

# MANUAL DE **BENEFICIAMENTO** DO ALGODÃO



## INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO IMAmt

### Diretora Biênio - 2013/2014

**Presidente:** Milton Garbúgio

**Vice-presidente:** Gustavo Vígano Piccoli

**Primeiro Tesoureiro:** Guilherme Mognon Scheffer

**Segundo Tesoureiro:** Alexandre De Marco

**Primeiro Secretário:** Paulo Sérgio de Aguiar

**Segundo Secretário:** Paulo Sérgio Almeida Prado de Castro Valente

### Conselheiros Fiscal Titulares

Celso Griesang

Otávio Palmeira dos Santos

Sérgio Introvini

### Conselheiros Fiscal Suplentes

Rafael Bortoli

João André Lopes Guerreiro

Ernesto Martelli

## PALAVRA DO PRESIDENTE

Produzir algodão com a qualidade exigida pelo mercado é uma tarefa para poucos e é impossível dizer qual a etapa mais importante do processo produtivo. A cotonicultura tem exigências muito específicas e cada decisão tomada pelo produtor e suas equipes técnicas, os equipamentos utilizados e as condições climáticas terão um peso imenso tanto na produtividade da lavoura quanto na qualidade do algodão colhido.

Desde a sua fundação, em 16 de setembro de 1997, a AMPA vem atuando no sentido não só de orientar os produtores sobre a melhor forma de atuar em cada etapa. Evidenciou-se então a necessidade de um manual que facilitasse o acesso aos conhecimentos necessários por parte de todas as pessoas envolvidas no beneficiamento do algodão, reunindo informações que fossem disponíveis para quem trabalha com o algodão no dia a dia nas algodozeiras e também para instituições de ensino e pesquisa.

Nesses 15 anos evoluímos muito em termos de maquinário, novos fornecedores surgiram e hoje são oferecidas aos produtores máquinas cada vez mais eficientes e sofisticadas, que exigem profissionais ainda mais qualificados para o seu manuseio. Esta é a ideia central deste manual, que não deixa de contemplar o equipamento mais antigo, porém está antenado com as novas tecnologias e exigências da moderna cotonicultura mato-grossense.

Esperamos que ele contribua para consolidar a posição do algodão brasileiro.



**MILTON GARBÚGIO**

*Presidente da Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (Ampa) e presidente do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt)*

O IMAmt foi criado pela AMPA em 2007 afim de desenvolver pesquisa, extensão e difusão de tecnologia para atender os produtores Mato-grossenses.

**FICHA TÉCNICA**

Manual de Beneficiamento do Algodão

**EDITOR**

IMAmT  
www.imamt.com.br

**EDITOR TÉCNICO**

Jean-Luc Chanselme

**REVISÃO**

Maria Cristina de Aguiar Campos

**EDITORIAÇÃO**

Criari Comunicação

**PROJETO GRÁFICO**

Editora Casa da Árvore

**PUBLICAÇÃO**

2014  
Edição 2  
2.000 exemplares

**ISBN**

978-85-66457-02-5

**CONTATO**

Av. Rubens de Mendonça, 157. Sala 101. Ed. Mestre Ignácio. Cuiabá (MT). CEP 78.008-000  
Fone: (65) 3321-6482  
ima@imamt.com.br

**PALAVRA DO DIRETOR**

A elaboração deste manual foi fruto da interferência de vários colaboradores, que ao longo das discussões, foram sendo consultados e assim contribuíram com o conteúdo final. Pessoas como os senhores Wilhelmus Uitdewilligen, Christopher Ward, Hans Tubben e Alvaro Salles Filho, nos auxiliaram nas discussões iniciais sobre os rumos que daríamos para desenvolver o conteúdo. Vale ressaltar que o livro Cotton Ginners Handbook, editado pelo USDA foi uma importante referência que evidenciou a necessidade de termos um manual de beneficiamento com a abordagem para as situações brasileiras.

Por fim, convidamos os senhores Jean Luc e Paulo Ribas para que reunissem e desenvolvessem os diversos capítulos. Com a ajuda dos demais autores, foi possível a conclusão deste manual, que certamente preencherá uma lacuna sobre o beneficiamento do algodão no Brasil, que é tão carente em publicações específicas nesta área de conhecimento. Esperamos que os interessados possam utilizá-lo da melhor maneira a fim de a cada ano garantirmos a qualidade do beneficiamento do algodão brasileiro.

O apoio financeiro do IBA e a colaboração de toda a equipe do IMAmT foi fundamental para que pudéssemos ter este manual distribuído a todos os interessados, com o menor custo possível. Dessa forma, o IMAmT cumpriu mais uma vez a seu papel, que é desenvolver e difundir conhecimento para todos os produtores desta cultura apaixonante que é o algodão.

O nossos sinceros agradecimentos à diretoria atual e às anteriores, que entenderam a importância deste projeto e o apoiaram sem restrições desde o início e a todos os demais, que de forma direta ou indireta contribuíram com este Manual.

**ALVARO SALLES**

*Diretor Executivo Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmT)*

**HOMENAGEM**

Queremos aproveitar a oportunidade para homenagear o saudoso Thimoty Pearson (1939-2010), que jamais será esquecido pelos cotonicultores e por todos que participaram do crescimento dessa cultura em nosso Estado por sua contribuição para a melhoria da qualidade do algodão de Mato Grosso.





## QUEM SOMOS

O Instituto Mato-grossense do Algodão tem o propósito de oferecer total suporte a pesquisas necessárias para o desenvolvimento e fortalecimento da cottonicultura. Além de profissionais altamente capacitados, possui uma ampla infra-estrutura no campo experimental em Primavera do Leste, com laboratórios de fitopatologia, sementes e entomologia, estrutura para beneficiamento, armazenamento de sementes, deslintamento, câmaras frias.

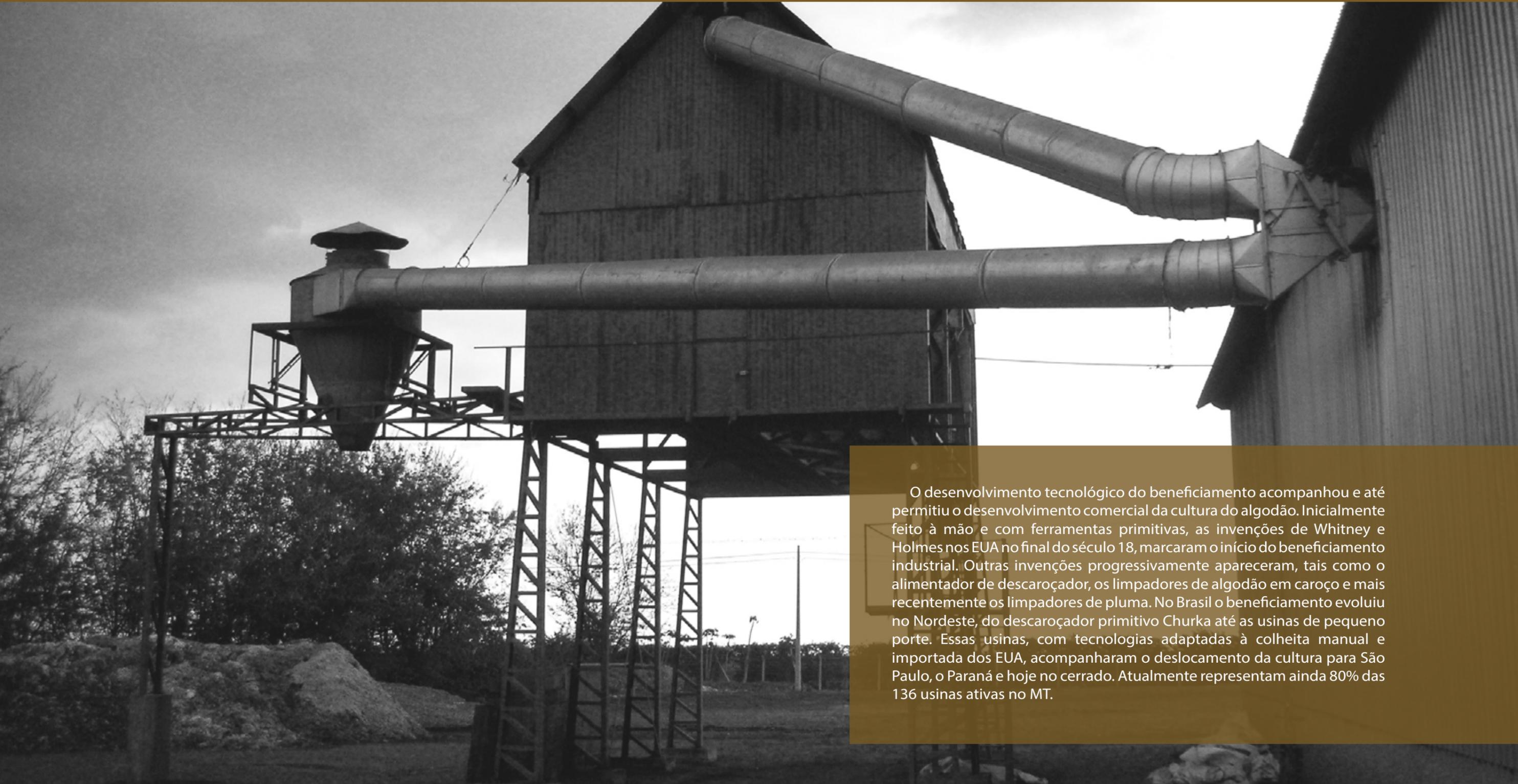


## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| <b>CAPÍTULO 1</b>  |     |
| HISTÓRIA DO BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO .....                  | 9   |
| <b>CAPÍTULO 2</b>  |     |
| CULTIVO DO ALGODOEIRO NO CERRADO BRASILEIRO .....            | 17  |
| <b>CAPÍTULO 3</b>  |     |
| COLHEITA DO ALGODÃO, ARMAZENAGEM E TRANSPORTE .....          | 27  |
| <b>CAPÍTULO 4</b>  |     |
| CUSTO DE PRODUÇÃO NO BENEFICIAMENTO.....                     | 49  |
| <b>CAPÍTULO 5</b>  |     |
| GESTÃO DE PÁTIOS NA ALGODOEIRA .....                         | 65  |
| <b>CAPÍTULO 6</b>  |     |
| IMPLANTAÇÃO DE ALGODOEIRA E PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO..... | 79  |
| <b>CAPÍTULO 7</b>  |     |
| O PROCESSO DE BENEFICIAMENTO.....                            | 87  |
| <b>CAPÍTULO 8</b>  |     |
| TRANSPORTE DE MATÉRIAS NA ALGODOEIRA .....                   | 171 |
| <b>CAPÍTULO 9</b>  |     |
| UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA EM ALGODOEIRAS.....      | 195 |
| <b>CAPÍTULO 10</b>   |     |
| AUTOMAÇÃO NA ALGODOEIRA.....                                 | 219 |
| <b>CAPÍTULO 11</b>   |     |
| MANUTENÇÃO NAS ALGODOEIRAS .....                             | 229 |
| <b>CAPÍTULO 12</b>   |     |
| SEGURANÇA EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE ALGODÃO .....       | 247 |
| <b>CAPÍTULO 13</b>   |     |
| FUNÇÕES DA EQUIPE DA ALGODOEIRA.....                         | 271 |
| <b>CAPÍTULO 14</b>   |     |
| QUALIDADE DA FIBRA E DO CAROÇO.....                          | 285 |
| <b>CAPÍTULO 15</b>   |     |
| A CLASSIFICAÇÃO DO ALGODÃO.....                              | 299 |
| <b>CAPÍTULO 16</b>   |     |
| A INDÚSTRIA TÊXTIL E A QUALIDADE DA FIBRA DE ALGODÃO .....   | 315 |
| <b>CAPÍTULO 17</b>   |     |
| O BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO ADENSADO .....                   | 339 |
| <b>CAPÍTULO 18</b>   |     |
| O BENEFICIAMENTO DE ROLO .....                               | 351 |
| <b>CAPÍTULO 19</b>   |     |
| MEDIDORES PORTÁTEIS DE UMIDADE DO ALGODÃO E DO AR.....       | 359 |

# CAPÍTULO I

## HISTÓRIA DO BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO



O desenvolvimento tecnológico do beneficiamento acompanhou e até permitiu o desenvolvimento comercial da cultura do algodão. Inicialmente feito à mão e com ferramentas primitivas, as invenções de Whitney e Holmes nos EUA no final do século 18, marcaram o início do beneficiamento industrial. Outras invenções progressivamente apareceram, tais como o alimentador de descaroçador, os limpadores de algodão em caroço e mais recentemente os limpadores de pluma. No Brasil o beneficiamento evoluiu no Nordeste, do descaroçador primitivo Churka até as usinas de pequeno porte. Essas usinas, com tecnologias adaptadas à colheita manual e importada dos EUA, acompanharam o deslocamento da cultura para São Paulo, o Paraná e hoje no cerrado. Atualmente representam ainda 80% das 136 usinas ativas no MT.

# HISTÓRIA DO BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO

## 1. História do beneficiamento no mundo

O algodão é conhecido no mundo desde os mais remotos tempos. Em escavações arqueológicas, pesquisadores encontraram vestígios de tecidos de algodão de uma era anterior a Cristo. Peru, Egito, Sudão e toda a Ásia menor já utilizavam o algodão como produto de primeira necessidade. Na Europa, os árabes foram os primeiros a fabricar tecidos e papéis com essa fibra (BARBOSA, 2005). Em 1736, a Inglaterra iniciou a manufatura de fios de algodão com linho. Nos Estados Unidos, a produção se expandiu rapidamente durante a Guerra de Independência (1775-1783).

Tempos depois, outros países passaram também a ser grandes produtores em escala comercial, como Rússia, China, Índia, Paquistão, Egito e Brasil.

Inicialmente, o beneficiamento se dava manualmente ou com a utilização de um descaroçador denominado Churka, originado na Índia (300 a.C.), que era uma pequena máquina de operação manual constituída de 2 rolos de madeira que agarravam as plumas e as puxavam (Figura 1.1), separando-as das sementes. Essa máquina era mal adaptada ao algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum*).

Após os descaroçadores de rolo, em meados de 1794, o americano Eli Whitney patenteou uma máquina que utilizava dentes metálicos inseridos num tambor de madeira (Figura 1.2). Apesar de ser rudimentar e manual, essa invenção deflagrou uma verdadeira revolução na indústria de beneficiamento de algodão e estimulou sua produção, que quadruplicou em alguns anos.

Dois anos depois da invenção de Whitney, outro construtor americano, Henry O. Holmes, apresentou uma máquina utilizando serras circulares montadas num eixo e girando entre costelas metálicas (Figura 1.3). O princípio de base do beneficiamento mecânico e contínuo era inventado.

Depois, os descaroçadores sofreram profundas alterações, principalmente referentes a serras e desenho de dentes, costelado, sistema de saída de caroço, dispositivos de

limpeza do algodão em caroço e fibra. Com a evolução dos descaroçadores, o beneficiamento artesanal se tornou mais industrial. As máquinas, inicialmente com 16 serras de 20 cm de diâmetro, passaram para 30 serras de 25 cm, e 60, 70, 80 e 90 serras de 30 cm. Outras evoluções, para aumentar a produtividade de cada máquina, levaram à adoção de serras de 41 e

46 cm. Atualmente, há máquinas com até 201 serras.

A prensa de rosca apareceu em 1800. O primeiro alimentador de descaroçador foi utilizado em 1834. Com expansão da cultura nos Estados Unidos, tornou-se necessário limpar o algodão em caroço antes de ele entrar no descaroçador (1900). E, com a colheita mecânica e a produtividade ainda mais elevada dos descaroçadores, apareceram os limpadores de pluma em meados de 1950 (MAYFIELD e ANTHONY, 1994).

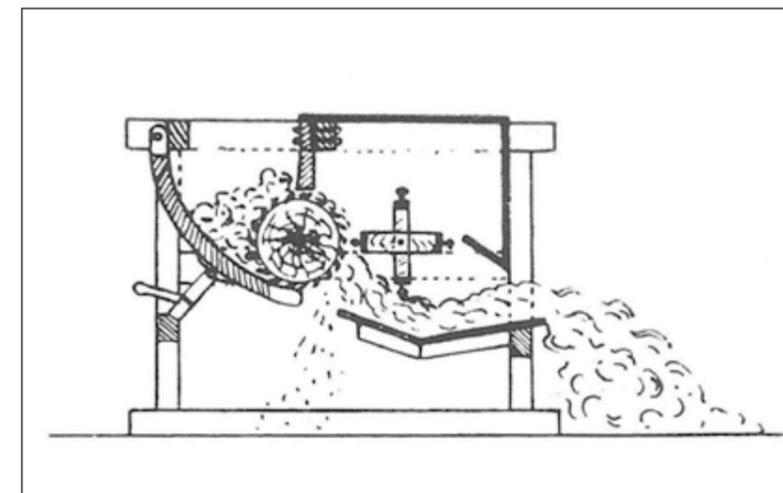


Figura 1.2. Descaroçador de Whitney. (Fonte: PILETTE, 1959, p. 29).

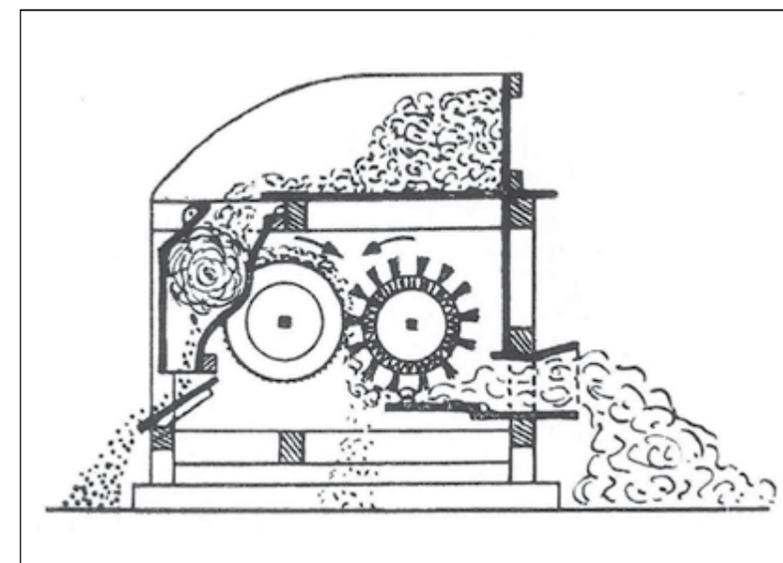


Figura 1.3. Descaroçador de Holmes. (Fonte: PILETTE, 1959, p. 29).

## 2. História do beneficiamento no Brasil

Em nosso país, na época do descobrimento, os indígenas já cultivavam o algodão e o convertiam em fios, para a utilização na confecção de redes e cobertores. A cultura começou no Norte e no Nordeste. O primeiro grande produtor foi o Maranhão, que, em 1760, exportou para a Europa suas primeiras sacas do produto (BELTRÃO, 2003). Depois do Maranhão, seguiu-se todo o Nordeste, tornando-se a primeira grande região produtora do país com o Rio Grande do Norte, Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Alagoas e Bahia. De São Paulo, que mais tarde se firmou como grande centro produtor, o algodão se expandiu para o Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e também Minas Gerais, formando a zona meridional, responsável pela grande produção algodoeira do



Figura 1.1. Modelo de Churka oriental. (Foto: CIRAD, [19--]).

Brasil. Atualmente, a produção está altamente concentrada nos estados de Mato Grosso, Bahia e Goiás, assim como o parque fabril de beneficiamento.

O beneficiamento do algodão no Brasil começou na mesma época. Contando com a mão-de-obra de escravos, também utilizava a Churka oriental, embora os processos mecanizados já estivessem iniciando em outros países.

Com a expansão da cultura no Paraná, na década de 1980, as usinas que estavam desativadas, no Nordeste do Brasil e algumas em São Paulo, foram deslocadas para o estado, a fim de suprir a demanda de beneficiamento criada pelo crescimento. O mesmo aconteceu quando, por problemas financeiros e de manejo fitossanitário, ocorreu a migração da lavoura para a zona do cerrado brasileiro. Os produtores que empreenderam nestas regiões trouxeram consigo as usinas desativadas no Paraná.

Em Mato Grosso, a expansão inicial do algodão gerou a instalação da primeira usina de beneficiamento na cidade de Rondonópolis, em 1966, conhecida como Algodoeira Centro-Oeste (FREIRE, 2007). A partir de então, diversas outras foram implantadas, principalmente entre 1998 e 2004. Atualmente, o estado conta com, aproximadamente, 120 usinas de diversos modelos, entre antigas e modernas, que processam o ouro branco do Cerrado. Para a safra de 2010/11, segundo dados da AMPA, estas usinas atenderam uma área em torno de 670 mil hectares.

Em Mato Grosso, o índice de usinas com processos modernos é similar ao montante no Brasil (Figura 1.4), com cerca de 20%, enquanto as usinas que possuem processos de modelo e fabricação antigas somam 80%.

As usinas antigas são as de pequena capacidade, concebidas para algodões colhidos manualmente. A sequência de máquinas desenvolvidas nos Estados Unidos nos anos 1950 é baseada num conjunto de 5 a 6 descarçadores de tipo Murray 80 ou 90 serras (Figura 1.5). Estas usinas produzem, em média, de 8 a 12 fardos de 200 kg por hora e por conjunto, a um custo bastante elevado. As usinas comportam de 1 a 4 conjuntos. A qualidade da fibra obtida não está totalmente de acordo com as ambições da cadeia de produção para o mercado internacional. Equipamentos deste tipo ainda são fabricados no Brasil por dois dos construtores nacionais.

Usinas modernas e de capacidade elevada são de fabricação americana ou brasileira. Os seus processos são tecnologicamente bem mais avançados e mais adaptados à co-

lheita mecânica (secagem, limpeza do algodão em caroço e da fibra, automatização), com 2 a 3 descarçadores de capacidade individual máxima de 15 fardos por hora (Figura 1.6). As usinas modernas são amplamente automatizadas e precisam de pouca mão-de-obra.

O beneficiamento é um dos processos mais importantes da cadeia produtiva do algodão. Sua qualidade é totalmente dependente de uma colheita

bem feita. Pensar em aumentar os seus rendimentos colhendo fora das normas recomendadas (principalmente de umidade do algodão, velocidade e ajustes) é um erro, pois tanto o custo do descarçamento será elevado como a qualidade da fibra será reduzida.

Considerando que, no Brasil, a colheita é essencialmente mecânica, o algodão em caroço é carregado de matérias estranhas e a época de descarçamento pode muitas vezes chegar ao período úmido, as usinas antigas apresentam limites de processo ou de gestão. No entanto, há a vontade de melhorar e progredir constantemente, apesar das crises que se apresentam.

A capacitação é um instrumento essencial e que traz muitos resultados positivos, desde que aplicada devidamente e de forma continuada. A conscientização e a profissionalização por parte dos produtores, proprietários, prestadores de serviço, gestores, pesquisadores, operadores e demais indivíduos que se envolvem na atividade podem melhorar a qualidade do beneficiamento e a utilização planejada do processo para reduzir o custo de produção e, assim, dar continuidade a uma história de sucesso na cotoni-cultura brasileira.

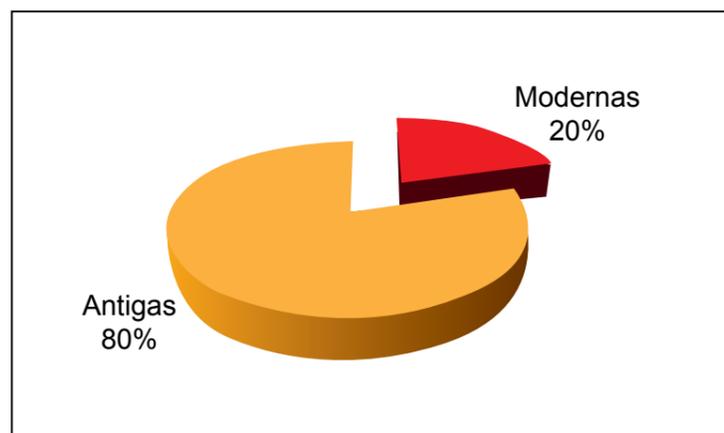


Figura 1.4. Proporção de usinas antigas e modernas no Brasil.



Figura 1.5. "Conjunto" típico de uma usina antiga. (Foto: Cotimes, 2007).



Figura 1.6. Usina moderna de fabricação brasileira. (Foto: Cotimes, 2007).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTHONY, W. S. MAYFIELD, W. D.; **Cotton Ginners Handbook US Department of Agriculture**, Agricultural Handbook 503. 348pp.

BARBOSA, F. B. C. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília: Secretaria Executiva de Agricultura do Estado do Pará, v. 22, n. 3, p. 587-611, set./dez. 2005.

BELTRÃO, N. E. M. **Breve história do algodão no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa, 2003.

FREIRE, E. C. **História do algodão no Cerrado** – Algodão no Cerrado do Brasil. Brasília: Abrapa, 2007.

PILETTE, M. **La technique de l'égrenage du coton**. [s.l.]: CCC, 1959.



Foto: Cotimes do Brasil

# CAPÍTULO 2

## CULTIVO DO ALGODOEIRO NO CERRADO BRASILEIRO



O cultivo algodoeiro no cerrado brasileiro é realizado em sistema convencional (cultivo único na safra agrícola) ou de duplo cultivo (sucessão soja precoce-algodão algodão segunda safra ou algodão adensado). Para cada sistema de cultivo, as diferentes etapas de manejo podem incidir sobre a qualidade do algodão produzido na lavoura. Os manejos de maior reflexo sobre a qualidade do algodão em caroço são: a escolha da variedade, principalmente do ciclo em função da época de plantio; o manejo das plantas daninhas e das pragas até a abertura dos capulhos e, finalmente, o preparo da lavoura para a colheita, usando desfolhantes e maturadores. A partir desse potencial de qualidade gerado no campo, a colheita e o beneficiamento precisam ser ajustados para degradar o menos possível a qualidade da fibra ao longo dos processos.

## CULTIVO DO ALGODOEIRO NO CERRADO BRASILEIRO

Desde o início do ano 2000, o cultivo do algodoeiro no Brasil vem se deslocando para a região Centro-Oeste, deixando os estados do Paraná e São Paulo. O cerrado do Brasil Central é caracterizado por uma topografia propícia à mecanização dos cultivos. Apesar de os solos apresentarem boas qualidades físicas em geral, eles possuem características químicas deficientes. Os solos ácidos sempre necessitam de correção com calcário e apresentam baixa fertilidade natural, com níveis deficientes de potássio e fósforo.

Assim, o cultivo do algodoeiro no cerrado requer um alto nível de insumos, devido ao tipo de solo e ao clima tropical úmido, que favorece muitas doenças e Nematóides. No Mato Grosso, grandes produtores o realizam cada vez mais, em áreas superiores a 2.000 ha, ou por grupos agroindustriais que manejam mais de 20 ou 50.000 ha. Estes produtores são muito bem estruturados para o cultivo do algodoeiro, possuindo infraestruturas de produção e de beneficiamento do algodão, vendendo diretamente a fibra no mercado interno ou internacional.

### 1. Os sistemas de cultivo

Atualmente, coexistem diversos sistemas de cultivo do algodoeiro no cerrado de Mato Grosso:

#### 1.1. Sistema de cultivo de safra

Requer espaçamento de 0.90 m ou 0.76 m entre linhas, com plantios de final de novembro até início de janeiro, em função do estado e da distribuição pluviométrica. Geralmente, este sistema é estabelecido em cima de um manejo convencional do solo em sistema de monocultivo, poucas vezes com rotações de culturas. Depois da destruição da soqueira da cultura de algodão anterior e a eventual correção do solo, caso as chuvas cheguem cedo, pode ser semeada uma cobertura de milho, no início de setembro. Esta cobertura é dessecada 15 dias antes da semeadura do algodão, que será feito em plantio direto. Este sistema é chamado de "semi-direto".

O sistema de plantio direto é uma realidade em Mato Grosso, mas enfrenta ainda resistência na sua adoção por parte dos produtores, devido a diversos fatores técnico-econômicos. Os produtores de algodão precisam se estruturar com material específico e as fazendas devem se especializar, deixando pouco espaço para a soja ou o milho entrarem em rotação. Outro fator importante é a necessidade de destruição de soquei-

ras do algodoeiro, sendo a destruição mecânica recomendada pelo Indea, em detrimento das práticas conservacionistas. No sistema de plantio direto, é indispensável produzir biomassas importantes. Além do milho, coberturas de *Brachiaria ruziziensis* estão sendo usadas. Podem ser plantas adequadas para a integração agricultura-pecuária.

Para este sistema de "safra", só a colheita com fusos é usada (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Colheita de algodão de safra com máquinas de fusos. (Foto: José Medeiros, 2009).

#### 1.2. Sistema de segunda safra

Plantio muito difundido na parte norte de Mato Grosso, com período de chuvas mais extenso e altitudes mais baixas, o que favorece o encurtamento do ciclo do algodão.

Depois de uma cultura de soja precoce (semeada em setembro ou início de outubro), ela é colhida em janeiro e, imediatamente após, o algodão é semeado em plantio direto, geralmente com espaçamentos de 0.76 m. A população de planta usada é maior do que em sistema convencional e a colheita é realizada com colheitadeiras de fusos.

#### 1.3. Sistema de plantio adensado do algodoeiro

O plantio comercial deste sistema iniciou no estado de Mato Grosso na safra 2008/09. Em 2011, ele ocupava mais de 80.000 ha. Como no caso da safrinha, o algodão é semeado em plantio direto depois de uma soja precoce. Porém, devido ao encurtamento do ciclo da lavoura adensada, o plantio pode ser realizado até o início de fevereiro e permite encaixar o sistema de duplo cultivo soja-algodão em quase todas as regiões do Mato Grosso e alguns outros estados. O plantio é realizado a 0.45 m de espaçamento, para poder usar as plantadeiras de soja, com populações de 230 a 250.000 plantas/ha. As plantas são trabalhadas para chegar à colheita com uma altura máxima de 90 cm, sendo as lavouras colhidas com colheitadeiras tipo "stripper" de pentes ou de escovas (Figuras 2.2 e 2.3). Poucas áreas são colhidas com plataformas de fusos, modificadas com o sistema Pro12 VRS da John Deere.



**Figura 2.2.** Colheita do algodão adensado com máquinas de pente. (Foto: Emilio Pereira, 2009).



**Figura 2.3.** Colheita do algodão adensado com máquinas "stripper" de escova. (Foto: Jean-Louis Belot, 2009).

A coexistência desses três sistemas já é uma realidade em Mato Grosso. A distribuição de cada sistema dependerá de considerações econômicas, com custos de produção inferiores para o sistema adensado, ou de clima, principalmente a distribuição das chuvas, permitindo ou não um sistema de duplo cultivo.

## 2. Manejo cultural

### 2.1. Destruição de soqueira

Qualquer que seja o sistema usado, a primeira etapa do cultivo é a destruição do cultivo anterior, a fim de não multiplicar pragas e doenças na entressafra.

A destruição mecânica de soqueira do algodão é geralmente realizada roçando as hastes da planta, e a destruição definitiva é feita revolvendo o solo com grade aradora, grade capinadora ou implementos de tipo subsoladores ou cortadores. Alguns equipamentos foram desenvolvidos para que se realizem estas operações de uma única vez, usando a tomada de potência do trator.

A destruição química da soqueira é realizada com o uso de herbicidas logo após a trituração das hastes, ou depois que o rebrote seja suficiente para absorver os herbicidas.

A destruição mecânica é recomendada pelos serviços de proteção fitossanitários oficiais, porém a destruição química começa a ser difundida por produtores, adotando sistemas de plantio direto integral.

### 2.2. Escolha da variedade

Em Mato Grosso, a diversidade aumentou muito nos últimos anos. De modo geral, o mesmo polo de variedades é usado nos três sistemas, mas com o posicionamento diferente em função da época de plantio.

Geralmente, para a abertura de plantio, as variedades mais usadas são as de ciclo tardio, com alto potencial produtivo. Depois, entram as variedades de ciclo intermediário e precoces, para o fechamento do plantio.

A escolha da variedade não pode ser independente do sistema onde ela vai ser usada, e também da época de plantio. É importante lembrar que o posicionamento de uma variedade tardia no final do plantio acarreta riscos elevados de produtividade, mas também de qualidade de fibra. Se atrasar o plantio, o risco de ter Índices *Micronaires* (IM) baixos devido à falta de maturidade aumenta. Algumas variedades usadas são transgênicas, principalmente com a tecnologia Liberty Link (LL), propiciando resistência ao glufosinato de amônio. Esta tecnologia teve ampla difusão devido à multiplicação das áreas com problemas de plantas daninhas como o "leiteiro" e o "picão-preto", resistentes aos herbicidas comumente usados na soja e no algodão. A tecnologia LL pode contribuir para melhorar a limpeza das lavouras no momento da colheita e aliviar a carga de impurezas do algodão em caroço colhido. Estas variedades transgênicas são de grande auxílio para o manejo do sistema adensado, já que a aplicação de herbicidas em jato dirigido não pode ser usada com essa configuração de plantio.

### 2.3. Plantio e população de plantas

O plantio é uma das etapas-chave do cultivo (Figura 2.4). Cada sistema e cada variedade possuem as suas recomendações de densidade final de plantas, em função do espaçamento entre linhas.



**Figura 2.4.** Lavoura adensada com boa densidade de plantas. (Foto: Jean-Louis Belot, 2009).

sem ramos laterais compridos e com haste fina.

A densidade de planta na linha terá que ser elaborada pensando-se também na posição dos primeiros capulhos. Algumas variedades com boa retenção do baixeiro, precisam ter densidade mínima de planta na linha a fim de elevar a carga e limitar as perdas na colheita.

## 2.4. Fertilização do algodoeiro

Os solos do cerrado são basicamente Latossolos, ácidos, com baixa capacidade de troca de cátions e retenção de umidade, e com deficiência generalizada de nutrientes. De outro lado, o algodoeiro é uma planta exigente em fertilidade para poder alcançar altos níveis de produtividade. Neste tipo de solo, o nível de matéria orgânica e sua manutenção é elemento-chave para a sustentabilidade da produção agrícola.

A quantidade dos diversos fertilizantes a usar na cultura dependerá do seu sistema de cultivo, do cultivo anterior, do objetivo da produção e do tipo de solo. Em função das análises de solo, existem tabelas de recomendações para os diversos elementos (N, P, K), bem como para os macroelementos e microelementos.

É importante lembrar que tanto a quantidade como a qualidade da fibra podem ser diretamente influenciadas pela fertilização da lavoura. Em particular, deficiências em potássio podem ser responsáveis por baixa resistência de fibra, devido à importância deste elemento na sua composição.

Dependendo do objetivo de densidade final de planta na linha, o produtor calcula o número de sementes a colocar na linha, em função do poder germinativo da semente e do risco de perder plantas por causa de insetos cortadores, como a "lagarta elasmô", "lagarta-rosca" ou até o percevejo castanho, e também por tombamento devido a fungos.

No caso do sistema adensado, a regularidade de distribuição das plantas na linha é mais um fator a se levar em conta, sendo a irregularidade de distribuição um possível fator de engalhamento, e conseqüente elevação da carga de impurezas do algodão produzido. Para o sistema adensado, principalmente quando se trata da colheita com plataforma de pentes, é preciso colher plantas

## 2.5. Controle fitossanitário

O controle das plantas daninhas é outro ponto chave do manejo da lavoura, para chegar com o campo limpo no momento da colheita. Ressaltamos a importância do uso adequado dos herbicidas, a fim de limitar o aparecimento de plantas resistentes. Algumas variedades transgênicas são as ferramentas mais disponíveis para o produtor manejar a sua lavoura.

Um bom controle das pragas e das doenças é indispensável para assegurar um alto nível de produtividade. Nas fazendas, técnicos especializados (os "pragueiros") fazem levantamentos regulares das pragas e das doenças em todos os talhões. Cada um cuida, em média, de 500 ha de lavoura, sendo realizados dois levantamentos semanais. Em função da presença das pragas e de sua dinâmica, são elaboradas as recomendações para o seu controle químico.

Certa porcentagem da área algodoeira é cultivada com variedades transgênicas, o que facilita o manejo dos lepidóptero-alvo. A sua adoção não foi tão ampla como em outros países devido à presença de um perfil de pragas muito amplo no cerrado, como o "bicudo", por exemplo.

Deve-se prestar atenção às pragas de final de ciclo, que podem acarretar problemas de pegajosidade na fibra. As principais pragas responsáveis por depósitos açucarados no algodão de capulhos abertos são as moscas brancas (*Bemisia tabaci*) e o pulgão (*Aphis gossypii*). No entanto, na safra de 2010, algumas áreas de Mato Grosso foram infestadas no momento da colheita pela cochonilha (*Phenacoccus spp*). Em anos chuvosos na colheita, favorecendo o enfolhamento do algodão, a coordenação entre as últimas aplicações de inseticidas, a desfolha e a colheita é de suma importância para não prejudicar a qualidade do algodão em caroço colhido.

As regiões agroecológicas do cerrado são provavelmente, no mundo, as que sofrem maior pressão de doenças, principalmente fungos, bactérias e vírus da Doença Azul ou da Virose Atípica. Ademais, os Nematóides vêm se tornando um problema sério nos últimos anos, com o *Meloidogyne incógnita*, o *Rotylenchulus reniformis* e o *Pratylenchus*



**Figura 2.5.** Doenças e Nematóides do cultivo algodoeiro no cerrado. A: Ramulária e B: Nematóides de galhas. (Foto: Rafael Galbieri, 2010).

*brachyurus* (Figura 2.5). O melhor meio de controle para doenças e Nematóides é o uso de variedades resistentes ou tolerantes, mas o controle químico pode ser indispensável.

As aplicações de fungicidas visam principalmente o controle da ramulose, provo-

cada por *Colletotrichum gossypii*, e da ramulária, provocada por *Ramulária aréola*, mas também de outros fungos secundários, como alternária, stemphylium ou mirotécio.

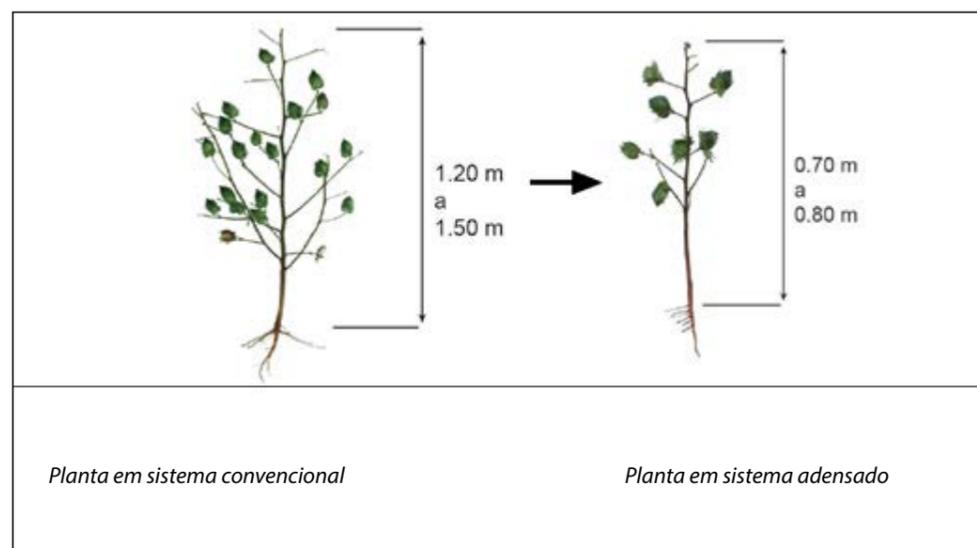
As viroses, transmitidas pelos pulgões, são controladas em variedades sensíveis através do controle dos pulgões, necessitando, geralmente, de 3 a 4 aplicações de inseticidas específicos.

## 2.6. Controle do crescimento das plantas

A regulação do crescimento em altura das plantas é fundamental em ambientes chuvosos, como em Mato Grosso, principalmente para o cultivo de safra. É uma maneira de equilibrar melhor os fluxos de nutrientes entre as partes vegetativa e reprodutiva.

O uso dos reguladores de crescimento é bem dominado pelos produtos de algodão do cerrado. A primeira aplicação é realizada por ocasião do aparecimento do primeiro botão floral e as aplicações sucessivas de acordo com o crescimento diário das plantas. Em sistema convencional ou de safriinha, o objetivo é ter plantas de altura final não muito superior a 1,4 m; caso contrário, podem ocorrer perdas na colheita ou contaminações do algodão em caroço.

Os produtos mais usados são o cloreto de mepiquat – “PIX ou PIX HC” – e o cloreto de chlormequat (TUVAl). Dependendo da formulação, eles devem ser reaplicados quando ocorrer chuvas, de duas a 12 horas após a aplicação. Em todos os casos, estes reguladores não podem ser usados quando a planta é estressada, devido à aplicação de herbicidas ou em caso de estresse hídrico.



**Figura 2.6.** Uso de Pix para reduzir a altura da planta, em sistema adensado e convencional. (Fonte: Jean-Louis Belot, 2010).

No caso do sistema adensado, foi necessário modificar esses conceitos para regular a altura das plantas a, no máximo, 0,90 m no momento da colheita (Figura 2.6). É recomendado adiantar a primeira aplicação de regulador de crescimento, com quase 20 dias após a emergência, depois de ter passado o estresse ligado ao herbicida pós-emergente, quando usado. A frequência das aplicações subsequentes é aumentada, assim como as doses aplicadas. Não é raro fechar o ciclo do algodão adensado com mais do triplo da dose usada no sistema convencional.

## 2.7. Preparação da lavoura para a colheita

A maioria das lavouras de algodão de Mato Grosso é desfolhada antes da colheita, com produtos específicos ou com maturadores.

O principal produto desfolhante usado no cultivo algodoeiro é o Thidiazuron. O momento da sua aplicação tem que obedecer a certas regras; caso contrário, podem ocorrer problemas com a qualidade de fibra. Geralmente, considera-se que os desfolhantes podem ser aplicados quando, no mínimo, 80% dos capulhos estiverem abertos ou quando se constatar a maturação fisiológica da última maçã que compensa ser colhida. O uso dos desfolhantes é uma ferramenta importante para a colheita de um algodão de máxima qualidade, com grau de folha baixo e sem impurezas, como a “pimenta” (pequenas partículas de folhas ou resíduos secos das plantas).

Os maturadores ajudam na abertura dos capulhos. Muitas vezes, são usados depois da aplicação dos desfolhantes, atingindo diretamente as maçãs para elas se abrirem mais rapidamente. O principal produto usado é o Ethephon, cuja eficiência é muito ligada à temperatura ambiente.

Finalmente, com a lavoura limpa e sem plantas daninhas, a altura da planta regulada em função do sistema convencional ou adensado, depois de ser preparada com desfolha e abertura da maioria dos capulhos, a colheita poderá ser efetuada, nas melhores condições possíveis.

# CAPÍTULO 3

## COLHEITA DO ALGODÃO, ARMAZENAGEM E TRANSPORTE



No cerrado Brasileiro, devido a larga escala de produção e as grandes áreas cultivadas, a colheita do algodão é mecanizada, tanto para o algodão convencional como para o adensado. As colheitadeiras utilizam fusos, pentes ou escovas. A colheita tem impacto sobre a qualidade da fibra e condiciona o beneficiamento na usina e, portanto, deve ser preparada e realizada de maneira adequada, considerando o custo benefício global da empresa. O algodão é armazenado e transportado na forma de fardões retangulares ou cilíndricos. Cuidados no armazenamento, no transporte e no manuseio do algodão em caroço são essenciais para a qualidade dos produtos e a produtividade na algodoeira.

## COLHEITA DO ALGODÃO, ARMAZENAGEM E TRANSPORTE

### 1. A colheita

A colheita do algodão é um processo importante dentro da cadeia produtiva, pois se trata de finalizar todo o trabalho de manejo da lavoura realizado desde o plantio, e de preservar o potencial produtivo agora estabelecido. É um momento que exige cuidados e atenção especial, para que a rentabilidade da cultura não seja afetada de forma negativa por problemas decorrentes da ação humana.

São duas as formas de efetuar a colheita do algodão: manualmente e mecanicamente. O que pode definir a forma a ser utilizada é o tamanho e as características da área, a disponibilidade de máquinas e equipamentos, pessoal capacitado, o tempo disponível e o custo-benefício do trabalho.

Num passado recente, o Brasil efetuava 100% de sua colheita de forma manual. Em alguns países, como África ou China, a colheita manual é ainda muito utilizada. É uma colheita bastante seletiva, que possibilita uma separação acentuada de impurezas e matérias estranhas da fibra que está sendo colhida. Devido a isto, as perdas registradas no beneficiamento são baixas (entre 3 e 5%) e os padrões de qualidade produzidos são superiores e variam entre os tipos 11-1 e 21-2. A demanda muito alta de tempo necessário para a sua execução é um dos fatores que pesam contra, assim como, a necessidade de muita mão-de-obra. É interessante lembrar que, no caso da colheita manual no Brasil, devido ao tipo de remuneração usada, em função do peso colhido, o tipo de algodão em caroço obtido era muitas vezes inferior ao tipo colhido mecanicamente.

Com a migração da cultura algodoeira para o cerrado e as extensas áreas de plantio, a colheita mecanizada praticamente extinguiu a colheita manual. No cerrado, quase 100% da área é colhida mecanicamente, razão pela qual trataremos exclusivamente deste tipo de colheita.

#### 1.1. Os diversos tipos de colheita mecânica

No Brasil, com o desenvolvimento de novas tecnologias de cultivo, convencional e adensado, são utilizados diversos sistemas de colheita mecanizada baseados, principalmente, no sistema *picker*, com fusos, e sistema *stripper*, com plataformas de pente ou de escovas.

#### 1.1.1. Sistema de colheita por fusos (Picker), para sistema de cultivo convencional ou de segunda safra

A colheita efetuada com equipamento de fusos é normalmente utilizada em algodões cultivados pelo sistema de plantio convencional, com espaçamento de 0,90 m e 0,76 m entre linhas. O sistema de fusos é uma técnica bastante seletiva utilizando ganchos giratórios com saliências (Figura 3.1) que removem apenas o algodão em caroço para fora dos capulhos abertos. Porém, diferentemente da colheita manual, ocasiona alguma contaminação vegetal na fibra devido à extração e ao carregamento, no ato da colheita, de cascas, folhas e também de caules/gravetos das plantas. Com uma colheita com fusos típica, as perdas registradas no beneficiamento variam entre 5 e 10%, ou uma média de 7%. Os padrões de qualidade produzidos variam de tipos superiores a médios, entre 21-2 e 41-4.

Segundo estudos efetuados pela USDA (WILLIFORD et al, 1994), colheitadeiras giratórias podem colher com uma eficiência de 95%, mas geralmente operam com eficiência de apenas 85-90%.

O algodão colhido nas unidades de fusos (Figura 3.2) é enviado por tubulações até um cesto atrás da máquina. Quando o cesto está completo, a máquina tem que descarregá-lo.



Figura 3.1. Costelas e fusos. (Foto: Cotimes, 2004).



Figura 3.2. Colheitadeira do tipo Picker (com unidades de fusos). (Foto: Montana Agriculture, 2008).



**Figura 3.3.** Colheitadeira Case. (Foto: Case ih Agriculture, 2008).

Atualmente, existem novas tecnologias para a colheita do algodão, onde as próprias colheitadeiras já possuem dispositivos que formam um módulo (fardão) sem a necessidade de descarga e posterior prensaagem. O módulo formado é descarregado e depositado no chão da lavoura, onde está ocorrendo a colheita. São módulos de forma retangular (fabricante Case – Figura 3.3) e redonda/cilíndrica (fabricante John Deere – Figura 3.4). Posteriormente, o módulo retangular (que pesa em torno de 4.000 kg) deve ser embalado (em lona) e depois carregado por um transmódulo. Já no caso do redondo/cilíndrico, o fardão de, aproximadamente, 2.300 kg já sai da máquina embalado por uma lona tipo filme de polietileno. Pode ser carregado



**Figura 3.4.** Colheitadeira John Deere. (Foto: John Deere Brasil, 2007).

através de um guincho de garras acoplado num trator por um suporte plano acoplado a uma empilhadeira, pegando o fardão por baixo ou por um suporte pontiagudo de aço, tipo espeto, acoplado a uma pá carregadeira, como mostra a Figura 3.5 (Spear – fabricante Busa), pegando o fardão através da introdução da lança dentro dele. Posteriormente, o fardão é depositado num caminhão prancha, ou carrocera plana, ou ainda em caçambas de tratores.

Por se tratar de tecnologias muito recentes no Brasil, ainda não há um histórico de pesquisas e dados sobre elas no país.

São várias empresas que começam a fazer uso dessas máquinas, porém buscando a melhor forma de adaptação para a operação do novo sistema.



**Figura 3.5.** Dispositivo para pegar o fardão redondo. (Foto: Busa LTDA, 2011).

### 1.1.2. Sistema de colheita por plataforma de pente ou escova (tipo *Stripper*)

O algodão produzido num sistema adensado e colhido com máquinas de tipo “*Stripper* (pente/escova)”, conhecido como *Cotton Stripper*, tem características diferentes do algodão convencional colhido com máquinas “*Picker* (fusos)”. Esta técnica não é seletiva, pois arranca muitas partes da planta que não passam entre as hastes do pente ou entre as escovas. O algodão em caroço imaturo ou de maçãs mal desenvolvidas (carimã) também é colhido. A contaminação é muito diversa (folha seca, folha verde, casquinhas, caules, maçãs verdes, terra, pedras). A taxa de contaminação varia muito e chega a ser de alta até muito alta, dependendo da gestão da lavoura, da preparação da colheita e da própria colheita. As perdas totais no beneficiamento variam de 15 a 50% do peso do fardão e os rendimentos de fibra de 20 a 35%. Os padrões de qualidade de algodão produzidos vão de superiores a baixos (31-2 a 51-5), ou pior. Por este motivo, é comum utilizar, durante a colheita, dispositivos que possibilitem a limpeza de matérias estranhas de maior dimensão ou peso, como maçãs verdes, cascas e caules.

Plataforma tipo “pente”: Tem como característica a utilização de barras (Figura 3.6), tipo cantoneiras, dispostas paralelamente entre si, com a cavidade em forma de “V” voltada para cima cuja operação exige uma afinada aproximação do solo. De acordo com o *Cotton Ginners Handbook - CGH* (1994), essa distância corresponde de 15 a 20 graus do nível do solo. É um sistema bem adaptado para cultivos de lavouras com espaçamentos de 0,45 m entre plantas ou menos. A planta passa por entre as barras e, na extremidade final, o material é arrancado dela e empurrado por um rolo de pás de borracha, de lona ou metálica até uma rosca transportadora, tipo sem fim. Posteriormente



**Figura 3.6.** Plataforma de pente.  
(Foto: Jean-Louis Belot, 2009).



**Figura 3.7.** Plataforma tipo escova.  
(Foto: Cotimes, IMA, 2009).

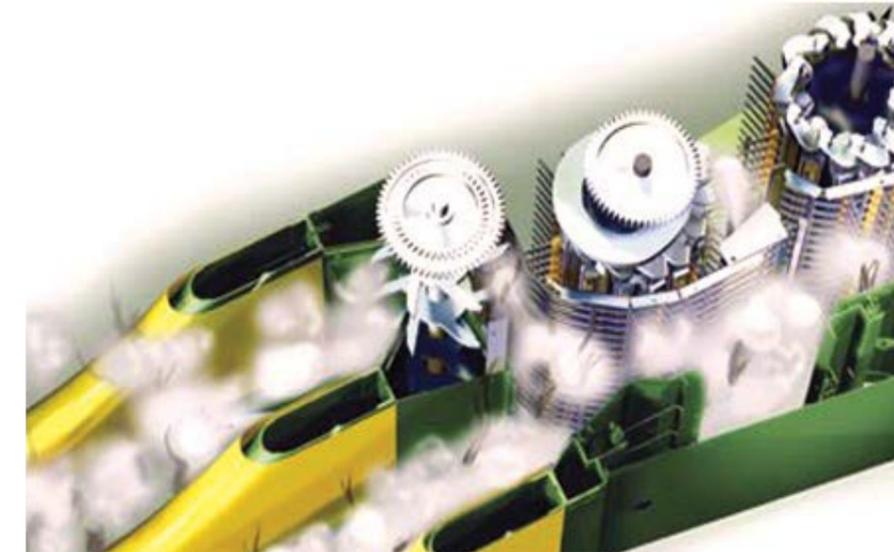
te, é transportado por ar até os cestos de recolhimento. Para a máxima eficiência deste tipo de colheita, é preciso ter plantas com haste fina, sem ramificações laterais compridas.

Plataforma tipo “escova”: As máquinas denominadas escova (Figura 3.7) são um pouco mais complexas. Montadas por unidades individuais ou de duas linhas, cada linha composta de dois rolos com, aproximadamente, 16 a 18 cm de diâmetro, com as escovas nas extremidades que giram em direções contrárias e rolos tipo rosca sem fim para transportar o algodão até uma rosca maior. A plataforma caracteriza-se por ser montada em ângulo que chega a 30° de altura em relação ao solo. A planta passa entre os rolos e o material é extraído. Neste tipo de colheita, há uma seletividade maior das impurezas recolhidas em relação à plataforma tipo pente. Muitas maçãs verdes conseguem ser expelidas pelo movimento centrífugo e pela angulação dos rolos. Esta máquina também usa o sistema pneumático para coletar o material e armazená-lo no cesto da colheitadeira. A sincronização do movimento dos rolos, assim como o tamanho das pás, pode minimizar a agressividade da colheita. Já o índice de impurezas pode ser menor, conforme a regulagem de abertura dos rolos. A velocidade da colheita condiciona o aumento na quantidade de pedaços de plantas e cascas, portanto piora a classificação do algodão. Em média, o patamar acima de 8 km/h já é crítico.

