon width measurements with different sample sizes. **Textile Research Journal**, v. 85, n. 9, p. 897-911, 2015. DOI: 10.1177/0040517514548809.

SASSER, P. E.; MOORE, J. F. A historical perspective of high volume instrument developments in the U. S. 21., 1992. In: INTERNATIONAL COTTON CONFERENCE BREMEN, 21., 1992, Bremen. **Proceedings...** Bremen: Faser institut Bremen, 1992. v. 21, p. 21-25.

SAYEED, M. A.; SCHUMANN, M.; WANJURA, J.; KELLY, B. R.; SMITH, W.; HEQUET, E. F. Characterizing the total within-sample variation in cotton fiber length using the High Volume Instrument fibrogram. **Textile Research Journal**, v. 91, n. 1/2, p. 175-187, 2020. DOI: 10.1177/0040517520935212.

SHOFNER, F. M.; BALDWIN, J. C.; CHU, Y.-T. **Electro-optical methods and apparatus for high speed, multivariate measurement of individual entities in fiber or other samples.** [S.l.: s.n.], 1993.

SHOFNER, F. M.; SHOFNER, C. K. **Ultra rapid conditioning of cotton fiber for testing and processing.** [S.l.]: [US20020178547A1], 2002.

SIMON, S. A.; HARMON, C. Color in cotton. **Textile Research Journal**, v. 24, n. 1, p. 12-16, 1954. DOI: 10.1177/004051755402400102.

SMITH, B. A review of the relationship of cotton maturity and dyeability. **Textile Research Journal**, v. 61, n. 3, p. 137-145, 1991. DOI: 10.1177/004051759106100303.

STEWART, J. M.; OOSTERHUIS, D. M.; HEITHOLT, J. J.; MAUNEY, J. R. **Physiology of cotton.** Dordrecht: Springer Netherlands, 2010. DOI: 10.1007/978-90-481-3195-2.

TAYLOR, R. A. Estimating the size of cotton trash with video images. **Textile Research Journal**, v. 60, n. 4, p. 185-193, 1990. DOI: 10.1177/004051759006000401.

TAYLOR, R. A. Cotton tenacity measurements with high speed instruments. **Textile Research Journal**, v. 56, n. 2, p. 92-101, 1986. DOI: 10.1177/004051758605600204.

ÜREYEN, M. E.; KADOGLU, H. Regression estimation of ring cotton yarn properties from HVI fiber properties. **Textile Research Journal**, v. 76, n. 5, p. 360-366, 2006. DOI: 10.1177/0040517506062262.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **Commodity loan rates.** 2020a. Disponível em: <https://www.fsa.usda.gov/programs-and-services/price-support/commodity-loan-rates/index>. Acesso em: 17 Jun. 2020.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **Cotton testing service.** Washington, DC, 1982. Disponível em: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87208951/PDF>. Acesso em: 17 Jun. 2020.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **Production, supply and distribution**. 2020b. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>. Acesso em: 17 Jun. 2020.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **Reports from Cotton Division Standardization Section Color Laboratory, 1948-1964**. Washington, DC, 1964. Disponível em: <https://archive.org/details/CAT10677545/page/n17/mode/2up>. Acesso em: 17 Jun. 2020.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **The classification of cotton**. Washington, DC, 1999. Disponível em: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT10872471/PDF>. Acesso em: 17 Jun. 2020.

USTER. Uster® **HVI 900**: instruction manual. Knoxville, 2008a. Partnumber: 255-450-00302.

USTER. **HVI high volume instrument testing**: 2008 application training. Knoxville, 2008b. 2 v.

SLUIJS, M. H. J. van der; HUNTER, L. Cotton contamination. **Textile Progress**, v. 49, n. 3, p. 137-171, 2017. DOI: 10.1080/00405167.2018.1437008.

WAKEHAM, H. Cotton fiber length distribution: an important quality factor. **Textile Research Journal**, v. 25, n. 5, p. 422-429, 1955. DOI: 10.1177/004051755502500509.

WAKEHAM, H.; STICKLEY, H.; SPICER, N. Cotton quality and fiber properties Part II: Cavitomic cotton. **Textile Research Journal**, v. 24, n. 12, p. 1037-1047, 1954. DOI: 10.1177/004051755402401202.

WHITELOCK, D. P.; HUGHS, S. E.; ARMIJO, C. B. Classifying cotton bark and grass extraneous matter using image analysis. **Textile Research Journal**, v. 87, n. 8, p. 891-901, 2017. DOI: 10.1177/0040517516641360.

XU, B.; FANG, C.; WATSON, M. D. Clustering analysis for cotton trash classification. **Textile Research Journal**, v. 69, n. 9, p. 656-662, 1999. DOI: 10.1177/004051759906900906.

XU, B.; FANG, C.; HUANG, R.; WATSON, M. D. Chromatic image analysis for cotton trash and color measurements. **Textile Research Journal**, v. 67, n. 12, p. 881-890, 1997. DOI: 10.1177/004051759706701204.

ZOLLINGER, H. **Color**: a multidisciplinary approach. Zurich: Wiley-VCH, 1999. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Embrapa

Algodão