### 1.1.3. Colheitadeiras de fusos para o adensado – sistema VRS

Já existe tecnologia, porém ainda pouco difundida, que utiliza unidades de fusos para sistemas de cultivo adensado, com espaçamentos de 0,38 e 0,50 m entre linhas e, recentemente, para espaçamentos de 0,45 m.

O sistema PRO12-VRS ou 16-VRS é baseado sobre o corte das plantas de uma fileira e do seu transporte na fileira adjacente, onde será realizada a extração do algodão dos capulhos. É assim chamado em função do número de fusos por barra (Figura 3.8). A unidade é equipada com uma faca rotativa para o corte das plantas a uma altura de 5 a 15 cm e condutores rotativos que as transportam em posição vertical, para se juntarem à fileira adjacente não cortada.



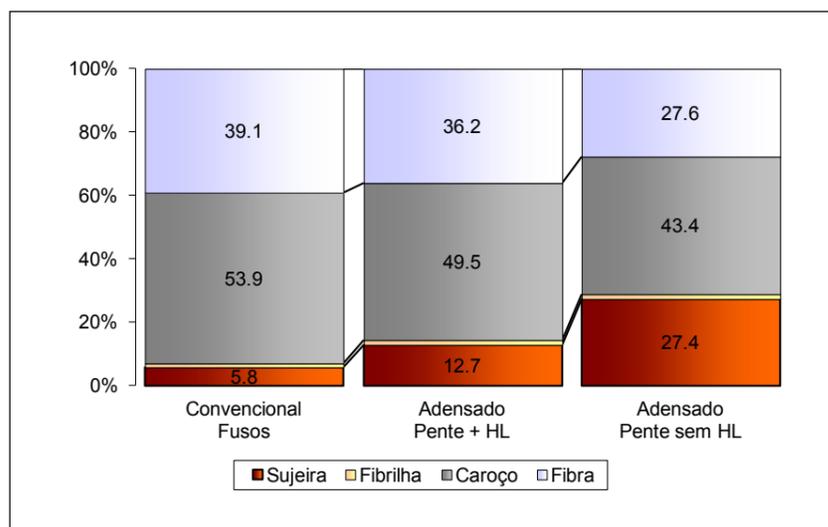
**Figura 3.8.** Sistema de colheita PRO 12 VRS.  
(Foto: John Deere Brasil, [200-]).

### 1.2. Dispositivos de limpeza embarcados na colheitadeira

Trata-se de utilizar na colheitadeira, equipamentos limpadores tipo extratores (popularmente conhecidos como HLs) similares aos utilizados em algodoeiras para a pré-limpeza do algodão. São equipamentos que atuam na remoção de impurezas maiores que se juntam ao algodão no momento da colheita de tipo *Stripper*, com pente ou escova. O uso do extrator embarcado não se dá em sua totalidade no Brasil. É uma opção avaliada caso a caso pelos produtores. Porém, o tipo de colheita com pente ou escova recomenda como indispensável o uso desse dispositivo, justamente para minimizar a entrada e a mistura de material estranho com a fibra, afetando diretamente a qualidade e onerando muito os custos de beneficiamento.

### 1.3. Tipo de colheita e características do algodão em caroço

O tipo de colheita impacta diretamente nos índices de impureza do algodão colhido. A Figura 3.9 mostra a composição típica dos fardões convencional e adensado, limpos na colheitadeira ou não, nas experimentações conduzidas pelo IMAmT, em 2009 e 2010. Os resíduos representam 7% do peso do algodão colhido com fusos, contra 29% no caso da colheita com pente sem limpeza embarcada. O algodão adensado colhi-



**Figura 3.9.** Composição típica do fardão por tipo de colheita em Mato Grosso. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

do com pente contém muito mais sujeira. Neste contexto, a taxa de fibra no fardão diminui de 39.1% para 27.6% (CHANSELME e RIBAS, 2010).

No algodão colhido com fusos, o tipo de sujeira majoritária é a fina (folha e pimentinha), representando tipicamente 48% do peso das impurezas (Tabela 3.1). No algodão colhido com pente, o tipo de sujeira mais representado é a casquinha, com 65%. A proporção de caules não varia significativamente com o

tipo de colheita (FAULKNER et al., 2008).

Considerando a taxa de sujeira no fardão, para produzir 1 fardo de fibra (200 kg) pelo sistema convencional, o processo de beneficiamento recebe 42 kg de sujeira, principalmente casquinha e folha. Para produzir o mesmo fardo pelo sistema adensado colhido com pente com extrator embarcado, são 177 kg de sujeira que passam pelo processo, ou seja, quatro vezes mais. A quantidade de casquinha é multiplicada por 7 e a dos caules por quase 4. Com o algodão colhido com pente sem limpeza no campo, o processo recebe 292 kg de sujeira. Comparado com a colheita com fusos, a quantidade de casquinha é multiplicada por 13,4 e a dos caules por quase 6 (Tabela 3.1).

O uso de um extrator na colheitadeira de pente ou escova melhora significativamente o rendimento de fibra (até 9 pontos) e reduz a matéria estranha nela presente, resultando, frequentemente, em melhores cores e folha. A colheita sem extrator é mais rápida e barata do que a colheita com extrator, pois a máquina pode limitar a produtividade da colheitadeira, principalmente se é subdimensionada ou insuficientemente

**Tabela 3.1.** Tipo de colheita, composição e quantidades típicas de sujeira.

| Tipo       | Fusos | Pente com extrator | Pente sem extrator | Fusos                        | Pente com extrator | Pente sem extrator |
|------------|-------|--------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|
|            | %     |                    |                    | Peso para um fardo de 200 kg |                    |                    |
| Casquinha  | 40    | 65                 | 77                 | 16,8                         | 115                | 225                |
| Caules     | 10    | 9                  | 8                  | 4,2                          | 15,9               | 23,4               |
| Folha      | 42    | 24                 | 14                 | 17,6                         | 42,5               | 40,9               |
| Pimentinha | 6     | 2                  | 1                  | 2,5                          | 3,5                | 2,9                |
| Piolho     | 2     | <1                 | <1                 | 8,4                          | <1                 | <1                 |
| Total      | 100   | 100                | 100                | 42                           | 177                | 292                |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2009.

projetada, porém prejudica muito o beneficiamento e a qualidade da fibra e do caroço. O custo-benefício global (colheita + beneficiamento) deve ser considerado, principalmente nos processos de tipo antigo.

A colheita com pente, comparada à colheita com fusos, tem efeito significativo sobre vários parâmetros da qualidade de fibra, particularmente nos anos de difíceis condições de lavoura. Em Mato Grosso, nos anos 2009 e 2010, as experimentações conduzidas pelo IMAmT confirmaram, de maneira quase sempre significativa, as conclusões dos pesquisadores americanos. Pode-se observar diferenças significativas nos resultados de análises HVI com diminuições da reflectância e aumento da folha e da matéria estranha visível, bem como, baixa do índice *micronaire* com aumento do índice de fibras imaturas.

Na classificação visual, algodões convencionais e adensados produziram tipos e folhas bastante variáveis. Dependendo do processo de beneficiamento, os fardos de algodão adensado foram classificados com 0 a 1 tipo a menos e 0 a 1.5 grau de folha a mais.

### 1.4. O manejo da colheita

A colheita mecanizada é uma atividade de alto custo, que deve ser muito bem planejada. Qualquer desarranjo no planejamento previsto pode prejudicar a rentabilidade do produtor, portanto exige habilidade, profissionalismo e competências bem definidas. É importante monitorar e ter o controle das condições climáticas, para auxiliar nas tomadas de decisões em campo. Além das colheitadeiras, uma estrutura de colheita mecanizada normalmente dispõe de equipamentos de apoio para a organização e o andamento dos trabalhos, tais como (figura 3.10):

- O reboque basculante (Bass Boy), que faz o transporte do algodão colhido, desde a colheitadeira até uma prensa compactadora, evitando assim o deslocamento da máquina da sua linha de trabalho, otimizando o tempo de serviço e aumentando a produtividade. Caso haja disponibilidade, pode ser alocado em vários pontos da lavoura, para que a descarga possa ser efetuada em outros pontos. Também pode ser usado quando a prensa de fardões for movida, ou para aguardar e transportar algodão no momento em que outro fardão for terminado. O cesto deve possuir uma capacidade maior do que o da colheitadeira;
- A prensa compactadora tem a finalidade de montar o módulo de armazenagem no campo do algodão colhido. No Brasil, este módulo é usualmente chamado de "fardão", denominação utilizada neste Manual. A prensa de fardões é um equipamento hidráulico, tipo uma caixa metálica, reforçada, com dimensionamentos variados, disposta sobre duas rodas para deslocamentos. Os fardões são dimensionados de acordo com o tamanho da prensa e possuem pesos variados, mas geralmente contêm de 8 a 10 cestos de algodão colhido por colheitadeiras tipo pente/escova, e de 10 a 14 cestos de algodão colhido por fusos;



**Figura 3.10.** Conjunto de equipamentos de colheita.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2008).

- Carro tanque, que tem por finalidade apoiar a prevenção e o combate a incêndios;
- Carro de apoio de manutenção, também conhecido por “melosa” ou “comboio”, cuja finalidade é prestar a manutenção de rotina, preventiva e corretiva, além de abastecer máquinas e tratores.

A definição de um bom número de colheitadeiras por prensa dependerá da produção prevista e da questão operacional das máquinas. Prever muitas colheitadeiras por prensa pode resultar em ineficiên-

cia, causada pela impossibilidade da prensa acompanhar o ritmo de colheita. Já uma previsão com poucas colheitadeiras pode resultar em ineficiência, pela baixa utilização da prensa. É importante fazer o equilíbrio entre essas duas variáveis. Também a colheita é condicionada por sua operação. A capacitação do pessoal torna-se um elemento imprescindível para que a produtividade e a qualidade não sejam afetadas negativamente, assim como os custos. A operação não adequada e a falta de experiência podem levar à perda de tempo em manobras simples, maior consumo de combustível e, principalmente, danos físicos aos equipamentos e às plantas.

### 1.4.1. Os operadores da colheita

Como visto em todo o capítulo, a ação da colheita do algodão exige técnica e cuidados especiais, para que o produto final não seja desvalorizado ou até mesmo perdido.

Na colheita mecânica, a técnica aumenta consideravelmente e é importante o nível de conhecimento, comprometimento e responsabilidade do operador. É imperativo dominar a máquina, seus dispositivos de operação e também os instrumentos de controle disponíveis na cabine e nos painéis. O alto investimento e o grau de tecnologia dessas máquinas reforçam a necessidade de capacitação dos profissionais que as manuseiam, o que deve ser uma constante nas empresas que efetuam a colheita, sejam elas próprias ou prestadoras de serviço.

O manual técnico é um instrumento essencial e indispensável para o

operador. É neste documento que constam todas as regulagens e orientações quanto à operação, manutenção e o bom funcionamento da máquina, devendo estar sempre presente e acessível no veículo. A evolução tecnológica e as constantes mudanças dessas máquinas reforçam a importância do operador e também da sua evolução profissional.

### 1.4.2. Cuidados com as colheitadeiras

A manutenção preventiva deve ser rotina dos operadores. Acessórios e peças que apresentam desgastes ou mau funcionamento necessariamente devem ser substituídas antes de iniciar a colheita.

A segurança do operador e da máquina, bem como, o desempenho na operação da colheitadeira, deve-se muito à atenção e à concentração do operador. A possibilidade de embuchamentos, consequente atrito do algodão com peças da máquina, aliado à facilidade de combustão tornam indispensável um operador treinado e equipamentos necessários, como por exemplo, o extintor de incêndio, para uma situação de emergência.

Em caso de fogo no cesto, não se deve tentar apagá-lo, mas derrubar o algodão ao chão.

Evitar frenagens bruscas para não danificar os tambores, no caso de plataformas de fusos, e andar numa velocidade baixa quando o terreno for acidentado.

O operador deve suspender bem alto a plataforma quando for manobrar e não operar a máquina com o cesto erguido.

As turbinas proporcionam o ar em alta velocidade, o que leva o algodão até o cesto, necessitando de atenção e cuidados com limpeza e lubrificação.

Após cada cesto de algodão ser despejado, as unidades de coleta e de transporte devem ser verificadas, para o controle de impurezas e contaminantes.

A limpeza é imperativa para evitar perda do fluxo de ar de dentro para fora e também de eliminar algumas impurezas mais leves, que se misturam no momento da colheita. Aconselha-se a limpeza sistemática a cada dois cestos colhidos.

A limpeza diária da máquina deve ser efetuada ao final das atividades, de modo a deixá-la pronta para as regulagens diárias, antes de colher. Essa limpeza deve ser completa e efetuada com muita eficiência, uma vez que, é essencial para que se obtenha o máximo desempenho e resulte num algodão mais limpo, economize energia e minimizem-se os riscos de incêndio.

A melhor forma de retirar os detritos e plumas presos nas telas, tampas, grelhas, motor e cesto, entre outras, é utilizar ar comprimido com alta pressão, porém existem partes sensíveis que devem ser manejadas com a mão, tais como, as conexões elétricas. Para a lavagem das unidades colhedoras, é recomendada a utilização de água sob pressão, para remover resíduos de terra dos fusos, barras, escovas e outros componentes.

Os dutos condutores do algodão ao cesto devem ser desobstruídos, para evitar embuchamentos e perda de sucção (de fusos).

O excesso de óleo e graxa deve ser lavado antes de as máquinas irem para o campo. O manual de lubrificação fornecido pelo fabricante deve ser seguido à risca.

A segurança deve ser sempre priorizada, portanto os ajustes e limpeza devem sempre ser feitos com a máquina desligada e sinalizada.

#### 1.4.2.1. Colheitadeira de fusos

Neste tipo de colheitadeira, é imprescindível que o operador conheça o manual de operação e tenha um bom treinamento, para não comprometer a produção. A atenção deve ser diária,

antes e no decorrer da colheita, especialmente sobre:

- a regulagem da pressão das placas, que pode determinar a entrada ou não de impurezas junto com o algodão e impactar na qualidade, no beneficiamento e também na perda do algodão, deixando-o na lavoura. No tambor dianteiro, dá-se, em média, 75% da colheita e o restante no tambor traseiro. A pressão nas placas é um ajuste importante e deve ser feita com base nas condições da cultura. A placa com muita pressão deixa menos algodão na lavoura, mas pode levar muitas impurezas provenientes da planta junto (cascas, folhas, brácteas, caules, etc.). Já uma placa com pouca pressão tem o efeito inverso, porém com perdas de algodão que ficam nas plantas da lavoura. É importante monitorar a pressão das placas durante os dias de muito sol, para evitar o risco de incêndio pelo atrito com a fibra;
- os tambores, que devem ser ajustados de acordo com a altura das plantas e a posição dos capulhos;
- a distância entre o desfibrador e os fusos para evitar embuchamentos, risco de incêndio e as perdas na produtividade do trabalho e na colheita. Esta regulagem deve obedecer à risca as orientações do fabricante, pois se estiver mais alta ou mais baixa acarretará algum prejuízo;
- a limpeza dos fusos pelas escovas, que podem acarretar uma grande perda na colheita, assim como, prejuízos à qualidade da fibra. A trilha dos fusos deve estar livre e desimpedida, para retirar o algodão do capulho ou cápsula. As condições climáticas e de umidade na colheita influenciam muito na eficiência dessa limpeza. O monitoramento e os ajustes devem ser feitos várias vezes por dia. Também se deve observar e monitorar o desgaste das escovas, para evitar esse distanciamento.

Para a eficiência da colheita, os fusos devem ter ranhuras profundas e afiadas. Um problema importante, bastante encontrado neste tipo de colheitadeira, são as torções dos fusos, que podem ser ocasionadas por ajustes impróprios, plantas daninhas, plantas verdes, etc. Uma forma visual de detectar um problema deste tipo é observar a baixa eficiência da colheita, manchas verdes, resíduos em forma de goma ou fibra enrolada nos fusos.

Produtos umidificantes, limpadores de fusos ou óleos solúveis, podem também ser adicionados à água. Esses aditivos são geralmente úteis quando os algodões colhidos têm folhas verdes. Com colheitadeiras de fusos, a limpeza é essencial. As janelas de impurezas nos tambores devem ser limpas regularmente.

#### 1.4.2.2. Colheitadeiras de pente ou escova

A plataforma tipo pente é bastante simples e a atenção maior deve ser sobre pontos de possíveis embuchamentos, entre as barras/hastes do pente e nas roscas transportadoras. Uma vez que a colheita se dá por arrasto e não por captação como nos fusos, os rolos levantadores sob as plataformas

devem estar sempre em bom estado.

Na plataforma de escova, os cuidados são com: as condições dos rolos de escovas, seu estado e regulagens entre si e de velocidades, sensores de solo, roscas sem fim das unidades e rosca transportadora de coleta das unidades.

Para ambas as máquinas, os cuidados quanto ao embuchamento se estendem aos dutos de condução do algodão até o limpador embarcado, ou direto ao cesto, e os dutos entre o limpador (quando existir) e o cesto.

No equipamento de limpeza embarcado (extrator), deve-se ater para as condições das serrilhas, escovas, barras fixas de limpeza (alinhamento) e rolamentos. Devem-se observar também as regulagens de distância em relação às serrilhas, das barras fixas de limpeza (1/2" a 3/4") e das escovas (aproximadamente 1 mm). O dimensionamento do equipamento deve estar de acordo com as normas do fabricante e com a capacidade de colheita da máquina.

Ajustes diários e/ou a cada hora podem ser necessários, por isto é aconselhável efetuar inspeções visuais esporádicas durante a operação.

A limpeza deve ser acentuada e rigorosa, pois a quantidade de impurezas é bem mais significativa.

#### 1.4.3. Monitoramento da umidade na colheita

É importante o controle da umidade na colheita, tanto para definir o momento de iniciar e finalizar os trabalhos como para o caso de armazenagem do algodão em fardões e a decisão de priorizar ou não o seu beneficiamento.

A umidade exagerada no momento da colheita gera muitos embuchamentos nas plataformas e consequentes paradas, afetando o ritmo e a sua produtividade. A colheita deve ser efetuada com umidade baixa, sempre que possível. Na região do Cerrado, a umidade do algodão mais indicada para a colheita está entre 5 e 7%. A colheita deve começar após a secagem do orvalho, quando a umidade relativa estiver abaixo de 60%. Entretanto, muitos operadores trabalham também com faixas de umidade do algodão entre 8 e 10%. Neste patamar, a possibilidade de embuchamentos e paradas de máquina são maiores, com probabilidade maior de encarneamento do algodão e sujeira.

Com o controle efetivo da umidade do algodão antes de colher, muitas vezes, consegue-se alongar o período de trabalho e efetivamente a produtividade do dia. É importante que este controle seja feito a cada hora e em pontos distintos do mesmo talhão, em virtude das variações ambientais e climatológicas que se formam no decorrer dos trabalhos. Para o procedimento de medição, deve-se utilizar o equipamento termo-higrômetro para algodão, que difere dos equipamentos para grãos. Sugere-se efetuar, pelo menos, três medições momentâneas em plantas distintas, para que haja maior representatividade do ponto e calcular a média destas.

A falta de equipamentos adequados para efetuar as medições de umidade ainda na lavoura faz com que esse controle seja feito por inspeções visuais ou por tato. A falta de um controle mais técnico cria o risco de sobrecarregar uma colheita, aumentar seus custos e prejudicar os planejamentos e as decisões sobre o beneficiamento.

## 2. Armazenamento do algodão em caroço

Uma das formas encontradas pelos produtores Americanos para armazenar a grande quantidade de algodão em caroço colhido sem riscos de paradas das usinas, por desabastecimento e falta de espaço, foi a construção de módulos de algodão direto na lavoura, por intermédio de prensas hidráulicas compactadoras.

Antigamente, o algodão era geralmente armazenado em tulhas. Os custos disso limitavam a quantidade de algodão que poderia ser armazenado e a colheita era geralmente atrasada quando elas estavam cheias. Como a utilização de tulhas era muito limitada, alguns cotonicultores começaram a utilizar containers abertos (gaiolas) especiais, que podiam ser colocados em caminhões, possibilitando assim alguma capacidade de armazenamento – sistema bastante popular no Brasil, nos anos 1980.

### 2.1. Confeção dos fardões

Desde 1972, nos Estados Unidos, e meados dos anos 1990, no Brasil, o uso de fardões para o armazenamento do algodão colhido mecanicamente foi aumentando consideravelmente. A ideia dos fardões foi a de possibilitar o armazenamento em campo do algodão que não pudesse ser processado imediatamente, permitindo que a colheita seguisse independentemente do beneficiamento (Figura 3.11). As usinas podem utilizá-los, sob qualquer condição climática. Possuir um estoque torna a operação mais previsível, mane-

jável e economicamente viável.

A formação do fardão inicia após o despejo, pelo *Bass Boy*, do material colhido na prensa compactadora. A prensagem pode chegar a uma densidade de 180 até 250 kg/m<sup>3</sup>, o que permite que o fardão não se desmanche quando for retirado da prensa.

Atualmente, no Brasil, encontram-se prensas de diversas dimensões, que variam entre 10,5 até 15,0 metros de comprimento, 2,15 a 3,0 metros largura e de 2,4 a 5,8 metros altura (modelo GIGA/Mantovani), com capacidades que chegam até 70 m<sup>3</sup> de algodão, possibilitando fardões mais pesados.

Alguns produtores costumam elevar a prensa sobre tocos de

madeira, para aumentar a altura e o peso dos fardões, e, conseqüentemente, diminuir os custos com frete. Esta prática não é recomendada, por dois motivos: exceder o peso permitido pelo Departamento de Trânsito; e compactar demais o algodão, exigindo maior força mecânica para desmanchá-lo, provocando um beneficiamento antecipado da fibra e perdas pelo transporte pneumático e etapas de limpeza, bem como, maior demanda de energia e desgaste de peças e dos equipamentos da usina. No Brasil, não há um padrão fixo para o dimensionamento do fardão, porém deve ser coerente com a capacidade de carga do transmódulo e o tamanho do desmanchador de fardões.

Diferentemente dos Estados Unidos, no Brasil, o algodão adensado colhido pelo sistema de pente ou escova, que é ainda uma tecnologia recente, utiliza a mesma prensa usada para o algodão de cultivo convencional, pelo custo. Segundo pesquisas (SILVA, 2008), a área atendida por uma prensa pode variar entre 500 e 700 ha por safra.

A equipe para a prensagem do algodão necessita de um operador de prensa que deve ser o responsável por prensar e coordenar o desembarque dos *Bass Boys*, assim como, o fechamento e a cobertura do fardão; isso normalmente requer mais outros dois colaboradores. Antes de iniciar a colheita, deverá ser providenciado o local adequado para a sua armazenagem e disposição, o qual precisa ser seguro, drenado, limpo, plano, acessível em qualquer condição climática, longe de possíveis fontes de incêndio, vandalismo (auto-estradas) e obstruções (redes elétricas). Preferencialmente, deve estar localizado nas proximidades de estradas vicinais, carregadores (corredores) que facilitem o acesso e o transporte às usinas; e também seguir a melhor orientação geográfica nas regiões mais chuvosas (Norte-Sul).

Antes de colocar a prensa no local previsto, devem-se dispor as cordas para amarração da cobertura, sempre confeccionadas de algodão.

Já a descarga do algodão na prensa deve ser feita uma de cada vez e, preferencialmente, pelas extremidades e em lados opostos da prensa, com as demais próximas ao meio. O nivelamento e a compactação devem começar imediatamente. O ideal é nivelar a cada descarga do *Bass Boy*.

Outros pontos importantes de se observar no momento da formação dos fardões são:

- Assegurar a segurança do operador e colaboradores, assim como, do equipamento e do produto;
- Acessar e usar o Manual de Instruções do fabricante;
- Verificar se não há pessoas nem veículos perto do portão traseiro quando este estiver aberto;
- Não fumar perto das prensas carregadas com algodão;
- Averiguar as condições das mangueiras hidráulicas. Checar vazamentos no sistema que está sob alta pressão;
- Compactar o algodão um pouco mais nas extremidades, para evitar quebras;
- Cuidar para que haja uniformidade na prensagem, a fim de obter uma boa formação do fardão e evitar acúmulos de água em cima dele. Uma boa compactação evita a



**Figura 3.11.** Fardões armazenados na beira dos talhões colhidos. (Foto: Cotimes do Brasil, 2010).



**Figura 3.12.** Cobertura de lona.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

possível entrada de água pelas laterais;

- Utilizar lona plástica nova ou touca plástica de alta qualidade para a cobertura (Figura 3.12). Ter sempre esse material disponível antes do início da colheita;
- As dimensões finais das lonas devem ter uma sobre em relação ao tamanho do fardão, tanto na largura como no comprimento, com folgas nas arestas, para que seja coberto corretamente;

- Reforçar a amarração ao finalizar, para evitar que a lona se solte por ação dos ventos;
- Monitorar constantemente a umidade do algodão, para evitar excessos e que ele sofra condensação ou incêndio;
- Todos os fardões devem ser avaliados semanalmente e imediatamente após a chuva e precipitações, para detectar lonas danificadas, água empoçada ou vazamentos pelos buracos.

## 2.2. O controle da umidade e da temperatura dos fardões

O teor de umidade de algodão em caroço deve ser avaliado antes e durante a colheita com medidor de umidade portátil. A umidade no fardão armazenado depende essencialmente da umidade no momento da colheita. O monitoramento na colheita, baseado na temperatura dentro do fardão, é imprescindível para garantir um armazenamento em boas condições. O algodão colhido úmido deve ser beneficiado imediatamente.

Outros fatores que agem sobre a qualidade da fibra e do caroço durante o armazenamento são: o teor de matéria estranha úmida, a temperatura de algodão em caroço, no início e durante o armazenamento, as condições climáticas, a proteção do solo e das chuvas e o tempo de armazenamento.

Há um risco de amarelecimento, se a umidade do algodão em caroço na armazenagem for superior a 12%. O amarelecimento é acelerado pelo

calor. O aumento da temperatura é causado principalmente pela atividade biológica. O armazenamento de algodão em caroço, mesmo longo, não representa qualquer problema com a fibra se a umidade não exceder 12% (LALOR, WILLCUT E CURLEY, 1994).

## 2.3. Incidências da armazenagem sobre a qualidade do algodão em caroço

A qualidade das sementes é fortemente afetada pela combinação do tempo de armazenamento e a umidade do algodão em caroço (redução da germinação e ácidos graxos livres). O aumento da temperatura durante o armazenamento de algodão úmido se dá devido à respiração das sementes e atividades bacterianas, que provocam a rápida queda da taxa de germinação, portanto, quanto maior for a umidade, mais curto deve ser o tempo de armazenamento. Quando o caroço for destinado a esmagamento, a armazenagem deve possuir uma taxa de umidade abaixo de 12%. Quando se pretender preservar as sementes, a taxa de umidade do fardão deve permanecer abaixo de 10%. Acima de 10%, o beneficiamento deve ser imediato.

## 2.4. Transporte dos fardões

O transporte é um processo importante na cadeia de produção. Mal conduzido, pode ocasionar prejuízos à qualidade do algodão e ao ambiente produtivo, pois pode permitir a contaminação do produto e a proliferação de pragas (bicudo, por exemplo), colocando a cadeia em risco e aumentando os custos. A segurança e a integridade física do condutor, da carga, do equipamento/veículo, do meio ambiente e de outros participantes do processo e do trânsito devem ser prioritárias, em qualquer situação, pois um descuido pode gerar situações graves e até mesmo fatais (Figuras 3.13 e 3.14).

A legislação para o transporte de algodão em caroço não é bem definida em relação à classificação do tipo de carga da mesma forma como é clara para o transporte de fibra e de óleo proveniente do caroço. Por este motivo, cabe a cada produtor e operador tomar todas as precauções pertinentes, a fim de evitar maiores transtornos na rotina da atividade. A Norma Regulamentadora NR 11, da



**Figura 3.13.** Algodão nas estradas e encostas. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 3.14.** Problemas no transporte de algodão. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).



**Figura 3.15.** Caminhão com transmódulo. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

Portaria nº 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, bem como a Resolução nº 420/04, da ANTT, tratam de itens que pontuam diretamente o transporte do algodão em caroço e indicam atenção especial para o assunto.

O transporte dos fardões convencionais é realizado através de veículos especiais chamados de “transmódulos” (Figuras 3.15 e 3.16) e “pranchas”.

O transmódulo é um equipamento tipo plataforma basculante, removível, acoplado a um caminhão truck. Tem a função de carregar o fardão do local armazenado, através de correntes paralelas e roletes de apoio, autocarregando-o para o transporte. Sua capacidade de transporte pode chegar a 15 toneladas. Geralmente, é utilizado para pequenas distâncias entre a lavoura e a algodoeira e para manobras na própria algodoeira. É um dispositivo projetado especificamente para o carregamento e a descarga dos fardões, seja no campo (lavoura) ou no pátio da usina; também é utilizado para transportar os fardões em estradas vicinais ou internas das propriedades. Em rodovias públicas estaduais e federais, somente são permitidos os caminhões prancha e transmódulos especiais, adaptados com uma extensão dobrável/basculante na parte traseira, devidamente sinalizada (Figura 3.17).

## 2.5. A segurança com o carregamento, a descarga e o transporte

Os cuidados com a segurança começam na formação do fardão ainda na prensagem, como citado neste capítulo.

É muito importante que, antes de cada carregamento do fardão em quaisquer dos veículos, se verifique a sua limpeza. Sobras de algodão em caroço, pedaços de matérias estranhas, casquinhas, plásticos, cordas e graxa, entre outros, devem ser totalmente nulos no momento do carregamento. Para uma operação segura e eficiente, seguem-se algumas dicas aos operadores que transportam os fardões:

- Verificar as condições de operação e trafegabilidade do veículo;
- Sinalizar visualmente e com alerta sonoro, quando em operação; Checar o terreno do carregamento ou a descarga, para evitar possíveis acidentes e/ou atolamentos do veículo;
- Regular a altura do chão ao carregar o transmódulo, para que ele não pegue terra e impurezas ao carregar o fardão;
- Evitar ou não permitir a presença de pessoas próximas ao veículo durante a operação;



**Figura 3.16.** Caminhão com transmódulo. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 3.17.** Caminhão com transmódulo adaptado para vias expressas. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

- Observar o índice de contaminação por terra e de umidade, devido às condições de armazenamento e climáticas, avisando imediatamente os responsáveis na usina se houver algum imprevisto;
- Observar as condições físicas do fardão, da embalagem e proteções/amarrações, antes e durante o carregamento;
- Observar a limpeza da plataforma e das pranchas, antes do carregamento;
- Observar a condição da rampa de acesso do transmódulo, para o carregamento e/ou a descarga da prancha;
- Atentar para a manobra de marcha à ré em cima da prancha, durante a carga ou a descarga do fardão;
- Levantar a lona, para que não se prenda nas correntes do transmódulo e venha a se rasgar, contaminando a pluma com pedaços de plástico. Posteriormente, deve-se fixá-la abaixo da carga, para reforçar o calço e evitar que se levante com o vento;
- Estar sempre atento com a carga durante o deslocamento da lavoura para a algodoeira;



**Figura 3.18.** Transmódulo fechado.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2008).

- Revisar a amarração da lona e a sustentação de sua base, para evitar que se levante, caia ou haja uma abertura, colocando o fardão em exposição durante o transporte;

Utilizar sistema de saia e envelopamento do fardão no carregamento da prancha e transmódulo.

O transmódulo fechado com chapas laterais é muito comum nos Estados Unidos. Sendo uma solução interessante com relação a segurança e perdas de algodão nas estradas (Figura 3.18).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHANSELME, J. L.; RIBAS, P. V. Beneficiamento do algodão adensado e qualidade de fibra. In: BELOT, J. L.; VILELA, P. M. C. A. (Orgs.). **O sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso**. Cuiabá: IMAmt, 2010. p. 311-327.

FAULKNER W. B.; SHAW, B. W.; HEQUET, E. Effect of harvesting method on foreign matter content, fiber quality, and yarn quality from irrigated cotton on the high plains. In: **Proceeding of the Beltwide Cotton Conferences**, Memphis-USA: National Cotton Council, 2008.

LALOR, W. F.; WILLCUTT, H.; CURLEY, R. G. Seed Cotton Storage and Handling. **Cotton Ginners Handbook** USDA, [s.l.:s.n.], p.16-25, 1994.

SILVA, O. R. R. F. et al. **O agronegócio do algodão no Brasil**. v. 2. Campina Grande-AL: Embrapa, 2008.

WILLIFORD, J. R. et al. **Cotton Ginners Handbook** USDA, [s.l.:s.n.], p.11-16, 1994.

# CAPÍTULO 4

## CUSTO DE PRODUÇÃO NO BENEFICIAMENTO



O custo de beneficiamento é composto de custos fixos e custos variáveis. Devem ser conhecidos pelo beneficiador, a fim de definir estratégias de melhorias e tomar decisões de investimentos, entre outras. Os custos específicos da usina devem ser individualizados e os vários itens envolvidos no investimento e operação devem ser contabilizados e analisados permanentemente. O capítulo apresenta elementos de decisão para investimentos, análise de distribuição de custos no beneficiamento e estratégias de redução. Introduce para o produtor a noção de centro de custos como ferramenta de gestão integrada da algodoeira.

# CUSTO DE PRODUÇÃO NO BENEFICIAMENTO

## 1. Conceito

A gestão e a contabilidade dos custos de produção é um ponto primordial em qualquer negócio. Segundo Santos, Marion e Segatti (2008), os objetivos da correta dimensão do sistema gerador de informações sobre os custos refletem-se no seu papel relevante como ferramenta básica para a tomada de decisão em qualquer empreendimento, especialmente na agropecuária, onde os espaços de tempo entre produção e vendas, ou seja, entre custos e receitas, fogem à simplicidade de outros tipos de negócios. Sua importância aumenta, considerando que todo empresário necessita conhecer exatamente a quantidade e o valor de cada bem que constitui o capital da empresa que dirige, assim como se a atividade está proporcionando retornos aos investimentos necessários para a sua execução. Esses retornos devem ser atrativos o suficiente para compensar o custo de oportunidade e risco do capital investido que poderia estar aplicado no mercado de capitais.

Mas o que é custo? Segundo Silva e Lins (2010), custos são os recursos consumidos no processo produtivo de um bem ou serviço que se espera que tragam benefícios futuros para a entidade, após a conclusão e a venda do produto. Já para Holanda (1975), custo é todo e qualquer sacrifício realizado para produzir determinado bem ou serviço, atribuindo-se a ele um preço como compensação ao sacrifício imposto aos proprietários dos fatores de produção. Desta forma, para as usinas, custos são medidas monetárias dos recursos consumidos para atingir o objetivo de beneficiar o algodão que lhes foi disponibilizado, seja de produção própria ou por serviço contratado.

Em geral, é comum agentes apontarem que os custos estão em alta e/ou que sua margem de retorno está em queda. Normalmente, este é o resultado: da intensificação do processo produtivo; da evolução tecnológica das usinas, em que algumas unidades estão dispostas a produzir recebendo preços menores, por terem maior produtividade, das oscilações expressivas de preços de comercialização e variações cambiais, da exigência cada vez maior de compradores quanto a produtos de melhor qualidade e uniformidade, entre outros. Com isso, há a necessidade de aperfeiçoar os mecanismos de planejamento e controle das empresas, para obter maior eficiência, produtividade e lucratividade no beneficiamento.

Neste ínterim, a importância em se calcular custos está em se conhecer quanto custa o produto da empresa, quanto está ganhando na atividade, ou seja, qual a rentabilidade da atividade e a margem de lucro obtido, e, acima de tudo, em orientar a tomada de decisões na empresa.

Nesse sentido, as informações de custos, desde que devidamente apresentadas em relatórios, passam a ser um importante subsídio para o controle e o planejamento empresarial. Porém, devido ao grande volume de informações que o setor produtivo e de beneficiamento tende a gerar, é importante a implantação de um sistema adequado para gerenciá-la – de preferência, que seja simples e eficiente, adaptado para a realidade de cada empresa.

A informação sobre o custo de produção é uma das mais importantes para qualquer atividade produtiva. Para os beneficiadores, torna-se fundamental, a fim de auxiliar nas tomadas de decisões e planejamentos de cada safra. Em geral, o objetivo de cálculo do custo pode servir de base, por exemplo, para subsidiar uma decisão gerencial de curto prazo, propostas ou implementação de investimentos, para medir a sustentabilidade e a capacidade de pagamento de um empreendimento, a viabilidade econômica de uma tecnologia alternativa, entre outras (FERREIRA FILHO, ALVES e VILLAR, 2009).

No mercado de produtos agrícolas, a estrutura que prevalece é o de concorrência perfeita, em que os preços são definidos pelas forças de oferta e demanda pelo produto, sendo que cada agente, individualmente, não tem influência sobre esse preço. Nestes mercados, os preços são “dados” aos agricultores, tornando-se ainda mais relevante o controle dos custos como instrumento de obtenção de rentabilidade. Assim, enquanto variações de preços de mercado estão fora do controle do produtor, este pode melhorar sua perspectiva de rentabilidade da cultura através de melhor controle dos custos de produção. Para isto, utilizam-se planilhas de dados capazes de auxiliar e disponibilizar, cada vez com mais rapidez, os custos necessários para a obtenção do fardo, produto final do beneficiamento, elencando-se os custos fixos e variáveis do processo como um todo.

**Custos Fixos** – São aqueles que não variam com a quantidade de fardos produzidos, mesmo que o nível de produção seja zero. Podem ser desembolsáveis ou não. São exemplos de custos fixos:

- RH pessoal efetivo (salários, vales, etc.);
- Aluguel;
- Tarifas públicas;
- Telefones;
- Energia sob contrato;
- Manutenção: prédios, veículos, equipamentos;
- Seguro da unidade industrial;
- Depreciação de máquinas, equipamentos, instalações e prédios;
- Juros, multas e investimentos (leasing);
- Impressos, materiais de escritório e de limpeza, etc.

**Custos Variáveis** – São os custos que variam de acordo com a produção, ou seja, que aumentam quando o número de fardos beneficiados aumenta, e vice-versa. São exemplos de custos variáveis:

- Matérias-primas;
- Insumos diretos (arames, sacão, etc.);
- Energia não vinculada ou acima do valor de contratos;
- Gás, água, combustível;
- Impostos sobre faturamento (empresas de prestação de serviços);
- Impostos diretos de venda (ICMS, ISS, Pis, Confins, IRPJ);
- Fretes de vendas;
- RH pessoal temporário;
- Mão-de-obra terceirizada.

**Custos Totais** – É a soma de Custos Variáveis mais Custos Fixos, representados pela fórmula  $CT = CV + CF$  (Figura 4.1).

Em uma análise gráfica sobre os custos de produção, com inclinação constante, observa-se que o custo total somente oscila com o custo variável total. O Custo Fixo é dado, independentemente da produção de cada período.

É importante ressaltar a colaboração dada pelos sistemas de processamento eletrônico de dados à contabilidade de custos – Sistema Integrado de Gestão (SIG). Em geral, estes *softwares* permitem a elaboração de relatórios com velocidade expressiva e baixa margem de erros.

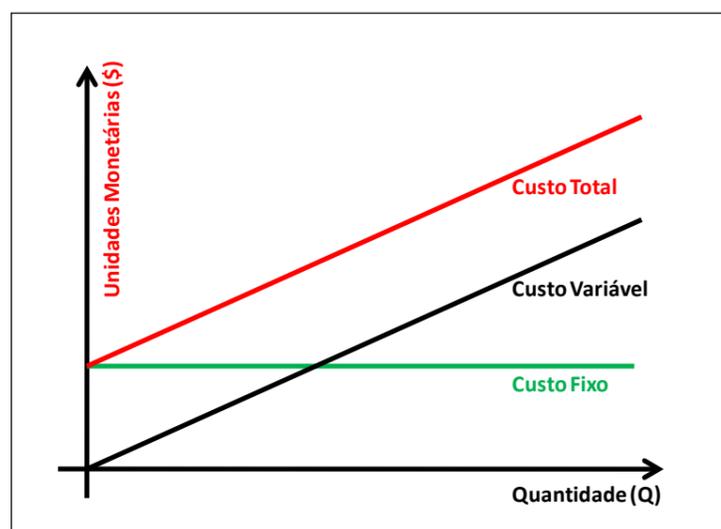


Figura 4.1. Composição gráfica do custo total.

## 2. Contabilização de custos

Há diferentes formas de contabilização de custos. O importante, porém, é que todos os itens envolvidos nos investimentos e operacionalização da algodoeira sejam contabilizados e analisados permanentemente.

Inicialmente, vale considerar que, nas mais de duas centenas de algodoeiras dos diversos

modelos no Brasil, são inúmeros e variados os itens movimentados em uma usina de beneficiamento e que podem resultar em custos. Estes itens estão relacionados aos investimentos, à operacionalização e ao funcionamento da empresa, passando por aqueles relacionados aos administrativos e operacionais. Para uma descrição geral e auxiliar na identificação de alguns itens, porém sem utilizar uma classificação contábil, o Quadro 4.1 apresenta algumas contas que são movimentadas frequentemente em uma algodoeira. Claramente, a quantidade de contas é expressiva, assim como os dados a serem coletados.

Há diferentes sistemas (softwares), disponíveis para empresas, que facilitam a digitalização das informações geradas pela algodoeira e que disponibilizam relatórios periódicos que possibilitam análises da relação benefício / custo. É importante aproveitar esse instrumento, mas deve-se atentar para sistemas que disponibilizem uma gestão integrada entre a contabilidade gerencial e os dados de operação e produção, para obter-se uma gestão eficiente dos custos. Uma simples contabilidade nem sempre permite uma análise global e as possíveis melhorias da usina, avaliando-se o benefício / custo. De qualquer forma, há a possibilidade de uso de planilhas eletrônicas e manuais, na contabilização da movimentação das empresas.

O primeiro item a ser computado deve ser os investimentos efetuados para a montagem da usina de beneficiamento. Como a unidade industrial será utilizada por vários anos e para o beneficiamento de uma expressiva quantidade de algodão, é preciso diluir o custo inicial para o período em que a algodoeira estará em funcionamento. Observe que, inicialmente, há o desembolso para a implantação da unidade, mas é apenas uma questão de fluxo financeiro e não econômico.

Os custos fixos são diluídos para o período produtivo através do cômputo da depreciação. A depreciação corresponde à perda de valor que os ativos sofrem durante um determinado período. Pode ser originada por fatores físicos (uso ou desgaste) ou fatores funcionais (obsolescência). Assim, a produção que causou a perda de valor deve assumir o custo. Uma das formas de cálculo aceita pelo fisco é a depreciação pelo método uniforme, em que se desconta, do valor inicial do bem, o valor residual ou de venda, no final da vida útil. Este valor é dividido pela vida útil (em anos, horas ou fardos gerados), resultando na depreciação. A fórmula normalmente utilizada é:

$$Dep = \frac{V_i - V_r}{n},$$

em que  $V_i$  é o valor inicial,  $V_r$  o valor residual e  $n$  a vida útil em anos.  $Dep$  será o valor anual da depreciação.

O valor residual (valor de sucata, em geral) deve ser considerado com base nas transações normalmente observadas no mercado. No Brasil, o valor das máquinas antigas varia muito, sempre mais do que o valor de sucata, por causa da demanda no mercado. Em períodos de procura, o valor de um processo antigo, de mais de 20 anos de uso, pode ultrapassar 50% do valor de um equipamento novo, quando, em geral, o plano de amortização para um equipamento industrial, internacionalmente, considera uma vida econômica de 10 a 15 anos e um valor residual de 20%, no máximo.

**Quadro 4.1.** Tipos de contas que são movimentadas em usinas de beneficiamento.

| COMBUSTÍVEL | PESSOAL                                  | TAXAS                           | INSUMOS                               | SERVIÇOS   | OUTROS  |
|-------------|--|---------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Etanol      | Folha mensal                             | FGTS / INSS / IRPJ / IRPF       | Tela para enfardamento                | Dobra de arame   | Aluguel de imóveis e equipamentos                     |
| Gás         | Adiantamento de salário                  | ICMS – Diferencial de alíquota  | Sacão para enfardamento               | Mão-de-obra com manutenção de internet / rede / computadores | Aluguel de máquinas                                   |
| Gasolina    | Estadia e viagem – colaboradores         | Impostos e taxas                | Lona para fardões                     | Frete – máquinas e equipamentos                              | Computadores / periféricos                            |
| Óleo diesel | Férias                                   | IPVA – Licenciamentos e seguros | Arame para enfardamento               | Frete – Materiais diversos                                   | Máquinas / equipamentos                               |
|             | Uniformes                                | Licenças e projetos             | Etiquetas de identificação            | Frete – fardões da usina                                     | Móveis / utensílios / equipamentos                    |
|             | Cursos e treinamentos                    |                                 | Material classificação / Manut. Pluma | Manutenção de camionetas                                     | Compra de equipamentos – oficina                      |
|             | Atendimentos hospitalares                |                                 | Material de consumo / Alimentação     | Manutenção de computadores – periféricos                     | Compra de materiais de consumo / Manutenção – oficina |
|             | Medicamentos                             |                                 | Material de escritório                | Manutenção de equipamentos / oficina                         | Despesas de manutenção de instalações e benfeitorias  |
|             | Compra de E.P.C.                         |                                 | Material de limpeza                   | Manutenção de equipamentos / peças                           | Despesas diversas                                     |
|             | Compra de E.P.I.                         |                                 |                                       | Manutenção de móveis / instalações                           | Energia elétrica                                      |
|             | Horas extras e DSC                       |                                 |                                       | Manutenção de maquinários                                    | Seguro Algodoeira                                     |
|             | Pcmso – Saúde / Médico                   |                                 |                                       | Manutenção de equipamentos                                   | Depreciação da usina                                  |
|             | Ppra – Segurança no trabalho             |                                 |                                       | Manutenção de motos  | Depreciação do equipamento                            |
|             | Rescisões                                |                                 |                                       | Manutenção de móveis   | Custo de construção da usina                          |
|             | Confraternizações                        |                                 |                                       | Manutenção de pá-carregadeira                                | Custo de equipamentos                                 |
|             | Contribuição confederativa               |                                 |                                       | Manutenção de telefones / softwares / rádios                 |   |
|             | Estadia e viagem – Administração         |                                 |                                       | Manutenção de transmódulos                                   |   |
|             | Contribuição sindical                    |                                 |                                       | Manutenção de veículos utilitários                           |   |
|             | Despesas gerais de treinamentos          |                                 |                                       | Correios / EBCT  |   |
|             | Despesas gerais de Segurança do Trabalho |                                 |                                       | Fotocópias   |   |
|             |  |                                 |                                       |  |   |
|             |  |                                 |                                       |  |   |
|             |  |                                 |                                       |  |   |
|             |  |                                 |                                       |  |   |
|             |  |                                 |                                       |  |   |
|             |  |                                 |                                       |  |   |

Para os demais itens movimentados na empresa, é preciso ter uma tabela para anotação das entradas e saídas, passando inclusive por um controle de estoques. Uma das formas possíveis de tabela para este controle é apresentada na Tabela 4.1. Uma importante decisão é saber como o algodão em caroço será considerado na algodoeira. Se for uma prestação de serviço, a unidade deve anotar quanto de algodão em caroço estará beneficiando e quanto de produtos serão gerados. Se o algodão for próprio, é preciso saber, inicialmente, onde termina o custo agrícola e onde recomeça o custo industrial.

Em muitas usinas de produtores, os custos específicos da usina não são individualizados (consumo de energia, por exemplo). Em outros termos, se a usina faz parte de uma empresa maior (fazenda, grupo de usinas), os custos unitários devem ser repassados em tempo real para a usina, a fim de permitir um gerenciamento efetivo diário do custo de produção. Lembre-se sempre de que, sem o conhecimento dos consumos, não há controle; sem controle, não há gestão; e, sem gestão, não haverá melhoria. A redução do custo do beneficiamento começa por seu conhecimento detalhado.

O ideal é que este controle de estoques ou movimentação das contas seja feito permanentemente, para que, a todo o momento, seja possível analisar quanto de produto está disponível ou o seu custo. Além disso, não se pode deixar de considerar os impostos envolvidos na operação e outros que possam incidir na venda da produção. Apesar de não ser o objetivo deste texto, é preciso ressaltar também a forma de contabilização de custos para os itens variáveis, que deve levar em consideração o que é aceito para o imposto de renda e o que é mais adequado para fins gerenciais. Um breve resumo dos principais critérios pode ser analisado com mais detalhes em J. C. Marion (2009). É importante o conhecimento do custo das peças de reposição e da mão-de-obra para poder avaliar o custo da manutenção, otimizá-la e selecionar fontes de peças com melhor benefício / custo.

Com a descrição dos custos, é preciso distribuí-los entre os diferentes produtos gerados. No caso da usina de beneficiamento, são gerados e comercializados a pluma, o caroço de algodão, a fibrilha e outros resíduos. Neste caso, não há custos diretos para cada produto, pois o beneficiamento resultará na produção de todos os itens ao mesmo tempo. Assim, pode-se utilizar o mesmo critério na distribuição dos custos diretos e indiretos.

**Tabela 4.1.** Planilha de controle de estoques.

| Veículos         |              |   |       |       |                           |         |         |         |
|------------------|--------------|---|-------|-------|---------------------------|---------|---------|---------|
| Material         |              | Localização                             |       |       | Código                    |         |         |         |
| Cia. Revendedora |              | Ficha do Estoque por quantidade e valor |       |       | Máximo                    |         | Mínimo  |         |
|                  |              | Estoque                                 |       |       |                           |         |         |         |
| Data             | Docto.       | Quantidade                              |       |       | Preço de estoque unitário | Valor   |         |         |
|                  |              | Entrada                                 | Saída | Saldo |                           | Entrada | Saída   | Saldo   |
| 01 -02 -XX       | Inv. Inicial | -                                       | -     | 2     | 150.000                   | 300.000 | -       | 300.000 |
| 04 -02 -XX       | NF. N.       | 3                                       | -     | 5     | 150.000                   | 450.000 | -       | 750.000 |
| 15 -02 -XX       | NF. N.       | -                                       | 4     | 1     | 150.000                   | -       | 600.000 | 150.000 |
|                  |              |   |       |       |                           |         |         |         |

Entre as formas de distribuição dos custos para os diferentes produtos gerados, pode-se considerar a proposta por Barros (1987). Nesse caso, o objetivo será analisar o custo econômico de cada produto e não o custo contábil. Segundo o autor, ao se ter a soma do custo total de produção da usina de beneficiamento (fixos e variáveis), a distribuição do custo pode ser feita de acordo com a contribuição de cada produto na geração de receita bruta da unidade industrial.

Inicialmente, é preciso saber a quantidade de matéria-prima (algodão em caroço) que foi beneficiada pela unidade industrial e a quantidade de subprodutos gerados e que estarão disponíveis para a venda. Assim, pode-se considerar:

$$RT = P_1 \times Q_1 + P_2 \times Q_2 + P_3 \times Q_3 + \dots + P_n \times Q_n$$

Onde:

RT = Receita total;

$P_i$  = Preço de venda do produto  $i$ ;

$Q_i$  = Quantidade gerada do produto  $i$ .

Com base na RT, obtém-se a parcela do custo total de beneficiamento de algodão em caroço que será destinada a cada produto, sendo:

$$Share_1 = \frac{P_1 \times Q_1}{RT}; Share_2 = \frac{P_2 \times Q_2}{RT}; Share_3 = \frac{P_3 \times Q_3}{RT}; \dots; Share_n = \frac{P_n \times Q_n}{RT}$$

Assim, com base no custo total de beneficiamento, pode-se calcular quanto será diluído para cada subproduto gerado:

$$CT_1 = (CV + CF) \times Share_1$$

$$CT_2 = (CV + CF) \times Share_2$$

$$CT_3 = (CV + CF) \times Share_3$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$CT_n = (CV + CF) \times Share_n$$

Após a computação dos custos para cada produto, o passo seguinte é compará-los com a receita gerada, podendo ser a receita de cada produto ou a total da usina de beneficiamento. As comparações podem ser feitas em relação ao Custo Variável (CV) ou sobre o Custo Total (CT). Com isto, ter-se-ia a taxa de retorno sobre cada real investido:

$$rr_{CT1} = \frac{P_1 \times Q_1}{CT_1} \quad \text{ou} \quad rr_{CV1} = \frac{P_1 \times Q_1}{CV_1}$$

$$rr_{CT2} = \frac{P_2 \times Q_2}{CT_2} \quad \text{ou} \quad rr_{CV2} = \frac{P_2 \times Q_2}{CV_2}$$

$$rr_{CT3} = \frac{P_3 \times Q_3}{CT_3} \quad \text{ou} \quad rr_{CV3} = \frac{P_3 \times Q_3}{CV_3}$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$rr_{CTn} = \frac{P_n \times Q_n}{CT_n} \quad \text{ou} \quad rr_{CVn} = \frac{P_n \times Q_n}{CV_n}$$

Onde:

$rr_i$  = Taxa de retorno sobre cada real investido

Em termos gerais, toda a contabilização de receitas e custos é efetuada principalmente para se saber se o  $rr_i$  está sendo maior que zero. Se for maior sobre o CT, a empresa pode ser enquadrada como economicamente viável. Se for maior apenas que o CV, é preciso ver uma forma de aumentar a receita, sem acréscimos proporcionais no custo, ou diminuir o custo, sem a perda proporcional de receita.

Outra forma de resumir as receitas e os custos da empresa pode ser como a apresentada na Tabela 4.2. Este é um modelo mais tradicional, utilizado por contadores e administradores.



de gestão integrada. Com isso, será possível considerar a usina como centro de custo, conhecer e controlar diariamente o custo de produção, e manter a qualidade, gerando um sistema de beneficiamento rentável ao empresário.

## 4. Breve análise da distribuição de custos do beneficiamento

Neste ponto, serão feitas breves considerações sobre a distribuição de custos na unidade de beneficiamento. O objetivo é apresentar aspectos econômicos da estrutura de custos de produção e não a forma contábil propriamente dita. Além disso, também se considera a unidade de beneficiamento como prestadora de serviço, sem, portanto, o custo de compra do algodão em caroço. Os dados da Tabela 4.3 foram obtidos no Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2010).

Ao considerar a unidade de beneficiamento como uma empresa, o principal item na composição do custo de um fardo de algodão são as embalagens e materiais de consumos, com 43% do custo total, seguido da energia e gastos com máquinas (gás, por exemplo). No entanto, não se pode deixar de computar a recuperação dos investimentos feitos para a construção da algodoeira que, neste caso, ficou em 26,6% do custo total. Observe que, neste exemplo, caso não se compute a recuperação do investimento, o industrial estará subavaliando seu custo em, pelo menos, 26,6%.

**Tabela 4.3.** Distribuição do custo de processamento de algodão em caroço.

| Custo de Produção                 | Participação (%) |
|-----------------------------------|------------------|
| Energia e operação de máquinas    | 19,0             |
| Embalagens e materiais de consumo | 43,0             |
| Reparos e manutenção              | 4,4              |
| Mão-de-obra                       | 5,2              |
| Despesas gerais e licenças        | 1,8              |
| <b>Custos Operacionais</b>        | <b>73,4</b>      |
| Custo de investimento             | 26,6             |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>100,0</b>     |

Fonte: CEPEA, 2010.

## 5. Reduzir custos é essencial

Economicamente falando, alguns instrumentos favorecem a sustentabilidade de um negócio. O primeiro é produzir eficientemente, através de cortes de custos e/ou maior receita. Outro é atuar dinamicamente no mercado, comprando na baixa e vendendo na alta. Por fim, avaliar risco e precaver-se deles é primordial.

Considerando o custo de produção do algodão, para se ter a pluma para comercialização, o operacional de 10 a 14% se refere ao beneficiamento. Sobre o custo total, esta

participação se reduz para, aproximadamente, 8%, sendo ainda expressivo.

Desta forma, o beneficiamento, além de ser um ponto essencial para se ter o produto a ser consumido pelas fiações, tem uma participação importante no custo de produção, podendo impactar de forma expressiva na rentabilidade do produtor. Um beneficiamento bem controlado e manejado poderá trazer um bom lucro, confiabilidade e credibilidade. Um beneficiamento sem controle, empírico e mal manejado tem grandes chances de colher prejuízos, perda de credibilidade e confiabilidade, além de afetar a imagem de quem o beneficia, da região, do estado e até do país.

Para reduzir custos, além de controles contábeis, são necessárias muitas ações gerenciais e operacionais que, devidamente aplicadas e controladas, tendem a gerar resultados satisfatórios. Muitas vezes, estas ações são consideradas de pequena magnitude, que demandam atenção apenas em um ponto do processo produtivo, sendo, portanto, marginalizadas, deixadas em segundo plano. Somente quando o problema se destaca é que as atenções se voltam para ele, mas o custo já pode ter ultrapassado os limites desejáveis. Controlar o custo fixo é um grande potencial para conseguir redução de gastos. Os custos variáveis não devem ser deixados de lado. Jamais deve-se sacrificar a manutenção para alcançar índices de redução de custos, pois isso manifestará, mais cedo ou mais tarde, prejuízos indesejáveis.

Segundo Chanselme (2008), dentre as ações que podem ser estabelecidas pela gerência da usina para iniciar um trabalho de redução de custos, estão:

- Instalar medidores de consumos (combustíveis e energia);
- Conhecer muito bem e em detalhes a composição dos custos;
- Definir e difundir os custos em todos os níveis da usina;
- Monitorar permanentemente o funcionamento da usina, conhecendo quem é o responsável por cada etapa do processo;
- Avaliar diariamente, sempre que possível, os ganhos e as perdas que resultam das práticas de produção (consumo, rendimento de fibra, caroço, fibrilha);
- Respeitar níveis de desempenho estabelecidos a cada processo;
- Respeitar o incondicional registro de ocorrências em relatórios diários (diário de bordo).

Em geral, na questão operacional, algumas formas de reduzir os custos fixos são:

- Manutenção cuidadosa dos equipamentos, para evitar paradas;
  - Qualidade das peças de reposição;
  - Investimento em pessoal competente e treinado.
- Uma atenção especial poderá ser direcionada para diluir os custos fixos através da redução dos gastos na operação, tais como:
- Energia (ventilação, secagem);
  - Equipamentos modernos e automatizados;
  - Organização e redução da mão-de-obra;
  - Pessoal competente e treinado;
  - Zelo pela segurança

## 6. Conscientização do produtor

Um dos desafios que deve ser alvo das empresas diante da concorrência atual é a constante procura pela melhoria de suas atividades. As empresas precisam necessariamente concentrar esforços na busca constante de seu aprimoramento, não apenas com inovações tecnológicas, mas também na gestão e tabulação de todas as informações geradas.

Com este objetivo, a usina de beneficiamento de algodão deve ser tratada como um centro de custos, visando o detalhamento de suas atividades e à identificação de gargalos e rentabilidades. Para isso, é preciso dispor de ferramentas que facilitem o armazenamento de dados segregados, assim como elaborar periodicamente relatórios (custos e receitas, por exemplo) e indicadores de desempenho. Desta forma, será possível a determinação de metas visando ao melhor benefício / custo do negócio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, G. S. C. **Economia da comercialização agrícola**. Piracicaba: Fealq, 1987.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Bioenergias**. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp.br/bioenergias/>>. Acesso em: 10 dez. 2010.
- CHANSELME, Jean-Luc. **Projeto Treinamento em Beneficiamento** – Cotimes do Brasil – Palestra Custos de Beneficiamento. [s.l.]: Abapa/Agopa, 2008.
- FERREIRA FILHO, J. B. de S.; ALVES, L. R. A.; VILLAR, P. M. del. Estudo da competitividade do algodão entre Brasil e Estados Unidos – safra 2003/04. **Revista de Economia, Administração e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 47, n. 1, p. 59-88, jan./mar. 2009.
- HOLANDA, Nilson. **Planejamento e projetos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Apec/Mec, 1975.
- MARION, J. C. **Contabilidade empresarial**. 15. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SANTOS, J. G.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- SILVA, R. N. S.; LINS, L. S. **Gestão de custos: contabilidade, controle e análise**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

# CAPÍTULO 5

## GESTÃO DE PÁTIOS NA ALGODOEIRA



A gestão dos pátios e armazéns nas algodozeiras deve ser criteriosa, desde a escolha dos locais, os espaços de movimentação, a organização necessária, bem como, a existência dos dispositivos de prevenção contra acidentes e de prevenção e combate a incêndios, seja em áreas internas ou externas. Neste ínterim, devem ser elencados e considerados os meios de transporte, as dimensões das áreas e dos itens envolvidos, como fardões de algodão em caroço, fardos de pluma, sub-produtos e resíduos provenientes da atividade de beneficiamento.

## GESTÃO DE PÁTIOS NA ALGODOEIRA

### 1. Pátios de algodão em caroço

#### 1.1. Escolha e estrutura do pátio externo de fardões

O dimensionamento do pátio externo deve se dar conforme a demanda de retirada dos fardões da lavoura. Deve-se avaliar o local para estruturar o pátio externo de espera para fardões, que deverá conter bom escoamento de água e de preferência com solo resistente para épocas de chuva. A superfície deverá ter uma boa compactação e possuir drenagem suficiente para que os fardões sejam movimentados em épocas de chuvas. As ruas entre as fileiras deverão ser cascalhadas, devido ao trânsito de máquinas pesadas para o descarregamento e o carregamento de fardões.

Todo o local deve estar livre de redes elétricas, pois qualquer imprevisto, como queda de poste ou rompimento de cabo, pode provocar um acidente ocupacional, ou principiar um incêndio. É melhor o pátio ser afastado de locais com mata, devido à possibilidade de incêndios em períodos de seca; e de estradas com muito movimento de carretas ou máquinas agrícolas, devido ao risco de fagulhas incandescentes. Se houver cruzamentos próximos, colocar quebra-molas para a redução de velocidades de veículos que se aproximem do local. O pátio de fardões (retangulares ou redondos) não deverá conter gramas em seu entorno, a fim de evitar problemas com fogo em épocas secas.

#### 1.2. Organização de pátios de fardões

Os fardões devem ser armazenados em um *layout* que facilite a sua remoção no caso de incêndio. Por isso, é recomendado que sejam depositados em somente duas filas por rua. A usina deverá ter um croqui (mapa da área) definido e registrado em seus documentos, sistema informatizado e até mesmo um quadro fixo no escritório, onde serão constantemente atualizadas as ocupações e alterações no decorrer da safra. A armazenagem deverá ter critérios baseados na propriedade do algodão, talhão, variedade e até turno de colheita (dia e noite), etc.

##### 1.2.1. Fardões retangulares

Ao armazenar fardões retangulares, é recomendado colocá-los em linha de blocos de três fardões deixando um espaçamento de 2 m a cada bloco para melhorar a movimentação e a retirada, em caso de incêndio. Entre fardões do bloco de três, uma distância de 50 cm será observada para facilitar a retirada da lona e o monitoramento da temperatura. A disposição

dos fardões poderá ser dimensionada de forma a ficar um corredor de 2 m entre duas linhas e de 10 m entre ruas de 2 linhas (Figura 5.1). Utiliza-se raramente a disposição em espinha de peixe, onde os fardões podem ser retirados individualmente com facilidade (Figura 5.2).

Lonas de cores diferentes permitem identificar algodões de qualidades distintas. Esta prática auxilia na agilidade do transporte e também do beneficiamento. Os colaboradores envolvidos em tirar e colocar o capuz nos fardões deverão ter o máximo de cuidado para não ocorrer queda, evitar ficarem próximos às bordas e sobre o capuz molhado.

##### 1.2.2. Fardões redondos

Os fardões redondos devem ser armazenados em linha de, no máximo, quatro fardões juntos. Não é recomendado armazenar os fardões um sobre o outro ou em linha contínua de vários fardões juntos, para evitar maiores perdas em casos de incêndio. O espaçamento que poderíamos considerar seguro seria deixar um espaço de, no mínimo, 2 m entre dois blocos (seria um rolo, em média, de segurança). Tal espaçamento agiliza tanto a retirada do algodão quanto a movimentação em casos de incêndio. Duas linhas de fardões separadas de, no mínimo, 50 cm constituem uma rua. Para cada rua de depósito, haverá uma de movimentação e acesso lateral, a fim de facilitar o acesso do veículo de transporte (Figura 5.3). O espaçamento entre duas ruas de

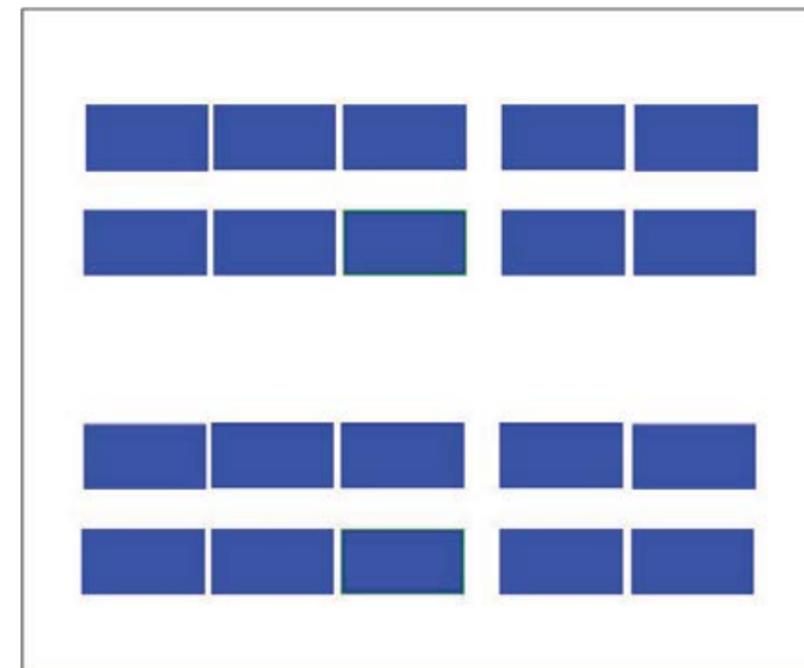


Figura 5.1. Armazenamento em linha. (Fonte: SLC Agrícola, 2013).

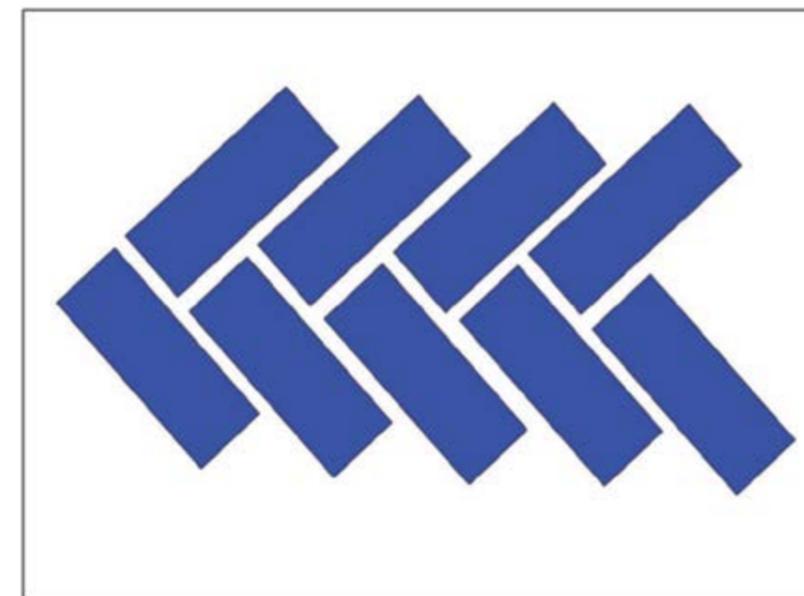
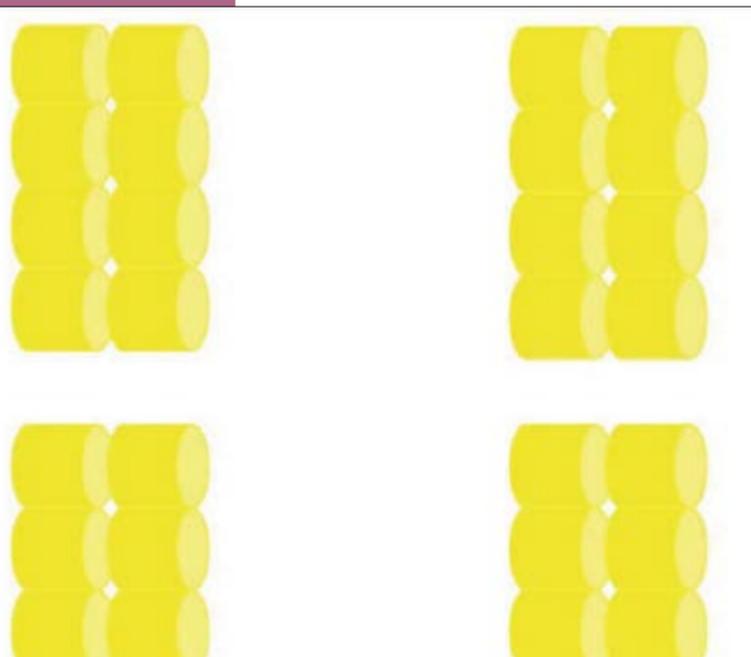


Figura 5.2. Armazenamento em espinha de peixe. (Fonte: SLC Agrícola, 2013).



**Figura 5.3.** Linhas de fardões redondos.  
(Fonte: SLC Agrícola, 2013).



**Figura 5.4.** Orientação dos fardões nas ruas.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2012).

depósito deverá ser de, no mínimo, 10 m de largura, para maior agilidade no carregamento ou descarregamento dos fardões.

Dependendo do tipo de movimentação (transmódulo, espetos, garras), os fardões poderão ser depositados de duas maneiras: no sentido da rua (a linha dos fardões alinhados constitui um rolo comprido) ou transversal ao sentido da rua, ou seja, de forma que a lona plástica fique de frente para a entrada da rua (Figura 5.4).

Cada rua será composta de uma identificação com um número e duas seções (filas). Deverá ser instalada uma placa de identificação em cada cabeceira de rua.

Para enlonamento ou envelopamento dos blocos, os colaboradores deverão utilizar cinto de segurança engatado em linha de vida (cabo de aço instalado entre duas estruturas) e, se necessário, subir sobre os fardões. Para este trabalho, podem-se prender as extremidades da lona ou capuz com uma corda e realizar o enlonamento sem a necessidade de subir sobre os blocos. Duas pessoas podem realizar este procedimento puxando, juntas, a corda presa às extremidades da lona ou o capuz sobre o bloco.

Os trabalhadores polivalentes devem ter treinamento para executar trabalho em altura e procedimentos de segurança da tarefa. Os operadores deverão receber treinamento para operar máquinas de transporte de carga.

O equipamento de proteção recomendado no pátio é composto de capacete e botina de segurança, cinto de segurança (trabalho em altura), luvas de vaqueta e óculos de segurança (movimentação de fardos de pluma) e máscara respiratória nos dias secos.

### 1.3. Movimentação dos fardões

Ao carregar os fardões na lavoura, o motorista deverá ter a certeza de que não há animais peçonhentos embaixo da lona ou capuz, porque as cobras procuram locais quentes para se esconder. O motorista deverá carregar consigo uma lanterna para, à noite, conferir e erguer o capuz antes de puxar o fardão sobre o transmódulo. Ao término do descarregamento, enquanto as correntes estiverem girando para retirar o resto de algodão, não é permitido ter pessoas atrás do caminhão ou realizando a retirada de restos de algodão da esteira em movimento. Deve ser instalada uma escada para o acesso ao fardão sobre o caminhão, a fim de retirar a touca e evitar a queda do motorista ou auxiliar. Deve-se recolher os fardões sem trazer impurezas e terra.

Ao movimentar os fardões no pátio de espera, o motorista deverá redobrar a atenção, pois o espaço é reduzido e, por ser próximo à algodoeira, poderá haver pessoas no local. Ao entrar de ré na pista de descarga do fardão, o motorista deverá se certificar se não há pessoas realizando limpeza perto do local de descarga do fardão, entre o caminhão e o desmanchador, e também utilizar os retrovisores para não colidir com a parede. As laterais das portas de entrada da usina deverão ser pintadas em uma altura suficiente para que o motorista consiga enxergar uma faixa de cor amarela com listras pretas,



**Figura 5.5.** Descarregamento de fardões redondos.  
(Foto: SLC Agrícola, 2013).



**Figura 5.6.** Transporte de fardões redondos.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2012).

ou instaladas faixas refletivas e fosforescentes do mesmo tipo.

O operador do equipamento de descarga e carga de fardões redondos deve se manter atento ao realizar as atividades (Figura 5.5). O operador nunca deverá movimentar a máquina próxima a pessoas e/ou carretas devido ao uso de garfos ou espetos para a carga dos fardões redondos; recomenda-se transitar com os espetos suspensos e inclinados para trás. Ao transitar com o fardão preso aos espetos, o operador deverá deixá-lo a uma altura segura, para que não cubra sua visão na parte dianteira do equipamento, evitando assim a colisão ou o atropelamento de pessoas (Figura 5.6). O operador sempre deverá usar o cinto de segurança para que, em um possível acidente, não venha a cair da máquina. Ao carregar os fardões redondos em carretas, jamais se deve permitir que pessoas permaneçam próximas ao veículo e deve-se estar atento para não colidir os espetos contra o caminhão. A máquina deverá sempre estar equipada com sinal sonoro de ré, buzina e extintor de classe ABC.

Antes de realizar os trabalhos com a máquina, o operador deverá realizar um check-list, para verificar possíveis defeitos na máquina, que, no decorrer da atividade, poderá ocasionar acidentes ou perda de tempo na atividade. Nos locais onde houver circulação de pessoas próximas a curvas, a buzina deverá sempre ser utilizada, como forma de advertência.

Para evitar contaminação ao beneficiar o algodão, o operador deverá se certificar de que o plástico do fardão não esteja rompido e, ao depositá-lo na piranha, posicionará a emenda fora da linha de corte da lona.

Os operadores de veículo de transporte devem ser treinados especificamente, conforme a NR 11.

#### 1.4. Prevenção de incêndios

Nos locais destinados a fardões de algodão redondos e retangulares, é necessário tomar algumas precauções para evitar incêndios. Este local não deverá conter gramas, para que não se propaguem chamas em períodos de seca. A unidade de produção deverá sinalizar o local com placas de advertência contra chamas e, se possível, desviar o trânsito de carretas e máquinas que possam emitir fagulhas em seus escapamentos para outras estradas. Nos casos de máquinas destinadas a trabalhos nestes locais, estas deverão ser equipadas com corta-fagulhas em seus escapamentos. O local deve ser interditado a fumantes e preparo de alimentos.

No caso de pátios afastados da usina de beneficiamento onde haja hidrantes, deve-se deixar um caminhão pipa diariamente abastecido e próximo do local para uso em casos de emergência. Devem-se manter os fardões monitorados para a certificação de sua temperatura interna devido a possíveis incêndios, principalmente em períodos de chuvas devido ao aumento da temperatura interna destes fardões ocasionado pela umidade e o calor. Neste caso, o fardão deverá ser imediatamente encaminhado para a usina, a fim de ser desmanchado e beneficiado.

Os trabalhadores envolvidos no processo de carregamento e descar-

regamento de fardões devem ser treinados e orientados com os procedimentos de prevenção e combate a incêndio. Em dias de mau tempo e incidências de raios, as vistorias no pátio de espera de fardões deverão ser intensificadas. No período noturno, recomenda-se deixar um vigia treinado e orientado quanto aos procedimentos a serem tomados no caso de incêndio. Este colaborador deverá ter disponível um equipamento de comunicação para emergência e eventualidades. O caminhão pipa citado acima deverá estar equipado com rádio, quatro mangueiras de 1 polegada de diâmetro e comprimento de 15 m cada, com bico regulável e uma motobomba. A mangueira de 1 polegada é recomendada neste caso, pois a potência da motobomba é menor que a de um hidrante fixo.

## 2. Armazenagem da pluma (pátios externos e armazéns)

Antes de serem armazenados, os fardos devem ficar em um local designado de espera, de 24 a 48 horas. Para controle de risco de incêndio, este local deverá ser afastado do depósito de pluma. Em casos de suspeita de fogo, os 10 fardos anteriores e os 10 posteriores saídos da prensa deverão ser mantidos em observação, de 24 a 48 horas.

### 2.1. Estrutura do pátio externo de pluma

O dimensionamento do pátio deve se dar conforme a demanda de produção e estocagem da algodoeira. Deve-se avaliar o local para estruturar o pátio externo de armazenamento de pluma. Este local deve conter bom escoamento de água, ser afastado de redes energizadas, com para-raios nas proximidades e, de preferência, com solo resistente para épocas de chuva.

É recomendado colocar pó de brita para evitar a contaminação da fibra pela poeira de terra ou areia, e avaliar a possibilidade de cascalhar ou asfaltar as ruas de circulação de empilhadeiras e carretas nos locais destinados à montagem dos blocos de pluma. Em relação ao espaçamento entre blocos, deve-se manter um limite mínimo de 1 m entre os mesmos e de 10 m entre blocos e ruas, para uma margem de segurança em caso de incêndio (Figura 5.7).

Este procedimento, juntamente com outras ações, são quesitos para avaliações de seguradoras em relação a valores a serem pagos.

O equipamento de proteção re-

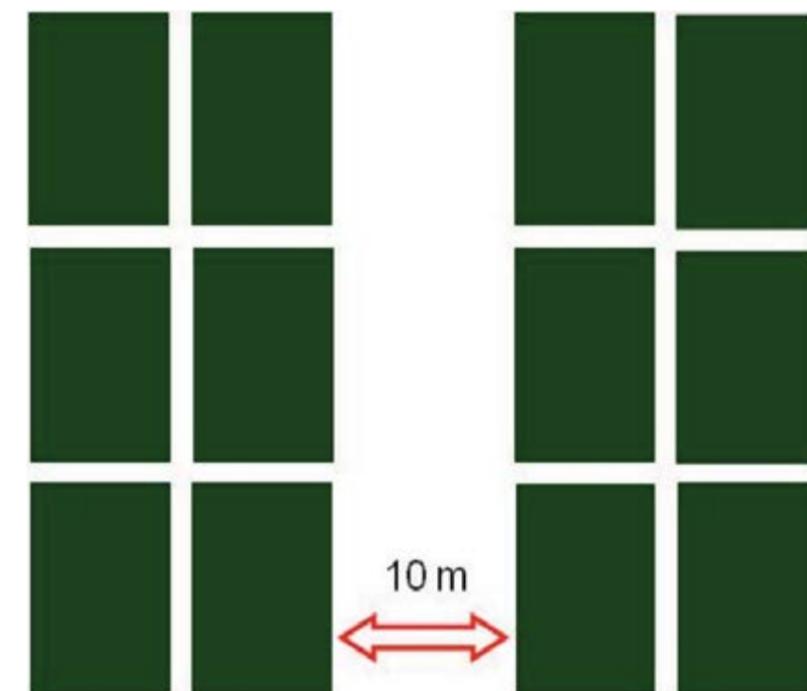


Figura 5.7. Organização do pátio. (Fonte: SLC Agrícola, 2013).



**Figura 5.8.** Bloco de fardos de 140 x 53 cm. (Foto: SLC Agrícola, 2013).



**Figura 5.9.** Bloco de fardos de 106 x 53 cm. (Foto: Grupo Busato).

comendado no pátio é composto de capacete e botina de segurança, cinto de segurança (trabalho em altura), luvas de vaqueta e óculos de segurança (movimentação de fardos de pluma), além de máscara respiratória nos dias secos.

## 2.2. Estrutura dos blocos de pluma em pátio externo

Os fardos de pluma liberados para armazenamento devem ser emblocados de forma retangular, sobre estrados de madeira com, no máximo, 12 cm de altura, para melhor estabilidade do bloco. No caso dos fardos de dimensões 140 x 53 cm, este bloco deve conter, no máximo, 6 x 8 fardos na base e, no máximo, 2 fardos de pluma de altura. Serão colocados 14 fardos deitados sobre o bloco fazendo com que este forme uma estrutura para melhorar o escoamento de água nos períodos de chuva (Figura 5.8). No caso dos fardos de 106 x 53 cm, o bloco terá dimensões diferentes. Poderá ser organizado com base de 6 x 6 fardos e três fardos de altura. Serão colocados 16 fardos deitados sobre o bloco (Figura 5.9).

Para enlonação ou envelopamento dos blocos, os colaboradores deverão utilizar cinto de segurança engatado em linha de vida, podendo ser utilizada a mesma linha de carregamento.

Os trabalhadores polivalentes devem ter treinamento para executar trabalho em altura e procedimentos de segurança da tarefa. Os operadores devem receber treinamento para operar máquinas de transporte de carga.

## 2.3. Armazenamento de pluma em depósito interno

Os fardos de pluma devem ser empilhados em piso plano e sobre estrados de madeira ou concreto para evitar contato com o solo, com perfeita estabilidade nas pilhas, o que se consegue através de fardos uniformes e de mesmo tamanho. É recomendado utilizar sarrafos de madeira entre uma camada e outra de fardos, para manter o seu alinhamento e amarração.

Procurando estabilidade e segurança, os fardos deveriam normalmente ser empilhados deitados (Figura 5.10). Apesar de ser desaconselhado, o empilhamento dos fardos de pé é frequente, essencialmente por razão prática. É recomendado dispor uma ou duas camadas de fardos deitados em cima do bloco, e orientados de maneira a aumentar a estabilidade das colunas de fardos. Deve-se deixar um espaço de 0,50 a 0,80 m entre os blocos, para o acesso em caso de emergência; e arruamento de 3,5 a 4 m, para o acesso da carga e movimentação (Figura 5.11). A distância com relação às paredes não deve ser menor do que 1,2 m.

Nos locais onde houver lâmpadas sobre as pilhas, deverá ser mantido um distanciamento de segurança de até 1 m do fardo até a lâmpada, para evitar acidentes no empilhamento e carregamento. As lâmpadas destes locais devem ser as utilizadas para áreas classificadas (enclausuradas), a fim de evitar possíveis faúlhas em decorrência de curto-circuito. As fiações de energia devem estar sobre ou den-



**Figura 5.10.** Empilhamento deitado. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 5.11.** Armazenamento interno de fardos. (Foto: SLC Agrícola, 2012).

tro de eletrodutos antichamas. No carregamento destes fardos, o conferente jamais deverá checar o número dos fardos sobre a pilha, devido ao risco de queda. É recomendado que a empilhadeira desça os fardos e que seja feita a conferência no solo. Não se deve permitir que as pessoas circulem no depósito no momento da quebra de lotes (separação), por causa do risco de queda dos fardos.

Deve-se manter a sinalização de área restrita nas portas de acesso dos depósitos de pluma, pois existe risco de acidente com lesão e esmagamento fatal. O pessoal envolvido deve ser treinado. O equipamento de proteção recomendado nos armazéns de pluma é composto de capacete, botina, luvas de vaqueta, óculos de segurança, máscara respiratória e protetor auditivo.

## 2.4. Carregamento de fardos de pluma

No carregamento de fardos de pluma, o local deverá estar equipado com linha de vida para os colaboradores prenderem o cinto de segurança, no trabalho em altura. A linha de vida deverá estar em uma altura que possibilite o trabalho de empilhadeiras e que seja mais alta do que a última linha de fardos colocados sobre a carreta. O cabo utilizado terá diâmetro de 8 mm e não deverá ter emendas ou desgastes em sua extensão. O projeto deve ser realizado por profissional habilitado e pessoa responsável por construir a estrutura. O motorista não deve permanecer próximo à carreta durante o carregamento, devendo ficar na cabine do veículo ou em local apropriado indicado para tal fim. Após o carregamento concluído, os fardos devem ser amarrados com cinta para evitar a sua queda no deslocamento para a pesagem, antes do enlombamento da carreta.

O pessoal envolvido na atividade sobre a carreta deve ser treinado para trabalho em altura. O equipamento de proteção recomendado é composto de cinto de segurança, capacete, botina, luvas de vaqueta, óculos de segurança, máscara respiratória e protetor auditivo.



**Figura 5.12.** Mangueira com diâmetro de 50 mm. (Foto: SLC Agrícola, 2011).

## 2.5. Prevenção e combate a incêndio

Nos armazéns internos e externos, é obrigatório o uso de equipamentos de combate a incêndio, devido ao grande risco de fogo. Os pátios e depósitos destinados a armazenar algodão devem estar equipados com rede de hidrantes com mangueiras 50 mm, de 15 m cada e com bico de jato regulável (Figura 5.12). Em cada caixa de hidrante, recomenda-se ter 4

mangueiras atingindo 60 m no total. Para um melhor dimensionamento destes equipamentos, deve-se realizar o projeto de um Programa de Prevenção e Combate a Incêndio e Pânico (PPCIP).

Um reservatório de armazenamento de água deve ser mantido somente para alimentar a rede de hidrantes. Este depósito de água varia conforme a demanda do número de hidrantes em relação à capacidade de fogo do material armazenado (algodão). Juntamente com o reservatório, duas bombas de água deverão ser mantidas, uma elétrica e outra a combustível (óleo diesel), em casos de falta ou possível corte de energia elétrica. O estabelecimento também pode manter um caminhão pipa equipado com rádio amador, mangueiras e bicos de jato regulável, sempre disponível em caso de emergência.

As bombas e hidrantes deverão ser testados periodicamente, para avaliar suas condições de funcionamento, e as bombas que abastecem os reservatórios de água devem estar sempre em funcionamento. Quando for necessária a limpeza do reservatório de água, deve-se deixar o caminhão pipa parado no local, para dar auxílio em caso de incêndio. As mangueiras somente devem ser usadas para o fim a que se destinam e não para molhar pátios ou lavar barracões, a fim de evitar que se danifiquem. Também depois de usadas, devem ser mantidas abertas e, de preferência, erguidas até se secarem totalmente. Após, enrolar e guardar nas caixas de hidrantes (Figura 5.13).

O depósito interno de pluma, além de hidrantes, deve conter extintores de classe A (água) em locais específicos e em quantidade determinada no PPCIP. Em locais de acesso aos pátios externos e armazéns internos, é sugerido que se coloquem placas de advertência para não provocar ali chamas ou fagulhas. Quando for necessário realizar trabalhos a quente (solda, oxicorte, lixamento e esmerilhamento) nestes locais, deverá ser feito um plano para que não ocorra incêndio (uso de tapumes, resfriamento e retirada dos fardos de algodão, se possível). Este tipo de trabalho sempre será realizado com o auxílio de uma pessoa equipada com extintor de classe A.

Todos os meses, as condições dos equipamentos para combater incêndio e de emergência devem ser avaliadas com check-lists. Os colaboradores deverão estar orientados sobre como agir em caso de incêndio e a quem comunicar. Um treinamento de 20 h de duração deverá ser realizado, para a formação de brigadistas de combate a incêndio. Normalmente, o brigadista mais próximo deverá ser comunicado e o alarme de emergência acionado. Se o estabelecimento não possuir alarme, a buzina de um veículo pode ser utilizada, de forma intermitente, para avisar os demais. O estabelecimento poderá dispor de um quadro ou placa com os ramais a serem contatados em caso de emergência.

Brigadistas treinados, hidrantes e extintores suficientes para a carga de material armazenado (PPCIP), alarme e spinclers, entre outros, são itens indispensáveis à aquisição e baixo custo de seguros.



**Figura 5.13.** Caixa de hidrante no armazém. (Foto: SLC Agrícola, 2011).

## 2.6. Movimentação de empilhadeiras

As empilhadeiras para trabalho em locais fechados não devem ser movidas a combustíveis que liberam dióxido ou monóxido de carbono. Nos locais onde houver circulação de pessoas próximos a curvas dentro dos barracões, deverão ser instalados espelhos côncavos para melhorar a visualização do operador e das pessoas.

Além das recomendações gerais de uso de empilhadeiras (velocidade, manobras, manutenção), existem regras específicas para a movimentação de fardos.

O operador de empilhadeiras e equipamentos de movimentação de fardos de pluma deve manter sua atenção ao realizar as atividades, principalmente em depósitos a céu aberto (pátio externo). O operador nunca deverá movimentar a máquina com a lança erguida e/ou com a carga suspensa, pois este procedimento poderá ocasionar o tombamento da máquina ou acidentes com pessoas em circulação. Recomenda-se circular com os garfos suspensos a, no máximo, 20 cm do solo. Ao carregar os fardos de pluma em carretas, jamais se deve permitir que pessoas permaneçam próximas ao veículo, e deve-se ter atenção com os demais que fazem o acondicionamento dos fardos na carreta. As empilhadeiras devem sempre estar equipadas com sinal sonoro de ré, buzina e extintor de classe ABC. Os operadores jamais deverão realizar o içamento de pessoas em suas lanças ou garfos.

Quando pegar os fardos de pluma, o operador deve se certificar se os mesmos estão suspensos a uma altura segura, para não causar quedas dos demais que ainda estão no bloco (Figura 5.14).

O operador de empilhadeira terá treinamento de 40 h, conforme a NR 11. Trabalhadores polivalentes receberão treinamento específico de segurança na operação. Os equipamentos de proteção são os recomendados para pátios externos e armazéns de pluma.



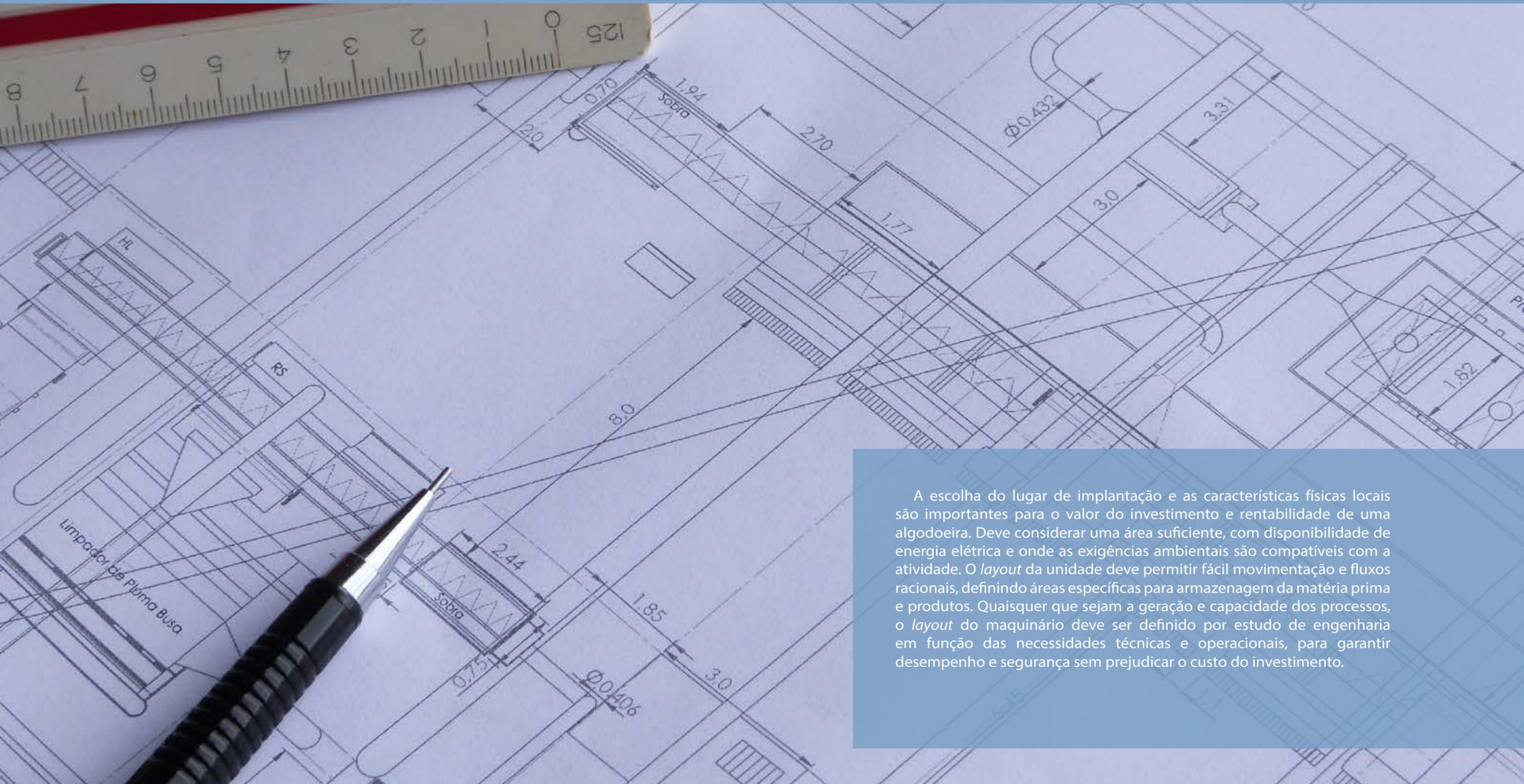
**Figura 5.14.** Empilhamento de fardos.  
(Foto: SLC Agrícola, 2012).



Foto: Cotimes do Brasil

# CAPÍTULO 6

## IMPLANTAÇÃO DE ALGODOEIRA E PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO



A escolha do lugar de implantação e as características físicas locais são importantes para o valor do investimento e rentabilidade de uma algodoeira. Deve considerar uma área suficiente, com disponibilidade de energia elétrica e onde as exigências ambientais são compatíveis com a atividade. O *layout* da unidade deve permitir fácil movimentação e fluxos racionais, definindo áreas específicas para armazenagem da matéria prima e produtos. Quaisquer que sejam a geração e capacidade dos processos, o *layout* do maquinário deve ser definido por estudo de engenharia em função das necessidades técnicas e operacionais, para garantir desempenho e segurança sem prejudicar o custo do investimento.

# IMPLANTAÇÃO DE ALGODOEIRA E PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO

## 1. Regras para a escolha do lugar de implantação

Como qualquer indústria, a rentabilidade de uma algodoeira é fortemente determinada pela localização e organização espacial do processo utilizado (*layout*). Vários elementos devem ser considerados para escolher um lugar para uma usina nova ou realocar uma usina existente.

A acessibilidade do local é fundamental, sendo de fácil acessibilidade para clientes, donos e funcionários.

No caso do produtor, a usina deve ser instalada na parte central da área cultivada da fazenda ou do conjunto de fazendas para limitar os custos e o tempo de seu abastecimento.

No caso da usina prestadora de serviço, o acesso é um critério importante de escolha pelos clientes e a proximidade de uma via boa e, se possível, pavimentada é um ponto muito positivo.

### 1.1. A área disponível

É importante dispor de uma área de tamanho suficiente para poder desenhar um *layout* geral da unidade industrial, que seja funcional. A funcionalidade inclui uma boa movimentação para o abastecimento da usina e o manuseio dos produtos acabados, assim como uma capacidade suficiente de armazenagem, de acordo com as regras de segurança estabelecidas.

### 1.2. As características físicas locais

As características do solo são importantes. Os terrenos acidentados necessitam de obras caras, para terraplanagem e preparação. A obra civil de uma usina comporta muitas infraestruturas subterrâneas, tais como valetas para tubulações e fossa para prensa. Solos rochosos ou mal drenados tornam a construção muito cara e até podem comprometê-la.

Áreas baixas são sujeitas a inundações, deixando o acesso difícil, a construção mais difícil e demorada, ameaçam os equipamentos (prensas) e os produtos armazenados.

### 1.3. As exigências ambientais

No mundo e no Brasil, a tendência atual é proteger o meio ambiente. A atividade de beneficiamento do algodão não gera poluição química, mas produz poeira, barulho e trânsito. A localização da usina deve evitar áreas protegidas e a proximidade de áreas povoadas. A direção do vento predominante deve sempre ser considerada, para evitar transtornos em áreas mais ou menos distantes.

### 1.4. A disponibilidade de energia elétrica

A concessionária de energia local deve ser contatada, para saber sobre a disponibilidade e o preço dos serviços. Frequentemente, a energia não está disponível no local ou a rede deve ser modificada para atender a usina. Trazer a energia até o local tem custo. Uma pesquisa nas indústrias já implantadas na região com relação à qualidade da energia também é essencial antes de escolher um local.

Enfim, podem existir diferenças significativas entre locais com relação às cargas tributárias. As instituições e autarquias locais devem ser consultadas sobre a questão de impostos, para uma análise sobre a propriedade e os serviços que serão cobrados.

## 2. Regras para o *layout* da área da usina

Não existe nenhum *layout* padrão, pois cada lugar tem suas características próprias, tais como tamanho e forma de área, instalações preexistentes, restrições, etc. No entanto, várias regras devem ser aplicadas para se desenhar corretamente o arranjo de uma algodoeira para eficiência e segurança (Figura 6.1).

### 2.1. Ter espaço para movimentação

Um espaço bem proporcionado melhora a produtividade e reduz o risco de acidente com equipamentos e pessoas.

Caminhos permanentes e de largura suficiente devem ser delimitados e materializados e, se possível, pavimentados, para evitar desmanchamento do solo com tráfego intenso (Figura 6.2). São importantes para o movimento do algodão em caroço (transmódulos entrando, saindo ou deslocando fardões) e para o trânsito dos caminhões que transportam caroço, pluma ou resíduos.

O armazenamento de fardos de algodão frequentemente é feito em forma de pilhas numa área exclusiva do pátio ou do armazém, porém o armazenamento em galpões é bastante comum.

Amplios espaços devem ser deixados para que visitantes e clientes estacionem perto do escritório e o entorno da usina deve dispor de locais adequados para a espera dos caminhões que farão o carregamento de caroço e pluma ou a descarga de fardões de algodão em caroço.

### 2.2. Orientação em relação ao vento predominante

O galpão de beneficiamento, com o seu sistema de coleta de poeira e resíduos, deve

ser posicionado de modo que o vento predominante carregue a poeira e os fragmentos de pluma para longe do escritório, áreas de armazenamento de fibra e algodão em caroço, e também do próprio galpão de beneficiamento. A quantidade de poeira que entra na algodoeira e no ambiente de trabalho deve ser mínima, para favorecer a limpeza do algodão processado.

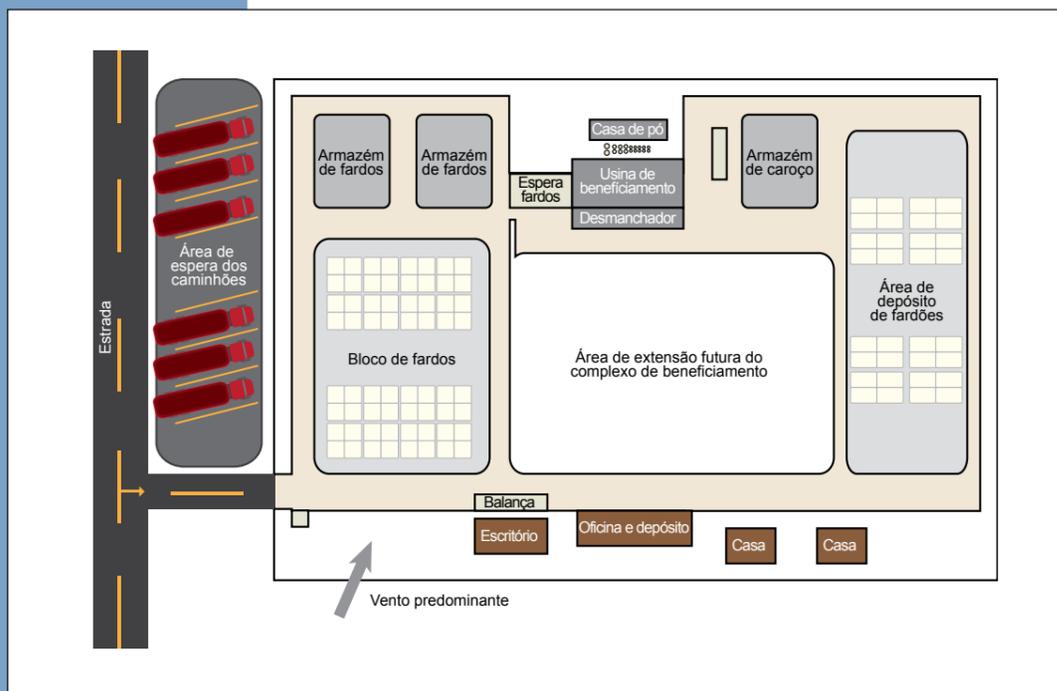


Figura 6.1. Exemplo de layout respeitando regras básicas. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).



Figura 6.2. Pavimentação de caminhos e pátio. (Foto: Sofitex, 2011).

### 3. Regras para *layout* do maquinário

O arranjo do maquinário de beneficiamento é parcialmente definido por necessidades funcionais. Por exemplo, a distância entre descarçadores e limpadores de pluma varia muito pouco e o comprimento da bica de fibra é definido pela capacidade de produção. Imperativos econômicos no investimento e na operação obrigam a otimizar o espaço e a procurar, por exemplo, trajetos de tubulações mais curtos possíveis. O *layout* dos equipamentos deve ser definido por estudo de engenharia e deve garantir o bom funcionamento e o alto desempenho do processo, preservando espaço suficiente para uma operação com segurança, fácil monitoramento das atividades e manutenção, sem prejudicar o custo de investimento.

No caso das usinas novas, o construtor geralmente sugere o dimensionamento e o desenho do prédio, assim como um *layout* dos equipamentos e vários desenhos, com todas as dimensões e cargas necessárias à preparação da obra civil (posição e dimensões das valetas, espessura do piso de concreto, etc.). A configuração inicial da usina é muito importante, pois, devido às construções abaixo do nível do piso de concreto, grandes mudanças, como localização de descarçadores ou prensa, são muito difíceis e caras. Por isso, o remodelamento das algodoeiras antigas geralmente é limitado quando se substitui maquinário antigo por moderno.

No Brasil, é comum o deslocamento de usinas antigas de uma região para outra ou dentro da mesma região (ver capítulo histórico) sem o desenho e o *layout* do maquinário. O arranjo dos equipamentos fora e dentro da sala de beneficiamento se faz de maneira empírica, segundo os hábitos de montadores ou funileiros. Para conseguir níveis bons de operação e desempenho, facilitar os trabalhos de manutenção e reduzir riscos para operadores é importante trabalhar com engenharia, a fim de selecionar ou construir prédios de tamanhos suficientes e adaptados para receber um maquinário bem organizado, baseados num *layout* apropriado e funcional e com possibilidade de evolução posterior (Figura 6.3).

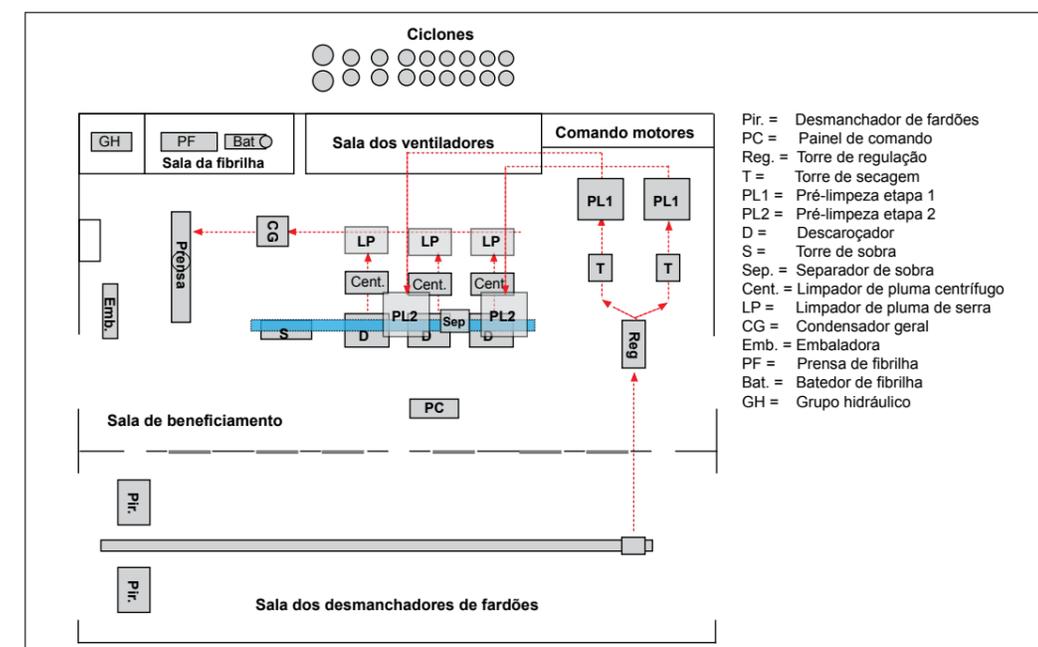


Figura 6.3. Exemplo de layout de maquinário. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 6.4.** Espaço de trabalho na frente dos descarçadores. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 6.5.** Iluminação do ambiente de trabalho. (Foto: Cotimes, 2006).

O espaço livre dentro da sala de beneficiamento, necessário para a operação e a manutenção eficientes dos equipamentos, não deve ser aproveitado para o armazenamento de fardos, o que apresenta um alto risco de incêndio e de perda de toda a unidade industrial.

No desenho do *layout* de uma usina nova, assim como das antigas, várias considerações devem ser feitas, tais como verificar:

- o espaço entre as máquinas e na frente dos descarçadores (Figura 6.4);
- a localização do(s) desmanchador(es) de fardões, que devem estar isolados da sala de beneficiamento, para evitar contaminação pela poeira;
- a localização dos ventiladores, que devem ser instalados em uma sala apropriada, para reduzir barulho e riscos;
- a localização das tubulações, que devem ser postas no chão, para abrir espaço;
- os trajetos de tubulações, otimizando-os para reduzir o consumo de energia;
- a localização do painel de controle, instalando-o bastante longe, na área livre na frente do conjunto de descarçadores, para se poder facilmente controlar o maquinário e os operadores durante a operação;
- a localização dos armários elétricos, pondo-os num local específico, fechado e condicionado para temperatura e poeira;
- se há iluminação adequada e com bastante claridade no ambiente de trabalho (telhas translúcidas no teto) (Figura 6.5);
- a localização da coleta de resíduos, para fácil movimentação, redução do risco de incêndio e contaminação.



Foto: Grupo Busato

# CAPÍTULO 7

## O PROCESSO DE BENEFICIAMENTO



As etapas identificadas no processo de beneficiamento de algodão são o descarregamento e alimentação, a gestão da umidade com secagem e umidificação, a limpeza do algodão em caroço, o descaroçamento, a limpeza de pluma, a prensagem e embalagem da pluma. O capítulo apresenta os princípios de funcionamento e regulagens dos vários modelos de equipamentos que compõem os processos das usinas de tipo antigo e das unidades modernas de alta capacidade. Normas técnicas, regras de dimensionamento, possibilidades de automação e recomendações de gestão e operação são justificadas e detalhadamente expostas para cada etapa do processo.

## O PROCESSO DE BENEFICIAMENTO

### 1. Descarregamento e alimentação do processo

Para um ótimo funcionamento e controle, o processo de beneficiamento deve ser alimentado com um fluxo regular de algodão em caroço. A remoção do algodão em caroço do fardão nunca pode ser perfeitamente regular, principalmente por causa da heterogeneidade de densidade da massa de algodão, e os sistemas de descarregamento devem ser completados por sistemas de regulação de fluxo.

Existem dois sistemas de descarregamento na algodoeira:

- O desmanchador de fardões, que desmancha o módulo mecanicamente. O algodão em caroço é dispersado e descompactado antes de cair numa esteira lateral que leva até a sucção inicial;
- O telescópio móvel, que remove o algodão diretamente do reboque ou do módulo por sucção. Este sistema se tornou muito raro no Brasil devido ao pouco uso de reboques.

#### 1.1. O descarregamento por desmanchador de fardões

Em Mato Grosso, o algodão em caroço colhido é acondicionado em fardões prensados na lavoura. Nas algodoeiras, o sistema de descarregamento por telescópios, antigamente o mais comum, foi substituído por um sistema mecânico, mais adaptado à compactação alta e gerando um fluxo mais regular. A máquina utiliza cilindros rotatórios de pinos ou facas para desmontar a massa de algodão, que é coletado na parte baixa da máquina por uma rosca e levado até uma correia/fita que o transporta até o ponto de sucção para o processo.

No Brasil, quase todos os desmanchadores de fardões são de tipo móvel. Os fardões que chegam do campo são descarregados na pista do desmanchador, que se desloca. Em muitos outros países, existem desmanchadores fixos. Neste caso, são os fardões que se deslocam em cima de um sistema de movimentação. Os fardões são transportados a uma velocidade ajustável sobre uma série de unidades transportadoras, cada uma do seu comprimento (esteiras metálicas, rolos ou piso móvel – *walking floor*). São tecnologias dos anos 1970 criadas nos EUA (Figura 7.1).



Figura 7.1. Desmanchadores de cabeça móvel e estacionária. (Foto: Cotimes do Brasil, 2010).

O desmanchador móvel é localizado em uma área coberta e com um piso de cimento. O comprimento da pista permite, em geral, colocar quatro a seis módulos encostados pelas pontas. O desmanchador é montado em trilhas de cantoneiras. Um motorreductor move o desmanchador dentro do fardão. Pela velocidade de andamento, controla-se o fluxo de algodão que entra na usina. A regulação do fluxo não é perfeita por causa da heterogeneidade de compactação do fardão. Um motor de movimento aciona a cabeça desmanchadora para deslocamento rápido ao encontro dos fardões ou para trás, quando o desmanchador é de sentido único e deve ser deslocado para poder recarregar a pista. O algodão desmanchado por 6 a 7 cilindros em rotação é projetado no espaço atrás dos cilindros e bate contra uma chapa traseira antes de cair nas roscas de saída lateral (Figura 7.2). A chapa traseira é fixa nas máquinas unidirecionais e pendular nas máquinas bidirecionais, para poder liberar o acesso às roscas, qualquer seja o sentido de andamento.

Os desmanchadores fixos começam a aparecer no Brasil com o desenvolvimento da tecnolo-

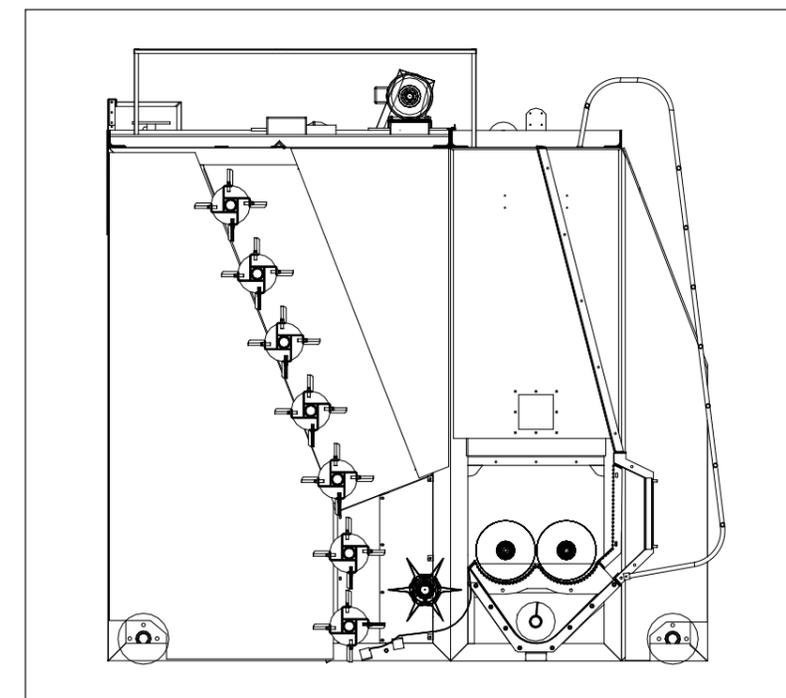


Figura 7.2. Corte do desmanchador de fardão móvel. (Fonte: Busa Ltda, 2004).



**Figura 7.3.** Desmanchador móvel e fardões redondos. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

gia dos fardões redondos, mesmo que os desmanchadores móveis sejam muito bem aproveitados (Figura 7.3).

O desmanchador móvel sempre precisa de uma esteira de largura adaptada à capacidade da usina (por exemplo, 61 cm para 24 fardos por hora) e localizada ao longo de toda a plataforma alimentadora. Ela recebe o algodão do desmanchador e o carrega para o fim da plataforma, até o ponto de sucção. No caso da máquina móvel, o algodão deve ser aspirado no final da esteira. A solução mais econômica consiste em combinar sucção com secagem. Neste caso, uma caixa de ar quente recebe o algodão e o ar quente, que são puxados para

dentro da usina. Muitas usinas antigas têm uma sucção simples, separada da secagem, o que representa um maior gasto de energia.

Para garantir uma alimentação contínua e suficiente do processo, o operador do desmanchador móvel deve evitar que falte algodão na máquina ou que ela ande com velocidade flutuante. Os fardões sempre devem ficar bem encostados, para evitar flutuações de alimentação e evitar que o módulo desmorone na entrada da máquina e provoque um embuchamento. A velocidade de movimentação deve ser regulada de acordo com o fluxo desejado e deve ser pilotada automaticamente. No final do último módulo, deve ser utilizada uma chapa inclinada para conseguir um desmanchamento total, evitando a queda do fardão e a falta de alimentação do processo. No caso de um único desmanchador, recomenda-se o uso de uma máquina bidirecional, para abastecer com módulos do lado oposto quando se aproxima do fim da pista.

Um operador experiente deve saber inverter as funções, para garantir que não haja tempo perdido durante o carregamento do sistema. Uma só máquina unidirecional gera muita perda de produção, em função do retorno da máquina por toda a pista antes de novamente poder abastecê-la e alimentá-la. Usinas de alta capacidade precisam de duas máquinas funcionando juntas para conseguir um fluxo suficiente. Neste caso, são de tipo unidirecional e uma delas deve permanecer alimentando o processo, enquanto a outra retorna ao início da pista, para reabastecimento. Os desmanchadores de fardões geram muita poeira (Figura 7.4) e o local das máquinas deve ficar separado da sala do processo de beneficiamento por uma parede, para evitar a contaminação do ambiente de

trabalho e do algodão. A parede deve possuir vidros grandes para o maquinista poder enxergar permanentemente os desmanchadores e comunicar-se visualmente com os operadores, se necessário.

Ao descompactar o algodão em caroço do fardão, os pinos dos rolos desmanchadores arrancam fibra soltando mechas observáveis no algodão depositado na fita lateral (Figura 7.5). É um inconveniente do desmanchamento, que não existe com os telescópios. Essas mechas soltas, em sua maioria, se perdem no decorrer do processo (principalmente nos batedores que trabalham com sucção) ou chegam até os descarçadores, onde se encarneiram, reduzindo o tipo da fibra produzida. A velocidade de rotação recomendada para os rolos desmanchadores é de 330 a 360 RPM. Velocidades maiores aumentam o beneficiamento pelos pinos e afetam negativamente a apresentação da fibra.

O respeito das regras de segurança é fundamental na operação, pois a máquina apresenta cilindros de pinos abertos, em rotação, sem proteção.



**Figura 7.4.** Poeira gerada pelo desmanchador de fardões. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).



**Figura 7.5.** Mechas de fibra beneficiada pelo desmanchador. (Foto: Cotimes, 2005).



**Figura 7.6.** Troca da chapa traseira por grelha. (Foto: Cotimes, 2006).

### 1.1.1. Opções dos desmanchadores

Nos estacionários, é comum instalar um limpador de cilindros de pinos embaixo da máquina. Em geral, o objetivo é separar areia.

No Brasil, encontram-se várias adaptações destinadas a aumentar a função de limpeza no desmanchador móvel:

- Batendo o algodão, os cilindros desmanchadores conseguem a separação de uma parte da sujeira. Ao bater na chapa traseira, a sujeira cai em cima do algodão que está se deslocando transversalmente nas roscas. Para resolver parcialmente esse problema, a chapa traseira pode ser trocada por uma grade de barras horizontais de 9 mm, separadas em até 10 mm (Figura 7.6);
- O transporte lateral pelas roscas deve também ser aproveitado para separar uma parte dos resíduos, utilizando grade de barras embaixo das roscas. As barras de 9 mm têm espaçamento de 10 a 12 mm para permitir a separação das casquinhas; devem ser orientadas paralelamente ao eixo das roscas para evitar perdas de algodão;
- Acréscimo de um batedor inclinado no desmanchador móvel: o batedor recebe o algodão projetado atrás dos cilindros desmanchadores. Acrescido na máquina unidirecional ou aproveitando dos cilindros de um lado da máquina bidirecional (que então



**Figura 7.7.** Sistema de catação de poeira no desmanchador móvel. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).

se torna unidirecional), comporta, em geral, 7 cilindros. A taxa de sujeira fina eliminada é alta, o que explica o sucesso desta adaptação. No entanto, nas adaptações existentes, o algodão não pode ser desviado, o que apresenta um inconveniente grande no caso do algodão úmido, que é batido e rolado pelos pinos sem nenhuma possibilidade de secagem, o que provoca o encarnejamento da fibra e de sua sujeira, que fica mais difícil de separar nas demais etapas de pré-limpeza, aumentando, no final, as perdas de fibra no limpador de pluma;

- Sistemas de captação da poeira emitida dentro da máquina pela ação de desmanchamento e batida (Figura 7.7).

### 1.1.2. Automação do desmanchador de fardões

Quando não tem dispositivo específico de regulação do fluxo de algodão introduzido no processo (torre de regulação), o que é o caso de todas as usinas antigas e de algumas modernas, o fluxo de algodão jogado no processo depende diretamente da velocidade de andamento dos desmanchadores de fardões. Nas usinas antigas, acontecem muitos embuchamentos individuais dos descarçadores e o ritmo de beneficiamento dos conjuntos não é estável. Sem torre de regulação, todas essas variações obrigam, frequentemente, a ajustar a velocidade de andamento dos desmanchadores para tentar conseguir uma alimentação fina e regular, suficiente, de todos os descarçadores ou evitar um exagero de sobra. Devido ao longo tempo que o algodão que sai do desmanchador leva para chegar até os descarçadores (que aumenta com a distância entre o desmanchador e o ponto de sucção), o ajuste manual é difícil, e é frequente observar o operador mexendo continuamente, criando uma flutuação grande da alimentação e do funcionamento do processo.

Neste caso, a automação da regulação da velocidade é impossível, porém uma melhoria simples e necessária pode ser providenciada, consistindo em parar automaticamente o desmanchamento e a esteira quando o beneficiamento parar, ou ainda reduzir as velocidades à metade quando um dos dois conjuntos parar.

Outro fator que dificulta a regulação da alimentação unicamente pela velocidade de andamento do desmanchador é a heterogeneidade da densidade do algodão dentro do fardão e entre os fardões.

## 1.2. O descarregamento por telescópios

Antes da aparição dos fardões, o algodão era acondicionado em reboques, podendo ser compactado ou não. O descarregamento devia então ser feito diretamente no reboque, utilizando um sistema pneumático com sucção através de tubos verticais movidos manualmente, os telescópios.

O descarregamento por telescópios operados manualmente apresenta a vantagem da simplicidade (poucas peças em movimento), mas tem o inconveniente do custo



**Figura 7.8.** Descarregamento por telescópio manual. (Foto: Cotimes, 2004).

da mão-de-obra e é inadaptado às usinas de grande porte (30 fardos por hora ou mais). Somente algumas algodozeiras antigas de pequena capacidade ainda utilizam o telescópio manual para descarregar fardões e alimentar o processo (Figura 7.8).

Telescópios hidráulicos e automatizados foram desenvolvidos para poder alimentar usinas de alta capacidade, com até 60 fardos por hora. O operador instalado numa cabine elevada aciona os telescópios por intermediário de *joysticks*. O sistema, bastante sofisticado, requer operadores treinados, junto com ajustes e manutenção, seguindo à risca as recomendações do construtor. Com a armazenagem em far-

dões, desmanchadores são muito mais simples de se usar, mais baratos e com manutenção simplificada, no entanto o descarregamento por telescópios hidráulicos quase não se encontra no Brasil.

Com equipamentos manuais ou hidráulicos, o descarregamento por telescópio gera um fluxo de algodão muito irregular. É imprescindível então regular este fluxo descarregando o algodão, primeiro, numa caixa de regulação, para poder providenciar ao processo um fluxo constante de matéria-prima.

O sistema pneumático de descarregamento deve ser calculado tomando-se em conta o fluxo de algodão potencial por unidade de tempo, ele mesmo estimado em função da produção nominal de fardos por hora. Sabendo que a velocidade de ar para conseguir transportar o algodão em caroço, inclusive quando ele está úmido, é de 23 m/s e utilizando uma relação ar/algodão de 1.2 m<sup>3</sup>/kg, é possível calcular o diâmetro das tubulações de sucção. O ventilador deve ser escolhido para poder gerar este fluxo, acrescentado de um fator devido às perdas por entrada de ar falso, contra uma pressão estática a ser calculada em função do trajeto das tubulações (comprimento e curvas) das máquinas transitadas pelo ar e do sistema de separação de sujeira.

No sistema de telescópio, pelo fato de o ar arrancar o algodão da massa compactada, a velocidade de ar deve ser superior, a princípio de 30 m/s, o que, considerando o fluxo de ar nas tubulações, permite definir o diâmetro do telescópio, sempre inferior ao das tubulações horizontais. Sistemas de descarga (sucção) nas usinas antigas utilizam ventiladores de tamanho 45/50, com motores de 60 CV por conjunto. Frequentemen-

te, ventiladores modernos e de melhor desempenho permitem trabalhar com motores menores<sup>1</sup>.

### 1.3. O controle da alimentação em algodão em caroço

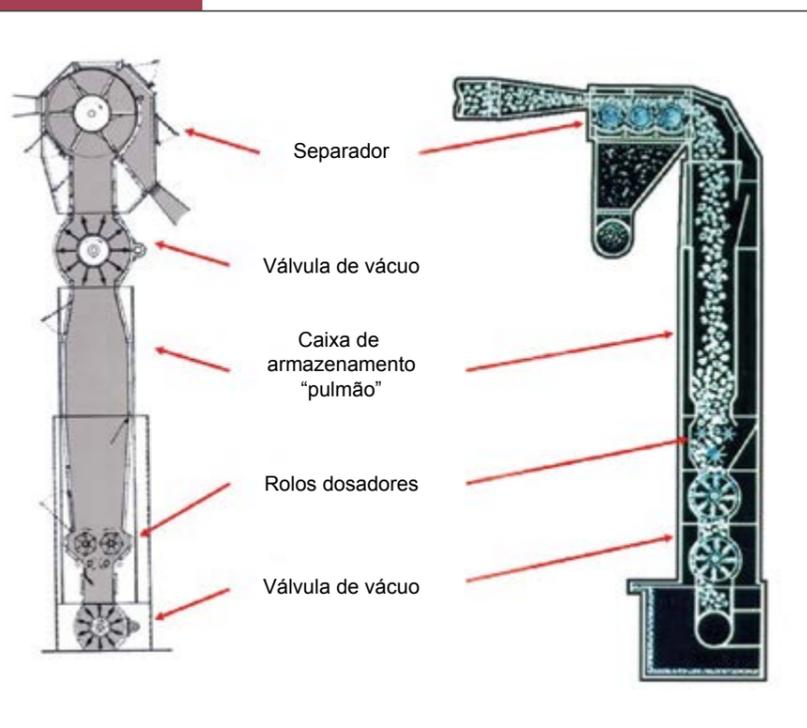
Para conseguir um funcionamento e desempenho perfeitamente regulares das máquinas do processo no decorrer do tempo e poder ajustar o nível da alimentação do processo de maneira fina, é preciso um sistema de regulação na entrada da sequência de máquinas. Como foi demonstrado, tal sistema justifica-se, seja qual for a técnica de descarregamento. Nas usinas modernas e de alta capacidade, o desempenho e a produtividade são mais sensíveis às flutuações do fluxo de algodão. Neste caso, o sistema de regulação de fluxo é indispensável.

O sistema deve possuir dois componentes para satisfazer as necessidades de regulação: uma caixa de armazenagem e um dispositivo dosador. Também deve ser automatizado, para evitar as flutuações inevitavelmente geradas pelas intervenções humanas. As máquinas chamadas de "torre de regulação" respondem a estes critérios. Os componentes destas torres são os seguintes (Figura 7.9):

- Um separador, para separar o ar de transporte do algodão em caroço. Pode ser um separador clássico, com rolo de palhetas limpando uma tela fixa, ou um separador de cilindros de pinos (em geral 3), que providencia uma pré-abertura no caso de descarregamento por telescópio;
- Uma caixa de armazenagem do algodão, para neutralizar as flutuações do fluxo de algodão geradas pelo desmanchador ou o telescópio, e representando uma reserva mínima de 30 segundos de beneficiamento. Para calcular o volume da caixa de alimentação, deve-se considerar uma densidade média de algodão de 70 a 80 kg/m<sup>3</sup>. Para não gerar embuchamentos na saída da caixa, a altura de armazenamento não deve ultrapassar de 2.5 a 2.6 m, que é a altura de instalação do sensor de nível alto. A caixa tem altura um pouco maior, variando de 3.2 a 3.6 m, dependendo do fabricante e do modelo. Por exemplo, para uma usina que produz 25 fardos por hora, uma caixa de volume 4.2 m<sup>3</sup> dará uma reserva de 1 minuto de beneficiamento, aproximadamente;
- Um dispositivo de dosagem do algodão com motorreductor e velocidade variável, para jogar, na sequência de máquinas, um fluxo controlado, sem flutuações e correspondente ao ritmo de produção desejado. Em geral, os rolos dosadores são seguidos de um rolo dispersador, para abrir o algodão novamente após a compressão na caixa pelo próprio peso e entre os dosadores, e favorecer a retomada pelo ar de secagem embaixo da torre (Figura 7.10);
- Uma ou duas válvulas de vácuo, para isolar a caixa de armazenamento da caixa de sopro, onde o algodão liberado pela torre é misturado ao ar de retomada.

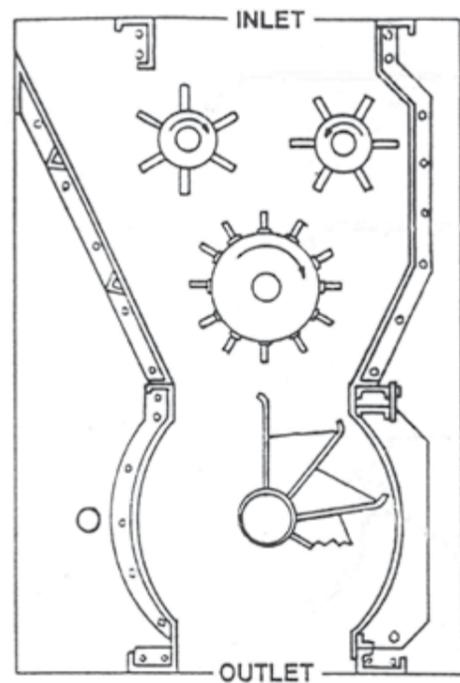
A torre de regulação é um elemento essencial da automação da alimentação do processo. Ela é interligada e interage com o descarregamento a montante e com a sobra automática e os descarregadores a jusante. Sensores fotoelétricos ou de fim de curso, instalados na caixa de armazenamento, controlam o nível alto (caixa cheia) e o nível bai-

<sup>1</sup> - Para mais detalhes sobre ventilação, ver o Capítulo 8 deste manual.



**Figura 7.9.** Corte de uma torre de regulação de fluxo.  
(Fonte: Lummus Corp. e Continental Eagle Corp., [19--]).

xo (pouca reserva). Quando a caixa estiver cheia, o autômato reduz a velocidade do desmanchador e da fita lateral, ou abre uma válvula pneumática de ar falso, quando se usa telescópios. Ao inverso, quando o nível de matéria na torre estiver baixo, o autômato acelera o desmanchador ou fecha a válvula de ar livre. A jusante, uma caixa de sobra cheia faz parar ou reduz a rotação dos cilindros dosadores. Ao levantar um ou mais peitos de descarregadores, o autômato reduz a rotação ou faz parar os rolos dosadores.



**Figura 7.10.** Detalhe da parte dosadora.  
(Fonte: Continental Eagle Corp., 2000).

#### 1.4. Separação inicial de matérias estranhas

O algodão em caroço que chega do campo contém várias matérias estranhas. Algumas devem ser retiradas no início do processo, para não danificar os equipamentos ou gerar incêndios. É o caso das pedras, frequentemente juntadas ao algodão pela colheita mecânica ou armazenagem feita diretamente no chão, no campo ou no pátio da usina. Também é usual encontrar outros corpos estranhos pesados, como partes metálicas e maçãs verdes, mais frequentes no caso do algodão colhido com *Stripper*, e que provocam vários problemas quando entram nas máquinas, tais como desgastes e incrustação, manchas e alteração da umidade da fibra.

A densidade desse tipo de matéria é muito mais elevada do que a do algodão em caroço, o que permite separá-las com bastante facilidade, deixando de aspirá-las quando o algodão é aspirado por um fluxo vertical numa fita ou quando é utilizada a força de inércia ou centrífuga junto com a redução de velocidade do ar para separá-las do fluxo de ar de transporte. Essa segunda técnica é aproveitada pelos cata-pedras, também



**Figura 7.11.** Cata-pedra triangular clássico.  
(Foto: Cotimes Afrique, 2011).

chamados de "armadilha de maçãs verdes". No tipo mais eficiente (Figura 7.11), o ar de transporte e o algodão chegam numa secção maior, perdendo velocidade e ao mesmo tempo seguindo uma repentina mudança de direção, graças a um defletor regulável. A perda de velocidade e a força de inércia provocam a separação dos corpos densos, que caem pelo tubo vertical conectado ao dispositivo. Uma abertura ajustável permite criar um corrente vertical de ar, ajudando a resgatar o algodão em caroço que poderia cair junto com os resíduos. O defletor deve ser regulado de maneira a conseguir o melhor compromisso entre eliminação de resíduos e perdas de algodão. Os resíduos separados pelo cata-pedra caem numa tubulação vertical até o chão. Para funcionar corretamente e não enfraquecer a sucção, o cata-pedra precisa de vedação perfeita na parte inferior. Pode ser com uma válvula de vácuo ou com uma tampa pendular, com contrapeso instalado na extremidade baixa do tubo.

Existe outro tipo de cata-pedra nas usinas antigas. Do tipo tubular, ele utiliza uma brusca mudança de direção do fluxo para separar as matérias densas. Por razão da pressão estática gerada e pela fraca eficiência, este dispositivo não é mais utilizado nas usinas modernas.

## 2. Gestão da umidade

### 2.1. Generalidades e justificativas

A gestão da umidade do algodão é importante para o bom funcionamento do processo de beneficiamento e a qualidade da fibra produzida. O algodão em caroço de umidade alta pode causar embuchamentos e danos aos equipamentos, fica difícil de abrir, não pode ser adequadamente limpo e resulta em rendimentos de fibra baixos e fibra de aspecto encarneirado, com graus baixos. O algodão seco demais irá gerar eletricidade estática e embuchamentos. Limpar-se-á facilmente, mas quebras de fibra irão ocorrer sob efeito dos tratamentos mecânicos violentos no descarçador e no limpador de pluma. Também a fibra seca é mais difícil de prensar e resultará em produtividade menor e custo mais alto.

Ora, as algodozeiras recebem matéria-prima com níveis de umidade muito variáveis (de 4 a 20%), tornando a gestão da umidade imprescindível. Tal variabilidade se explica pelas condições de umidade na colheita, de clima (chuvas e umidade do ar), de armazenamento e proteção de fardões.

A troca de água com o ar ambiente que ocorre naturalmente e provoca aquela variabilidade da umidade da matéria-prima entregue à usina possibilita o controle da umidade do algodão durante o processo de beneficiamento. É importante poder levar essa umidade aos diversos níveis adequados para a limpeza de algodão em caroço, a separação das fibras e do caroço, e limpeza da fibra. O controle da umidade no decorrer do processo gera lucro, pela eficiência do beneficiamento (produtividade) e pela qualidade da fibra produzida.

Pode-se secar ou umidificar o algodão. Intervenções sobre umidade no beneficiamento compõem a secagem, a umidificação do algodão em caroço e da fibra.

A gestão da umidade apresenta um interesse para todos na cadeia algodozeira. O produtor conseguirá um rendimento de fibra máximo e uma fibra de bom valor no mercado. O beneficiador conseguirá produzir mais fardos por hora. A indústria têxtil conseguirá uma matéria-prima dando boa produtividade e qualidade de produtos acabados. A falta de controle da umidade do algodão no beneficiamento afeta dramaticamente o lucro de todos, particularmente o do produtor.

#### 2.1.1. Princípios físicos envolvidos

O algodão em caroço é composto de fibras e caroço, dois componentes higroscópicos, ou seja, que trocam naturalmente umidade com o ar ambiente até atingir um ponto de equilíbrio, o equilíbrio higroscópico. No equilíbrio, uma determinada umidade relativa do ar corresponde a uma umidade da fibra e a uma umidade do caroço. A Figura 7.12 mostra o teor de umidade do caroço, da fibra e do algodão em caroço no equilíbrio, em função da umidade relativa.

Interpreta-se a figura da seguinte maneira: a fibra deixada num ar, a

21° C e 60% de umidade relativa, alcançará uma umidade de equilíbrio de 7,2%, e o caroço de 10,5%. O teor de umidade do algodão em caroço ficará entre os dois e depende da proporção de fibra (40%, no caso da figura). Baixando-se a umidade relativa para 30% (nível muito frequente durante a safra brasileira), o teor de umidade da fibra baixa para 4,2%.

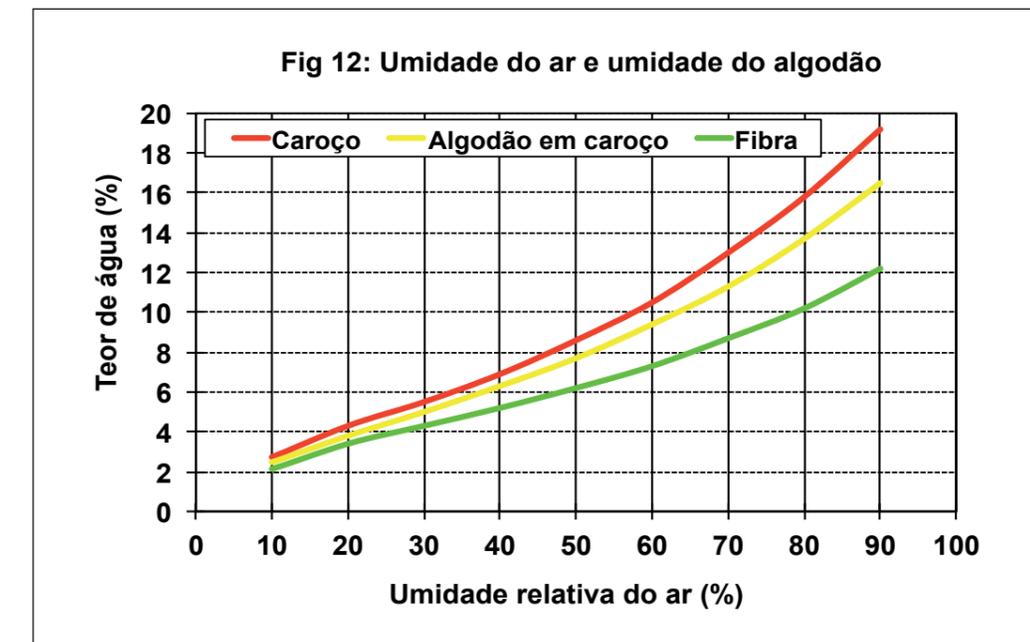


Figura 7.12. Equilíbrio higroscópico do algodão.  
(Fonte: CIRAD, 1965).

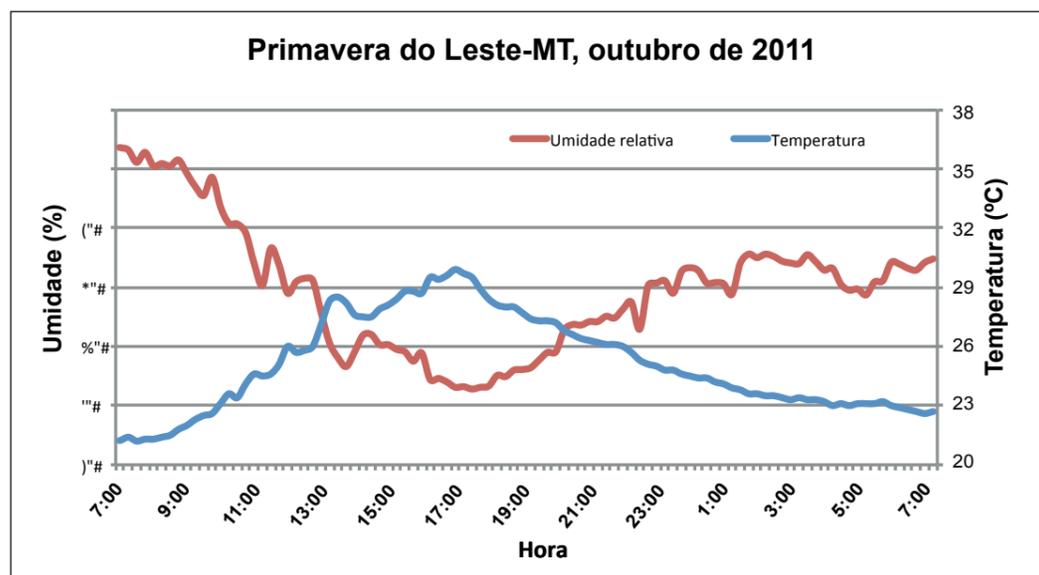
A troca de umidade com o ar ambiente é muito mais rápida no caso da fibra (horas) do que do caroço (dias). O controle da umidade durante o beneficiamento é feito em períodos muito curtos (segundos), portanto refere-se essencialmente à fibra. O teor de umidade das sementes não é alterado. O dos resíduos grandes fica alterado na superfície.

Existem dois tipos de umidade no algodão. A umidade higroscópica, que pode ser qualificada de "interna", pois o vapor d'água torna-se parte da estrutura molecular da fibra ou do caroço. Na fibra, ele penetra na celulose amorfa ou nas regiões não-cristalinas. A umidade de superfície, ao contrário, é localizada no exterior da matéria. A água migra permanentemente entre o interior e a superfície da fibra. A relação entre os dois tipos de umidade na fibra é muito variável. Um algodão em caroço molhado pela chuva, orvalho ou aspersão na bica terá um excesso de umidade superficial, enquanto uma exposição prolongada do algodão a um ar muito úmido levará a uma alta umidade higroscópica. Os dois estados de umidade resultam em propriedades de fibra diferentes. Por exemplo, um algodão de alta umidade superficial vai grudar nas partes metálicas em contato e perturbar o processamento, enquanto um algodão de alta umidade higroscópica terá maior flexibilidade e será protegido das agressões mecânicas.

Temperaturas e umidade relativa do ar ambiente variam constantemente no decorrer do dia. O ar quente pode carregar mais água do que o ar frio. Com a baixa da temperatura, de noite por exemplo, a umidade relativa do ar aumenta e vice-versa (Figura 7.13). A rapidez da troca de água entre o ar e a fibra resulta numa variação da

sua umidade no decorrer do dia, com possibilidade de atingir níveis bastante altos ou baixos. É muito comum ouvir os operadores falarem que o funcionamento da usina é mais redondo de noite. A explicação é que o ar ambiente condiciona naturalmente a fibra, umidificando-a naturalmente, eliminando os problemas devidos à eletricidade estática, deixando-a mais pronta para o descarçador e mais fácil de prensar.

A gestão da umidade do algodão no beneficiamento deverá levar em conta essas variações, medindo regularmente a umidade relativa do ar e ajustando a secagem ou a umidificação.



**Figura 7.13.** Variações diárias da temperatura e da umidade relativa do ar. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

## 2.2. A secagem do algodão em caroço

### 2.2.1. Justificativa e princípio

Um sistema de secagem bem desenhado e dimensionado permite combinar os objetivos do produtor, do beneficiador e do fiandeiro. Facilita a limpeza e a abertura do algodão em caroço e reduz o encarneamento; aumenta o rendimento de fibra, pelas menores perdas de fibra no limpador de pluma, e aumenta a produção da usina, evitando reduzir o ritmo para tratar os algodões úmidos e embuchamentos.

A secagem bem desenhada e operada não é perigosa para a fibra. No campo, nos dias secos e com temperatura alta, a fibra chega a umidades muito baixas (2% ou menos). O que fica perigoso é descarçar uma fibra seca. O sistema de secagem deve ser poderoso o suficiente para poder tratar qualquer tipo de algodão que chega na usina, a fim de não ter que reduzir a cadência de produção para poder aguentar quantidades elevadas de algodão úmido e sujo. Temperaturas altas não devem ser utilizadas, para não danificar a fibra. Em geral, elas são utilizadas para tentar compensar desenhos er-

rados e o subdimensionamento dos sistemas de secagem. Os sistemas de alto volume, pela potência de secagem disponível, não precisam de temperatura alta. Eles são mais cuidadosos quanto à qualidade e favorecem o comprimento.

A secagem deve ocorrer o mais cedo possível, antes de qualquer tratamento mecânico, porém, para secar, o algodão em caroço deve ser bastante aberto. A secagem favorece a limpeza, a abertura e aumenta o rendimento de beneficiamento, pois evita as perdas de fibra que ocorrem no limpador de pluma quando a sujeira está encarneada na fibra úmida, no bater. Na entrada no processo, a umidade da fibra deve ser reduzida e homogeneizada a um nível que permita uma boa circulação da matéria e uma limpeza eficiente, sem aparição de eletricidade estática. Este nível de umidade é de 4 a 5%. Considerando que a fibra e o caroço dentro de um fardão estão em equilíbrio, uma umidade de fibra de 5% corresponde a uma umidade de algodão em caroço próxima de 6%. Para conseguir a umidade certa para a limpeza do algodão em caroço, a secagem deve, então, ser aplicada a partir de uma umidade de fardão de 6 à 7%.

A secagem do algodão em caroço é justificada na maioria das áreas produtivas do Brasil, principalmente no início e no fim da safra de beneficiamento. Devido às condições climáticas no momento da colheita, fardões podem chegar na usina com umidade de 10% ou mais. No caso de prolongamento da safra (capacidades do processo de beneficiamento ou produtividade insuficientes), o beneficiador deve, então, praticar a secagem. Algumas regiões mais ao sul, com clima bastante frio e chuvoso, impõem a instalação de sistemas de secagem potentes e seu uso frequente durante a safra.

O princípio da secagem é colocar o algodão em contato com uma corrente de ar quente. A umidade dentro e em torno dele cria uma pressão de vapor de água determinada pelo teor de umidade e temperatura. Se a pressão de vapor de água no ar ambiente é menor do que aquela produzida pelo algodão, a secagem ocorrerá. A força que remove a umidade do algodão, portanto, corresponde à diferença de pressão de vapor de água. Quanto maior esta diferença, mais rápida a secagem. Ao aquecer o ar ambiente, a umidade relativa diminui e a sua capacidade de absorver a umidade do algodão aumenta. A secagem mais rápida ocorre no início, quando o ar é bem mais quente que o algodão. A diferença de pressão do vapor de água e a taxa de secagem diminuem ao longo do processo.

Quando a umidade do algodão não é muito elevada, é possível a secagem com ar ambiente e sem aquecimento, se a umidade relativa é baixa. Por exemplo, para secar uma pluma até uma umidade de 5%, a umidade relativa do ar ambiente no sistema de transporte ou de secagem deve ser de, aproximadamente, 40% ou menos (Figura 7.12). No cerrado do Brasil e em uma boa parte da safra, o ar frequentemente apresenta, durante o dia, uma umidade relativa baixa que permite fazer uma secagem sem gastar energia.

Vários fatores influenciam a secagem:

- A temperatura e a umidade do ar: quanto mais quente e seco o ar, maior o potencial de remoção de umidade da fibra;
- O volume de ar disponível: haverá maior potencial de secagem quanto maior for a relação ar/algodão;
- O tempo de contato entre o algodão e o ar: a quantidade de água retirada da fibra aumenta com o tempo de exposição;

- O deslizamento do ar sobre o algodão favorece a troca de vapor de água por convecção;
- A abertura do algodão: o algodão em caroço aberto seca mais rapidamente.

Para uma determinada instalação de secagem, quanto mais úmido o algodão, mais alta deverá ser a temperatura do ar, para poder reduzir a umidade da fibra até o nível desejado.

A secagem tem duas fases: inicialmente e constantemente, durante alguns segundos, a secagem retira a umidade de superfície; durante a segunda fase, a mais significativa, a umidade interna migra até a superfície, de onde é extraída.

### 2.2.2. Normas e dimensionamento

O algodão em caroço é uma matéria natural, agrícola e heterogênea, também com relação à umidade, que pode variar muito dentro de um mesmo fardão. O sistema de secagem deve ser desenhado e dimensionado para poder tratar todos os tipos de algodão que chegam à usina em todas as condições climáticas habitualmente encontradas na área. Deve respeitar normas para manter a produtividade da usina, gastar o mínimo de energia e poder aumentar o valor comercial da fibra, sem agredi-la. Em nenhum caso, a temperatura de qualquer porção do sistema de secagem deve exceder a 177° C. Acima desta temperatura, a fibra sofre queimaduras. Ela pega fogo por volta de 232° C (ANTHONY E MAYFIELD, 1994).

Desenhar um sistema de secagem não se limita a instalar uma fonte de calor e secador. Devem-se considerar os equipamentos anteriores e posteriores no processo, alterações eventuais de máquinas existentes, calcular o diâmetro e os trajetos de tubulações e ventiladores em função das características arúlicas do sistema, para consumir o mínimo de energia. As matérias estranhas usam uma boa parte da energia calórica e, conseqüentemente, do potencial de secagem. Os sistemas de secagem devem ser dimensionados de acordo com o tipo de colheita.

O dimensionamento de um sistema de secagem obedece a normas de fluxo de ar e de temperatura de ar. A velocidade do ar nas tubulações deve ser mantida entre 22 e 25 m/s. Numa torre de gavetas, a velocidade é menor (entre 7,5 e 10 m/s). O fluxo de ar necessário é calculado combinando-se a capacidade da usina com a relação volume de ar/peso de algodão desejada (entre 1,9 e 3,1 m<sup>3</sup>/kg). A combinação do fluxo (m<sup>3</sup>/h) com a velocidade (m/s) permite definir a secção das tubulações e dos secadores. O algodão em caroço se move mais devagar que o ar de secagem. Progressivamente, seca, afofa e chega a uma velocidade similar ao ar. No caso dos algodões muito úmidos e para evitar reduzir muito o ritmo de beneficiamento, o sistema de secagem deve ser de alto volume.

Os sistemas de alto volume, pela potência de secagem disponível, não precisam de temperatura alta. Eles são mais cuidadosos quanto à quali-

dade. Para evitar temperaturas altas, é preciso alto volume de ar, sistema pneumático e equipamentos bem dimensionados, e controle automático de temperatura. Sistemas de secagem potentes não gastam mais energia, pelo fato de serem de alto volume. Geralmente, utilizam somente sucção e aproveitam melhor o potencial de secagem do ar ambiente, durante uma boa parte da safra.

O uso de secadores sem gavetas ou de alto volume permite trabalhar com menos energia (menos resistência ao deslocamento do ar), eliminando a necessidade de ventilação dupla (ventiladores de empurrar e de puxar). O fluxo de ar é gerado por um ventilador de sucção. As vantagens de uma secagem por sucção são a ausência de emissão de poeira na usina e a menor temperatura de trabalho das tiras de borracha das válvulas de vácuo. O dimensionamento do sistema de ar deve levar em conta as entradas de ar falso no circuito.

Um sistema de secagem bem dimensionado e potente, respondendo rapidamente às variações do algodão em caroço, é o segredo para manter a produção em situações de umidade altas, evitando embuchamentos e paradas. Uma secagem potente, com resposta rápida, permite economia de combustível e proteção da fibra. O sistema deve ser calculado e desenhado para cada usina, por um estudo de engenharia que deverá levar em conta o custo de investimento e de uso.

### 2.2.3. Equipamentos

O sistema de secagem comum usa uma fonte de calor (queimador e ventilador), tubulações, um secador (torre de secagem) e um dispositivo de separação (batedor). Equipamentos complementares são importantes para operar o sistema, tais como medidores, sensores e controladores, no caso de sistema automatizado.

A fonte de calor condiciona a eficiência do sistema de secagem. Ela deve ser adaptada a grandes fluxos de ar. Por isso queimadores de tipo cortina são preferidos aos de tipo canhão.

Baseando-se no fluxo de ar no sistema de secagem e no acréscimo de temperatura procurado, é possível calcular a quantidade de calor necessária para aquecer o fluxo de ar, utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{kcal por hora} = 0.29 \times (\text{fluxo de ar m}^3/\text{h}) \times (T_2 - T_1)$$

Onde

T<sub>1</sub> = temperatura do ar ambiente (em °C); e

T<sub>2</sub> = temperatura do ar após o aquecedor (em °C).

Por exemplo, se o sistema de ar está puxando 17.000 metros cúbicos de ar por hora e o acréscimo de temperatura procurado é de 80° C, o calor a ser providenciado é de 394.400 kcal/h. No Brasil, o gás utilizado para a secagem do algodão nas algodozeiras é o propano líquido (PL), que tem um teor mínimo de calor de 6.000 kcal por litro. Assumindo uma eficiência de combustão de 95%, a quantidade de combustível necessária para gerar 394.400 kcal é por volta de 69 litros de LP.

Os queimadores devem ter uma combustão eficiente e uma grande amplitude de



**Figura 7.14.** Queimadores a gás.  
(Foto: Continental Eagle Corp., [19--]).



**Figura 7.15.** O trocador de calor deve ser dimensionado. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).

chama para serem econômicos. Devem ter tempo de resposta muito curto para poder adaptar a temperatura do ar às variações de umidade do algodão, preservar a fibra e gastar a energia justa necessária. Os queimadores a gás e petróleo respondem a estes critérios (Figura 7.14). Os queimadores utilizados nas algodozeiras têm poder calorífico entre 250.000 e 4 milhões de kcal/h. Usar queimadores grandes, com sistemas de secagem de alto volume, não gera mais custo de combustível por fardo, pela possibilidade de secar com temperaturas menores ou até com o ar ambiente.

Fontes de calor devem ter uma interface homem-máquina, para que haja instruções e visualizações permanentes, no painel de controle, das temperaturas e alarmes.

Ao considerar as exigências de automação, rapidez de resposta e taxa de redução para conseguir uma secagem que combina eficiência com preservação da qualidade da fibra, entendem-se as limitações do sistema utilizando caldeiras e trocadores de calor (radiadores) como fonte de calor, que, hoje, estão se generalizando no Brasil (Figura 7.15). O dimensionamento adequado do trocador de calor é importante para não abafar o fluxo de ar e conseguir as temperaturas desejadas. A pressão estática gerada pelos trocadores de calor, mesmo bem dimensionados, pode impossibilitar uma secagem com aspiração. Neste caso, um ventilador deve ser acrescentado para ajudar, empurrando o ar através

do radiador. Hoje, encontram-se no Brasil muitas falhas de dimensionamento e cuidados devem ser tomados ao comprar tais sistemas. A única maneira de conseguir automação e tempos de resposta curtos para temperatura utilizando trocadores de calor consiste em dosar o ar frio na mistura com o ar quente passando por eles.

A secagem com forno a lenha é com regulagem manual muito precária (entrada de ar frio por chapa pendular) e apresenta um risco muito alto de sobressecação, que leva a recomendar o abandono deste equipamento.

Os dispositivos de mistura do algodão com ar quente permitem colocá-lo em contato com o ar de secagem na aspiração inicial ou na saída de várias máquinas. O ponto de mistura é importante em termos de eficiência da secagem e de qualidade da fibra. Uma boa parte da secagem acontece no ponto de mistura pelo deslizamento grande do ar sobre o algodão até ele ter atingido a velocidade do ar. Temperaturas excessivas no ponto de mistura danificam a fibra.

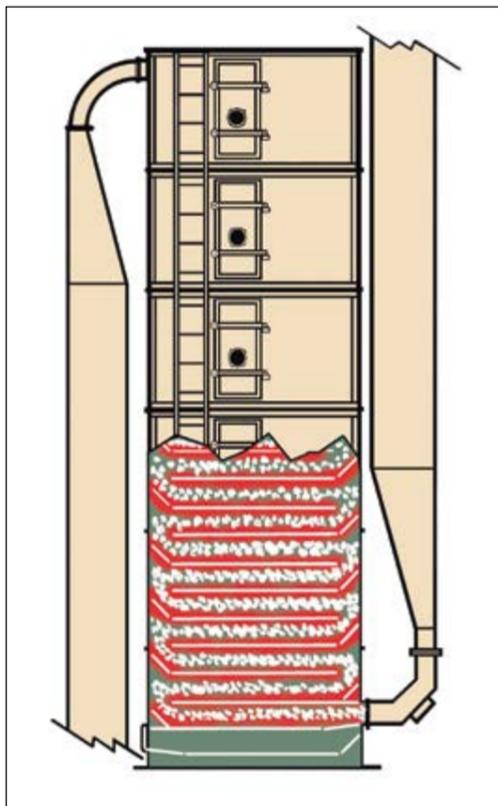
A caixa de ar quente (*Hot-box*) permite combinar aspiração na fita do desmanchador com a secagem. É instalada no ponto de sucção, na extremidade da fita do desmanchador de fardões (Figura 7.16). O ventilador de sucção puxa o algodão que entra na caixa junto com ar quente. Este dispositivo é econômico, pois combina sucção, secagem e separação de pe-



**Figura 7.16.** Caixa de ar quente.  
(Foto: Cotimes, 2007).



**Figura 7.17.** Caixa de sopra.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 7.18.** Torre de gavetas. (Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]).

O secador de gavetas é uma torre de base retangular ou quadrada (132 a 180 cm de lado) e altura máxima de 5 m. Tem 16 a 24 gavetas, com espaçamento pequeno de 20 a 35 cm (Figura 7.18). É cada vez menos utilizado, por ter uma eficiência muito discutível e um alto custo energético. O algodão permanece até 10 segundos na torre, mas a secagem acontece somente nos primeiros segundos, ou seja, nas primeiras gavetas. Depois, o ar esfria muito, por causa da transferência de calor à fibra (convecção) e à grande massa metálica (condução). O ar se satura em umidade e pode até devolver água para a fibra. Sem isolamento do secador e das tubulações, só uma proporção baixa (20%) da energia calórica gasta é utilizada para secar a fibra. Alguns modelos têm circulação de ar quente adicional entre as gavetas, para evitar o esfriamento progressivo. As torres de gavetas estreitas geram uma grande resistência ao deslocamento do ar (pressão estática), o que as torna inadaptadas à secagem por sucção e alto volume. Por isso, e com a evolução do conceito da secagem moderna, as torres de gavetas baixas são cada vez menos utilizadas no mundo. Vários outros tipos de torre de secagem mais eficientes estão disponíveis no mercado e sendo utilizados nas algodoeiras recentemente instaladas no Brasil e em algumas usinas antigas modernizadas.

A torre de gavetas altas de alto volume usa espaçamentos maiores entre gavetas (até 69 cm) para aumentar a capacidade e serem utilizadas em sistema de secagem por sucção (Figura 7.19). Trabalham com fluxo de ar médio (a taxa ar/algodão é de 1,6 m<sup>3</sup>/kg). Um terço do ar quente de secagem é um ar novo injetado na entrada da torre por um dispositivo que cria turbulências e deslizamento, aproveitado como cata-pedra.

dras. Não precisa de válvula de vácuo para a entrada do algodão no ar quente. O ponto de entrada do algodão na caixa de ar quente é crítico. O desenho, a fabricação e a operação das caixas de ar quente devem limitar ao máximo a entrada de ar frio pela frente, pois isso mata a secagem e obriga a gastar muito mais combustível para conseguir a temperatura de ar de secagem desejada.

A caixa de sopro (Figura 7.17) é utilizada para retomar o algodão na saída de uma máquina, com ar quente soprado ou puxado. Instalada embaixo de uma válvula de vácuo e podendo compor um dispersor para espalhar o algodão, ela é posicionada horizontalmente ou de forma inclinada, longitudinal ou transversal embaixo da torre de regulação, embaixo do extrator da primeira etapa de pré-limpeza ou, mais raramente, no final da esteira do desmanchador. Deve ser bem dimensionada e desenhada, para não gerar embuchamentos e perdas de produtividade.

Os secadores evoluíram muito no decorrer do tempo.

O primeiro secador utilizado em grande escala é o de gavetas, onde o ar quente e o algodão circulam juntos com algum deslizamento, devido às desacelerações do algodão em cada curva.

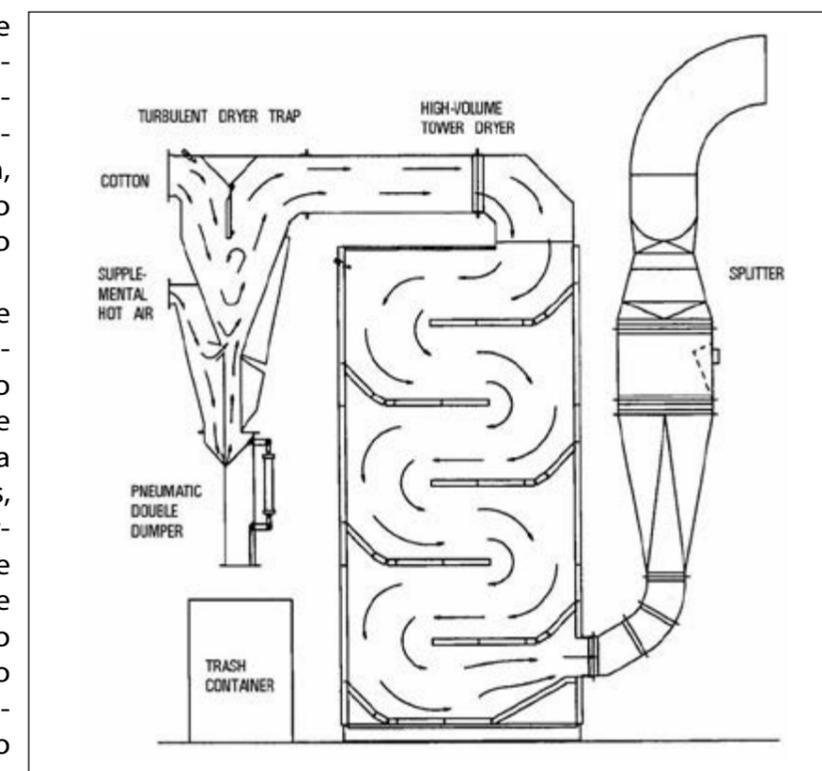
Existem vários modelos de secadores sem gavetas. Sempre utilizam a agitação do algodão no ar quente para combinar abertura e secagem, gerando um deslizamento significativo entre o algodão e o ar.

O mais simples é a torre sem gavetas de tipo fonte (Figura 7.20). O algodão movido pelo ar quente entra pela base e é projetado para cima. Fica fluando nas turbulências, trocando a água com o ar turbulento, que é continuamente renovado. A eficiência deste tipo de torre é devido ao alto volume de ar e deslizamento gerado pelas turbulências e diferença de velocidade entre o ar e o algodão na saída. A pressão estática gerada pela torre fonte é muito baixa.

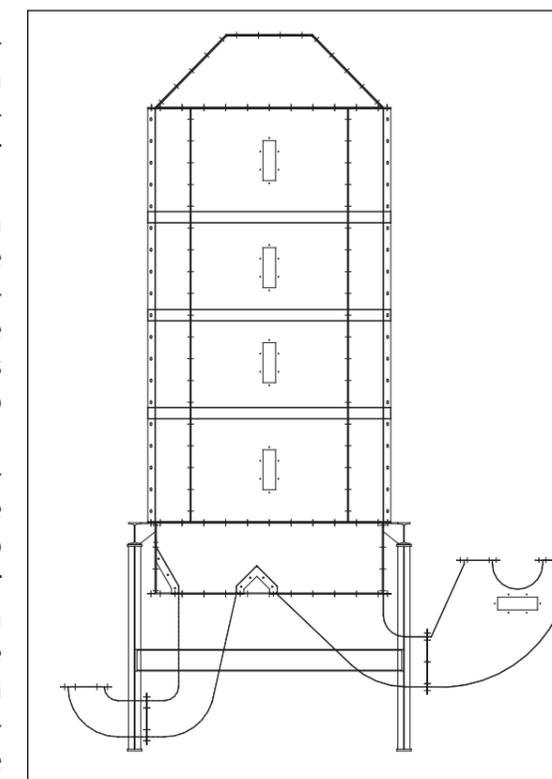
Um modelo melhorado aumenta o deslizamento do ar no algodão. Utiliza colisão entre um ar quente adicional, injetado do lado oposto à entrada do algodão. Mais colisão acontece entre o ar quente e o algodão dentro da torre.

Estes equipamentos são adaptados à secagem de alto volume por sucção (relação ar/algodão de até 3.1 m<sup>3</sup>/kg). Podem utilizar o dispositivo skimmer, permitindo juntar os fluxos de sucção de duas etapas de secagem para disponibilizar mais ar quente em contato com o fluxo de algodão no processo.

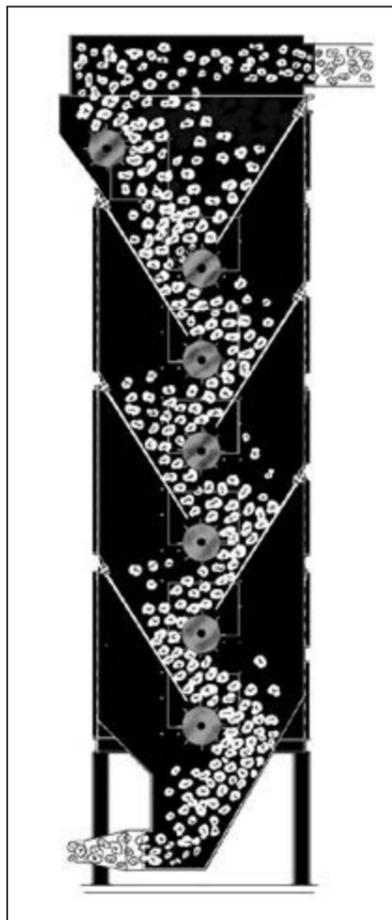
No secador de fluxo vertical (Figura 7.21), o algodão viaja de cima para baixo por gravidade e pela corrente de ar quente. O algodão é repartido de maneira homogênea, aberto e dispersado por uma sucessão de cilindros de pinos que gira em cima de uma grade de cantoneiras. A fibra afoga-se e se torna muito acessível ao ar quente. A máquina é bastante eficiente, pois combina vários fatores favoráveis à secagem, tais como grande volume de ar, tempo de contato entre o ar quente e o algodão, alto deslizamento entre o ar e o algodão nas barras



**Figura 7.19.** Torre de gavetas de alto volume. (Fonte: Lummus Corp., 2003).



**Figura 7.20.** Torre secadora de tipo fonte. (Fonte: BUSA Ltda, 2004).



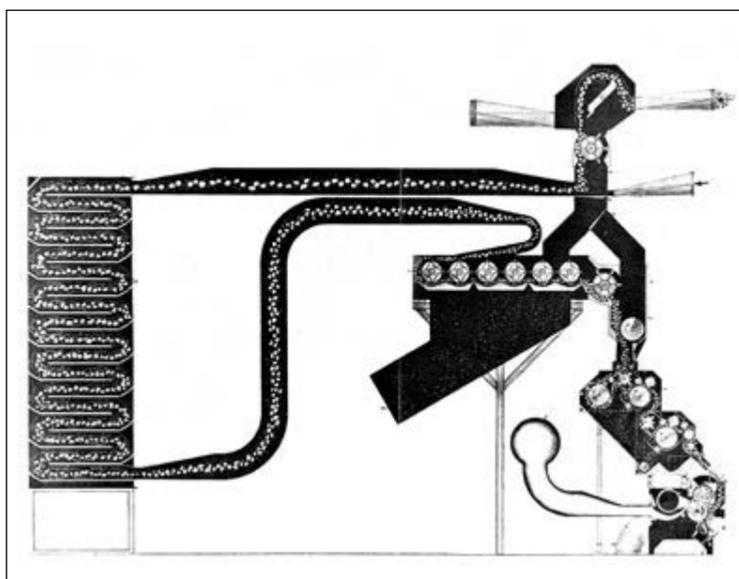
**Figura 7.21.** Secador de fluxo vertical. (Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]).

inclinadas, e grande abertura da massa de algodão.

O secador pode constituir um gargalo quando é usado em dispositivos de alto volume ou com fluxos maiores de algodão em caroço (caso do algodão adensado). O dimensionamento do secador é então fundamental para poder atingir os ritmos de beneficiamento desejados.

Os dispositivos de separação do algodão e do ar quente são componentes importantes de um sistema de secagem, pelo deslizamento entre o ar que atravessa a camada de algodão formada neste ponto. Os batedores são os dispositivos mais comuns. Utilizados no sistema de ar quente e trabalhando sempre com sucção nas usinas modernas, são então chamados de batedores de ar quente.

Nas tubulações, pouquíssima secagem acontece, exceto justo após o ponto de mistura. Sendo que as condições de secagem não são as mesmas. Não há turbulências ou deslizamento entre o ar e o algodão que se deslocam com velocidades parecidas. Elas constituem de fato limitações à secagem, pois geram perdas de calor e gasto de energia. As tubulações do sistema de secagem devem ser isoladas termicamente, para conseguir temperaturas de ar suficientes no sistema (em particular, quando há aquecimento com radiador/caldeira). No caso do uso de combustível (gás ou petróleo), a isolamento com lã de vidro ou de rocha gera economia de combustível que pode chegar a 20 ou 30%, dependendo da espessura. O investimento se paga rápido.



**Figura 7.22.** Sistema de secagem típico das usinas antigas. (Fonte: USDA, 1964).

O alto volume colocado em contato com o algodão em caroço úmido pode ser obtido em uma etapa com fluxos de ar grandes ou com fluxos menores, em duas etapas sucessivas. Duas etapas são interessantes no caso de pré-limpeza, para evitar a retomada de umidade do ar ambiente e conseguir melhor eficiência da segunda etapa de pré-limpeza. Quando instalada, a segunda etapa de secagem geralmente é sem torre.

Nas usinas de grande capacidade, a secagem eficiente com alto volume pode levar a dividir o fluxo de algodão entre duas linhas de secagem e limpeza.

O típico sistema de secagem nas antigas algodozeiras brasileiras é de tipo ar quente empurrado. Consiste

em um aquecedor (forno a lenha, queimador a gás, trocador de calor/caldeira), um ventilador (soprando o ar quente), encanamento, secador do tipo torre de gavetas baixas e limpador de algodão em caroço trabalhando em pressão positiva, e coletor de poeira de tipo charuto. É um sistema desenhado nos EUA, nos anos 1950, pela Murray (Figura 7.22), custoso em energia (sistema independente da sucção e pressão estática alta) e que gera poeira dentro do prédio de beneficiamento (pressão positiva).

Nas algodozeiras modernas, o sistema consiste de um aquecedor (queimador a gás ou trocador de calor/caldeira), uns ventiladores (puxa ou empurra-puxa), encanamento, secador do tipo torre e limpador de algodão em caroço inclinado ou horizontal, que separa o ar úmido do algodão, limpando-o (Figura 7.23). Existe grande variação no layout da secagem e quantidade de ar requerida; a duração da exposição à secagem pode variar bastante entre algodozeiras. Em geral é econômico, pois combina sucção e secagem. Uma segunda etapa de secagem pode existir (no caso de algodões muito úmidos, como encontrados no estado de São Paulo). A sujeira separada nos batedores é aspirada pelo ventilador de sucção. Sistemas deste tipo existem em algumas usinas antigas, conforme as recomendações do projeto Ampa/Facual de melhoria das usinas antigas (CHANSELME et al., 2007). Neste caso, utiliza-se um aquecedor, uma caixa de ar quente (*Hot Box*), torre fonte, batedor trabalhando com sucção e ventilador de sucção/secagem (Figura 7.24).



**Figura 7.23.** Sistema de secagem de uma usina moderna. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 7.24.** Melhoria da secagem em uma usina antiga. (Foto: Cotimes, 2005).

## 2.2.4. Operação e gestão da secagem

A primeira condição para conseguir boas operação e gestão da secagem na algodoeira é dispor de um sistema bem dimensionado. As temperaturas utilizadas devem ser razoáveis (70 a 110° C). Não tem gestão sem medição sistemática.

A secagem deve ser manejada a partir da umidade do algodão em caroço na sucção (fita do desmanchador de fardões), considerando a umidade relativa do ar. A primeira operação a ser providenciada é a medição da umidade do algodão. A medição manual (umidímetros) é possível e mais fácil na fita do desmanchador de fardão, onde o algodão é descompactado e parcialmente mexido. Um capítulo dedicado aos medidores de umidade apresenta detalhes sobre os equipamentos e sua utilização. A medição manual é lenta, pontual, pouca repetitiva e mobiliza mão-de-obra. Não permite detectar variações repentinas de umidade, no caso de núcleos de umidade no fardão e nem permite ajustar a temperatura frequentemente, para responder às variações de umidade na matéria-prima. Usualmente, temperaturas exageradas chegam a ser utilizadas para se proteger dos embuchamentos, por causa da presença de algodão muito úmido, e a secagem resulta em desperdício de energia e perda de produtividade no descaroçador. O risco de sobressecar a fibra é grande, também pela irregularidade de fluxo de matéria.

Quando não é possível investir num controle automático da secagem, a gestão manual deve apoiar-se sobre uma planilha que indica a temperatura do ar a ser mantida no ponto de mistura ar quente/algodão, em função da umidade média do algodão e da umidade relativa do ar. A planilha, própria de cada usina, deve ser construída aos poucos e com o tempo, anotando as temperaturas que permitem conseguir uma umidade do algodão em caroço seco de 4 à 5%, nas várias condições de umidade do algodão e do ar encontradas na algodoeira.

Nas usinas antigas, onde não existe regulação automática, um sensor de temperatura deve ser instalado justo antes do ponto de mistura para controlar a temperatura do ar quente antes da mistura. Sensores instalados no meio ou embaixo da torre não detectam variações de temperaturas no ponto de mistura. No mínimo, o display deve ser instalado no painel de controle para ser permanentemente visível pelo operador.

A automação da secagem resulta em economias de energia consideráveis, pelo ajuste do consumo de combustível do aquecedor para a quantidade realmente necessária e pela redução das chamas do aquecedor quando não há algodão no sistema. O risco de sobressecação e de perdas de produtividade é consideravelmente reduzido. Nas unidades modernas de alta capacidade, o ritmo do beneficiamento é rápido e não permite que os operadores examinem manualmente cada carga de algodão e ajustem o sistema de secagem. A medição automática da umidade do algodão por sensores ajudando a tomada de decisão é o mínimo que se faz. O controle automático da secagem é melhor ainda, pois permite ajustar a temperatura do ar em tempo real. No caso da secagem

utilizando vapor de caldeira, o ajuste automático da temperatura de ar deve ser feito pela quantidade de ar frio misturada com ar quente e o trocador de calor deve permanecer com temperatura constante.

Muitos sistemas de regulação automática são baseados somente nas medições de temperaturas do ar de secagem. Neste caso, é preciso que haja dois sensores: o primeiro, instalado antes do ponto de mistura, serve para limitar a temperatura; já o segundo permite a regulação da temperatura do ar em função da umidade e quantidade do algodão no sistema. Deve estar localizado o mais próximo possível do ponto de mistura, num lugar onde a velocidade do ar é alta, mas não seja batido pelo algodão em caroço. Em geral, o segundo sensor é instalado na entrada da torre.

Os sistemas de secagem mais avançados integram, na regulação automática, a medição contínua da umidade do algodão através de um sensor instalado embaixo da torre de regulação, ou na esteira do desmanchador (Figura 7.25).



Figura 7.25. Sensor de umidade na esteira do desmanchador. (Foto: Cotimes, 2006).

## 2.3. A umidificação do algodão em caroço

### 2.3.1. Justificativa e princípio

A fibra de algodão tem, na sua base ou pé, uma porção fina, onde ocorre normalmente o rompimento quando a força de separação da fibra e do caroço é aplicada, porém o tratamento mecânico no descaroçador exerce forças que podem provocar um rompimento em outro lugar, reduzindo assim o comprimento da fibra separada e criando fibras curtas. A força

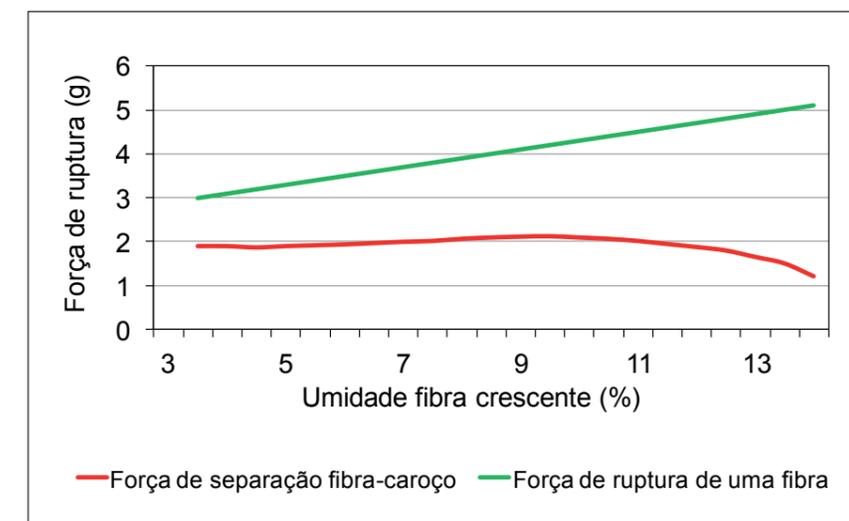
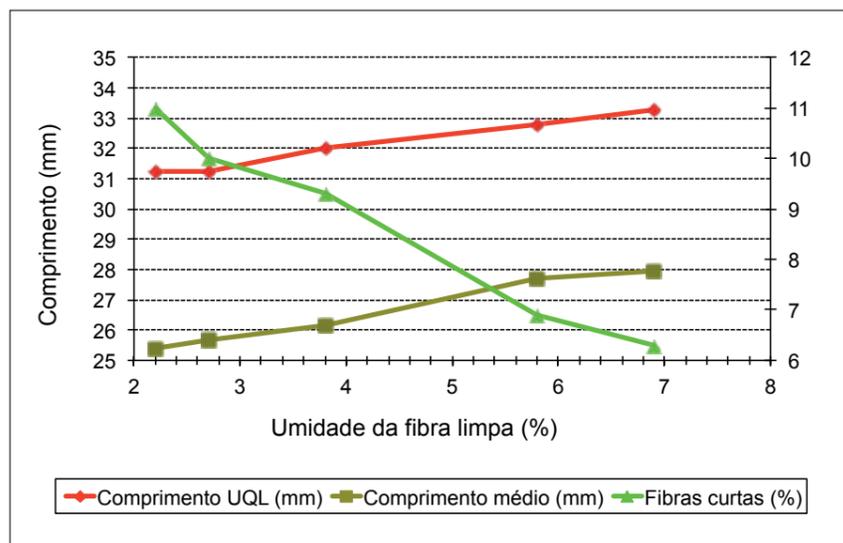


Figura 7.26. Umididade da fibra e ruptura. (Fonte: CIRAD, 2005).



**Figura 7.27.** Umidade da fibra e comprimento. (Fonte: CIRAD, 2005).

cial baixa em quase 1.5 mm e a taxa de fibras curtas passa de 4.6 para 8.7%.

No Brasil, uma grande parte da produção de algodão é colhida durante períodos de baixa umidade e chega na algodoeira com uma umidade de fibra de 3 a 5%. A fibra corretamente seca para ser limpa na pré-limpeza também chega ao descarçador com umidade de cerca de 5%. São umidades baixas, muito insuficientes ao entrar no descarçador, que resultam em perdas de comprimento comercial, uniformidade, aumento da taxa de fibras curtas e impacto comercial a curto ou médio prazo. Além da preservação da qualidade de fibra, a umidificação do algodão em caroço permite aumentar a produtividade no descarçador.

O mercado valoriza pouco as características de comprimento do algodão brasileiro, ao contrário de outras origens. Isso pode explicar a falta de motivação e conscientização para umidificar o algodão em caroço no Brasil. Uma remuneração do comprimento pelo mercado favoreceria a proteção da fibra no beneficiamento, assim como a qualidade e a produtividade da indústria têxtil.

### 2.3.2. Normas e dimensionamento

A umidade de fibra fraca é desfavorável à produtividade e à qualidade, bem como a umidade em excesso, que reduz o tipo (encarneamentos) e a produtividade (embuchamentos). A taxa de umidade da fibra na entrada do descarçador deve então ser controlada. A taxa deve ser mantida numa faixa de 6.5 a 8%.

### 2.3.3. Equipamentos

A técnica recomendada é de colocar um ar quente e úmido em contato com o algodão. O ar é aquecido para conseguir carregar água e gerar uma pressão de vapor de água alta, a fim de fazer com que a água migre para a fibra. A isolamento térmica das tubulações é importante para a economia de energia, eficiência, e também para redu-

necessária para romper a fibra em qualquer lugar fora do seu pé aumenta com a umidade (Figura 7.26). Pode-se simplesmente dizer que a umidade protege o comprimento da fibra, reduzindo o risco de rompê-la.

Para proteger a fibra nos descarçadores e limpadores de pluma, conseguir comprimento e reduzir a taxa de fibras curtas, é interessante ter a umidade mais alta possível (Figura 7.27). Reduzindo a umidade da fibra de 7.4 para 3.4%, o comprimento comer-



**Figura 7.28.** Caixa de umidificação do algodão em caroço (aspecto exterior e interior). (Foto: Cotimes do Brasil, 2009-2010).

zir a condensação. Como na secagem, grandes diferenças nas velocidades do ar e do algodão são importantes.

Para umidificar, é preciso um gerador de ar úmido e um dispositivo de aplicação. Os sistemas modernos de umidificação do algodão em caroço disponíveis comercialmente utilizam geradores de ar úmido, que combinam aquecimento do ar por queimador a gás e aquecimento e pulverização de água. O combustível utilizado é o gás ou o querosene, para tempo de reação curto e automação. O ar quente e de umidade relativa alta é levado por um ventilador até o ponto de contato com o algodão, numa caixa instalada entre a rosca distribuidora e os alimentadores de descarçadores. A umidificação é eficiente, por causa da relativa compactação do algodão e o famoso deslizamento criado pela grande diferença de velocidade entre o ar e o algodão. Caixas especiais devem ser instaladas, com dispositivo de fechamento automático do cano de ar úmido quando parar o descarçador, a fim de evitar umidificação em excesso (Figura 7.28).

Outras técnicas de umidificação do algodão em caroço devem ser desconsideradas, tais como aspersão de água diretamente sobre o algodão na rosca distribuidora ou com injeção de ar úmido ou vapor no alimentador de descarçador, pois apresentam muitas desvantagens dependendo da técnica, tais como umidificação de superfície, grande heterogeneidade de umidade, risco de molhamento do algodão e degradação de componentes das máquinas. Um ponto comum dessas técnicas é a perda de produtividade e a ineficiência em proteger a fibra.

### 2.3.4. Operação e gestão

Os operadores da algodoeira devem monitorar a umidificação da fibra na entrada dos descarçadores. Devido ao impacto da umidificação do algodão em caroço sobre a produtividade do descarçador e a qualidade da fibra, qualquer anomalia deve ser detectada muito rapidamente. Por isso, é indispensável um controle sistemático da umidade na saída de cada alimentador (por exemplo, a cada 15 minutos). O controle manual é possível utilizando um umidímetro de algodão portátil (Figura 7.29). É custoso em mão-de-obra, mas é muito melhor do que nenhum controle. Os valores médios de umidade dos vários alimentadores devem ser comparados para garantir o equilíbrio



**Figura 7.29.** Controle manual da umidade do algodão em caroço nos alimentadores. (Foto: Cotimes, 2005).

e a homogeneidade de qualidade da fibra entre as diferentes linhas de beneficiamento. Em caso de desvio recorrente com relação ao nível desejado (6.5 a 8%), providências imediatas devem ser tomadas para corrigir a umidificação e voltar aos níveis procurados.

A automação da umidificação do algodão ainda é um desafio técnico para os fabricantes especializados que não conseguem aproveitar, para esta função, os sensores atualmente disponíveis.

## 2.4. Umidificação da fibra na prensagem

### 2.4.1. Justificativa e princípio

A umidificação da fibra é favorecida pela umidificação do algodão em caroço. Os objetivos da umidificação da fibra antes da prensagem são de facilitá-la, e aumentar o peso dos fardos e o rendimento de fibra dentro das normas admissíveis. A fibra úmida é mais fácil de prensar. A diminuição da pressão hidráulica necessária para a prensagem tem vários efeitos positivos:

- Redução do tempo de prensagem: a capacidade da prensa aumenta, assim como a produtividade da usina. É uma vantagem determinante quando a prensa constitui um gargalo na usina;
- Redução da solicitação mecânica da prensa e do custo de manutenção: a redução das paradas resulta numa melhor produtividade do processo;
- Redução dos picos de corrente, com solicitação menor dos geradores e menos perturbações na rede elétrica da usina;
- Melhor funcionamento e qualidade da aramação, com menos quebras de arames;
- Redução do custo das embalagens e transporte por tonelada de fibra, pelo peso maior dos fardos.

O ganho de peso dos fardos é muito significativo e, junto com as economias na prensagem, justifica amplamente o investimento que é pago, em geral, em menos de uma safra. A título de exemplo e considerando somente o aumento de peso, com um ganho de umidade de 2 pontos e um valor da fibra base Cotlook Índice A de R\$ 2,60 por quilo, o lucro adicional é de R\$ 10,40 por fardo de 200 kg, ou seja, R\$ 520.000 para uma safra de 50.000 fardos, produção média de uma usina antiga de 2 conjuntos.

A umidificação da fibra na prensagem apresenta vantagens para a fiação, tais como abertura dos fardos com altura uniforme e umidificação posterior facilitada, para menos quebras no decorrer do processo e aspecto melhor do fio.

### 2.4.2. Normas e dimensionamento

O interesse do produtor é de ter as umidades de fardos mais altas possíveis para vender água ao preço da fibra. O interesse da indústria têxtil é de comprar uma fibra com taxa de umidade suficiente para ajudar na fabricação, sem gastar muito comprando água ao preço da fibra. As normas internacionais autorizam uma umidade da fibra no fardo de até 8%.

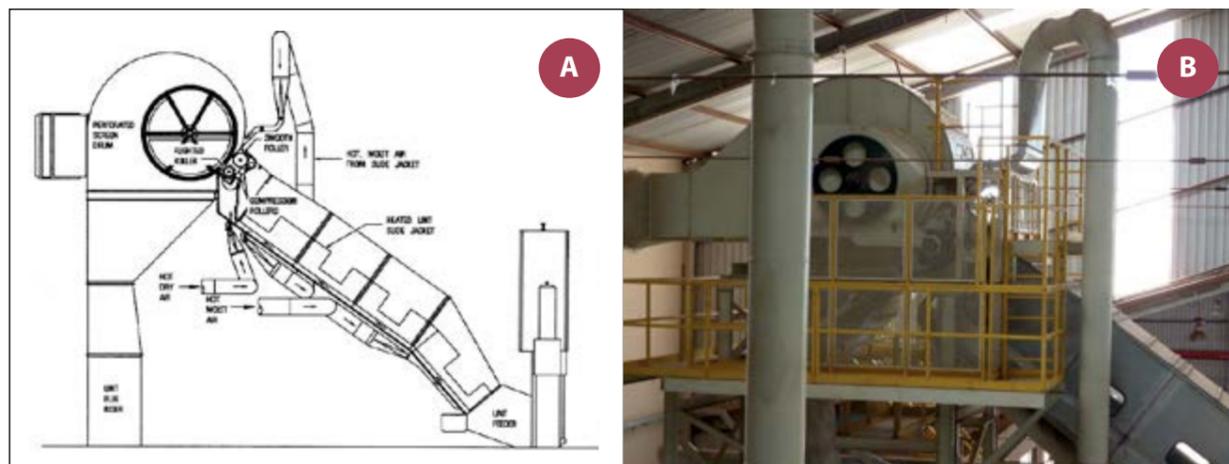
### 2.4.3. Equipamentos

Para conseguir todos esses efeitos positivos, é imprescindível conseguir uma umidificação uniforme e regularmente repartida na espessura e área da manta de fibra que entra na prensa. Os sistemas que respondem a estes critérios funcionam com ar úmido. Como no caso da umidificação do algodão em caroço, utilizam geradores de ar úmido que combinam o aquecimento do ar e a pulverização de água. O combustível utilizado é o gás ou o querosene. O ar quente e saturado em umidade é levado por um ventilador até o ponto de contato com o algodão, num dispositivo de aplicação locado entre o condensador geral e a prensa, ou no próprio condensador. A umidade da fibra aumenta de 2 a 4 pontos, dependendo do dispositivo:

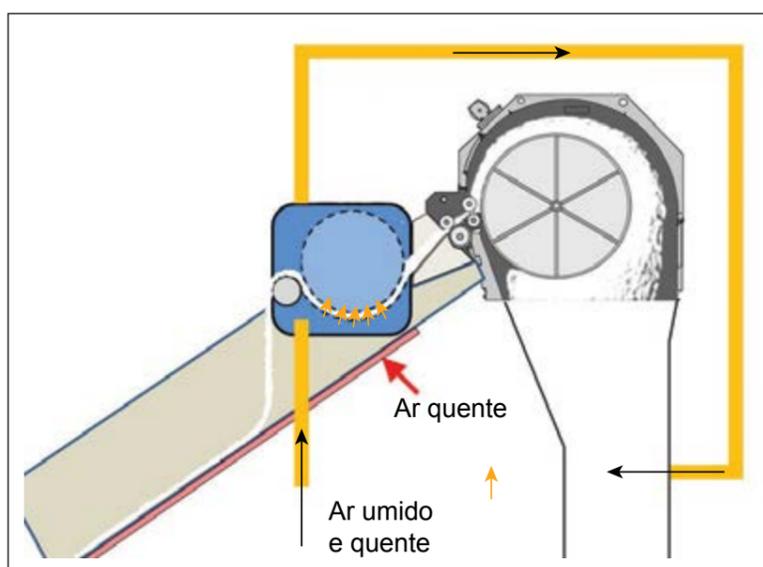
- O dispositivo mais simples é a bica coberta com fundo perfurado (escamas): a manta de fibra é atravessada pela corrente de ar quente. A diferença de velocidade entre a fibra e o ar úmido é grande, permitindo uma umidificação significativa em toda a espessura da manta (Figura 7.30);



**Figura 7.30.** Umidificação pelo fundo da bica. (Foto: Cotimes África 2011).



**Figura 7.31.** Condensador umidificador (MCC da Lummus). A: (Fonte: Lummus Corp. 2004) B: (Foto: Cotimes, 2005).



**Figura 7.32.** Dispositivo Steam-Roller inserido na bica. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

da manta de fibra que desliza na bica. A água é pulverizada por um conjunto de bicos. O sistema permite aumentar um pouco o peso dos fardinhos, mas apresenta numerosos inconvenientes:

Ele molha a fibra ao invés de umidificar. Neste caso, os efeitos positivos sobre a prensagem não existem;

A repartição da água na massa de fibra é muito heterogênea. O deslizamento da manta não ocorre em velocidade constante. A água fica em excesso na superfície da manta, não atingindo as fibras mais profundas;

Uma falta de regulagem ou uma falha do sistema de desligar a aspersão durante o giro da prensa pode chegar a molhar muito a fibra, provocando embuchamentos e

- Condensador geral umidificador: uma única máquina prepara a manta e a umidifica (Figura 7.31);
- Caixa de umidificação inserida na bica: a passagem do ar úmido numa manta comprimida aumenta a troca de vapor de água entre o ar quente e a fibra. A umidificação é muito eficiente, chegando a até 3.5 ou 4 pontos, segundo o fabricante (Figura 7.32).

Uma técnica de umidificação muito comum no Brasil, de investimento baixo e operação barata, consiste em jogar água em cima

perdas de produtividade junto com a perda dos fardos por degradação da fibra (Figura 7.33).

Com a disponibilização das caldeiras, a umidificação na bica com vapor está sendo mais comum. O sistema pode funcionar na condição de prevenir a condensação providenciando ar quente para o aquecimento das partes em contato e o seu isolamento térmico. Algumas usinas, combinando ar quente úmido (produzido por umidificador a gás) e vapor, conseguem aumentar a taxa de umidade de fardos em até 3 pontos ou mais.



**Figura 7.33.** Fardo molhado por aspersão. (Foto: Cotimes, 2006).

#### 2.4.4. Operação e gestão

Os operadores da algodoeira devem monitorar a umidificação da fibra antes da prensagem. Devido ao impacto financeiro da umidificação da fibra, qualquer anomalia deve ser detectada muito rapidamente. Por isso, um controle da umidade fardo por fardo é indispensável. O controle manual é possível utilizando um umidímetro de algodão portátil (Figura 7.34) para fazer 3 medições por fardo. O valor médio de cada fardo deve ser anotado na ficha de produção. Em caso de desvio com relação ao nível desejado (7.5 a 8%), providências devem ser tomadas imediatamente, para corrigir a umidificação e voltar aos níveis procurados.

A automação da umidificação da fibra é tecnicamente disponível e comercializada. A regulação do gerador de umidade e de ar quente é baseada num sensor de umidade do fardo. Sensores são normalmente posicionados na prensa (no compartimento de pré-compressão da fibra) ou na saída do fardo (sensor scanner a micro-ondas).



**Figura 7.34.** Controle manual da umidade da fibra no fardo. (Foto: Cotimes, 2005).

O sinal do sensor é utilizado pelo controlador lógico (CLP), para atuar sobre a produção de ar úmido. É possível efetuar uma medição indireta da umidade do fardo, combinando dados de peso, de força de prensagem e de altura do fardo na compressão final.

A fibra prensada em fardo vai seguir trocando umidade com o ar ambiente. O peso aumenta ou diminui, dependendo se o fardo absorve ou perde umidade. A rapidez da troca de umidade é influenciada pela umidade inicial do fardo e a umidade do ar ambiente, a densidade do fardo e o tipo de embalagem. Quanto maior a densidade, mais lenta é a troca. Embalagens de tecido polipropileno ou algodão permitem uma troca bastante rápida, como, por exemplo, um ganho de peso de 4 a 6 kg para um fardo de 200 kg de fibra, inicialmente com 4.5% de umidade e armazenada durante mais de 60 dias (ANTHONY e MAYFIELD, 1994).

No Brasil, nas regiões de clima muito seco, pratica-se a umidificação por aspersão nos prédios de armazenagem de fardos. É uma prática interessante para manter ou aumentar a umidade e o peso dos fardos durante o período de armazenamento. Devido à lentidão relativa da troca de umidade neste caso (fibra prensada e fardos empilhados), esta prática não elimina o interesse pela umidificação da fibra antes da prensagem, em função de suas numerosas vantagens.

### 3. Limpeza do algodão em caroço

O algodão em caroço sempre contém matérias estranhas incorporadas durante a colheita, sobretudo quando esta é mecânica: maçãs, cascas, caules, pecíolos, folhas verdes ou secas, gravetos, areia, poeiras.

A limpeza é feita antes do descarçamento (pré-limpeza ou limpeza do algodão em caroço) e depois (limpeza da fibra). A operação de descarçamento tem como efeito fracionar as matérias estranhas. Quanto menor o tamanho dos contaminantes, mais é difícil separá-los, por isso é preferível tirar o máximo deles antes de chegar ao descarçador. Este é o objetivo principal da limpeza do algodão em caroço, que também ajuda a proteger os descarçadores e os limpadores de pluma.

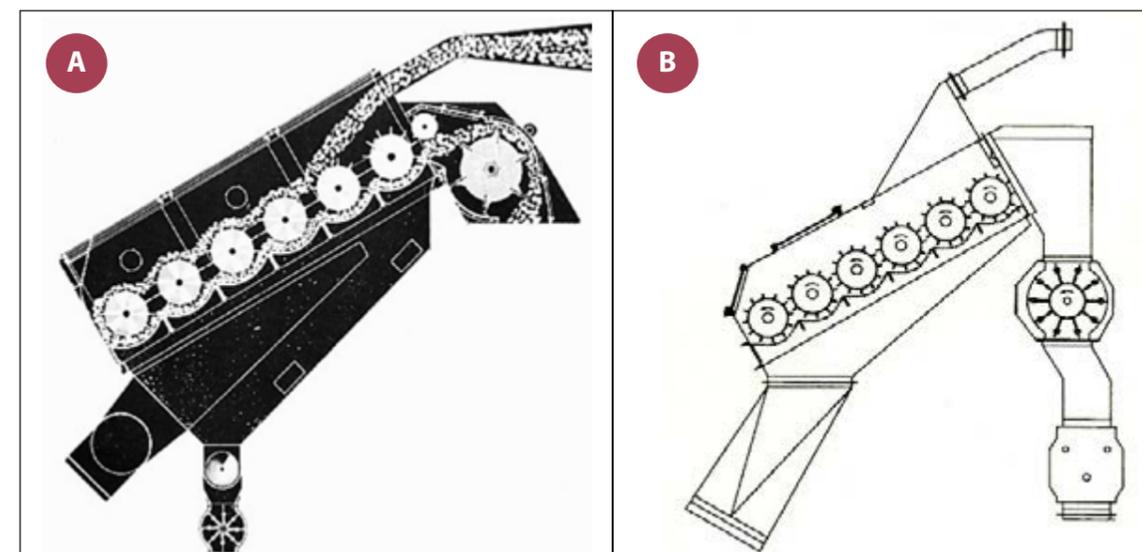
A limpeza do algodão em caroço também tem como objetivo abrir e homogeneizar a matéria, extraindo dela o máximo de substâncias estranhas antes da sua entrada no descarçador. Estes dois aspectos são fundamentais para a produtividade, a qualidade e o valor comercial do algodão. A sequência de pré-limpeza deve ser desenhada em função do tipo e da quantidade de matérias estranhas, que depende em grande parte do método de colheita utilizado<sup>2</sup>.

Para efetuar a limpeza, utilizam-se diferentes tipos de equipamentos, que se distinguem como os limpadores de cilindros (batedores), destinados a retirar os pequenos resíduos (fragmentos de folhas, areia, etc.), e os extratores, que extraem os resíduos mais grosseiros (caules, casquinhas, etc.).

<sup>2</sup> - Sobre colheita, ver o Capítulo 3 deste Manual.

#### 3.1. Os limpadores de cilindros

O limpador de algodão em caroço comporta rolos com pinos de 25 a 75 mm, que rodam por cima de uma grelha côncava de barras (Figura 7.35). A máquina mais comum é o batedor inclinado. Antes de tudo, ele permite abrir, espalhar e esponjar o algodão em caroço. Ao mesmo tempo, a limpeza ocorre por agitação e fricção, que são mais eficazes quanto mais o algodão em caroço estiver seco. A sujeira fina, separada ao nível da grelha, cai por gravidade e é levada pela corrente de ar.



**Figura 7.35.** O limpador de cilindros de algodão em caroço. A: (Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]). B: (Fonte: Lummus Corp., 2007).

Os limpadores podem variar conforme o número e o tipo de rolos de pinos, de grelha e o modo de alimentação. As máquinas têm de quatro a nove rolos. Os rolos côncavos, no caso das máquinas antigas (Figura 7.36), têm eficiência reduzida por causa do número fraco de pinos (4 fileiras) e pelo grande comprimento dos pinos (75 mm). As máquinas modernas têm rolos redondos (Figura 7.37) e pinos menores (25 a 50 mm), aumentando a agitação e a abertura da matéria. O número de filas (6 a 12) e de pinos por fila é variável. As grelhas mais comuns são de barras redon-



**Figura 7.36.** Rolos côncavos. (Foto: Cotimes, 2007).



**Figura 7.37.** Rolos redondos. (Foto: Cotimes do Brasil, 2010).



**Figura 7.38.** Grelhas de barras redondas. (Foto: Cotimes, 2007).

das (Figura 7.38) ou quadradas (Figura 7.39), em geral com diâmetro de 9,5 mm, espaçadas de 6,4 a 9,5 mm. No caso das máquinas Trashmaster, da Lummus, e Premium Cleaner, da Busa, a grelha é mais aberta, permitindo a separação da sujeira grossa. Batedores com tela no lugar da grelha são raros no Brasil. A tela se tranca muito facilmente com casquinhas e caules. Tal batedor só pode ser utilizado na última posição da sequência. No caso do Impact Cleaner, da Continental ou da Candeloro (Figura 7.40), a grelha é substituída por cilindros de discos em rotação. Isso gera uma agitação e uma projeção muito forte do algodão entre os cilindros de pinos e os discos, o que ajuda a extrair a sujeira muito fina.

A alimentação dos batedores se dá por gravidade ou com ar quente empurrado, nas usinas antigas, e por gravidade ou por sucção, nas usinas modernas. Batedores horizontais em linha inseridos entre o secador e o primeiro batedor inclinado se tornam frequentes no Brasil, nas usinas modernas da Lummus e da Busa (Figura 7.41).

Os batedores que funcionam por sucção e com ar quente são os mais eficientes. Nos sistemas de secagem, os batedores ajudam muito, por causa da abertura e da agitação do algodão no ar quente. Os batedores que funcionam com ar empurrado nos processos antigos são pouco eficientes, por conta do desenho

dos rolos e pelas turbulências existentes dentro da máquina. Eles geram muita poeira no prédio de beneficiamento. Todos os batedores devem ter uma boa vedação, para evitar perdas de eficiência nos circuitos de sucção e emissão de poeira quando funcionam com pressão positiva.

As regulagens padrão variam pouco entre as diferentes máquinas do mercado, com velocidades de rotação dos cilindros de pinos de 450 a 500 RPM e espaçamento entre pinos e grelha de 12 a 16 mm, em toda a largura da máquina.

A capacidade máxima de funcionamento é limitada ao equivalente a 2,5 fardos de 227 kg/h/30 cm de largura. As máquinas existem em larguras de 183, 244, 305 e 366 cm, ou seja, com capacidades máximas de 15, 20, 25 e 30 fardos de 227 kg de fibra por hora, respectivamente. Nas usinas antigas, os batedores de 183 cm (72") são corretamente dimensionados. Para maiores capacidades, dois limpadores podem ser instalados paralelamente, com cada máquina tratando a metade do algodão em caroço (fluxo dividido). Especificações dos limpadores de cilindros disponíveis comercialmente são dadas na Tabela 7.1.

O batedor retira de 50% até 55% dos pequenos resíduos (folhas, fragmentos vegetais, poeiras e areia), e de 10% a 40% dos resíduos totais. Ele é essen-



**Figura 7.39.** Barras quadradas. (Foto: Cotimes, 2005).



**Figura 7.40.** Discos do Impact Cleaner. (Foto: Continental Eagle Corp., [20--]).



**Figura 7.41.** Batedor horizontal em linha. (Foto: Cotimes do Brasil, 2009).

cial para melhorar o tipo, dada sua ação direta e seu efeito, que beneficia etapas posteriores do processo. Um batedor é indispensável na posição 1. Um segundo batedor é indispensável para as colheitas mecânicas, sobretudo se seu modo de ação é diferente e complementar.

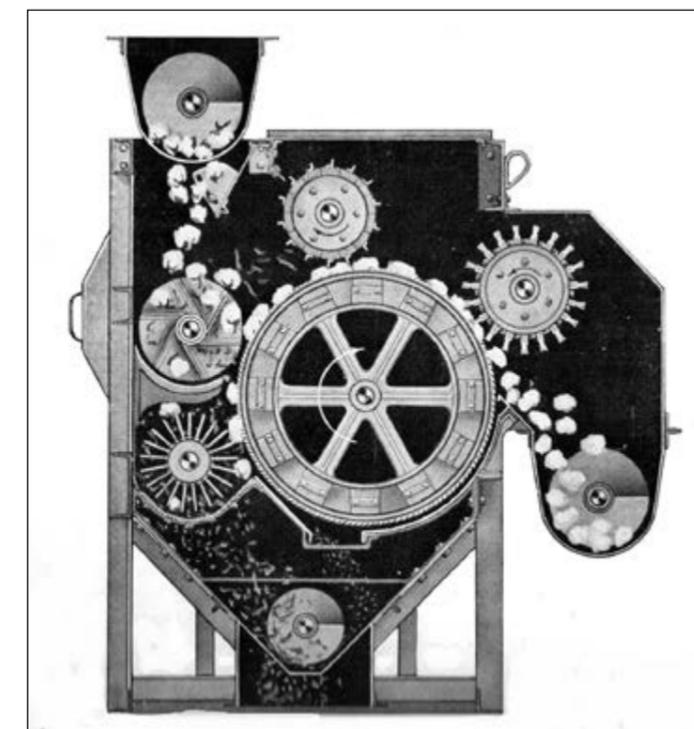
### 3.2. Os extratores de algodão em caroço

#### 3.2.1. Máquina de casquinha (*Bur Machine*)

A máquina de casquinha foi desenvolvida nos anos 1920, nos EUA, para separar a grande quantidade de casquinha resultante da colheita manual de capulho inteiro ou com colheitadeira *Stripper*. Por sua baixa eficiência operacional e baixa capacidade de remoção de talos, esta máquina tem sido largamente substituída nas usinas modernas dos Estados Unidos por outros extratores mais eficientes. É muito raramente encontrada nas usinas brasileiras modernas e nunca nas antigas.

A máquina, alimentada por um lado, utiliza um sistema de separação mecânica. O algodão em caroço preso por um cilindro de serrilhas de grande diâmetro passa embaixo de um cilindro de palhetas (arrancador), que desgruda as casquinhas e talos (Figura 7.42). O material assim separado é levado para um lado da máquina e é movido de volta ao longo de toda a extensão do cilindro de serras, para que o algodão em caroço possa ser recuperado dos resíduos a serem descartados. Partículas pequenas e poeira caem, através de uma tela, em um compartimento localizado embaixo da esteira dentada.

O cilindro de serrilhas tem, aproximadamente, 75 cm de diâmetro e opera a uma velocidade de 110-140 RPM. O rolo arrancador tem, mais ou menos, 30 cm de diâmetro e opera a taxas de velocidade de 4 para 1 com o cilindro de serras. As velocidades de operação do rolo transportador de entrada e escova rotatória de saída são, aproximadamente, iguais à do rolo arrancador. Os fabricantes de maquinário de beneficiamento não apresentam mais a máquina de casquinha como produto padrão.



**Figura 7.42.** *Bur Machine* Murray. (Fonte: Pilette, 1959).

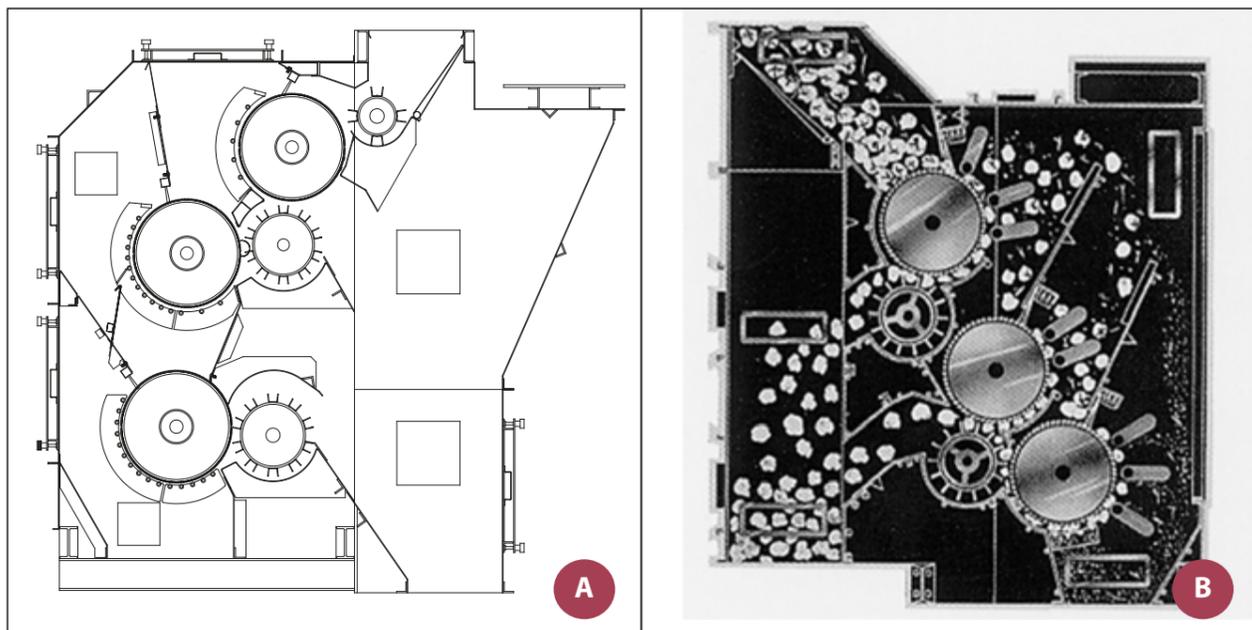
#### 3.2.2. O extrator de algodão em caroço (*Stick Machine*)

O extrator de algodão em caroço comporta rolos dentados (segmentos dentados, serrilhas, serras canais) que rodam a uma velocidade alta em frente das grades de barras (Figura 7.43). A máquina é dedicada a separar a sujeira grossa (caules e casquinhas), e é chamada de *Stick Machine* (máquina de talos), nos Estados Unidos. A limpeza do algodão em caroço, aplicado sobre os rolos dentados por meio de escovas estáticas, ocorre por centrifugação e batimento sobre as barras, posicionadas de maneira precisa para ajudar a controlar as perdas de algodão e extrair as casquinhas e caules. Para conseguir eficiência, o extrator deve ser alimentado por um batedor, para receber um

**Tabela 7.1.** Características dos batedores utilizados no Brasil.

| Fabricante              | Nome Comercial                  | Larguras disponíveis (pol./cm) | Número de rolos batedores | Tipo de rolos batedores     | Número de fileiras de pinos | Distância pinos/grelha (mm) | RPM       | Motor (CV) |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|------------|
| Busa Ltda               | Batedor Horizontal              | 120/305                        | 8                         | cilíndrico ou chapa dobrada | 4 ou 6                      | 14 a 16                     | 450       | 30         |
|                         | Combo                           | 120/305                        | 6 até 16                  | cilíndrico ou chapa dobrada | 4 ou 6                      | 14 a 16                     | 450       | 30 a 60    |
|                         | Batedor Inclinado               | 72/183 e 120/305               | 7                         | cilíndrico ou chapa dobrada | 4 ou 6                      | 14 a 16                     | 450       | 20/30      |
|                         | Premium Cleaner                 | 120/305                        | 5                         | cilíndrico                  | 6                           | 14 a 16                     | 450       | 40         |
|                         | CD 12                           | 48/122 e 96/244                | 2 ou 4                    | com paletas                 | /                           | /                           | 290       | 15 a 30    |
| Continental Eagle Corp. | limpador inclinado              | 72/183, 96/244 e 120/305       | 6                         | cilíndrico                  | 12                          | 16                          | 516       | 10/15      |
|                         | batedor de impacto              | 72/183, 96/244 e 120/305       | 5                         | cilíndrico                  | 12                          | /                           | 600 - 686 | 10/20      |
| Lumms Corp.             | Limpador Horizontal             | 96/244 e 144/366               | 15                        | cilíndrico                  | 12                          | nc                          | 570       | nc         |
|                         | Limpador Inclinado de ar quente | 96/244 e 144/366               | 6                         | cilíndrico                  | 12                          | 13                          | 465       | 15/20      |
|                         | Trashmaster                     | 96/244 e 144/366               | 6                         | cilíndrico                  | 12                          | 13                          | 465       | 20/30      |
| PS Cotton               | batedor inclinado               | 72/183, 96/244 e 120/305       | 6                         | cilíndrico                  | nc                          | nc                          | nc        | nc         |
| Caneloro                | Batedor Inclinado               | 72/183 e 96/244                | 7                         | cilíndrico                  | 8                           | 13 a 19                     | 410 - 450 | 20/30      |
|                         | Batedor de impacto              | 72/183 e 96/244                | 5                         | cilíndrico                  | 12                          | 15                          | 660       | ?          |
| Murray/Piratininga      | batedor inclinado               | 72/183 e 96/244                | 5 a 7                     | poligonal                   | 4                           | 16                          | 450       | 20/30      |
| RV                      | batedor inclinado               | 72/183                         | 7                         | nc                          | nc                          | nc                          | nc        | nc         |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2011.



**Figura 7.43.** O extrator de algodão em caroço. A: (Fonte: Busa Ltda, 2004) B: (Fonte: Continental Eagle Corp., 1997).



**Figura 7.44.** Grade de barras. (Foto: Cotimes, 2007).

algodão aberto e espalhado. A máquina geralmente é alimentada por gravidade e pode ser desviada.

Os extratores podem variar muito, conforme o número de cilindros de serrilhas e velocidades, o tipo de grade e o dispositivo de limpeza dos dentes de serrilhas. Ele comporta 1 a 2 cilindros extratores de serrilhas e um cilindro de serrilhas de recuperação do algodão em caroço (que cai dos cilindros anteriores com a sujeira) e rodando com velocidade inferior, para evitar perdas definitivas. A grade do cilindro extrator 1 é completa, nas máquinas modernas (Figura 7.44), ou composta de 2 ou 3 barras independentes quadradas, redondas ou de cantonei-

ras, nas máquinas de tipo antigo, H.L.S.T. ou cópias (Figura 7.45). O dispositivo rotativo de limpeza dos dentes de cilindros extratores e recuperador pode utilizar canaletas ou escovas (Figura 7.46). Existe um extrator de 5 cilindros de serrilhas de grande eficiência e adaptado ao algodão colhido com *Stripper*, indisponível comercialmente.

O nome HL – usado no Brasil para designar o extrator instalado nos processos antigos – vem de H.L.S.T., um extrator de 3 cilindros introduzido no Brasil pela Murray/Piratininga. As máquinas modernas têm outros nomes, dependendo dos construtores.

As regulagens padrão variam pouco entre as diferentes máquinas do mercado, com espaçamento de 13 mm entre dentes de serrilhas e barras de batida para os dois primeiros cilindros, e de 19 mm para o cilindro recuperador da máquina H.L.S.T. As escovas fixas devem tocar no fundo das serrilhas. As cerdas das escovas giratórias devem penetrar as serrilhas, na profundidade dos dentes. O desempenho da máquina e as perdas de algodão em caroço são condicionados pela afiação dos dentes de serrilhas.

A capacidade máxima de funcionamento é limitada ao equivalente de 2 à 2.5 fardos de 227 kg/h/30 cm de largura. As máquinas existem em larguras de 183, 244, 305 e 366 cm, ou seja, capacidades máximas de 12, 16, 20 e 24 fardos de 227 kg de fibra por hora, respectivamente. Nas usinas antigas, os extratores de 183 cm (72") são corretamente dimensionados para 1 conjunto de 6 descarçadores de 90 serras. Para maiores capacidades, dois extratores podem ser instalados paralelamente, com cada máquina tratando a metade do algodão em caroço (fluxo dividido). Especificações dos extratores disponíveis comercialmente são dadas na Tabela 7.2.



**Figura 7.45.** Barras quadradas. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).



**Figura 7.46.** Escovas giratórias. (Foto: Cotimes do Brasil, 2009).

**Tabela 7.2.** Características dos extratores utilizados no Brasil.

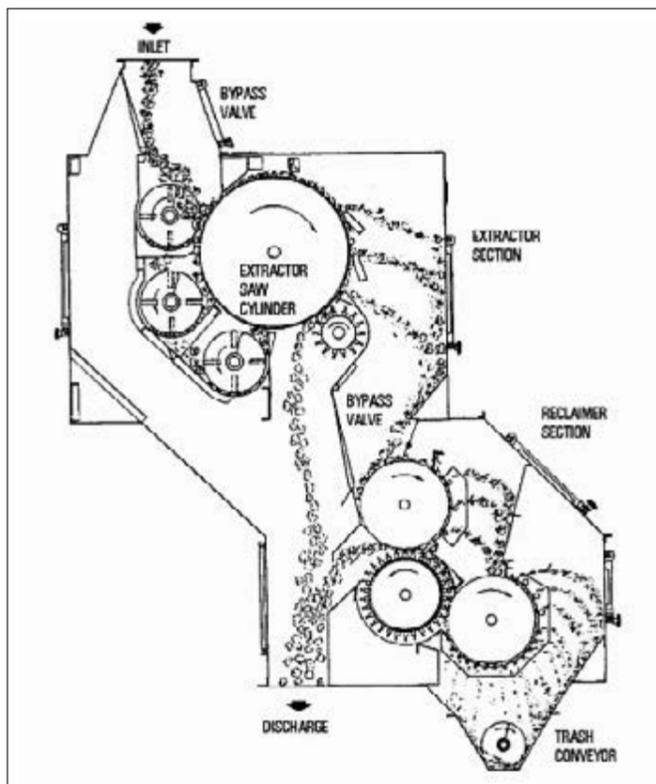
| Fabricante              | Nome (modelo)           | Larguras disponíveis (pol./cm) | Número de rolos de serrilhas | Número de barras rolo 1 | Tipos de barras rolo 1                   | RPM rolos extratores | RPM rolo recuperador | Motor (HP) |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|--|----------------------|----------------------|------------|
| Busa Ltda               | Limpador Extrator HLST  | 72/183 e 120/305               | 3                            | 6                       | grade de 1 barra chata e barras redondas | 400 e 215            | 215                  | 15/25      |
|                         | Limpador Extrator HLST  | 72/183 e 120/305               | 2                            | 6                       | grade de 1 barra chata e barras redondas | 405                  | 205                  | 15/20      |
| Continental Eagle Corp. | Super III Stick Machine | 96/244 e 120/305               | 3                            | 3                       | redondas                                 | 362                  | 362                  | 20/25      |
|                         | Stripper Cleaner        | 96/244 e 120/305               | 1                            | 2                       | redondas                                 | 122                  | -                    | nc         |
| Lummus Corp.            | Little Giant SM         | 96/244 e 144/366               | 2                            | 4                       | grade de barras redondas                 | 325                  | 285                  | 15/20      |
|                         | S&GH                    | 96/244 e 144/366               | 1 + 2                        | 2                       | Chapas dobradas                          | 355 e 365            | 365                  | 30/40      |
| PS Cotton               | Limpador tipo HLST      | 72/183, 96/244 e 120/305       | 3                            | nc                      | grade de barras redondas                 | nc                   | nc                   | 20/30      |
| Candloro                | Extrator tipo HLST      | 72/183 e 96/244                | 3                            | 3                       | quadradas/cantoneiras                    | 330/350              | 285/300              | 15/20      |
| Murray/Piratinga        | HLST Super              | 72/183 e 96/244                | 3                            | 2                       | quadradas/cantoneiras                    | 330                  | 264                  | 15/20      |
|                         | HLST Compacto           | 72/183 e 96/244                | 2                            | 2                       | 1 barra quadrada e 4 barras redondas     | 330                  | 264                  | 10/15      |
| RV                      | Extrator                | nc                             | nc                           | nc                      | nc                                       | nc                   | nc                   | nc         |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2011.

O extrator retira mais de 50% dos resíduos maiores. Ele é indispensável para o algodão em caroço de colheita mecânica. Ele retira 20% a 50% dos resíduos totais (colheita com fusos). Sua eficácia só poderá ser máxima se os dentes das serrilhas estiverem bem afiados, se a aplicação das escovas fixas for boa e se as barras de batida estiverem em bom estado e com a distância normal das serrilhas.

### 3.2.3. Combinações de máquinas de casquinha e de talos (Bur e Stick Machines)

No caso do algodão colhido com máquina Stripper, a grande quantidade de resíduos grossos de tipo casquinha e caules necessita de uma limpeza adequada e eficiente. Foram desenvolvidas máquinas específicas combinando as características respectivas das máquinas Bur e dos extratores, e instaladas como primeiro estágio de pré-limpeza. Hoje, algumas máquinas são disponibilizadas pelos construtores americanos (S&GH da Lummus, Stripper – Super III da Continental), com a parte da máquina de casquinha instalada em cima do extrator (Figura 7.47). Para combinar com o extrator, o desenho da máquina de casquinhas foi alterado para conseguir uma capacidade maior com largura reduzida, mas sempre usa um cilindro de serrilhas grande e



**Figura 7.47.** Máquina S&GH. (Fonte: Lummus Corp., 2007).

a alimentação é feita por rosca. O tambor de serrilhas trabalha sem escova fixa e tem rotação suficiente para conseguir uma extração por centrifugação e batimento sobre barras fixas. O algodão carregado, assim ejetado, segue para a parte inferior extratora, enquanto a matéria limpa (até 50%) sai diretamente para a próxima máquina.

As máquinas estão disponíveis nas larguras de 183 a 366 cm, com capacidades máximas de 12 a 24 fardos de 227 kg de fibra por hora. Este tipo de máquina é de desenho adequado com a colheita com Stripper nos EUA e não é encontrada nas usinas antigas do Brasil.

### 3.3. Os alimentadores de descarçador

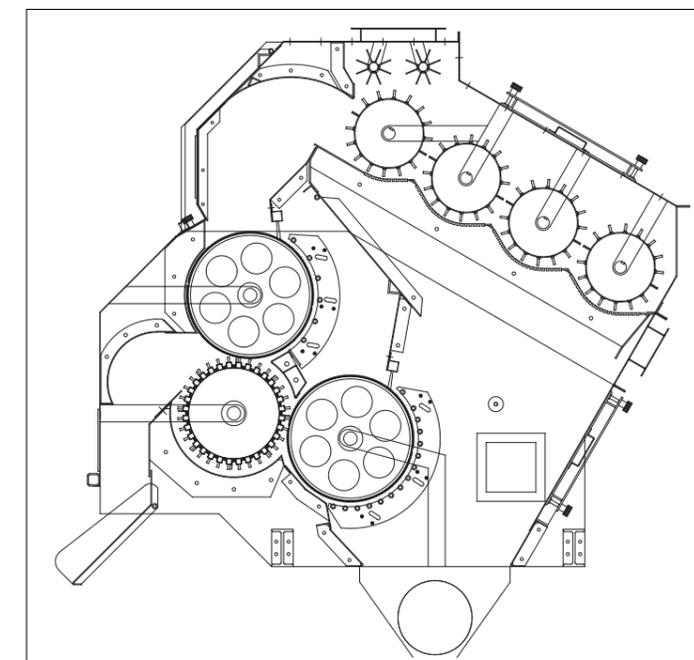
O alimentador de descarçador recebe o algodão em caroço da rosca alimentadora. Sua função é alimentar o descarçador uniformemente e de forma controlada, garantindo uma limpeza e abertura complementares e finais do algodão em caroço.

#### 3.3.1. Os alimentadores modernos

Os alimentadores modernos combinam limpeza e extração, e têm as seguintes características (Figura 7.48):

- Possuem 2 rolos de alimentação tipo carambola, com motorreductor para a regulação manual ou automática do fluxo de algodão que atravessa a máquina e alimenta o descarçador;
- Têm regulação automática do fluxo: a automação permite parar o fluxo, no caso de o peito do descarçador levantar, e manter uma densidade constante do rolo de caroço no peito, para uma produtividade máxima e qualidade homogênea. O controle de fluxo é geralmente baseado no consumo elétrico do motor do eixo de serras do descarçador;
- Possuem de 3 a 4 cilindros limpadores de pinos, com tela ou grade de barras;
- Dispõem de 1 a 2 cilindros extratores de serrilhas, com barras de batida e escovas fixas;
- Possuem 1 dispositivo de recuperação, com 1 a 2 cilindros de serrilhas;
- Têm 1 cilindro de escovas ou canaletas, para a saída do algodão;
- Têm uma sucção de poeira fina.

O número reduzido de partes em movimento permite alcançar altas capacidades exigidas pelos descarçadores modernos.



**Figura 7.48.** Alimentador de descarçador moderno típico. (Fonte: Busa Ltda, 2004).

As regulagens padrões recomendadas são geralmente as mesmas para os batedores e extratores:

- Espaçamento entre a ponta dos pinos e a grelha (13 a 16 mm);
- Espaçamento de 13 mm entre a ponta dos dentes de serrilha e as barras de batida.

Entretanto, é recomendado consultar os manuais, pois existem muitos modelos que podem necessitar de regulagens específicas. As velocidades podem variar muito de um modelo para outro.

Os alimentadores aproveitam um algodão bem aberto e são máquinas que tratam de um fluxo de algodão por unidade de largura menor do que as máquinas de pré-limpeza. Isso permite uma boa eficiência. Utilizado sozinho, o alimentador moderno pode separar até 40% da matéria estranha do algodão em caroço, 70% da casquinha, 15% do piolho e 40% da outra sujeira (ANTHONY e MAYFIELD, 1994).

### 3.3.2. Os alimentadores antigos

Os alimentadores antigos, do tipo Mitchell Standard e Super-Mitchell, desenvolvidos a partir do Modelo K patenteado em 1930 por John E. Mitchell, bem antes da colheita mecânica, têm uma eficiência limitada. As características são as seguintes (Figura 7.49):

- 2 rolos de alimentação tipo carambola;
- Ajuste mecânico das rotações e do fluxo primitivo, sem precisão;
- Ausência de rolos de pinos, mas 1 ou 2 cilindros de pás (palhetas) girando na frente de chapas furadas inadequadas a separação de sujeira grossa;

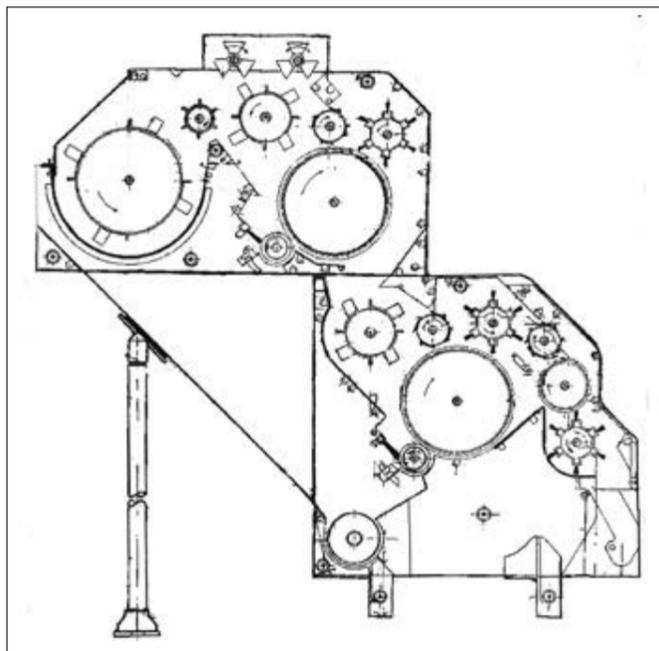


Figura 7.49. Alimentador de descaroçador de tipo antigo Super Mitchell. (Fonte: Murray-Piratininga Ltda., [19--]).

- 1 ou 2 cilindros de serrilhas de diâmetro médio sem escova fixa e sem grade de barras, que então não realizam um verdadeiro trabalho de extração;
- 2 ou 3 cilindros de retorno, com aspas ajudando na separação das casquinhas;
- 1 ou 2 cilindros recuperadores de serrilhas de pequeno diâmetro, com escova fixa;
- Escovas giratórias.

Nos processos antigos beneficiando algodões colhidos mecanicamente, o desempenho limitado dos alimentadores Mitchell e Super Mitchell, em termos de limpeza e regularidade da alimentação, deve ser compensado por uma eficiência forte das

etapas anteriores de pré-limpeza. A instalação de motorreductores para a movimentação dos rolos alimentadores permite ganhar em precisão de alimentação, regularidade de funcionamento e produtividade dos descaroçadores. As chapas furadas devem ser sistematicamente substituídas por grelhas de barras de 6 a 7 mm, espaçadas de 8 mm.

### 3.4. Sequências e gestão da limpeza do algodão em caroço

A limpeza do algodão em caroço participa muito da qualidade da fibra, mas tem um custo. Ela deve ser desenhada e operada em função da carga do algodão em caroço, considerando os seguintes componentes de rentabilidade:

- Ganho em melhoria da qualidade e do valor de mercado da fibra;
- Ganho pela proteção do material nas etapas posteriores do processo;
- Perda inevitável de matéria;
- Consumo de energia;
- Custo de manutenção.

A única etapa de limpeza (1 batedor + 1 extrator H.L.S.T.) encontrada no processo de desenho antigo não basta para eliminar os caules e as cascas que entram nos peitos do descaroçador, com consequências péssimas sobre a valorização da fibra. A sequência de limpeza do algodão em caroço (pré-limpeza) recomendada para os algodões colhidos mecanicamente com fusos no Brasil é (Figura 7.50):

- 1 sistema de cata-pedras;
- 2 etapas de pré-limpeza (cada uma com 1 extrator, no caso das usinas antigas); e
- 1 extrator-alimentador por descaroçador.

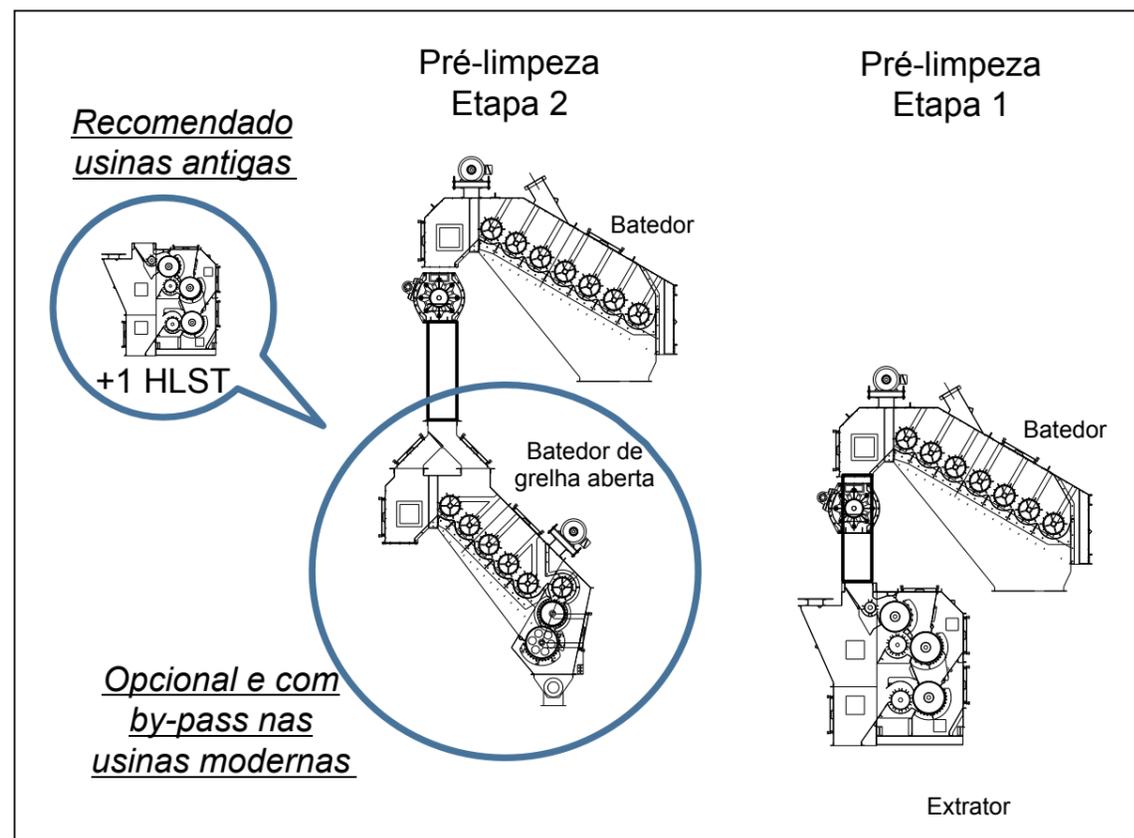
As máquinas devem ser organizadas em sequência, de forma a otimizar o desempenho de cada uma. Um extrator não pode ser instalado em posição 1, pois deve sempre receber um algodão aberto e preparado por um batedor. O dimensionamento, a alimentação e a disposição no espaço devem ser definidos por estudos de engenharia, a fim de garantir o desempenho máximo com custos mínimos de instalação e operação.

A eficiência de limpeza do algodão em caroço por uma sequência de 4 máquinas modernas (1 batedor + 1 extrator + 1 batedor + 1 alimentador-extrator) varia entre 40 a 80%, dependendo dos ritmos de produção, do estado, das regulagens e da limpeza das máquinas (ANTHONY e MAYFIELD, 1994).

A exposição das máquinas limpadoras a uma matéria suja e abrasiva impõe cuidados diários, tais como abertura, limpeza e verificação das peças submetidas a desgaste. Os principais pontos de danos ou de desgaste se situam junto aos extratores e alimentadores de descaroçadores (segmentos dentados e escovas fixas ou giratórias). Matérias estranhas grandes podem provocar desgastes importantes nas máquinas (deformações, empenamento, quebras). Um plano de manutenção rigorosamente desenhado e efetuado é a única maneira de conseguir manter os equipamentos de pré-limpeza

com o máximo de eficiência. No caso das usinas antigas que têm eficiência limitada na pré-limpeza, os cuidados com as máquinas são ainda mais importantes.

O sistema de transporte do algodão nas etapas de pré-limpeza é pneumático. O funcionamento eficiente e regular desta parte do processo, com um mínimo de embuchamentos, depende da boa vedação das máquinas e, particularmente, dos batedores (portas de visita) e das válvulas de vácuo (tiras de borracha).



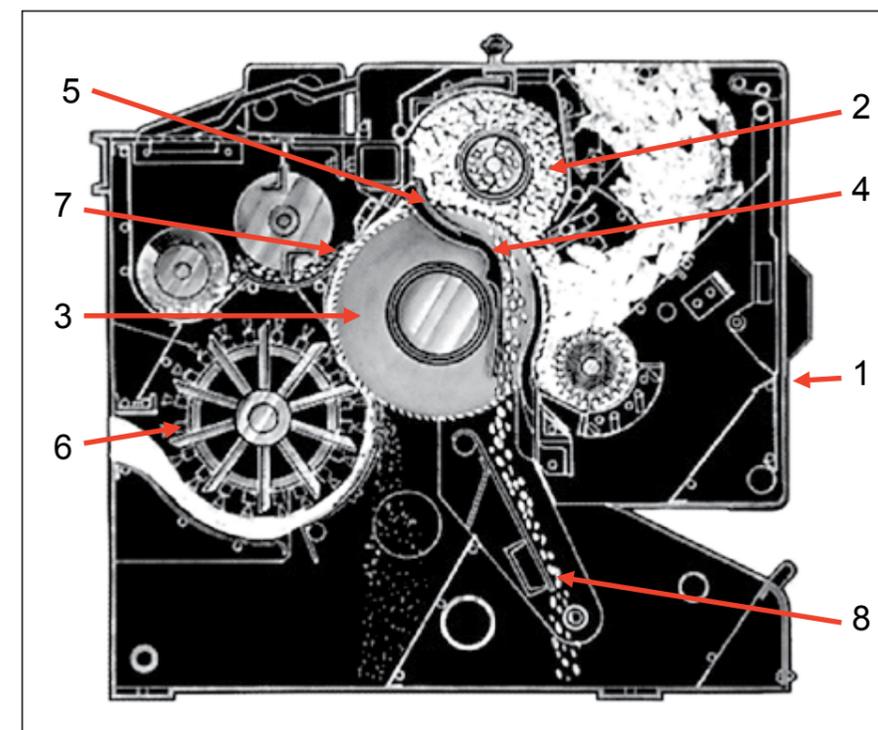
**Figura 7.50.** Sequência recomendada para a pré-limpeza (algodão convencional). (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

## 4. O descaroçador de serra

O descaroçador é a máquina central do processo de beneficiamento. Condiciona a capacidade da usina e tem um impacto sobre várias características de fibra importantes para a fiação, como o comprimento e o teor de *neps*. No descaroçador, deve-se separar a fibra do caroço, eliminando certos resíduos, com o mínimo de desgaste destes dois produtos.

### 4.1. O princípio de funcionamento

O peito do descaroçador é constituído do antepeito e da câmara de beneficiamento (Figura 7.51). É a parte móvel do descaroçador. Pode ser levantado em posição de espera ou baixado em posição de beneficiamento. O antepeito é a parte frontal (1) que recebe o algodão em caroço que cai do alimentador e alimenta a câmara de beneficiamento (2), colocando o algodão em caroço em contato com as serras (3). A câmara de beneficiamento é delimitada por chapas curvadas e, na parte baixa e interna,



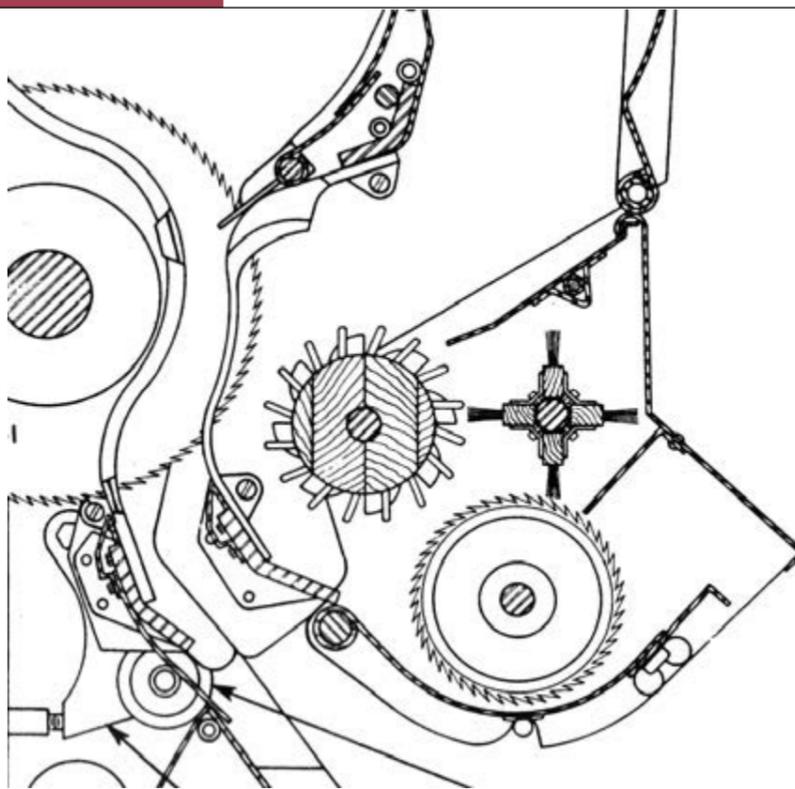
**Figura 7.51.** Princípio de funcionamento do descaroçador. (Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]).

por costelas (4) entre as quais penetram as serras quando o peito está na posição baixa. É bastante circular, o que permite ao rolo de algodão em caroço girar, apresentando continuamente nova fibra aos dentes. A fibra agarrada pelas serras é separada do caroço no ponto de beneficiamento (5), onde os dentes penetram entre as costelas. Atrás das costelas, a fibra é extraída dos dentes por escovas rotativas (6) ou jato de ar e levada por ar até o limpador de pluma ou o condensador geral. A centrifugação da fibra que ocorre no descaroçador pelas serras é aproveitada para uma primeira limpeza de vários resíduos vegetais e de caroço abortado no cata-piolho (7). O caroço desfibrado por passagens sucessivas em contato com as serras perde velocidade e cai por gravidade entre as serras até um dispositivo transportador (8). O tratamento mecânico violento é responsável por quebras e encarneamentos de fibras, ocasionando a produção de fibras curtas e *neps* de fibra e de casca de caroço. As ações mecânicas no caroço podem levar a danos ou quebras. Em tal situação, além da poluição da fibra, o poder germinativo é afetado.

### 4.2. Os modelos de descaroçadores de serras

Os descaroçadores evoluíram muito no decorrer das décadas passadas. Os modelos variam pelo número e diâmetro de serras, dispositivos de extração da fibra (escovas ou ar), desenho do antepeito (com ou sem costelas), desenho da câmara de beneficiamento (fechada ou não, com ou sem sistema rotativo interno), etc. Muitos modelos antigos e modernos de descaroçadores de vários construtores estão sendo operados no Brasil.

Nas máquinas antigas, o antepeito, equipado de costelas e rolos, providencia uma última limpeza do algodão em caroço (Figura 7.52). Nos descaroçadores modernos



**Figura 7.52.** Antepeito de descarçador antigo. (Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]).



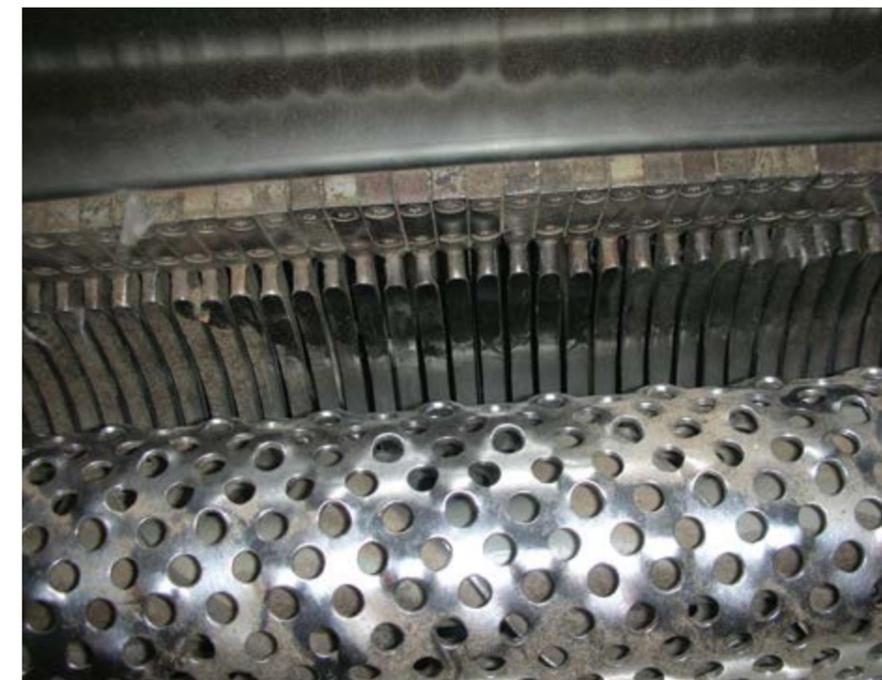
**Figura 7.53.** Chapas superiores do peito. (Foto: Cotimes Afrique, 2011).

que se aproveitam de uma pré-limpeza eficiente, o antepeito é simplificado, o que permite aumentar a produtividade.

Muitas melhorias no desenho do peito permitiram aumentar a produtividade dos descarçadores. A melhor circularidade da câmara de beneficiamento facilita a rotação do rolo de caroço. Nas máquinas antigas, a parte alta do peito era aberta, limitando a rotação do rolo de caroço deformado pela pressão interna e a força centrífuga. O fechamento do peito por rolos (Lummus) ou chapas (Busa, Continental, Lummus) é indispensável para conseguir uma alta produtividade (Figura 7.53). O atrito do rolo de algodão contra as paredes e costelas do peito é grande, devido à alta pressão interna. Para contornar este limite, foram acrescentados dispositivos dentro do peito. O tubo rotativo extrator de caroço (Continental) permite aliviar o rolo de caroço e liberar espaço para mais fibra dentro do peito, o que ajuda a rotação (Figura 7.54). O rolo agitador (Lummus e Busa) ajuda na rotação do rolo e, pelo movimento oscilante lateral, oferece mais fibra para as serras, melhorando a produção (Figura 7.55).

O aumento do número de serras por máquina, a redução da distância entre serras e o aumento do diâmetro das serras (406 mm com Continental e 457 mm com Murray) são outros recursos utilizados pelos construtores para aumentar a capacidade dos descarçadores. Os mais avançados têm 201 serras

de 406 mm (Continental), 200 serras de 305 mm (Busa) e 170 serras de 305 mm (Lummus). Com as melhorias técnicas providenciadas pelos construtores, a capacidade dos descarçadores passou, em 60 anos, de 2 para mais de 20 fardos de 227 kg por hora por descarçador. As características e capacidades de várias gerações e modelos utilizados no Brasil ou disponíveis no mercado são apresentadas na Tabela 7.3.



**Figura 7.54.** Tubo extrator de caroço no peito. (Foto: Cotimes Afrique, 2008).



**Figura 7.55.** Rolo agitador no peito. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

**Tabela 7.3.** Características dos descaroçadores utilizados no Brasil.

| Fabricante                  | Nome (modelo)       | Número de serras | Diâmetro serras (pol") | Capacidade (fardos/hora) |        | RPM serras | Tipo extração da fibra | Motor serras (HP) |
|-----------------------------|---------------------|------------------|------------------------|--------------------------|--------|------------|------------------------|-------------------|
|                             |                     |                  |                        | 227                      | 200    |            |                        |                   |
| Busa Ltda                   | Descaroçador 200    | 200              | 12                     | 15.0                     | 17.0   | 828        | escova                 | 150               |
| Continental Eagle Corp.     | Model C             | 80               | 12                     | 1.8                      | 2.0    | até 700    | jato ou escova         | 15                |
|                             | Model 521 e 550     | 80               | 12                     | 1.8                      | 2.0    | 650        |                        | 15                |
|                             |                     | 90               | 12                     | 2                        | 2.3    | 650        |                        | 20                |
|                             | 120 serras          | 120              | 12                     | 3.0                      | 3.4    | 670        |                        | 25                |
|                             | Comet               | 119              | 16                     | 6.0                      | 6.8    | 700        | escova                 | 50                |
|                             | 93 serras 1974      | 93               | 16                     | 5.0                      | 5.7    | 700        | escova                 | 50                |
|                             | 141 serras 1974     | 141              | 16                     | 7.6                      | 8.6    | 700        | escova                 | 75                |
|                             | 141 Double Eagle    | 141              | 16                     | 12.0                     | 14.1   | 615        | escova                 | 125               |
| 161 Golden Eagle            | 161                 | 16               | 15.0                   | 17                       | 615    | escova     | 150                    |                   |
| Lummus Corp.                | Imperial 88         | 88               | 12                     | 5.0                      | 5.7    | 830        | escova                 | 60                |
|                             | 108 Imperial        | 108              | 12                     | 7.0                      | 7.9    | 830        | escova                 | 75                |
|                             | 128 Imperial        | 128              | 12                     | 8.0                      | 8.0    | 830        | escova                 | 75                |
|                             | 158 Imperial        | 158              | 12                     | 10.0                     | 11.4   | 830        | escova                 | 100               |
|                             | 158 Imperial II     | 158              | 12                     | 12.0                     | 13.6   | 825        | escova                 | 100               |
|                             | 116 Imperial III    | 116              | 12                     | 10.0                     | 11.4   | 850        | escova                 | 100               |
|                             | 170 Imperial III    | 170              | 12                     | 15.0                     | 17.0   | 150        | escova                 | 150               |
| PSCotton                    | Descaroçador 172    | 120, 150 e 172   | 12                     | -                        | até 16 | nc         | escova                 | 150               |
| Candeloro                   | Descaroçador 120x18 | 120              | 18                     | -                        | 8.0    | 575        | escova                 | 75                |
|                             | Descaroçador 90x12  | 90               | 12                     | -                        | 4.0    | 720        | escova                 | 30                |
|                             | Descaroçador 90x12  | 90               | 12                     | -                        | 2.0    | 720        | jato de ar             | 20                |
| Murray e Murray-Piratininga | 80 serras de 12"    | 80               | 12                     | -                        | 1.8    | 700        | jato de ar             | 15                |
|                             | 90 serras de 12"    | 90               | 12                     | -                        | 2.0    | 700        | jato de ar             | 15 ou 20          |
|                             | 120 serras de 18"   | 120              | 18                     | 6                        | 6.8    | 456        | jato de ar             | 60                |
|                             | 142 serras de 18"   | 142              | 18                     | -                        | 8.0    | 545        | escova                 | 75                |
| RV                          | Descaroçador 90     | 90               | 12                     | -                        | nc     | nc         | nc                     | nc                |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2011.

### 4.3. Operação dos descaroçadores

Quando tem algodão no peito, este não deve ser movimentado, a não ser que as serras estejam funcionando, pois isso poderia danificá-las ou as costelas.

O pente de caroço em posição levantada permite manter por mais tempo o caroço na câmara de beneficiamento, para maior desfibragem, mas isso reduz a produção, aumenta a densidade e as pressões no rolo de caroço, o que gera mais violência no tratamento da fibra e do caroço e favorece a extração de fibras curtas na superfície do caroço. A rentabilidade econômica desta prática é duvidosa. O beneficiador deve procurar obter uma boa desfibragem, na posição mais baixa possível. Por isso, as serras devem estar em excelente estado e o ritmo de alimentação do descaroçador precisa ser controlado.

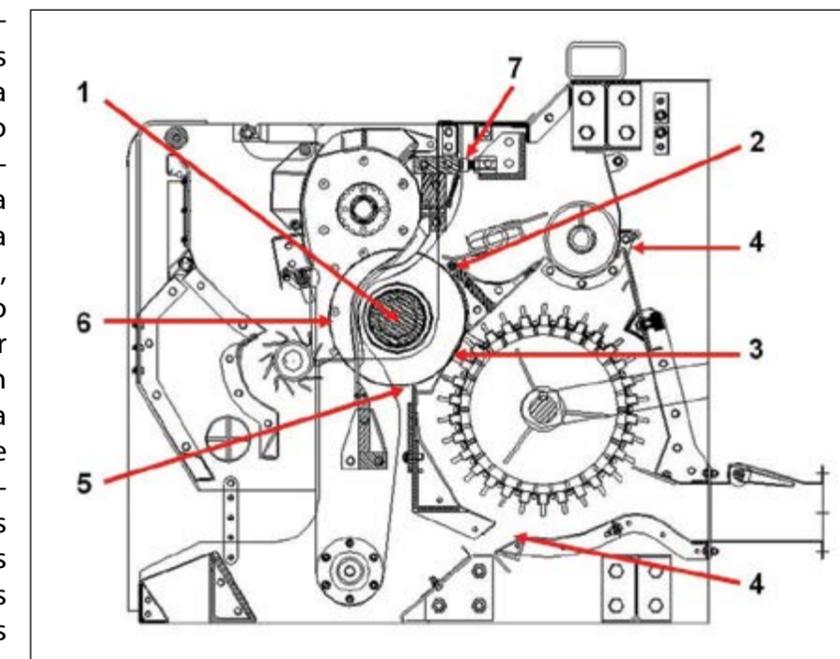
O pente é igualmente aproveitado para evitar a caída do algodão e ajudar a formação do rolo de caroço no início do beneficiamento.

Para algumas máquinas, a posição do rolo de alimentação do antepeito (*picker roller*) pode ser ajustada durante o beneficiamento. Afastado, não permite às serras pegar todo o algodão em caroço e, próximo demais das serras, não permite às cascas caírem sem serem fragmentadas pelas serras. O rolo deve estar posicionado o mais longe possível das serras, sem deixar cair nenhum algodão.

### 4.4. Regulagens e manutenção

Nenhum ajuste ou manutenção deve ser realizado com os descaroçadores em funcionamento. Eles devem ser parados, desligados e travados antes da realização de qualquer ajuste ou manutenção. Regulagens, condições de funcionamento e manutenção são importantes para a produtividade e a qualidade dos produtos. Os construtores providenciam instruções e normas para instalação, regulagens e manutenção. As recomendações devem ser respeitadas, pois foram definidas após numerosos anos de pesquisa e experiência de campo, porém algumas variações, em função da matéria-prima e dos resultados procurados, podem ser toleradas.

As regulagens do descaroçador são feitas pelo fabricante. Devem ser conferidas antes da ligação inicial e *start-up* da usina, após a máquina ter sido alinhada com as outras, nivelada e definitivamente fixada no piso. Quando a máquina estiver montada e alinhada, os eixos e, particularmente, o cilindro de serras devem ser girados manualmente, sem as correias e correntes, para conferir se a rotação está livre e se não há peças ou ferramentas na máquina. As serras não devem tocar nas costelas durante a rotação. Depois, as correias podem ser montadas e a máquina ligada, após ser conferido o sentido de rotação do motor. A velocidade de



**Figura 7.56.** Sequência de regulagem do descaroçador. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

rotação das serras deve ser medida e ajustada, se necessário, de modo a não se desviar das recomendações do construtor, de mais de 10 RPM.

De maneira geral, os ajustes dos descaroçadores devem ser feitos em sequência (Figura 7.56), começando pela instalação do eixo de serra completo (1), a sua centragem lateral no chassi da máquina e a centragem dos mancais nos suportes, antes da fixação. Se a chapa de cata-piolho (2) estiver fixa, a distância das serras com a chapa deve ser regulada em toda a largura da máquina antes da fixação do eixo de serras. Se a chapa de cata-piolho superior for regulável, será ajustada após a fixação do eixo de serra. O sistema de extração de fibra (jato de ar ou escovas rotatórias) deverá ser montado e

regulado com relação aos dentes de serra (3), bem como as tomadas de ar das escovas (4) e o cata-piolho inferior (5). Deve-se montar o peito sem o antepeito, fazer a centragem lateral das costelas nas serras, regular a penetração das serras nas costelas (6) e o deslocamento do peito (7); finalmente, deve-se montar o antepeito.



**Figura 7.57.** Espaçamento regulares entre costelas. (Foto: Cotimes, 2007).

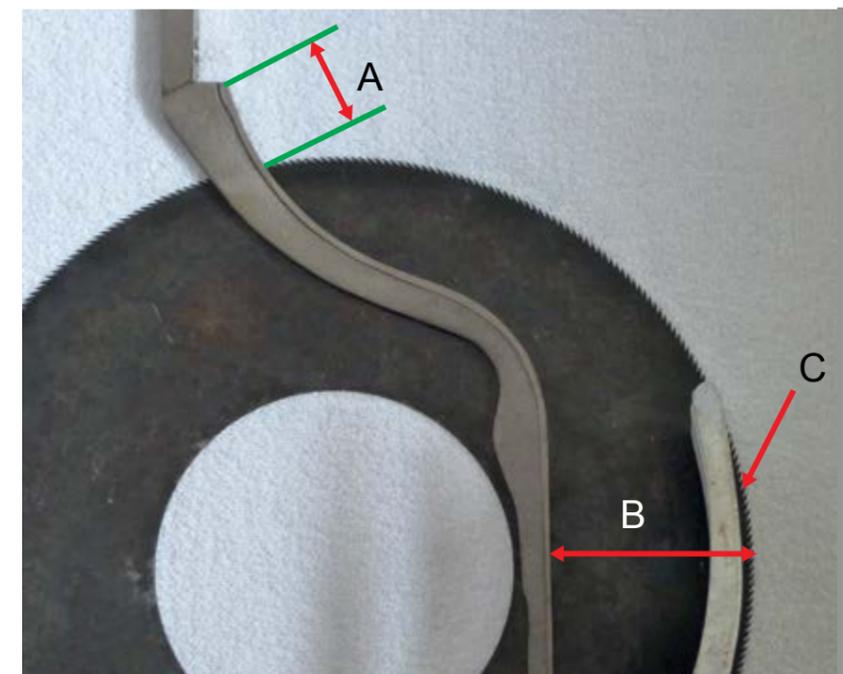
As reformadas complicam muito ou até impedem uma boa montagem, por serem em geral muito irregulares (deformação pelo aquecimento e lixação manual). Nas máquinas antigas, principalmente, calços de papelão devem ser utilizados para conseguir espaçamentos e a disposição correta das costelas. Elas se desgastam no ponto de beneficiamento, por causa da abrasão provocada pelas fibras e o caroço. O desgaste aumenta a distância entre costelas, com o aumento gradual da passagem de caroço na fibra e quebras de caroço. O desgaste é progressivo. É mais rápido com algodões carregados com matéria estranha, particularmente areia. Depende então da eficiência da pré-limpeza e do algodão mesmo. Por isso, as normas recomendadas pelos construtores para preservá-las devem ser consideradas com cuidado e estar sempre em consonância com a observação das costelas e da fibra produzida.

A penetração das serras com as costelas é uma regulagem importante que condiciona a produtividade e influencia na carga de matéria estranha na fibra. Essa regulagem se refere a três pontos principais, para os quais as recomendações dos construtores devem ser escrupulosamente respeitadas

#### 4.4.1. O costelado

Os peitos devem ser identificados, pois não podem ser trocados entre máquinas. O atrito entre serras e costelas provoca o desgaste de ambas e pode provocar incêndio. Devido ao grande número de costelas no descaroador, sua montagem deve ser muito cuidadosa, com espaçamentos perfeitamente regulares para facilitar a centragem das serras e evitar atritos e passagem de caroço na fibra. Costelas originais permitem conseguir espaçamentos regulares e de dimensão adequada (Figura 7.57). A qualidade da fabricação e a regularidade das costelas são importantes para conseguir um costelado adequado e o beneficiador deve comprar unicamente de fabricantes que produzem costelas regulares e padrão. As reformadas complicam muito ou até impedem uma boa montagem, por serem em geral muito irregulares (deformação pelo aquecimento e lixação manual). Nas máquinas antigas, principalmente, calços de papelão devem ser utilizados para conseguir espaçamentos e a disposição correta das costelas. Elas se desgastam no ponto de beneficiamento, por causa da abrasão provocada pelas fibras e o caroço. O desgaste aumenta a distância entre costelas, com o aumento gradual da passagem de caroço na fibra e quebras de caroço. O desgaste é progressivo. É mais rápido com algodões carregados com matéria estranha, particularmente areia. Depende então da eficiência da pré-limpeza e do algodão mesmo. Por isso, as normas recomendadas pelos construtores para preservá-las devem ser consideradas com cuidado e estar sempre em consonância com a observação das costelas e da fibra produzida.

(Figura 7.58). A distância A entre a ponta dos dentes e a ponta das costelas tem um impacto sobre a produtividade. Uma distância insuficiente favorece a perda de algodão em caroço e caroço no cata-piolho, pois a distância entre costelas, em geral, aumenta perto da ponta (para reduzir a formação de buchas). A distância B tem impacto sobre a produtividade. Quanto maior a penetração, mais as serras entram profundamente no rolo de caroço, aumentando a rotação e o número de dentes em contato com a fibra. Uma distância C grande entre a ponta dos dentes e as costelas de antepeito ajuda na captação do algodão em caroço, favorecendo a produtividade, mas aumenta também a captação de casquinhas. A posição do antepeito no peito sendo fixa, B e C variam juntas.



**Figura 7.58.** Relação costelas-serras. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

#### 4.4.2. As serras

A maioria das especificações e regulagens referentes às serras tem impacto direto tanto sobre a produtividade quanto sobre as perdas e a qualidade da fibra produzida (fibras curtas, *neps*, limpeza). A velocidade de rotação é um critério importante, pois velocidades baixas resultam em capacidade baixa e velocidades altas em danos à fibra (*neps* e fibras curtas). A inclinação e o perfil dos dentes são críticos e foram objeto de numerosos estudos para se chegar ao melhor desempenho. Ao entrar entre as costelas no ponto de beneficiamento, a borda anterior do dente deve ficar paralela à superfície da costela. A ponta do dente pode entrar um pouco antes da base, que nunca pode entrar antes da ponta, pois aconteceria um deslizamento e saída da fibra pela ponta do dente, com efeito de tesoura e perda de produtividade.

O paralelismo entre dentes e costelas pode ser obtido pela regulagem do peito, mas é imprescindível conferir a conformidade dos dentes ao comprar as serras, pois existem no mercado serras com dentes de perfil errado, com inclinação e profundidade insuficientes (Figura 7.59), que provocam um prejuízo muito alto, pelas perdas de fibra no cata-piolho (pode chegar até a 3 fardos de pluma por dia para um conjunto de 6 descaroadores de 90 serras) e pelo fraco rendimento dos dentes (perda de produtividade de até 20%). Pela mesma razão, não é aconselhado o uso de serras afiadas, pois a afiação raramente é feita de maneira correta, ou seja, com restauração do perfil além só da afiação lateral.

Dentes tortos lateralmente ou na ponta devem ser corrigidos, pois a extração da



**Figura 7.59.** Dentes corretos (em cima) e errados (embaixo). (Foto: Cotimes, 2006).

fibra é dificultada, com risco de embuchamento na parte baixa das costelas. A falta de dentes cria mechas e perda de produtividade. As serras com dentes tortos ou quebrados devem ser substituídas. O beneficiamento provoca um desgaste progressivo dos dentes, mais rápido quando o algodão beneficiado é carregado de matéria estranha, particularmente areia ou sujeira grossa. A frequência de troca das serras depende então da eficiência da pré-limpeza e do algodão mesmo. Por isso, normas recomendadas pelos construtores para preservá-las devem ser consideradas com cuidado e sempre juntas com a observação das serras e da fibra produzida.

Descaroçadores de alta capacidade, com boa pré-limpeza, podem beneficiar até 10.000 fardos com um mesmo jogo de serras de excelente qualidade. A escolha entre várias qualidades propostas por um mesmo construtor deve levar em conta a durabilidade, pois o material mais barato geralmente não é o mais rentável. Nas usinas antigas no Brasil, as serras podem precisar ser trocadas 2 vezes durante uma safra de 120 dias, ou até 3 ou 4 vezes, no caso do beneficiamento de algodão colhido com máquina *stripper*, devido à grande quantidade de matéria vegetal dura entrando no peito. Serras não afiadas precisam de mais tempo para desfibrar o caroço, o que aumenta o gasto de energia. O algodão permanece mais tempo na câmara de beneficiamento, com mais pressão no rolo, volta mais vezes em contato com as serras, tudo isso provocando perdas na qualidade da fibra, inclusive no tipo.

#### 4.4.3. Sistemas de limpeza da fibra (cata-piolho)

O descaroçador é equipado de dispositivos de extração de resíduos presentes na fibra ao sair da câmara de beneficiamento. Essencialmente dedicado à separação de caroço abortado ou pequeno, foi chamado de cata-piolho (*moting*). Ele trabalha por força centrífuga (cata-piolho superior) ou por gravidade (cata-piolho inferior). A regulagem do cata-piolho se faz progressivamente, com a máquina parada para cada ajuste. A chapa inicialmente é posicionada próxima das serras, afastada até parar as perdas de fibra, e fechada de volta levemente antes de ser fixada na posição. Em nível de cata-piolho, como de qualquer sistema de limpeza, deve-se aceitar alguma perda pequena de matéria, pois sem perda não tem limpeza eficiente (Figura 7.60).

No caso de máquinas que trabalham com sucção na saída do cata-piolho, o risco de perder fibras pela aspiração é grande e obriga a conferir a limpeza e a regulagem das tomadas de ar. Trabalhar com tomadas de ar obstruídas ou chapas fechadas pode resultar em perda de fibra equivalente a alguns fardos por dia. Nos descaroçadores antigos de tipo Murray 80 e 90 serras, a presença de bastante fibra nos resíduos de cata-piolho é anormal. Como não tem regulagem do cata-piolho, a origem do problema deve ser identificada (em geral desgaste ou qualidade das serras) para eliminar a perda, mas não se deve acrescentar uma chapa para trancar o cata-piolho.

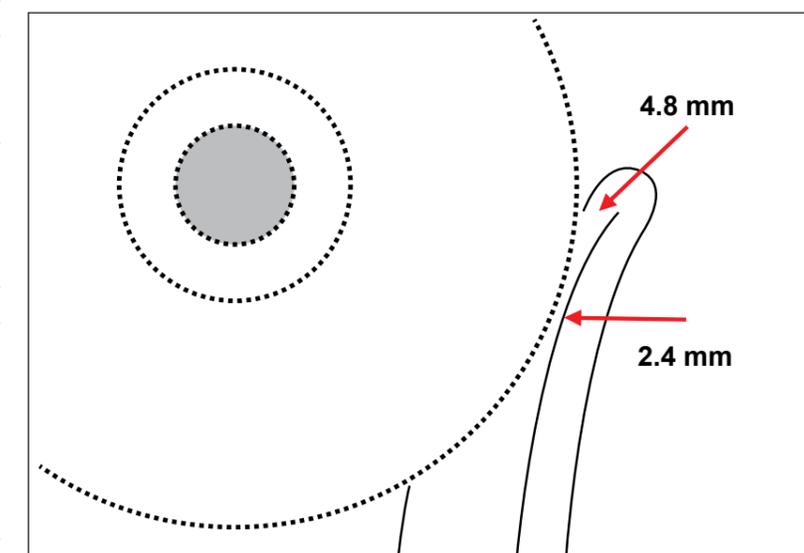


**Figura 7.60.** Resíduos de cata-piolho de aspecto normal. (Foto: Cotimes, 2005).

#### 4.4.4. O jato de ar

O sistema de extração de fibra das serras por jato de ar era comum nas máquinas antigas. Os descaroçadores dos tipos Murray 80 e 90 serras, tão comuns no Brasil, utilizam esta tecnologia (Figura 7.61). O jato é criado por um ventilador, que sopra numa tubulação conectada a um bico situado atrás das serras. O jato gerado e acelerado no bico fino é estreito e com orientação tangencial ao cilindro de serras e sobre todo o comprimento dele. A fibra extraída dos dentes segue a corrente de ar para a tubulação de saída até o limpador de pluma ou condensador geral. O ventilador centrífugo, chamado de recalque, deve ter uma entrada regulável e protegida por uma tela. A pressão estática recomendada na saída do ventilador varia de 200 mm de coluna de água, no caso dos algodões secos, até 400 mm, no caso de algodão úmido.

O sistema de tubulação de recalque deve ser bem desenhado, particularmente na saída, para permitir um equilíbrio



**Figura 7.61.** Regulagens do jato de ar da Murray Piratininga 90 serras. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

de ar entre máquinas. A pressão de ar deve ser suficiente para limpar os dentes, sem consumo excessivo de energia. A abertura do bico de cada descaroçador deve ser regulada, a cada reforma, com abertura padrão (4,8 mm) e depois ajustada em cada máquina com medida constante na largura, até conseguir uma extração normal no funcionamento do conjunto. A regularidade do jato entre máquinas e na largura de uma mesma máquina deve ser controlada com um tubo de cobre curvo e manômetro. A regulagem da distância entre a chapa de fundo do injetor e as serras (2,4 mm) condiciona a extração e a separação do piolho. A sucção pelo ventilador do condensador deve ser suficiente para a fibra de cada descaroçador sair normalmente.



**Figura 7.62.** Penetração das cerdas nas serras. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

pelos eixos de serras; os dois eixos são movimentados pelas mesmas correias. O diâmetro das polias originais deve ser estritamente respeitado. Para conseguir as rotações necessárias, as correias devem ser muito bem esticadas. As rotações elevadas impõem um balanceamento muito bom do cilindro de escovas.

Para poder tirar a fibra eficientemente, as escovas devem ser bem reguladas, com penetração até o fundo dos dentes (Figura 7.62). Uma penetração maior provoca desgaste rápido das escovas e favorece mechas e perda de tipo. Já uma penetração insuficiente deixa fibras nos dentes, com perda de capacidade e risco de embuchamento.

#### 4.4.5. As escovas rotatórias

A escova rotatória é constituída de escovas de base de madeira fixadas num cilindro, paralelamente ao eixo. A distância pequena entre escovas e a velocidade de rotação elevada permitem uma escovação de cada dente. Com as escovas agindo como palhetas, o cilindro de escovas na sua caixa atua como ventilador. Após ter extraído a fibra dos dentes, as escovas geram uma corrente de ar que vai levar as fibras para fora da máquina. As tomadas de ar na caixa das escovas devem ser bem reguladas e mantidas limpas. A velocidade de rotação é imposta

#### 4.4.6. Resumo das principais regulagens dos descaroçadores

Máquina de tipo Murray 80 ou 90 serras (Tabela 7.4 e Figura 7.63):

1. Projeção das serras no costelado do antepeito;
2. Distância entre ponto de beneficiamento e ponta das costelas;
3. Dentes de serras e chapa curva do injetor (espaço);
4. Abertura do bico injetor (espaço);

**Tabela 7.4.** Principais regulagens dos descaroçadores de baixa capacidade (em mm).

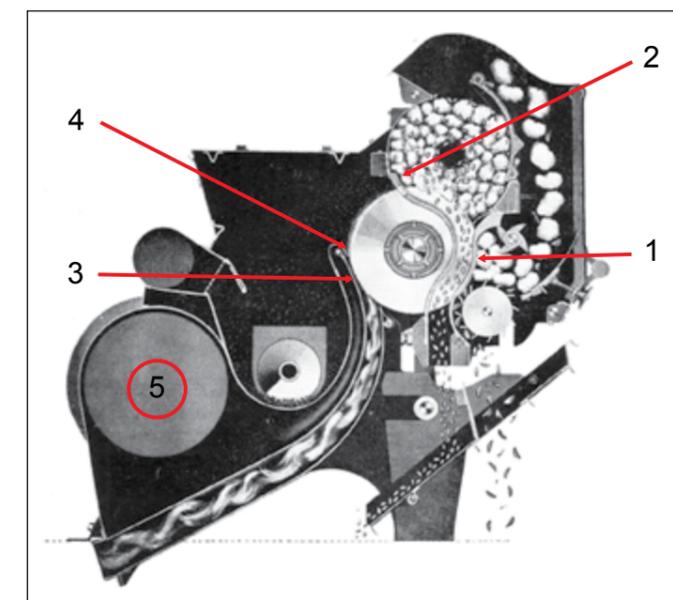
| Regulagem | Piratininga 80 e 90s | Continental 80 e 90s | Candeloro 90s |
|-----------|----------------------|----------------------|---------------|
| 1         | 4,8 – 6,4            | 15,9                 | 6,4 - 7,9     |
| 2         | 44,5                 | 54,0                 | ni            |
| 3         | 2,4                  | 2,4                  | 1,6 a 2,4     |
| 4         | 4,8                  | 5,6                  | ni            |
| 5         | 254 a 356            | ni                   | até 356       |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2010.

5. Pressão estática no recalque (altura de coluna de água).

Máquinas de média e alta capacidade (Tabela 7.5 e Figuras 7.64 a 7.66):

1. Projeção das serras no costelado do antepeito;
2. Distância entre ponto de beneficiamento e ponta das costelas;
3. Cerdas de escovas nos dentes das serras (penetração);
4. Chapa do cata-piolho superior com serras (espaço);
5. Corta vento com escovas (espaço);
6. Chapa do cata-piolho inferior com serras (espaço);
7. Entrada de ar superior nas escovas (abertura);



**Figura 7.63.** Descaroçador Murray-Piratininga 90 serras a jato de ar. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

8. Entrada de ar inferior nas escovas (abertura).

As regulagens de 1 a 5 são predeterminadas pelo fabricante. As demais devem ser decididas durante o beneficiamento, buscando o melhor resultado.

Tabela 7.5. Principais regulagens dos descarçadores de média e alta capacidade.

| Descarçador Regulagem | Candeloro 120 (mm) | Busa 200 (mm) | Lummus 170 (mm) | Continental 161 (mm) |
|-----------------------|--------------------|---------------|-----------------|----------------------|
| 1                     | 6,4 a 7,9          | /             | /               | 9,5                  |
| 2                     | 50,8               | /             | /               | 50,8                 |
| 3                     | 3,2                | 3,2           | Fundo           | Fundo                |
| 4                     | 3,2                | 3,2           | 3,2             | 1,6                  |
| 5                     | 1,6                | Luz           | 3,2             | /                    |
| 6                     | /                  | /             | 6,4             | 38,1                 |
| 7                     | /                  | /             | 4,8             | /                    |
| 8                     | /                  | /             | 3,2             | /                    |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2010.

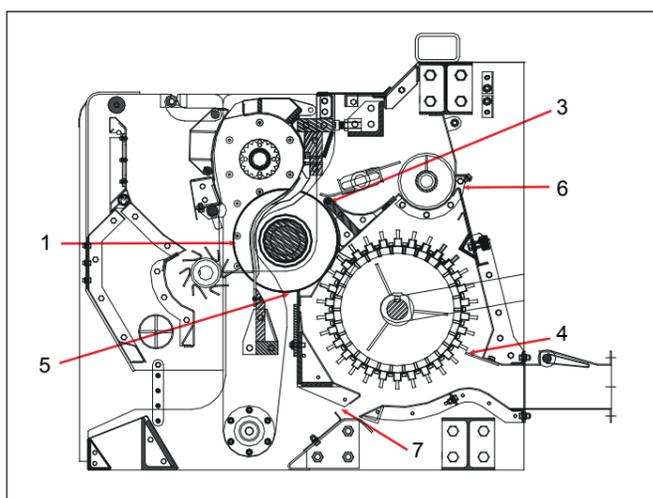


Figura 7.64. Busa 200 serras. (Fonte: Busa Ltda, 2004).

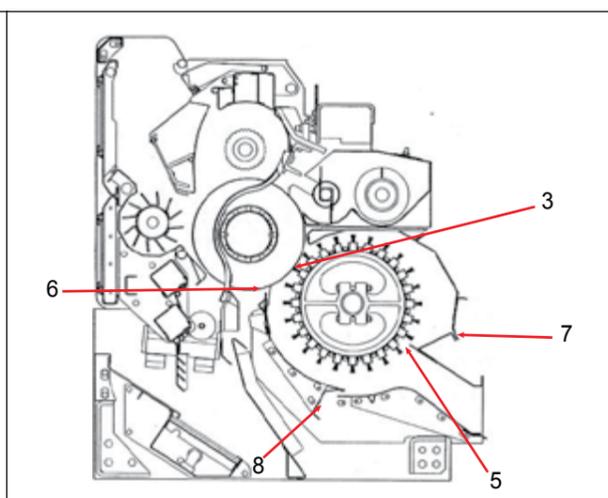


Figura 7.65. Lummus 170 serras Imperial III. (Fonte: Lummus Corp., 2007).

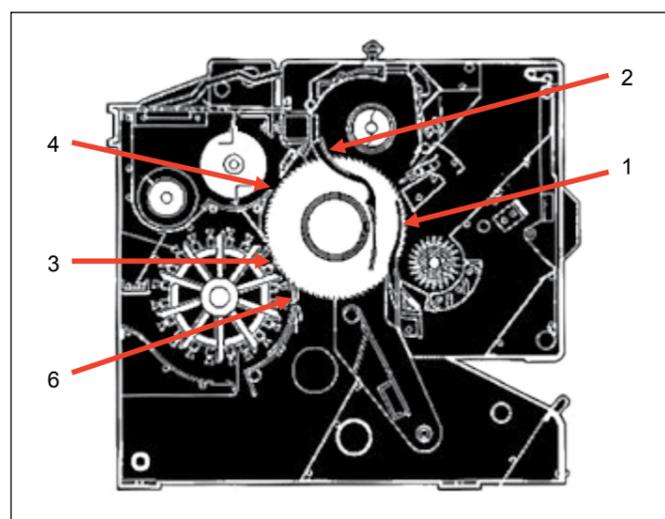


Figura 7.66. Descarçador 161 serras Golden Eagle (CEC). (Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]).

## 5. Limpeza de pluma

Na saída do descarçador, a fibra comporta matérias estranhas e apresenta um aspecto mais ou menos irregular, com mechas (fibra encarneirada) e manchas. O mercado justifica a limpeza da fibra pelo sistema de ágio/deságio, envolvendo várias características, tais como o tipo (regularidade de aspecto), a cor e a folha.

A limpeza da fibra tem como objetivo a limpeza e a penteagem da fibra, para melhorar o seu valor de mercado. Os dispositivos empregados são de tipo pneumático (limpador centrífugo) ou mecânico (limpador de serras). As usinas modernas geralmente têm os dois tipos de máquinas. A fibra passa pelo limpador centrífugo antes de entrar no limpador de serra.

O limpador centrífugo representa uma proteção para o limpador de serra, e evita a fragmentação de uma parte dos resíduos, tirando-os antes da sua entrada no limpador de serra.

### 5.1. O Limpador centrífugo ou limpador de ar

A limpeza centrífuga consiste em separar o material mais denso do que a fibra, pela força de inércia. Os limpadores centrífugos apresentam um duto retangular de mesma largura do que o descarçador, estreito para a aceleração do fluxo de fibra, e uma curva fechada (o ângulo forte cria a força centrífuga), com uma fenda de ejeção de resíduos regulável à mão. O material bastante solto e mais denso do que a fibra não consegue realizar a curva e sai pela ranhura, por causa da força de inércia (Figura 7.67).

As máquinas dos vários fabricantes apresentam poucas diferenças. Nas máquinas da Lummus (Super Jet) e da Continental Eagle Corp (Centrifugal Cleaner), a curva é por cima, sendo por baixo no Smart Jet, da Busa. A depressão na tubulação de saída da máquina tem que ser de 51 a 64 mm de coluna de água. A sucção é fornecida pelo ventilador do condensador do limpador de pluma ou do condensador geral, enquanto as escovas do descarçador, agindo com ventilador, empurram o ar e a fibra para a entrada da máquina. Uma mangueira de controle da pressão estática deve ser instalada na tubulação entre o descarçador e o limpador, para garantir a saída automática do peito do descarçador, em caso de embuchamento no condensador do limpador de serra.

O compromisso de regulagem consiste em ejetar o máximo de matérias estranhas,

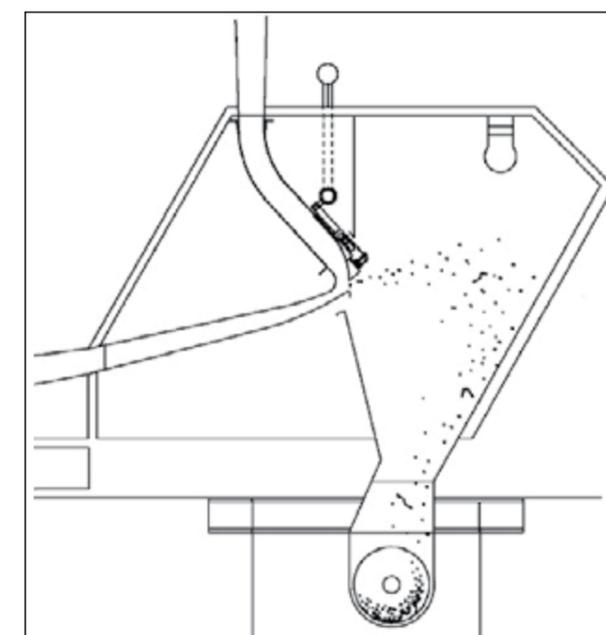


Figura 7.67. Corte do limpador centrífugo. (Fonte: Lummus Corp, [19--]).

desperdiçando-se o mínimo de fibra. Considerando que as mechas de fibras encarneiradas têm uma densidade maior do que a fibra solta, existe uma possibilidade de o limpador centrífugo eliminar uma parte das mechas geradas pelo descaroador. Para aproveitá-la, o beneficiador deve aceitar a perda de um pouco de fibra neste nível. A regulação certa consiste em abrir a ranhura até começar a perder fibra e fechar um pouco para perder fibra somente na forma de mechas.

Este tipo de limpador elimina os resíduos grossos (piolhos, caroços, fragmentos de casca de caroço, miolo, mechas de fibra), com 10% de eficácia. Não há nenhuma peça em movimento, ou seja, nenhum desgaste na fibra, mas faz pouca limpeza e não corrige o aspecto, porque não abre a massa de fibra. O limpador centrífugo dificilmente pode ser instalado nos conjuntos de descaroadores de tipo antigo, onde a fibra produzida por vários descaroadores é juntada e transportada numa tubulação comum e redonda.

## 5.2. O Limpador de serra (limpa-pluma)

Neste tipo de limpador, um condensador separa a fibra do ar de transporte e forma uma manta de fibra, que é mantida sob pressão enquanto é penteada pelos dentes do rolo de serra. As fibras são individualizadas e as manchas são disseminadas (penteagem). A fibra é arremessada contra as barras afiadas, eliminando as matérias estranhas afrouxadas por centrifugação, batimento, gravidade e circulação de ar.

### 5.2.1. Princípio de funcionamento

O limpador de serra é geralmente composto de um condensador, de um jogo de rolos de alimentação, de uma barra de alimentação, de um cilindro de serra girando na frente de um conjunto de barras de batida, e de um tambor de escova, para destacar a manta penteada e soprá-la fora da máquina (Figura 7.68).

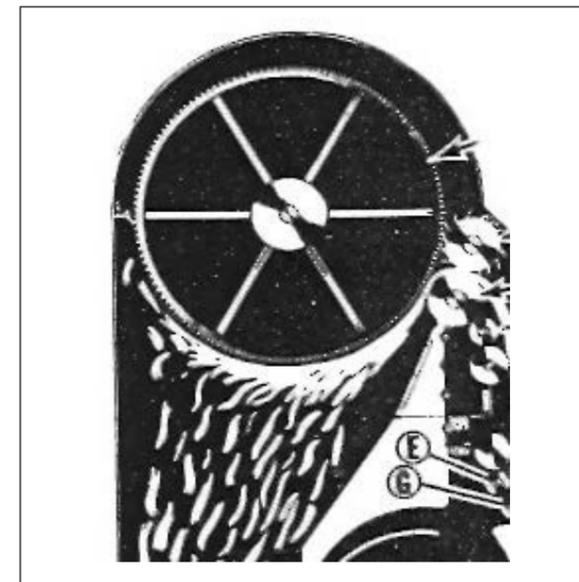
Quase todos os limpadores de pluma respeitam estes princípios. Existem variações entre fabricantes conforme o desenho do condensador, controle da manta, diâmetro do cilindro de serras e controle da limpeza (Tabela 7.6). Os tambores condensadores de chapa furada ou tela podem ter sucção de um lado só (tipo Moss Constellation e máquinas Busa). São condensadores de diâmetro grande e a manta se deposita na parte inferior do condensador (Figura 7.69). Podem ter sucção pelos dois lados (máquinas da Lummus e da Continental Eagle). O diâmetro é menor e a manta se forma na parte superior (*overshoot*).

A manta destacada do condensador desce até o cilindro de serra, controlada e levemente esticada por um conjunto de pares de rolos alimentadores de número variável (4 a 10), dependendo do modelo e do fa-

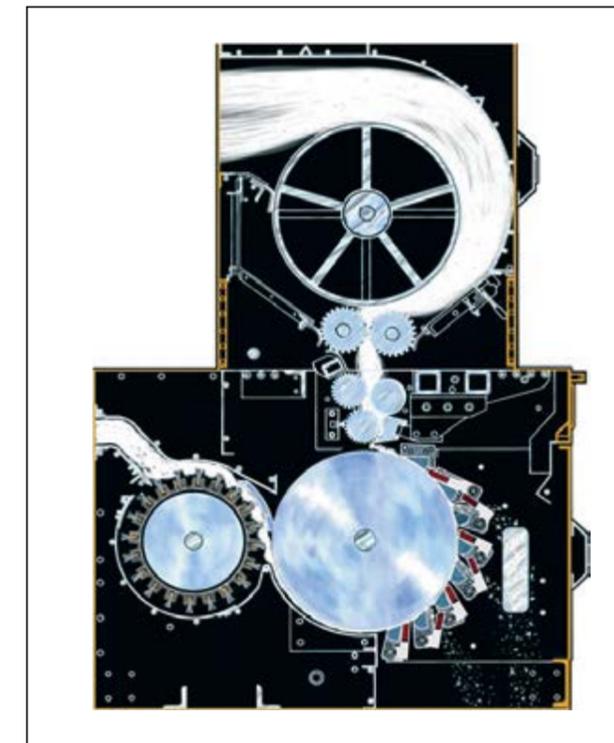
bricante (Figura 7.70). O cilindro de serra tem diâmetro de 41 cm (Lummus, Busa e máquinas antigas), de 51 cm (Busa) ou 61 cm (Continental Eagle). O número das barras de batida (facas) varia de 5 a 8, dependendo da marca e do modelo.

Na máquina Sentinel, da Lummus, a manta não é controlada e não se usa rolos de alimentação, mas tem um cilindro separador, uma barra de alimentação, um cilindro de serra, barras de batida e tambor de escovas (Figura 7.71).

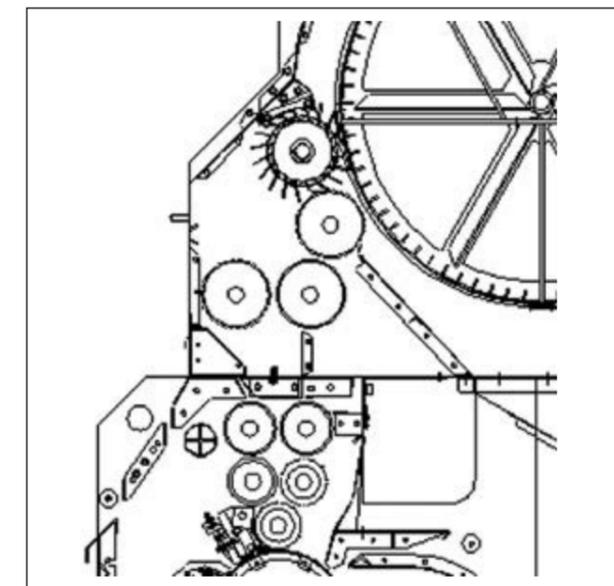
A capacidade normal de trabalho dos limpadores de pluma de serra antigos é de 1 a 1,3 fardos de 227 kg/30 cm de largura. A capacidade dos limpadores modernos é superior, alcançando 1,7 fardos com serra de 51 e 61 cm.



**Figura 7.69.** Depósito da manta na parte inferior. (Fonte: Continental G.C., [19--]).



**Figura 7.68.** O limpador de fibra de serra. (Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]).



**Figura 7.70.** Rolos alimentadores. (Fonte: Busa Ltda, 2004).

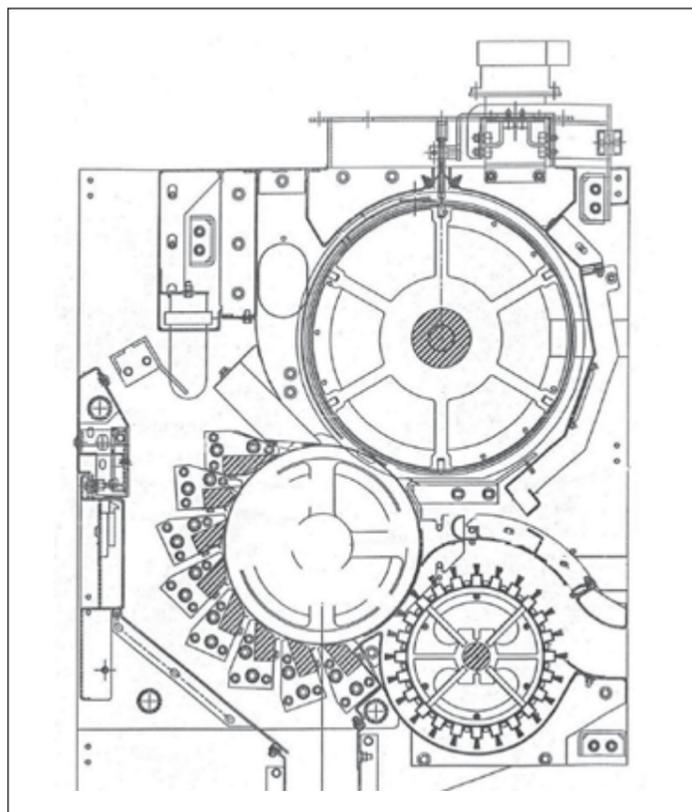


Figura 7.71. Limpador Sentinel da Lummus. (Fonte: Lummus Corp., 2007).

### 5.2.2. Operação e desempenho

O desempenho da limpeza de pluma de serra resulta da interação entre a densidade da manta alimentada, a velocidade de rotação do rolo de serra, a relação de penteagem e a regulagem das folgas entre as partes do equipamento. Os construtores fazem recomendações muito precisas a respeito, que devem ser estritamente respeitadas, pois resultam de anos de pesquisa visando otimizar o desempenho. A densidade da manta alimentada depende do ritmo de descarçamento e da velocidade de rotação do condensador e da alimentação. Uma manta espessa se abre menos, reduz a limpeza e tende a ser expelida (aumento das perdas). Uma manta fina, com furos ou interrupção, provoca perdas de fibra. Ambas apresentam riscos de embuchamento, com possíveis danos à máquina. A velocidade de rotação do condensador deve ser ajustada ao ritmo do beneficiamento, a fim de conseguir uma manta fina e regular, sem furos. Isso pode ser feito com polias múltiplas ou por ajuste eletrônico das rotações do motorreductor da parte alimentadora.

O acréscimo da velocidade tangencial ou periférica ( $V_t$ ) do cilindro de serra aumenta a força centrífuga, com tendência a melhorar a limpeza, aumentar as perdas de fibra e baixar certos parâmetros de qualidade (*neps* e comprimento). A velocidade de rotação recomendada para o cilindro de serra diminui quando aumenta o seu diâmetro. Para cilindros de 41 cm (com  $V_t$  de 22 até 25 m/s), são recomendados de 1.000 até 1.200 RPM, contra 900 RPM no caso do cilindro de 61 cm com  $V_t$  de 29 m/s). A  $V_t$  das escovas rotatórias deve ser de 1,5 a 2 vezes a do cilindro de serra.

A relação de penteagem é a da velocidade periférica do rolo de serra com a do rolo alimentador. Ela pode ser modificada alterando a velocidade da alimentação e, em casos mais raros, a veloci-

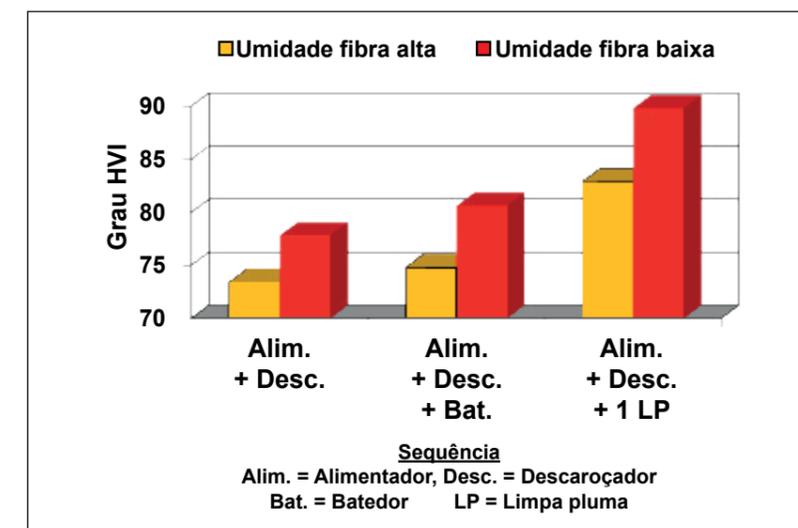


Figura 7.72. Efeito do limpador de pluma sobre o grau HVI. (Fonte: CIRAD, 2005).

Tabela 7.6. Características dos limpadores de pluma utilizados no Brasil.

| Fabricante              | Modelo               | Larguras disponíveis (pol./cm) | Diâmetro condensador | Diâmetro de serras | Utilização | Cilindros alimentadores | Barras de limpeza | RPM serras | Regulagens (mm) |              | Motor (CV) |
|-------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------|------------|-------------------------|-------------------|------------|-----------------|--------------|------------|
|                         |                      |                                |                      |                    |            |                         |                   |            | flutuante/serra | barras/serra |            |
| Busa Ltda               | 1600                 | 103/262                        | 50/127               | 16                 | Linha      | 7                       | 6                 | 1045       | 2.0             | 1.2 a 1.6    | 30 + 7.5   |
|                         | 2000                 | 103/262                        | 50/127               | 20                 | Linha      | 7                       | 7                 | 950        | 2.0             | 1.2 a 1.6    | 30 + 7.5   |
| Continental Eagle Corp. | 16-D antigo          | 66/168                         | 24/61                | 16                 | Linha      | 3                       | 8                 | 866        | 1.6             | 1.6          | 15         |
|                         | 16-D                 | 66/168 e 94/239                | 24/61                | 16                 | Linha      | 3                       | 5                 | 1214       | 0.8             | 1.6          | 15/30      |
|                         | 24-D Golden Eagle    | 102/259                        | 24/61                | 24                 | Linha      | 3                       | 8                 | 908        | 0.8             | 1.6          | 40         |
| Lummus Corp.            | 86 e 108             | 86/218 e 108/274               | 30/76                | 16                 | Linha      | 2                       | 6                 | 1000       | 1.6             | 0.8          | 30/40      |
|                         | Sentinel             | 86/218 e 108/274               | 22/56                | 16                 | Linha      | 0                       | 8                 | 1000       | /               | 0.8          | 30/40      |
| PS Cotton               | PS 1800, 2200 e 2800 | 180/220 e 280                  | nc                   | 16                 | Linha      | 2                       | 7                 | nc         | nc              | nc           | 25 a 40    |
| Candeloro               | Tipo Constellation   | 66/168 e 86/218                | 50/127               | 16                 | Bateria    | 7                       | 6                 | 1050       | 3               | 3.2, 2, 1.6  | 25/30      |
| Moss Gordin             | Constellation        | 66/168                         | 50/127               | 16                 | Bateria    | 7                       | 5                 | 1068       | 1.6             | 0.6 a 0.9    | 25         |
| Murray/Piratininga      | Tipo Constellation   | 66/168 e 86/218                | 50/127               | 16                 | Bateria    | 7                       | 5                 | 1018       | 1.6             | 3.2 e 1.6    | 25/30      |
| RV                      | Tipo Constellation   | 66/168 e 86/218                | 50/127               | 16                 | Bateria    | nc                      | nc                | nc         | nc              | nc           | nc         |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2011

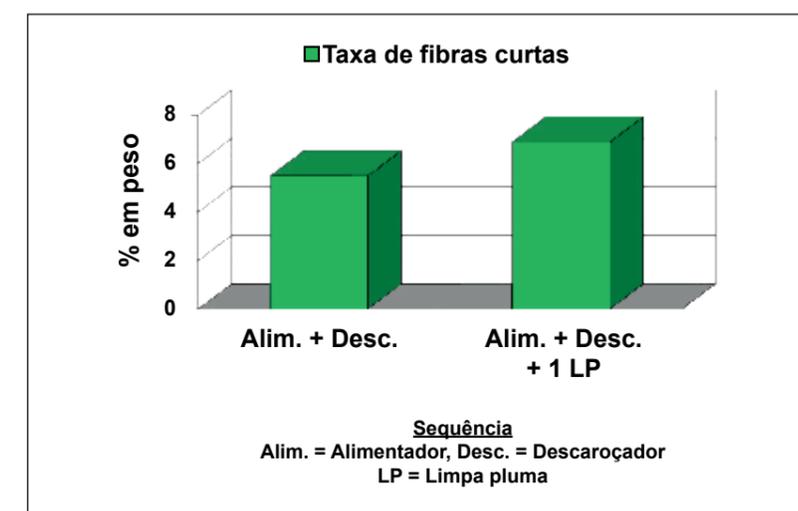


Figura 7.73. Efeito do limpador de pluma sobre as fibras curtas. (Fonte: CIRAD, 2005).



**Figura 7.74.** Limpa-pluma duplo de 66", com fluxo dividido. (Foto: Cotimes, 2007).

Quando maior for, mais importante será a abertura da manta e a individualização das fibras. Isso favorece a limpeza e a penteagem, mas pode também afetar a qualidade da fibra, sobretudo em caso de coeficientes elevados de alimentação da máquina (subdimensionamento ou ritmos de beneficiamento elevados).

O limpador de serra elimina os resíduos finos (fragmentos de casca, piolhos, folhas) com 40% a 50% de eficácia. A limpeza é puxada e a fibra se torna homogênea graças à penteagem. Todavia, ela sofre danos. Utilizando a limpeza da pluma em boas condições de umidade de fibra e regulagens, os danos à fibra são mínimos. A operação pode ser rentável. Caso contrário, perdas e danos à fibra podem ser importantes e reduzir ou até inverter a rentabilidade da operação. As características de fibra afetadas pela limpeza da pluma são numerosas. A limpeza reduz a folha e a penteagem melhora o tipo e a cor (Figura 7.72). Os *neps* de fibra são criados na formação da manta e na limpeza, enquanto outros são eliminados. Os *neps* de casca de caroço são fragmentados. A força de tração sobre as fibras gera quebras, reduzindo o comprimento comercial, a uniformidade e aumentando a taxa de fibras curtas (Figura 7.73). As quebras aumentam com a velocidade da serra e a relação de penteagem.

A disposição dos limpadores de pluma de serra no processo pode variar. No caso de descarçadores antigos de baixa capacidade, uma mesma máquina atende vários descarçadores (limpador de pluma "bateria" dos processos de desenho antigo). No caso de usina utilizando descarçadores de capacidade intermediária e alta (de 5 fardos por hora para cima), cada limpador de pluma atende um descarçador.

Para aumentar o desempenho da limpeza de pluma, duas máquinas podem ser utilizadas juntas (em bateria ou atrás de cada descarçador), com várias alternativas de tratamento permitindo dosar limpeza, penteagem e desgastes na fibra, que pode ser dividida entre as duas máquinas. No caso do fluxo dividido, cada máquina trata a metade do fluxo de fibra que sai dos descarçadores, com um excelente balanço entre eficiência e desgastes na fibra. Ela pode passar por uma máquina e depois por outra (série). A limpeza e penteagem são máximas e também os desgastes na fibra. Hoje, essa configuração não é recomendada no Brasil, salvo caso excepcional, pois economicamente não é rentável (ver conclusão sobre limpeza). A fibra pode passar por somente uma máquina das duas (lim-

peza clássica) ou não passar por nenhuma máquina (*by-pass* ou desvio).

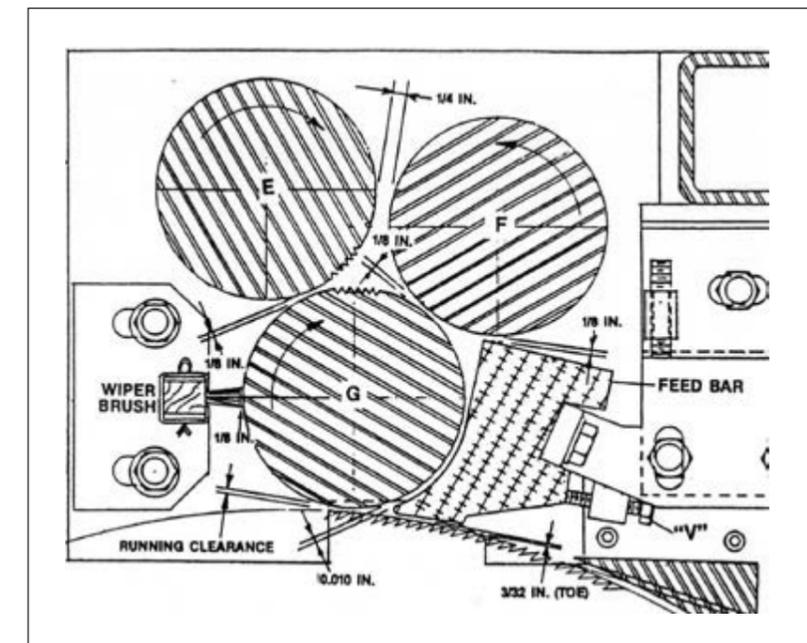
A Candeloro supera o subdimensionamento dos limpadores de 168 cm (LP 66") e 218 cm (86") nos conjuntos de 6 descarçadores de tipo Murray 90 serras de 30,5 cm, colocando 2 máquinas de 168 cm encostadas de traseira uma na outra, com fluxo dividido (Figura 7.74). No caso de limpadores de 168 cm funcionando com fluxo dividido, a altura de instalação deve ser suficiente (mínimo com a base do condensador a 2 ou 3 metros acima do chão) para permitir uma boa divisão da fibra entre as 2 máquinas e a velocidade dos condensadores deve ser reduzida até obter uma manta sem furos. As máquinas então devem ser equipadas com motorreductor com inversor de frequência.

A opção de duas máquinas de 168 cm com fluxo dividido não é recomendada para os conjuntos de fabricação antiga, pois os embuchamentos permanentes dos descarçadores impedem uma alimentação suficiente das duas máquinas, que não podem funcionar normalmente e perdem muita fibra. Para os conjuntos antigos de 5 descarçadores de 80 ou 90 serras, deve-se utilizar um limpador de 218 cm e, para 6 descarçadores de construção antiga, é recomendado instalar, de preferência, uma máquina larga de tipo moderno, que tem largura em torno de 260 cm.

### 5.2.3. Regulagens e manutenção

É fundamental observar todas as regulagens recomendadas pelos fabricantes, particularmente os espaçamentos entre rolo de alimentação/barra/serra (Figura 7.75). A regulagem mais importante é a distância entre o rolo flutuante e a barra de alimentação. O espaçamento recomendado por todos os fabricantes é de 0,25 mm sobre toda a curva da barra. Uma folga excessiva deixa a manta frouxa, reduz a abertura, a limpeza e a penteagem, e acarreta perdas irremediáveis de fibra (Figura 7.76). A distância entre a barra e a serra também é importante, com valores recomendados geralmente de 1 a 2 mm, quando a máquina trabalha com mantas de espessura normal. Não se consegue regular adequadamente o conjunto flutuante, barra e serra sem ter visores laterais (Figura 7.77). Uma vez obtida a regulagem, as molas laterais devem ser firmadas até impedir a oscilação permanente do flutuante, sem comprometer o seu afastamento no caso de necessidade (bucha de fibra).

O cilindro de serra é recoberto por uma guarnição de dentes de 4 a 5 mm de comprimento. O perfil dos dentes é importante para a *performance* da máquina. A troca



**Figura 7.75.** Relação rolo de alimentação/barra/serra no 24D. (Fonte: Continental Eagle Corp., 2000).



**Figura 7.76.** Perda de fibra por folga flutuante/barra excessiva. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).



**Figura 7.77.** Visor lateral. (Foto: Cotimes, 2008).

A sujeira separada nas barras de batida deve ser succionada, para não voltar na manta penteada. Uma sucção gerada na frente das barras, com uma corrente de ar de 2.000 m<sup>3</sup>/h por metro de largura, permite limpar as barras sem aumentar as perdas de fibra.

da guarnição de dentes do cilindro de serra deve respeitar estritamente as especificações do fabricante. Dentes perfeitamente afiados são fundamentais para a penteagem e para limitar as perdas de fibra.

As barras de batidas dispostas em torno do rolo de serra servem para ejetar resíduos por meio do batimento da fibra (Figura 7.78). É importante observar a folga recomendada entre a ponta das barras e as pontas dos dentes (0,8 a 2,4 mm). Um espaçamento muito grande reduz a limpeza, enquanto que uma proximidade muito grande acarreta perdas de fibra e riscos de danificar os dentes. O espaçamento tem que ser regular sobre toda a largura da máquina. O desgaste das barras (desafiação), observado com frequência, acarreta perdas de fibra e redução da limpeza. As barras de limpeza têm papel de reaplicar a manta penteada sobre o cilindro de serra, por isso um afastamento grande ou a inclinação insuficiente de uma barra favorece as perdas de fibra na barra seguinte. Em vários modelos de máquinas, a base das barras é equipada de chapas aplicadoras parafusadas, para reduzir as perdas nas demais barras. A distância recomendada entre a chapa e os dentes de serra deve ser respeitada. Assim, a regulagem correta de uma barra em relação à serra não é somente na ponta, mas na base também (Figura 7.79).

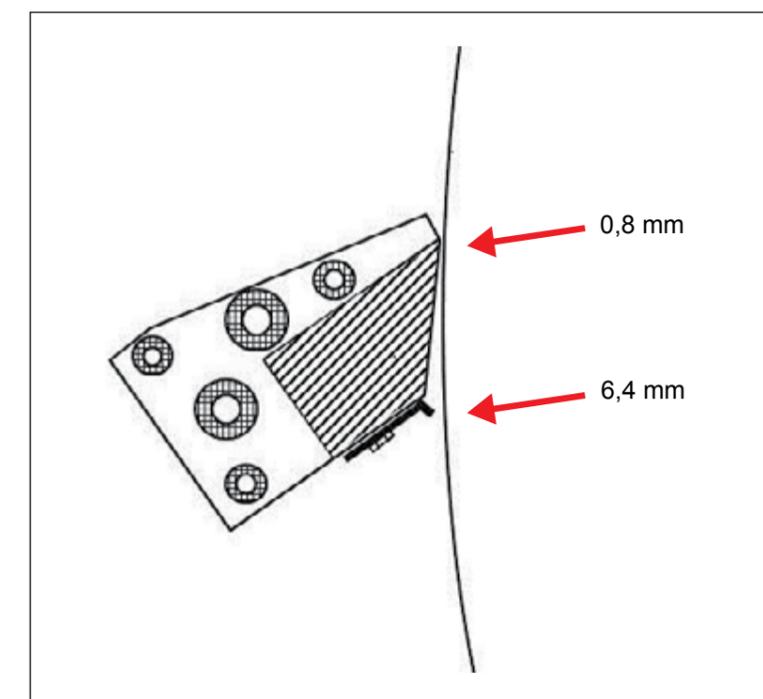
Devido ao grande impacto econômico da limpeza de pluma, uma atenção especial deve ser tomada com as máquinas na usina, cuidando em particular da sua manutenção e regulagens, lembrando sempre que o limpador de pluma é uma máquina extremamente perigosa (responsável por 50% dos acidentes na algodoeira americana). Todas as regras de segurança devem ser observadas durante o funcionamento e antes de qualquer intervenção.

O sistema de regulagem da abertura dos limpadores centrífugos deve ser sem folga e bem lubrificado, de maneira a conseguir facilmente uma regulagem homogênea em toda a largura da máquina. Para conseguir e manter um ótimo desempenho do limpador de serra é recomendado principalmente que se mantenha uma vedação perfeita nas laterais e na largura do tambor de condensador. Eventualmente, devem-se abrir janelinhas reguláveis na parte dianteira da subida do condensador, para ajudar a repartição da manta em toda a largura da máquina. Um motorreductor é muito útil para a regulagem fina das rotações do condensador e para manter as características da manta. A fim de evitar a interrupção de manta, os condensadores não devem possuir emendas ou reparos com faixas de epóxi. A penteagem e a limpeza sem perdas de fibra somente serão garantidas pela substituição sistemática do rolo flutuante e/ou da barra

de alimentação empenada, pela disponibilidade de visores laterais para conseguir a perfeita regulagem da folga entre o flutuante e a barra de alimentação, pelo perfeito estado dos dentes de serra e a afiação das barras de batida, em cada safra.



**Figura 7.78.** Batimento da fibra nas barras. (Foto: Cotimes do Brasil, 2010).



**Figura 7.79.** Parâmetros de regulagem de uma barra de limpador Sentinel. (Fonte: Lummus Corp., 2007).

### 5.2.4. Gestão da limpeza de pluma

A limpeza da fibra proporciona uma penteagem. É acompanhada por danos e perdas de fibra nas barras de batida, num índice de 0,7 até 1,1% do peso do fardão (3,6 a 5,6 kg por fardo) quando a usina utiliza um limpador de serra em colheita com fusos, e num índice de até 1,6% (12 kg por fardo) no caso de colheita com *Stripper*. Estes índices se dão quando os processos estão adequados com a limpeza de algodão em caroço. Mais da metade das fibras perdidas apresenta um comprimento de uma polegada ou mais. Para os algodões pouco carregados, o benefício alcançado através da limpeza pode não compensar as perdas e os danos infligidos às fibras. Várias abordagens são possíveis para reduzir as perdas de fibra, adaptando sua limpeza à matéria-prima e aos objetivos comerciais.

Pode-se eliminar a limpeza de pluma desviando os limpadores (válvula *by-pass*). Nesse caso, o rendimento de fibra aumenta de 0,7 a 1%, mas a limpeza e a penteagem se perdem.

Pode-se dosar a limpeza e limitar os prejuízos fechando determinadas barras de batimento (sistemas de batentes Louvers, comercializados pela Continental Eagle – Figura 7.80). Neste caso, a penteagem é conservada e as perdas podem ser muito baixas 0,2 a 0,3% (a barra 1 permanece sempre ativa), ou até normais (1%), dependendo do

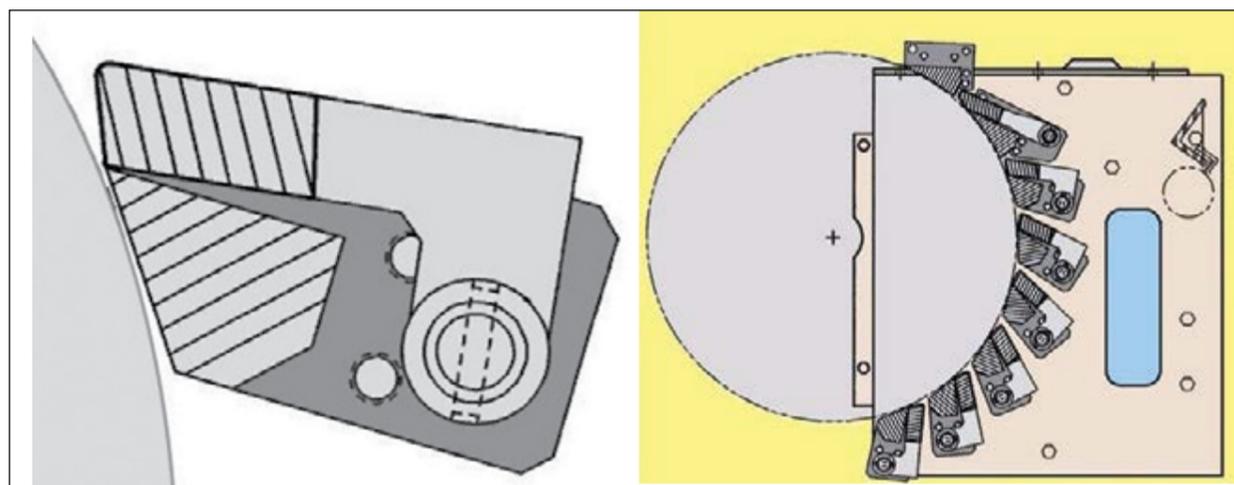


Figura 7.80. Sistema Louvers, da Continental. (Fonte: Continental Eagle Corp., 2002).

número e da posição das barras fechadas.

Os limpadores sem controle da manta reduzem danos à fibra. A manta de fibra cai diretamente do condensador no cilindro de serras, sem ficar presa entre um rolo e uma barra, reduzindo a ação mecânica sobre as fibras, mas também a penteagem. A redução dos danos à fibra, sem a redução das perdas de fibra e com a diminuição da penteagem, pode ser rentável ou não, dependendo da matéria-prima (caso da colheita mecânica) e dos contratos comerciais, e a alternativa de limpadores clássicos (com manta controlada) deve ser disponível, para uma verdadeira gestão da limpeza.

Para os algodões sujos, a melhoria de grau geralmente compensa as perdas de fibra. A limpeza da fibra deve ser aumentada, utilizando o sistema de fluxo dividido, um ritmo de beneficiamento diminuído ou a passagem por duas máquinas em série.

### 5.3. Limpeza da fibra e do algodão em caroço

A qualidade do algodão em caroço que chega à usina é muito variável. A limpeza deve ser desenhada em função da sua qualidade e da limpeza de fibra disponível. A colheita mecânica combinada com a limpeza de fibra, frequentemente subdimensionada, e a tecnologia primitiva das usinas antigas impõem uma limpeza de algodão em caroço completa, com máquinas em bom estado e bem reguladas.

A limpeza do algodão em caroço e a limpeza da fibra são complementares. Não é possível substituir uma pela outra, mas se deve raciocinar sobre a limpeza como um todo. É possível melhorar o lucro limitando a limpeza da fibra e melhorando a pré-limpeza (Figura 7.81), que prejudica menos a fibra (Figura 7.82), porém a limpeza da pluma traz uma melhoria significativa de grau.

Cada sujeira eliminada na limpeza de pluma leva fibra junto. Para limitar as perdas de fibra na limpeza de pluma, é interessante o algodão em caroço chegar no descaroador com o mínimo de sujeira.

Nas usinas antigas, é possível melhorar a pré-limpeza e a limpeza da fibra para conseguir melhorias muito importantes da qualidade, sem aumentar muito o custo de produção. O projeto da Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA) para a melhoria do beneficiamento nas usinas antigas, desenvolvido em Mato Grosso, em 2005 e 2006, confirmou uma melhoria de um tipo e de uma a duas folhas graças à melhoria da pré-limpeza (duas etapas com batedores trabalhando por sucção) combinada com a secagem e implantação de limpeza de pluma moderna e bem dimensionada (Figura 7.83) (CHANSELME et al., 2007).

Adaptar a limpeza a matéria-prima a ser beneficiada e aos contratos comerciais, desviar (*by-passar*) máquinas para reduzir as perdas, ou equilibrar pré-limpeza e limpeza da pluma, são decisões de gestão do beneficiamento. A

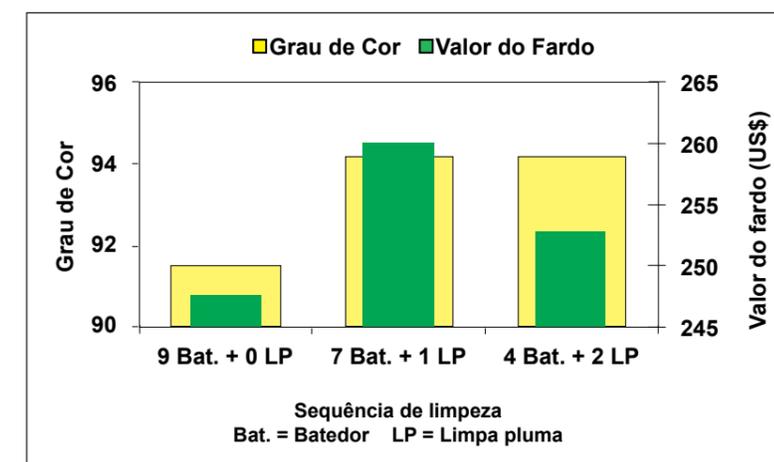


Figura 7.81. Efeito da limpeza sobre o valor do fardo. (Fonte: CIRAD, 2005).

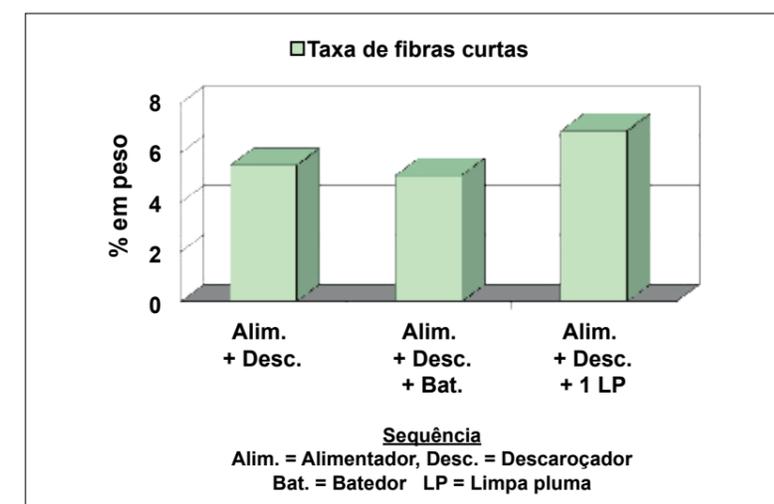


Figura 7.82. Efeito da limpeza sobre as fibras curtas. (Fonte: CIRAD, 2005).



**Figura 7.83.** Limpeza de pluma moderna e dimensionada num processo antigo. (Foto: CIRAD, 2005).

gestão da limpeza é importante para o lucro da empresa, pois ela condiciona o rendimento de beneficiamento e impacta o custo e a qualidade da produção.

## 6. Prensagem e embalagem da fibra

Os objetivos do enfardamento da fibra consistem em compactá-la para facilitar e baratear seu armazenamento e transporte. O acondicionamento requer os seguintes equipamentos: condensador, bica, dispositivo de umidificação, alimentador, calcador, prensa e amarração/ensacamento.

### 6.1. O condensador geral

A máquina funciona com sucção, separa a fibra de seu ar de transporte e a condensa em uma manta (Figura 7.84). A fibra é depositada num tambor giratório, constituído de tela ou chapa furada e vedado lateralmente. A largura do tambor corresponde à da caixa da prensa. A velocidade de rotação do tambor condiciona a espessura e a continuidade da manta, e deve ser ajustada para conseguir uma manta homogênea, consistente e sem furos. As velocidades de rotação são, em geral, entre 6 e 14 RPM, dependendo do diâmetro do tambor e do fluxo de fibra que chega na máquina. Uma velocidade de rotação muito baixa acarreta embuchamentos e perturba o sistema pneumático, enquanto uma velocidade muito alta forma uma manta irregular e sem consistência. A velocidade periférica do tambor condiciona a velocidade linear da manta na saída da máquina e tem um impacto sobre a sua disposição na bica (enrolamento ou rompimento).

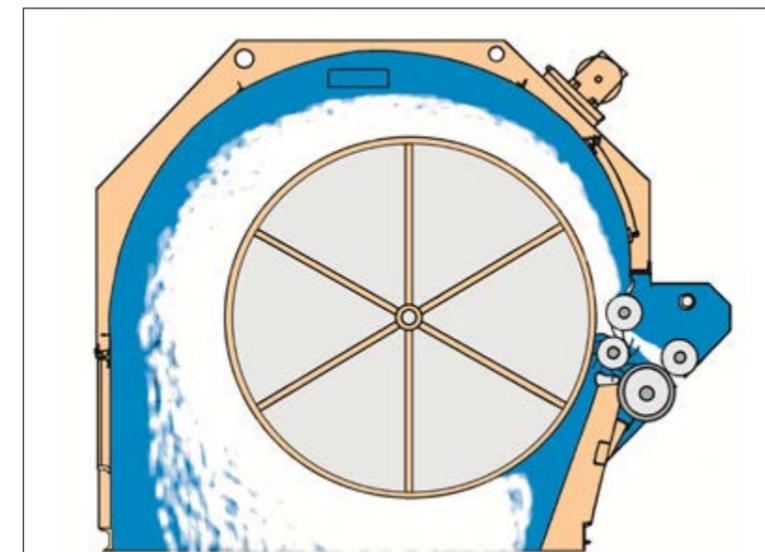
O transporte da fibra dos descarregadores ou limpadores de pluma até o condensador geral exige altos volumes de ar. O uso de ventiladores axiais (exaustores) é sistemático nas usinas antigas, enquanto os processos modernos usam ventiladores centrífugos de alto fluxo, para permitir uma cap-

tação de poeira por ciclones.

Para garantir um depósito perfeitamente regular da fibra na superfície do condensador e resultar em fardos bem formados, o desenho e a operação do sistema devem obedecer a várias regras. O fluxo de ar e de fibra nas tubulações que chegam até o condensador, as dimensões e os trajetos das tubulações devem ser calculados em relação ao fluxo de ar gerado pelos limpadores de pluma. A tubulação no final da parte horizontal, na curva de subida e na entrada do condensador deve ter uma secção quadrada ou retangular. A chapa traseira da curva de subida deve ser inclinada em 15° com a vertical, para uma subida correta do fluxo de fibra. Defletores ou entradas de ar falso na tubulação vertical podem ser necessários para conseguir uma disposição satisfatória da fibra. As tubulações devem ser livres de rebarbas e deformações.

O condensador deve estar em bom estado. Defeitos de vedação lateral perturbam a disposição da fibra na tela e provocam mantas de densidade irregular e embuchamentos. Telas em mal estado, consertadas ou emendadas com epóxi, provocam furos ou interrupção da manta, a cada volta. Cilindros de saída mal regulados ou em mal estado (cilindro de borracha) atrapalham a saída regular da manta, provocam o seu retorno por sucção e embuchamentos (Figura 7.85). Problemas de funcionamento que resultam em parada da máquina são economicamente críticos, pois provocam uma parada geral do processo e da produção.

A manutenção preventiva de rotina do condensador geral requer atenção especial em pontos como limpeza da tela a cada turno, com eliminação dos acúmulos de fibra na máquina e nas tubulações, verificação das vedações, das correias, correntes e pinhões. Correntes insuficientemente esticadas provocam uma rotação irregular do tambor.



**Figura 7.84.** Corte de condensador geral. (Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]).



**Figura 7.85.** Perturbação da saída da manta. (Foto: Cotimes, 2006).



**Figura 7.86.** Bica do condensador.  
(Foto: Cotimes, 2004).

### 6.2. A bica de fibra

A bica guia a fibra do condensador até a prensa (Figura 7.86). A manta liberada pelo condensador desliza por gravidade sobre o fundo metálico liso. As dimensões da bica são determinadas em função da capacidade de produção do processo (comprimento) e das dimensões da caixa da prensa (largura). O comprimento varia muito, de 3,2 m, para 10 fardos de 200 kg por hora, a 11 ou 12 m, para 60 fardos de 227 kg por hora (Tabela 7.7). As prensas de giro rápido permitem comprimentos menores. A largura é de 1,02 m ou 1,37 m. A inclinação se situa entre 35° e 50° e deve permitir um deslizamento suficiente para evitar o enrolamento da manta, mas limitado, para não provocar quebra da manta. Muitas vezes, é nela que se dá a umidificação da fibra.

mento suficiente para evitar o enrolamento da manta, mas limitado, para não provocar quebra da manta. Muitas vezes, é nela que se dá a umidificação da fibra.

**Tabela 7.7.** Comprimento da bica.

| Produção (fardos/hora) |        | Comprimento da bica (m) |
|------------------------|--------|-------------------------|
| 227 kg                 | 200 kg |                         |
|                        | 10     | 3.20                    |
|                        | 15     | 3.97                    |
| 15                     | 17     | 4.12                    |
| 20                     | 23     | 5.03                    |
| 25                     | 28     | 5.80                    |
| 30                     |        | 6.41                    |
| 36                     |        | 7.32                    |
| 45                     |        | 8.69                    |
| 60                     |        | 10.98                   |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2009.

### 6.3. O alimentador de prensa

O papel do alimentador consiste em empurrar a fibra em espera na bica até o dispositivo de pré-compressão. Ele pode ser constituído por tambor de palhetas, esteira ou

chapa metálica movida horizontalmente por um pistão pneumático ou hidráulico (empurrador) (Figura 7.87). O dimensionamento da máquina é determinado pela capacidade de produção da usina. A sincronização e as velocidades de deslocamento do dispositivo de movimentação da fibra precisam ser ajustadas de maneira a evitar acúmulo excessivo de fibra (enrolamento) ou ruptura da manta na bica.



**Figura 7.87.** Empurrador pneumático.  
(Foto: Cotimes, 2006).

### 6.4. O calcador

O calcador (hidráulico ou mecânico com correntes) garante uma pré-compressão da fibra em uma das duas caixas da prensa, por movimento alternado de cima para baixo (Figura 7.88). A fibra introduzida a cada calcada fica retida na caixa por dispositivos chamados “cachorros” (Figura 7.89), que devem ter uma penetração suficiente (aproximadamente 10 cm) para serem eficientes e ajudar na disposição correta das camadas de fibra na caixa.

Quando uma quantidade pre-determinada de fibra está na caixa de pré-compressão, as caixas giram 180° e a compressão pode recomeçar. Nas prensas antigas, a decisão de parar a pré-compressão e girar as caixas é tomada pelo operador, geralmente a partir da leitura da corrente elétrica (amperagem) do motor do calcador mecânico ou, mais empiricamente, às vezes, a partir do número de calcadas. Antes de girar as caixas, o operador deve parar manualmente a movimentação



**Figura 7.88.** Calcador mecânico.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2009).



**Figura 7.89.** Cachorros de prensa.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2009).

resulta em mais calcadas por fardos e fardos mais pesados. Isto acontece porque se reduz a força necessária para a compressão.

## 6.5. A prensa

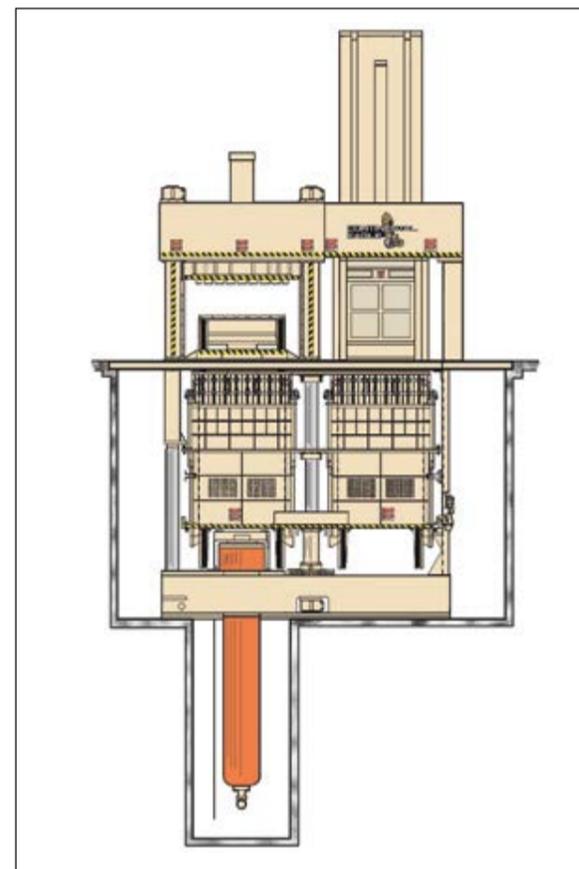
A prensa hidráulica é responsável pela prensagem da fibra e formação do fardo. Os principais componentes são a estrutura (feixes e colunas), as caixas e os pistões. Para a operação, a prensa precisa de uma unidade hidráulica com reservatório de óleo, bombas e válvulas e um sistema de comando elétrico que pode ser atuado manualmente ou automaticamente (CLP). O grau de automação varia muito entre as gerações de prensas e a capacidade. As prensas modernas de alta produção são totalmente automatizadas. A capacidade das prensas propostas pelos construtores de equipamentos de beneficiamento varia muito, desde 15 fardos/h até 60 fardos/h, ou mais.

É possível distinguir diferentes tipos de prensas, principalmente conforme sua direção de prensagem e o tipo de caixa (com ou sem portas, caixas fixas ou suspensas, etc.).

A direção de prensagem pode ser de baixo para cima (prensas de tipo *up-packing*). O pistão fica totalmente ou parcialmente embaixo do chão e necessita a construção de um poço profundo. O investimento em obra civil é alto (Figura 7.90). As prensas antigas ou de pequena capacidade utilizadas no Brasil (12 a 15 fardos por hora) pertencem a esta categoria (Figura 7.91). As prensas antigas de tipo *up-packing* sempre têm portas movimentadas manualmente. As prensas modernas deste tipo possuem alta capacidade (de 45 a 60 fardos/hora, ou mais). Pelo pouco tempo disponível para o ciclo, não podem ter portas (Figura 7.92). Neste caso, o fardo é formado na par-

do calcador. O controle manual da pré-compressão leva a certa irregularidade no peso dos fardos. As prensas modernas utilizam um calcador hidráulico com sensor de pressão. Quando a pressão no cilindro do calcador chega a um nível de pressão predefinido, o controlador CLP interrompe o movimento do calcador em posição alta e as caixas giram automaticamente.

A capacidade da usina determina a velocidade, ou seja, o número de movimentos (calcadas) por minuto. Quanto mais lento o movimento, mais peso de fibra a cada calcada e, geralmente, mais irregular o peso do fardo. A umidificação da fibra antes da prensagem



**Figura 7.90.** Prensa *up-packing*.  
(Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]).



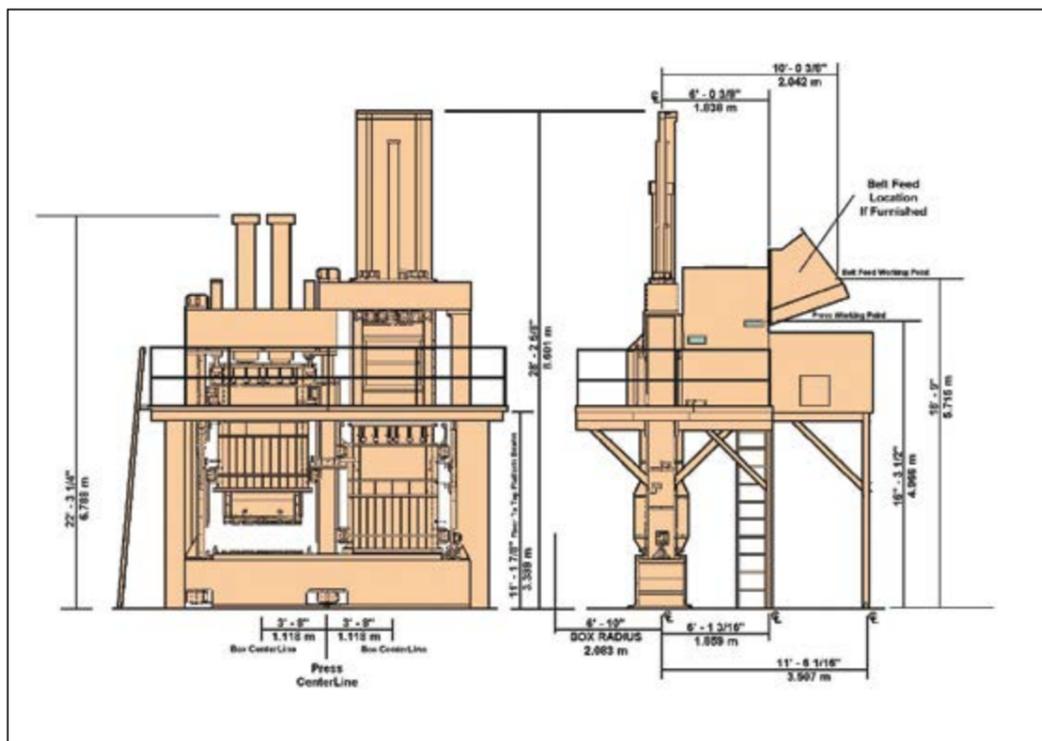
**Figura 7.91.** Prensa *up-packing* antiga.  
(Foto: Cotimes, 2006).

te alta das caixas e sai delas preso entre o pistão principal e um contrapistão superior, o tempo necessário para a aramação. Nas prensas de baixo para cima, o único pistão tem um diâmetro entre 30,5 e 46 cm. O pistão é de tipo simples efeito (desce pelo próprio peso).

No caso da prensagem de cima para baixo (prensas de tipo *down-packing*), a prensa fica totalmente em cima do chão e a obra civil é limitada à construção de um piso de resistência adequada (Figura 7.93). São prensas de capacidade de até 45 fardos por hora, que usam geralmente caixas suspensas que se levantam rapidamente, liberando o fardo para aramação



**Figura 7.92.** Prensa *up-packing* de alta capacidade.  
(Foto: Continental Eagle Corp., 2002).



**Figura 7.93.** Prensa down-packing. (Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]).



**Figura 7.94.** Prensa de caixas suspensas. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).

(Figura 7.94). Existem prensas down-packing com portas, porém de capacidade limitada (30 fardos/hora). A compressão do fardo faz-se com um a três pistões, com diâmetro entre 21,6 e 34,2 cm. Os pistões são de tipo duplo efeito, para poder retornar até a posição alta.

As Unidades de Bombeamento Hidráulico (UBH) permitem acionar a prensa, gerando fluxos de fluido hidráulico. No caso das prensas antigas, a UBH é simples, com um reservatório de óleo e uma bomba. A bomba antiga, de tipo vertical de quatro pistões, ocupa espaço e é bastante exigente em manutenção, sendo, atualmente, quase sempre substituída por bombas modernas e compactas. O circuito de fluido

também é simples, com duas válvulas instaladas perto da coluna e acionadas manualmente, comandando a subida ou a descida do pistão a simples efeito. Neste caso, o controle é totalmente manual.

O sistema hidráulico das prensas modernas é mais complexo, em função do número de atuadores. Assim como todos os sistemas hidráulicos industriais, é formado por um grupo de geração (reservatório, bombas e motores elétricos), um grupo de controle (blocos de válvulas de pressão, de segurança, direcionais e elementos lógicos) e um grupo de atuação (pistões e motores hidráulicos). Os atuadores hidráulicos da prensa moderna são os pistões do empurrador, do calcador, da prensagem, do levantamento e travas de caixas, da ejeção do fardo, e motor de rotação das caixas.

É importante lembrar que mais de 75% das falhas em sistemas hidráulicos e de lubrificação ocorrem devido ao excesso de contaminação. As partículas de sujeira podem fazer com que as prensas falhem. O excesso de contaminação do fluido hidráulico provoca perda de produção, custo de reposição de componentes, trocas constantes de fluido, custo no descarte do fluido e aumento geral dos custos de manutenção.

A automação da prensa apareceu com o aumento de capacidades, sistemas hidráulicos mais complexos e disponibilidade de tecnologia (sensores e autômatos). Foi justificada também pelo interesse em reduzir a mão-de-obra e a necessidade de segurança dos operadores.

A automação das numerosas prensas de tipo antigo que operam no Brasil é possível, mas limitada. A melhoria mais comum é a instalação de um sistema elétrico de rotação das caixas. Não é realmente uma automação quando o giro tem que ser iniciado pelo operador, mas merece ser recomendado principalmente por razão de segurança, pois, quando o giro das caixas é feito manualmente, os dois operadores estão expostos a riscos de ferimentos graves. É possível implementar uma automação parcial utilizando um Controlador Lógico Programável (CLP), controlando:

- a pré-compressão (parada do calcador e alimentador, baseada na amperagem do motor do calcador);
- a subida do pistão, baseada no alinhamento das caixas;
- o funcionamento em sequência das bombas de alta pressão; e
- a pressão de compressão final no pistão.

A automação das prensas modernas utiliza sistematicamente um CLP para



**Figura 7.95.** Sistema de filtração portátil. (Foto: Parker, [200-]).

poder manejar, de maneira lógica e com segurança, os sistemas hidráulico, elétrico e mecânico. Além do CLP, outros equipamentos clássicos para automação são necessários<sup>3</sup>. Em particular, muitos sensores de tipo fim de curso, detectores de proximidade e fotoelétricos são instalados para o controle de posição de pistão e caixas, alinhamento de caixas, trava de caixas, presença de fardo, detecção de abertura de portas.

Sensores de pressão e detectores de níveis de fluido são instalados para o monitoramento do sistema hidráulico. O CLP e a Interface Homem x Máquina são instalados sobre uma das colunas ou num painel de controle perto da prensa.

Trabalhar com prensas modernas exige pessoal bem treinado para operar o equipamento em condições adequadas. Também é imprescindível o conhecimento técnico referente aos sistemas hidráulicos e automação, para uma manutenção preventiva rígida, evitar práticas erradas e intervenções empíricas e perigosas como, por exemplo, alterações de regulagens de pressão. Possuir um diagrama hidráulico e um mínimo de equipamentos específicos é indispensável, tais como conjuntos de manômetros com tomadores de pressão e o utilíssimo sistema portátil de filtração (Figura 7.95).

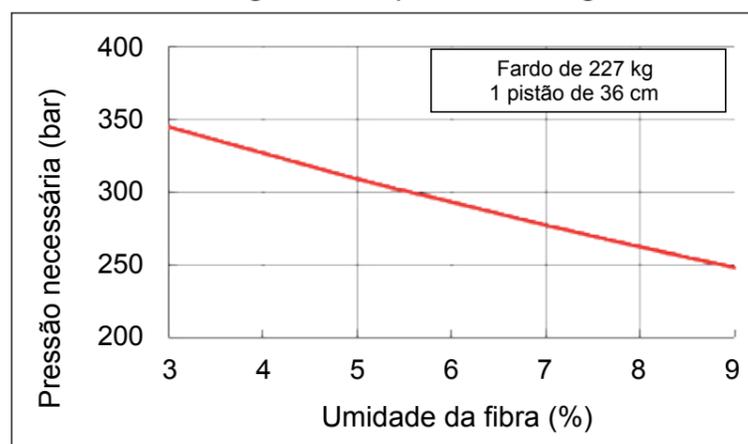
## 6.6. Os fardos

### 6.6.1. Características e normas

Historicamente, dimensões e densidades de fardos no mundo eram muito variáveis, dependendo das exigências das indústrias têxteis locais. A internacionalização do mercado da fibra de algodão levou à padronização progressiva dos fardos. Hoje, existem especificações que representam um compromisso para armazenagem, transporte e energia para compressão.

As prensas modernas são fabricadas de forma a produzir fardos de densidade universal (450 kg/m<sup>3</sup>) e de peso de 227 kg. Fardos de maior densidade são interessantes,

pois têm mais peso por um mesmo volume, o que traz redução de custo na embalagem, armazenagem e transporte. Para não aumentar o gasto de energia na prensagem e a solicitação dos mecanismos da prensa, maiores densidades devem ser obtidas com a umidificação da fibra. Forças de prensagem final chegam a 500 toneladas, o que representa um gasto de energia muito alto e grandes esforços do equi-



**Figura 7.96.** Força de prensagem e umidade da fibra. (Fonte: Anthony e Mayfield, 1994).

<sup>3</sup> - Ver o Capítulo 9 deste Manual.

**Tabela 7.8.** Dimensões padrão de fardos.

| Comprimento (mm) | Largura (mm) | Altura (mm) | Densidade (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|--------------|-------------|--------------------------------|
| 1060             | 530          | 780-950     | 360-500                        |
| 1400             | 530          | 700-900     | 360-500                        |

Fonte: Norma ISO 8115/1986.

pamento. A USDA mostrou que a umidade da fibra na prensagem traz reduções enormes da força necessária para a prensagem final do fardo (Figura 7.96). No caso descrito (1 pistão de 35,6 cm e fardo de densidade universal de 227 kg com base 140 x 53 cm), a força de prensagem é reduzida em 14 a 17%, quando a umidade aumenta de 3 pontos. O ganho em energia, tempo de prensagem e manutenção é muito significativo. É importante ressaltar que só a umidificação por ar úmido ou vapor de água permite conseguir esse ganho. A aspersão de água em cima da manta que sai do condensador não traz redução de força.

As dimensões da prensa determinam as dimensões transversais do fardo. Nos Estados Unidos, a seção padrão das caixas é de 137 x 51 cm; no Brasil, é de 104 x 51 cm. A altura depende do beneficiador, pela força de compressão aplicada e o comprimento dos arames. A padronização progride e, hoje, a maioria dos fardos corresponde ao padrão internacional ISO 8115/1986 (Tabela 7.8 e Figura 7.97). A densidade recomendada é de 450 kg/m<sup>3</sup>, o que corresponde à densidade universal nos Estados Unidos.

No Brasil, as características dos fardos são determinadas pela norma NBR 12959/1993 e são



**Figura 7.97.** Fardo padrão USA. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 7.98.** Fardo padrão Brasil. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

idênticas às da norma ISO 8115/1986. A maioria dos fardos tem o padrão de dimensões transversais de 106 x 53 cm, devido às dimensões das caixas de prensas antigas. A altura média é de 95 a 100 cm. Com uma densidade de 430 a 450 kg/m<sup>3</sup> dentro da norma ISO 8115/1986 (densidade universal), o fardo brasileiro tem um peso médio de 200 kg (Figura 7.98).



**Figura 7.99.** Arames de aço.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

varia do simples (lados) para o dobro (centro), por isso o material deve ter uma margem de resistência grande, com valores de até 1.000 kgf. Quebras de arames devem ser evitadas, pois representam um risco para o pessoal, dificuldade de manipulação e possível contaminação da fibra.

Vários materiais de amarração estão sendo utilizados. Fitas de metal e arames de aço-carbono são os mais comuns. Fitas de metal de largura 1,6 a 1,9 cm são colocadas manualmente ou automaticamente. Com a fita (6 a 8 por fardo), é possível deslizar o cinto formado até levar a conexão na parte superior (coroa) do fardo, onde a força sobre a conexão é menor.

No Brasil, o dispositivo mais utilizado é o arame de aço-carbono. As bitolas de diâmetro variam entre 3,4 a 4,2 mm, de acordo com a dimensão e o peso do fardinho. Há empresas que utilizam arames com até 4,2 mm de diâmetro, por fazerem fardinhos de até 250 kg (fora de padrão). O mais utilizado é o de 3,5 mm, com 253 cm de comprimento, já com as dobras (Figura 7.99). Tem fardinhos amarrados com 8 arames, porém a maioria – que é o padrão utilizado no Brasil – é uma amarração com 6 arames.

Nas usinas antigas, a colocação dos arames se faz, em geral, manualmente e, apesar do baixo ritmo de produção (8 a 14 fardos por hora), ocupa duas

### 6.6.2. Aramação

Os fardos são formados por alta compressão. Deve ser utilizado material de amarração de alta resistência para manter o fardo nas dimensões desejadas. O material deve ser suficientemente resistente para aguentar a força elástica da fibra comprimida/prensada e os impactos durante a manipulação. Fardos pesados (a força aumenta exponencialmente com a densidade), fibra seca, repartição desigual da fibra na caixa e compressão final insuficiente na prensa são fatores de aumento muito significativo da força exercida pela fibra sobre o material de amarração. Dependendo da posição no fardo, o arame pode sofrer uma força que

varia do simples (lados) para o dobro (centro), por isso o material deve ter uma margem de resistência grande, com valores de até 1.000 kgf. Quebras de arames devem ser evitadas, pois representam um risco para o pessoal, dificuldade de manipulação e possível contaminação da fibra.

peças. A altura de compressão final do fardo deve ser reduzida o suficiente para permitir a conexão manual de cada arame. No caso da conexão manual, os operadores estão expostos a possíveis chicotadas por quebras de arames e também a esmagamento dos dedos ao soltar o pistão, por isso devem estar devidamente equipados com EPI específicos, tais como avental, luvas de couro e máscara de proteção do rosto.

Usinas de maior produção (até 40 fardos por hora) realizam aramação manual com mais pessoas (quatro, em geral). Podem conseguir com duas pessoas se dispuserem de sistemas semiautomáticos simples. Um sistema utiliza chapas curvas de retorno de arames (Figura 7.100). Os operadores ficam de um lado do fardo, onde introduzem os arames e, no retorno, fazem a conexão. Outro sistema utiliza dispositivos de conexão na bandeja superior da prensa.

Com produção alta (acima de 40-45 fardos por hora), o tempo disponível para a aramação é incompatível com a aramação manual ou semi-automática simples. Sistemas semi-automáticos rápidos e mais sofisticados devem ser utilizados para que a aramação não limite a produção. A ação do operador é limitada para colocar os arames no sistema na posição aberta. Todas as demais operações são feitas pelo sistema mecânico e pneumático (Figura 7.101).

Com arames, a aramação manual ou com a ajuda de chapas de retorno deixa o nó do arame no lado do fardo, onde a força elástica é mais alta. Os sistemas semi-automáticos deixam o nó na coroa do fardo, onde a força é menor, reduzindo assim o risco de quebra do arame.



**Figura 7.100.** Dispositivo guia para arames.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2009).



**Figura 7.101.** Sistema de amarração automática com arames. (Foto: Cotimes, 2011).



**Figura 7.102.** Sistema de amarração automática com fita. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

Fitas de plástico foram recentemente introduzidas no mercado brasileiro. Elas podem ser utilizadas, pois compensam uma capacidade de carga menor por uma elasticidade maior. São mais fáceis de tirar na abertura do fardo e menos perigosas para os operadores. A fita com largura de 19 mm e espessura de 1,2 ou 1,4 mm é composta de plástico normalmente aproveitado de reciclagem de Polietileno Tereftalato (PET). Nas prensas antigas, a fita é colocada manualmente e necessita de adaptação da prensa. O fechamento da amarração se dá por pressão do próprio fardo. Já existem no Brasil sistemas automatizados de amarração por fitas (Figura 7.102).

O fardo amarrado é ejetado da prensa manualmente (no caso das prensas de tipo antigo), ou por dispositivo mecânico ou hidráulico incorporado na bandeja inferior da prensa. É transportado manualmente, ou por carrinho automatizado, até a estação de embalagem.



**Figura 7.103.** Embalagem com saco de algodão. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

### 6.6.3. Embalagem

O objetivo da embalagem é proteger a fibra da contaminação e de vetores de fogo. As embalagens dos fardos devem cobri-los completamente. Ainda existem no mundo e no Brasil usinas onde a embalagem é feita diretamente na prensa, com o material de proteção ficando por baixo dos arames. Hoje, esta técnica é considerada antiga e ultrapassada, pela eficiência baixa e risco aos operadores. Com as cadências de produção aumentando, a automação das prensas e exigência das indústrias têxteis quanto à contami-

nação e segurança é generalizado o uso dos sacos combrindo o fardo já amarrado.

Várias matérias são utilizadas para ensacar os fardos. Material com qualidade de fabricação e peso por unidade de superfície mínima é necessário para permitir uma boa proteção com práticas normais de manuseio. Sacos de algodão de tecido ou malha e com peso por unidade de superfície suficiente garantem uma boa proteção, mas o custo é um fator limitante. Nos Estados Unidos, existem padrões precisos para sacos de algodão, sendo fixado, em primeiro lugar, um peso mínimo por unidade de superfície de 261 g/m<sup>2</sup> e também características de



**Figura 7.104.** Fragilidade das embalagens de malha de algodão. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

tecido ou malha, tais como número de fios, resistência à tração, ruptura e alongamento. A resistência à ruptura (rasgar), para sacos de malha, deve ser, no mínimo, de 34 kgf e o alongamento entre 15 e 30% (NATIONAL COTTON COUNCIL OF AMERICA, 2011).

No Brasil, somente a tela de algodão de primeiro uso pode ser utilizada para cobrir os fardos (NBR 12959/1993) (Figura 7.103). A embalagem feita diretamente na prensa, por baixo dos arames, utiliza uma tela de fio de título 8 chamada de "telinha", comprada em rolos e cortada na dimensão necessária pelos operadores da prensa. Essa matéria é fraca e pode não aguentar a pressão da fibra entre os arames, deixando-a exposta. Os sacos utilizados são de tela ou malha, de características bastante variáveis (fio de título 8, 12 ou 16) e geralmente fabricados com resíduos de limpadores de pluma (fibrilha), o que limita o custo. Os sacos, por serem dispostos por cima dos arames, são menos sujeitos a rasgar. Os sacos de malha são mais frágeis e rasgam muito ao nível dos arames (Figura 7.104).

O saco em filme de polietileno é interessante pela transparência (observação de danos à fibra), proteção contra poeira, redução da perda de umidade, e possibilidade de reciclagem.

O tecido de polipropileno é mais resistente e proporciona melhor proteção, mas é pouco aceito pela indústria têxtil por causa do risco de contaminação do algodão por fibra de plástico, com consequências muito graves sobre a produção e a qualidade dos produtos. Nos Estados Unidos, o polipropileno é aceito com especificações estritas, inclusive uma camada de laminação, um inibidor de UV e um marcador químico.



**Figura 7.105.** Etiqueta do sistema Sai, da Abrapa. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 7.106.** Excelente empilhamento de fardos. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

#### 6.6.4. Identificação

Cada fardo de algodão deve ser identificado por uma marcação do lote de expedição e por uma etiqueta com o número individual do fardo, em dígitos e código de barra, número ou nome da algodoeira (ISO 8115-3/1995).

No Brasil, o sistema de identificação é estabelecido, organizado e monitorado pela Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa) através do Sistema Abrapa de Identificação de Fardos de Algodão (Sai), seguro, prático e conforme as práticas do comércio mundial do algodão. Além do cadastramento das algodoeiras e do credenciamento de gráficas, o Sai define a identificação do fardo, baseado em dois componentes: o número de identificação e o formato da etiqueta. O número identifica o estado, a algodoeira (com número específico para cada prensa de cada conjunto de descarçadores) e o fardo produzido. O sistema assegura que não há dois fardos com o mesmo número e este não se repete. O número do fardo pode ser facilmente identificado a olho nu ou através de leitores de código de barras. A etiqueta possui ainda cupons picotados, que poderão ser usados por ela, a fim de acompanhar a amostra para a classificação visual e HVI, emblocamento, expedição, etc. (Figura 7.105) (ABRAPA, 2011).

Procurando estabilidade, os fardos deveriam normalmente ser empilhados deitados (Figura 7.106). Por razão principal de eficiência de transporte por empilhadeiras, o empilhamento de pé é o mais frequente no Brasil, porém é menos estável. Acidentes com queda de fardos são frequentemente fatais.

#### 6.7. Segurança na prensa

Pelo peso das partes mecânicas e força dos atuadores hidráulicos, a prensa é uma máquina perigosa, que pode provocar acidentes sérios ou fatais. Recomendações de segurança gerais valem para prensas<sup>4</sup>, mas regras específicas de prevenção na prensa devem ser respeitadas, tanto nas algodoeiras modernas como nas antigas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAPA. **Sistema Abrapa de identificação**. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/sai/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2011.
- ANTHONY, W. S.; MAYFIELD, W. D. **Cotton Ginners Handbook**. Agricultural Handbook. [s.l.], US Department of Agriculture, n. 503, p. 1-6, 1994.
- BACHELIER, B.; GAWRYSIAK, G. e GOURLOT J.P. Preservation des caracteristiques technologiques des fibres de coton pendant les operations d'égrenage. In: **Atelier Régional de Formation UEMOA/UE/ONUDI**, Parakou-Benin, 2005.
- CHANSELME, J., RIBAS, P. V. B.; BACHELIER, B. Melhoria do processo e das práticas de beneficiamento de algodão no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia-MG. **Anais...** Uberlândia-MG, 2007.
- NATIONAL COTTON COUNCIL OF AMERICA. Joint Cotton Industry Bale Packaging Committee. **Bale Packaging 2011 Specifications**. Disponível em: <<http://www.cotton.org/tech/bale/specs/index.cfm>>. Acesso em: 10 jun. 2011.
- PILETTE, M. **La technique de l'égrenage du coton**. [s.l.]: Compagnie Cotonnière Congolaise, 1959. 213 p.

<sup>4</sup> - Ver o capítulo 12 deste Manual.

# CAPÍTULO 8

## TRANSPORTE DE MATÉRIAS NA ALGODOEIRA



O transporte pneumático (por ar) é o mais utilizado nas algodozeiras. Considerando o gasto energético associado, deve ser cuidadosamente desenhado. Os princípios, com pressões e fluxos, assim como normas e técnicas de medição devem ser conhecidos pelos encarregados para boa operação e manutenção. O capítulo apresenta elementos teóricos e práticos sobre os vários tipos de ventiladores e usos respectivos, assim como várias regras de desenho e dimensionamento dos circuitos pneumáticos. Os equipamentos de transporte mecânico utilizados na algodozeira são as roscas em calhas, as esteiras e os transportadores de corrente. Para cada um é apresentada uma descrição geral, vantagens e desvantagens, comparativos e elementos de cálculos de capacidade e potência absorvida.

# TRANSPORTE DE MATÉRIAS NA ALGODOEIRA

## 1. Transporte pneumático

O transporte pneumático é muito utilizado nas algodojeiras, onde representa de 50 a 70% do consumo total de energia. Por isso, é importante que o transporte por ar seja bem desenhado e dimensionado. O trajeto e o dimensionamento das tubulações, o tipo e o dimensionamento dos ventiladores e motores, a qualidade de fabricação e vedação das tubulações e máquinas condiciona a eficiência e o desempenho do processo, assim como o custo de beneficiamento

### 1.1. Definições e noções

#### 1.1.1. Pressões

A pressão de um fluido é a força que ele exerce por unidade de área e perpendicularmente a essa área. A unidade de pressão é o milímetro de coluna de água, com as seguintes equivalências: 1 mm CA = 9.807 Pa (Pascal).

A pressão estática ( $P_e$ ) existe no ar em repouso e em movimento devido à resistência do sistema ao deslocamento do ar. É o valor da força exercida pelo ar sobre as paredes dos dutos ou máquinas. Existe em todas as direções e se exerce perpendicularmente às paredes (Figuras 8.1 e 8.2). A  $P_e$  é positiva quando é superior a pressão atmosférica. Neste caso, se as paredes do duto fossem elásticas, elas se dilatariam. A  $P_e$  é nega-

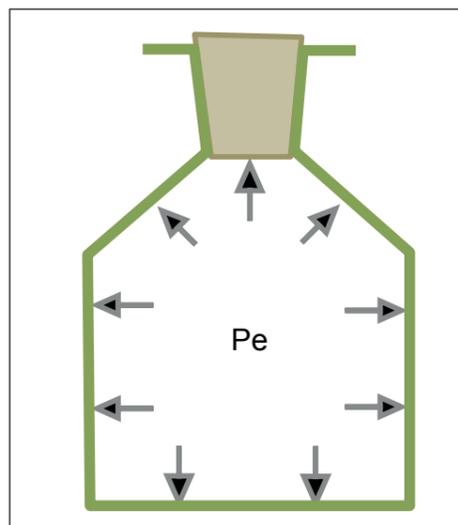


Figura 8.1. Pressão estática no ar em repouso. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

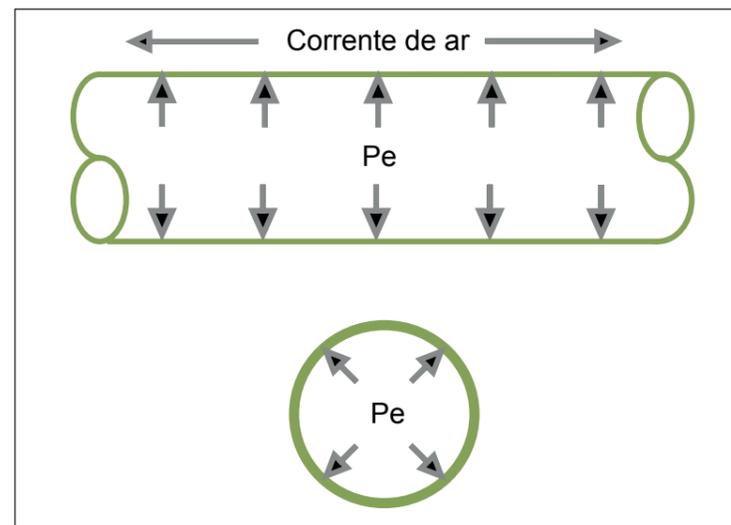


Figura 8.2. Pressão estática no ar em movimento. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

tiva quando é inferior a pressão atmosférica. Como dutos e máquinas exercem uma resistência ao deslocamento de ar, o ar movimentado gera uma  $P_e$  positiva no circuito pneumático de sopro e negativa no circuito de sucção.

A pressão dinâmica ( $P_d$ ) resulta do movimento de ar, manifesta-se na mesma direção que ele e varia com a sua velocidade. É sempre positiva.

Numa tubulação com ar em movimento, existem  $P_e$  e  $P_d$ . A pressão total é a soma das pressões estática e dinâmica:  $P_t = P_e + P_d$ .

#### 1.1.2. Relação fluxo, velocidade e secção

O fluxo de ar (vazão) é o volume de ar deslocado por unidade de tempo. O fluxo depende da velocidade (m/s) e da secção do duto (m<sup>2</sup>):

$$\text{Fluxo} = \text{Velocidade} \times \text{Secção}$$

Os fluxos deveriam se expressar em metros cúbicos por segundo, mas o hábito é usar a unidade m<sup>3</sup>/h:

$$\text{Fluxo (m}^3/\text{h)} = \text{Fluxo (m}^3/\text{s)} \times 3.600$$

#### 1.1.3. Medições

As pressões numa tubulação podem ser medidas observando o deslocamento de uma coluna de água numa mangueira em U. A pressão estática é medida perpendicularmente à parede (Figura 8.3). A pressão total é medida orientando o dispositivo contra a corrente de ar em movimento. A pressão dinâmica é calculada com a fórmula  $P_d = P_t - P_e$ . Pode ser medida diretamente, conectando a tomada de pressão total de um lado e a da pressão estática do outro.

Na algodojeira, as pressões de ar são medidas com mangueira em U com água (podem ser fabricadas no local com mangueira transparente e altura 75 cm), ou, de maneira mais prática, com um tubo de Pitot conectado a um manômetro diferencial de agulha ou digital. Os modelos de agulha têm uma resolução fraca. Devem ser escolhidos com escalas adaptadas aos níveis de pressão encontrados. Na algodojeira, é recomendado ter dois manômetros: um de escala de 0 a 100 mm CA para  $P_d$  e um de escala de 0 a 750 mm CA para a  $P_e$  (Figura 8.4).

O uso do tubo de Pitot simplifica muito as medições, pois permite medir, com um mesmo dispositivo e

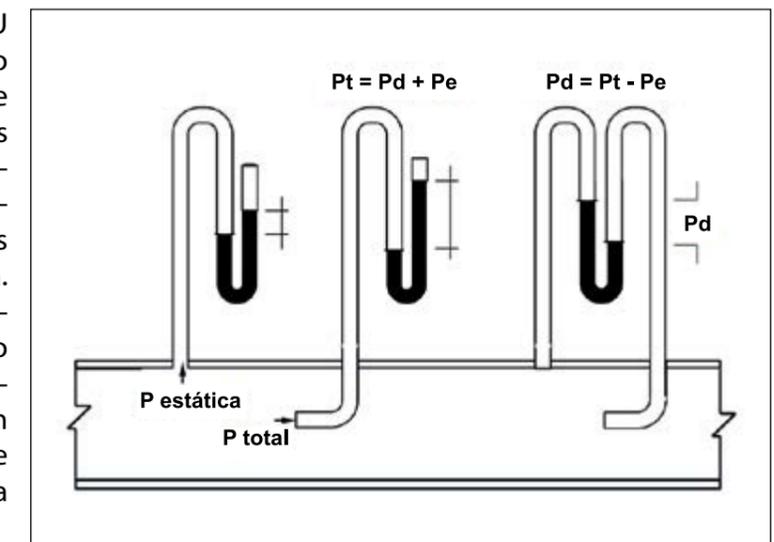


Figura 8.3. Medição das pressões estática, total e dinâmica. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).



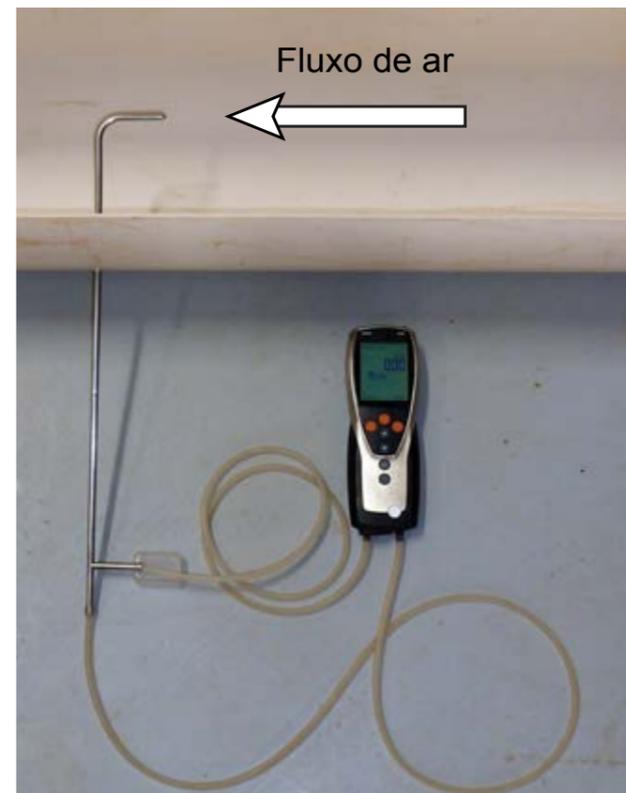
**Figura 8.4.** Manômetro de agulha. (Foto: Cotimes Afrique, 2011).

simultaneamente, a pressão estática e a pressão total (Figura 8.5). Com a ponta do tubo dirigida contra a corrente de ar, a pressão medida no tubo interior é a pressão total, e a medida no tubo exterior é a pressão estática. O manômetro conectado na saída dos dois tubos indica a diferença entre as duas pressões, seja a pressão dinâmica (Figura 8.6). Para medir e ler a pressão estática, basta desconectar o tubo interno (Figura 8.7).

Devido ao atrito, o ar na tubulação tem velocidade diferente, dependendo da proximidade da parede. A medição de pressão com o tubo de Pitot deve ser feita em um único ponto, no centro da tubulação. Para evitar turbulências e deformação do fluxo de ar devido a curvas, por exemplo, a medição deve ser feita em porções retas, a uma distância mínima de 8.5 vezes o diâmetro depois de uma curva ou deformação, e de 1.5 vezes o diâmetro antes de uma curva ou deformação (Figura 8.8), onde o fluxo de ar tem um perfil de velocidade estável e normal (Figura 8.9). Por exemplo, para medição de ar numa tubulação de diâmetro 37 cm, o furo deverá ser localizado numa porção reta, a um mínimo de 3.2 m após uma curva e, no mínimo, 55 cm antes de qualquer curva ou deformação. Devido à turbulência, o valor a ser considerado é uma pressão média sobre um período de tempo (10 a 30 segundos).



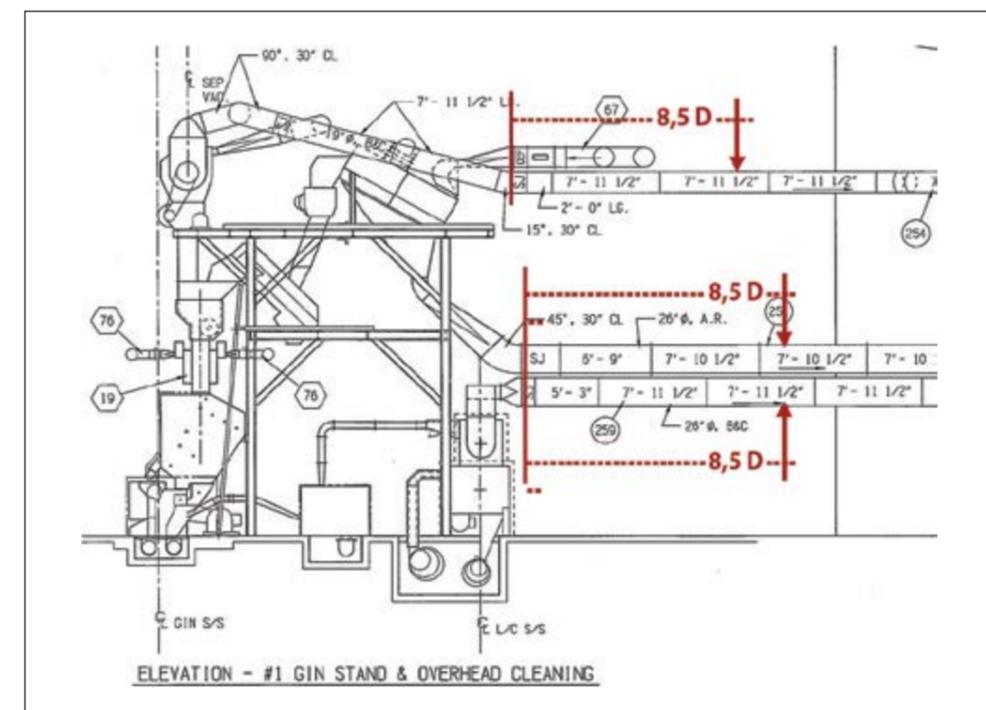
**Figura 8.5.** Detalhes do tubo de Pitot. (Foto: Cotimes do Brasil, 2012).



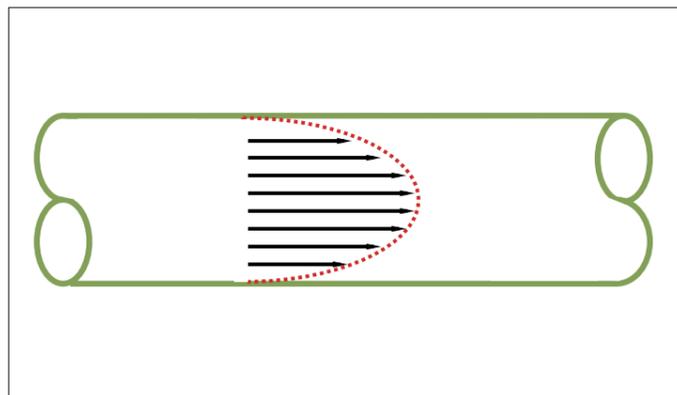
**Figura 8.6.** Medição de  $P_d$  com tubo de Pitot. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 8.7.** Medição de  $P_e$  com tubo de Pitot. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 8.8.** Localização da medição de ar. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 8.9.** Perfil de velocidade normal. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

A velocidade do ar nas tubulações é calculada a partir da pressão dinâmica no centro da tubulação, utilizando a fórmula:

$$Velocidade (m/s) = 3.68 \times Pd (mm CA)^{0.5}$$

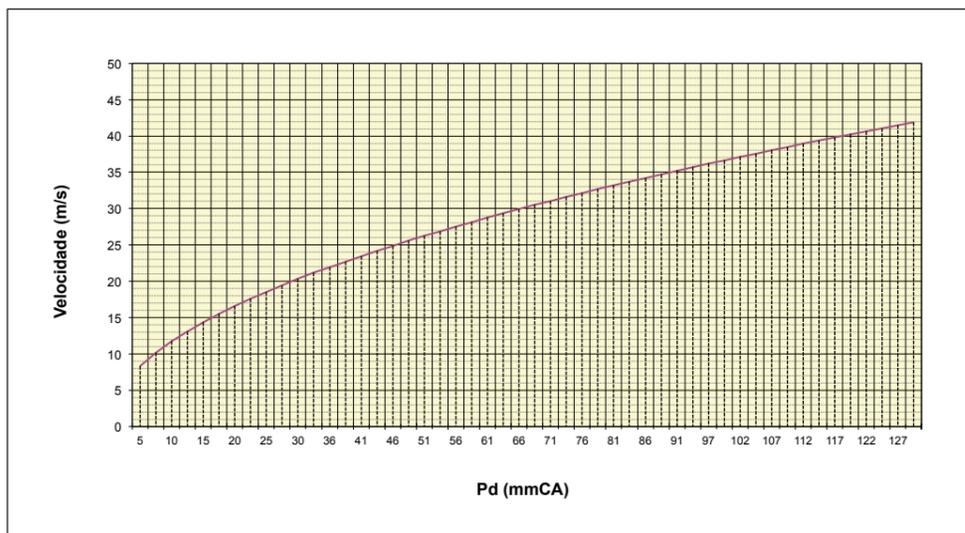
A curva da Figura 8.10 apresenta a velocidade do ar nas tubulações em função da pressão dinâmica medida com o tubo de Pitot nas condições padrão do ar (21° C e 1.013 mbar).

Os fluxos são estimados a partir das velocidades e da secção, ela mesma calculada a partir da medição prática da circunferência, quando o diâmetro não é conhecido, pela seguinte fórmula:

$$Secção (m^2) = circunferência (m)^2 / 12.57$$

## 1.2. Normas no transporte e na secagem

Para poder mover a matéria, é necessária certa velocidade e uma quantidade de ar. Quanto mais rápida a corrente de ar, mais força ela aplicará na matéria transportada. É de primeira importância manter a velocidade em todo o circuito pneumático para poder mover o material adequadamente. Existem normas para o transporte pneumático na algodoeira referentes à velocidade de transporte (Tabela 8.1), considerando uma relação entre volume de ar e massa de matéria de 0.9 a 1.2 m<sup>3</sup> de ar por quilo de matéria transportada. Vale lembrar que, para transportar o algodão em caroço no circuito de secagem, essa relação sobe de 1.6 até 2.5 m<sup>3</sup>, a fim de conseguir um bom potencial de secagem, mas as velocidades ficam as mesmas.



**Figura 8.10.** Velocidade de ar associada à pressão dinâmica. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

**Tabela 8.1.** Normas de velocidades para transporte de matérias.

| Matéria / local                         | Velocidade do ar (m/s) |
|---|------------------------|
| Algodão em caroço no telescópio         | 28.0 - 30.5            |
| Algodão em caroço nas tubulações        | 17.8 - 25.4            |
| Algodão em caroço nas torres de gavetas | 10.2 - 12.7            |
| Fibra                                   | 7.6 - 10.2             |
| Caroço em pequenas tubulações           | 20.3 - 25.4            |
| Casca e resíduos                        | 20.3 - 25.4            |

Fonte: Anthony e Mayfield, 1994.

## 1.3. Ventiladores

O ventilador é uma máquina destinada a converter energia mecânica de rotação em um diferencial de pressão que faz o ar se mover. Esse diferencial (chamado de demanda em Pe) depende do sistema pneumático e do material a transportar.

Existem dois tipos principais de ventiladores usados para o transporte pneumático na algodoeira. O ventilador centrífugo (majoritário) e o ventilador helicoidal ou axial.

### 1.3.1. Ventiladores centrífugos

O ventilador centrífugo é constituído por um rotor de palhetas girando dentro de uma caixa de metal. O ar entra pelo lado da caixa, paralelamente ao eixo do rotor, e sai radialmente, com ângulo de 90° (Figura 8.11).

Os modelos utilizados nas algodoeiras variam pelas dimensões (profundidade, altura e largura da caixa), a entrada de ar é de um lado. A saída pode ser posicionada diferentemente para ser diretamente conectada em tubulações horizontais ou verticais, ou eventualmente inclinadas.

Muitos parâmetros influem no desempenho dos ventiladores centrífugos: as dimensões externas, mas também o tipo e dimensões do rotor. A qualidade do desenho e as condições de uso condicionam a eficiência. No Brasil, modelos antigos, modificados, desenhos empíricos, desgastes e dimensionamentos errados são motivos frequentes de eficiência baixa.



**Figura 8.11.** Ventilador centrífugo. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

### 1.3.1.1. Leis dos ventiladores

As leis dos ventiladores permitem entender e aproveitar as relações entre rotação, vazão, pressão e consumo de energia.

- A vazão (m³/h) varia na mesma proporção que as rotações do eixo do rotor;

$$Vazão\ final = \frac{Vazão\ inicial \times RPM\ final}{RPM\ inicial}$$

- A Pe (mm CA) gerada varia como o quadrado das rotações:

$$Pe\ final = \frac{Pe\ inicial \times RPM\ final^2}{RPM\ inicial^2}$$

- A potência elétrica (CV) varia como o cubo das rotações;

$$CV\ final = \frac{CV\ inicial \times RPM\ final^3}{RPM\ inicial^3}$$

Por exemplo, no caso de um ventilador de tamanho 45 operando a 900 RPM com uma vazão de 11.000 m³/h, uma pressão estática de 76 mm CA e com uma potência de 6.1 CV, um aumento das rotações de 50% para 1.350 RPM vai gerar uma vazão de 16.500 m³/h, uma pressão estática de 171 mm CA, com uma potência de 20.6 CV.

O dimensionamento inicial do ventilador é importante. Um ventilador subdimensionado vai precisar de rotações altas, o que vai gerar muito consumo de energia. Um ventilador superdimensionado vai rodar com rotações baixas, e pode não gerar uma pressão estática suficiente para o transporte das matérias.

### 1.3.1.2. Curvas de desempenho dos ventiladores

Uma vez determinados os fluxos de ar necessários para o transporte e estimadas as pressões estáticas (demandas nas pressões dinâmicas e estáticas), o engenheiro deve dimensionar o ventilador (tamanho e motor) e determinar as condições de operação (RPM), para conseguir o melhor desempenho do sistema pneumático. A escolha de um ventilador é muito técnica. São necessárias curvas ou tabelas de desempenho específicas de cada modelo, que devem ser disponibilizadas pelo fabricante (Tabela 8.2). As curvas registram valores obtidos durante testes específicos, e para condições padrão de temperatura e pressão do ar.

O ventilador da Tabela 8.2 tem as seguintes características:

- Ventilador centrífugo de tamanho 45;
- Rotor de 10 palhetas retas e diâmetro 0.76 m;
- Entrada circular de diâmetro 0.50 m;
- Saída quadrada de 0.40 m.

Tabela 8.2. Tabela (curva) de desempenho de ventilador centrífugo.

| Vazão<br>m³/h | Ps em mm H2O |      |      |      |      |      |       |      |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |
|---------------|--------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
|               | 25.4         |      | 50.8 |      | 76.2 |      | 101.6 |      | 127  |      | 152.4 |      | 177.8 |      | 203.2 |      | 228.6 |      |
|               | RPM          | CV   | RPM  | CV   | RPM  | CV   | RPM   | CV   | RPM  | CV   | RPM   | CV   | RPM   | CV   | RPM   | CV   | RPM   | CV   |
| 7150          | 549          | 1.4  | 680  | 2.2  | 792  | 3.1  | 892   | 4.1  | 984  | 5.1  | 1067  | 6.1  | 1145  | 7.2  | 1218  | 8.2  | 1287  | 9.3  |
| 7795          | 573          | 1.7  | 701  | 2.6  | 810  | 3.6  | 908   | 4.6  | 998  | 5.7  | 1079  | 6.7  | 1156  | 7.9  | 1228  | 8.9  | 1296  | 10.1 |
| 8440          | 597          | 2    | 722  | 3    | 829  | 4    | 924   | 5.1  | 1011 | 6.2  | 1091  | 7.4  | 1167  | 8.5  | 1238  | 9.7  | 1306  | 10.9 |
| 9085          | 621          | 2.4  | 743  | 3.5  | 847  | 4.5  | 940   | 5.6  | 1025 | 6.8  | 1103  | 8    | 1177  | 9.2  | 1249  | 10.4 | 1315  | 11.7 |
| 9731          | 645          | 2.7  | 764  | 3.9  | 866  | 5    | 956   | 6.1  | 1039 | 7.4  | 1116  | 8.6  | 1188  | 9.9  | 1259  | 11.2 | 1324  | 12.5 |
| 10376         | 668          | 3    | 785  | 4.3  | 884  | 5.5  | 972   | 6.7  | 1052 | 7.9  | 1128  | 9.2  | 1199  | 10.5 | 1269  | 11.9 | 1333  | 13.3 |
| 11021         | 695          | 3.5  | 809  | 4.9  | 905  | 6.1  | 991   | 7.4  | 1070 | 8.8  | 1145  | 10.1 | 1215  | 11.5 | 1284  | 12.9 | 1347  | 14.3 |
| 11666         | 723          | 4.1  | 833  | 5.6  | 928  | 6.9  | 1012  | 8.2  | 1090 | 9.7  | 1163  | 11.1 | 1232  | 12.5 | 1300  | 14   | 1362  | 15.5 |
| 12311         | 750          | 4.7  | 857  | 6.2  | 951  | 7.7  | 1033  | 9.1  | 1110 | 10.6 | 1182  | 12.1 | 1250  | 13.5 | 1316  | 15   | 1377  | 16.6 |
| 12957         | 778          | 5.3  | 882  | 6.9  | 973  | 8.4  | 1055  | 9.9  | 1130 | 11.5 | 1201  | 13.1 | 1268  | 14.6 | 1332  | 16.1 | 1392  | 17.7 |
| 13600         | 805          | 5.9  | 906  | 7.6  | 996  | 9.2  | 1076  | 10.8 | 1150 | 12.4 | 1220  | 14.1 | 1285  | 15.6 | 1348  | 17.2 | 1408  | 18.9 |
| 14245         | 833          | 6.5  | 930  | 8.3  | 1018 | 9.9  | 1097  | 11.6 | 1170 | 13.4 | 1239  | 15.1 | 1303  | 16.7 | 1364  | 18.3 | 1423  | 20   |
| 14891         | 861          | 7.1  | 955  | 8.9  | 1041 | 10.7 | 1118  | 12.4 | 1190 | 14.3 | 1257  | 16   | 1320  | 17.7 | 1380  | 19.4 | 1438  | 21.1 |
| 15536         | 889          | 7.8  | 980  | 9.8  | 1064 | 11.6 | 1140  | 13.4 | 1211 | 15.3 | 1277  | 17.2 | 1339  | 18.9 | 1398  | 20.6 | 1455  | 22.5 |
| 16181         | 919          | 8.9  | 1007 | 10.8 | 1089 | 12.7 | 1164  | 14.7 | 1234 | 16.6 | 1299  | 18.6 | 1361  | 20.4 | 1419  | 22.2 | 1475  | 24.1 |
| 16826         | 949          | 9.9  | 1034 | 11.9 | 1115 | 13.9 | 1188  | 15.9 | 1257 | 18   | 1321  | 19.9 | 1382  | 21.9 | 1440  | 23.8 | 1496  | 25.8 |
| 17471         | 979          | 11   | 1062 | 13   | 1140 | 15   | 1212  | 17.2 | 1280 | 19.3 | 1343  | 21.3 | 1404  | 23.4 | 1460  | 25.4 | 1516  | 27.5 |
| 18116         | 1009         | 12   | 1089 | 14.1 | 1165 | 16.2 | 1236  | 18.4 | 1303 | 20.6 | 1365  | 22.7 | 1425  | 24.9 | 1481  | 27   | 1536  | 29.2 |
| 18762         | 1039         | 13.1 | 1116 | 15.1 | 1190 | 17.3 | 1260  | 19.7 | 1326 | 21.9 | 1387  | 24.1 | 1447  | 26.4 | 1502  | 28.6 | 1557  | 30.8 |
|               | 1069         | 14.1 | 1143 | 16.2 | 1215 | 18.5 | 1284  | 20.9 | 1349 | 23.2 | 1409  | 25.5 | 1468  | 27.9 | 1523  | 30.2 | 1577  | 32.5 |

| Vazão<br>m³/h | Ps em mm H2O |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |       |      |       |      |      |      |
|---------------|--------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
|               | 254          |      | 279.4 |      | 304.8 |      | 330.2 |      | 355.6 |      | 381  |      | 406.4 |      | 457.2 |      | 508  |      |
|               | RPM          | CV   | RPM   | CV   | RPM   | CV   | RPM   | CV   | RPM   | CV   | RPM  | CV   | RPM   | CV   | RPM   | CV   | RPM  | CV   |
| 7150          | 1353         | 10.5 | 1416  | 11.7 | 1477  | 12.9 | 1536  | 14.1 | 1592  | 15.4 | 1620 | 16.1 | 1647  | 16.7 | 1701  | 17.9 | 1901 | 23.4 |
| 7795          | 1362         | 11.4 | 1424  | 12.6 | 1484  | 13.9 | 1543  | 15.1 | 1598  | 16.5 | 1631 | 17.3 | 1663  | 18.1 | 1725  | 19.7 | 1904 | 24.8 |
| 8440          | 1370         | 12.2 | 1432  | 13.5 | 1492  | 14.8 | 1550  | 16.1 | 1605  | 17.5 | 1642 | 18.6 | 1678  | 19.5 | 1748  | 21.5 | 1907 | 26.2 |
| 9085          | 1379         | 13.1 | 1440  | 14.4 | 1499  | 15.8 | 1556  | 17.2 | 1611  | 18.6 | 1652 | 19.8 | 1694  | 21   | 1772  | 23.4 | 1910 | 27.6 |
| 9731          | 1387         | 13.9 | 1449  | 15.3 | 1507  | 16.8 | 1563  | 18.2 | 1617  | 19.6 | 1663 | 21   | 1709  | 22.4 | 1796  | 25.2 | 1913 | 28.9 |
| 10376         | 1396         | 14.8 | 1457  | 16.2 | 1514  | 17.7 | 1570  | 19.2 | 1623  | 20.7 | 1674 | 22.3 | 1725  | 23.8 | 1819  | 27   | 1916 | 30.3 |
| 11021         | 1408         | 15.9 | 1469  | 17.4 | 1525  | 18.9 | 1581  | 20.5 | 1633  | 22   | 1685 | 23.6 | 1736  | 25.3 | 1833  | 28.7 | 1924 | 32   |
| 11666         | 1423         | 17   | 1482  | 18.6 | 1538  | 20.2 | 1593  | 21.8 | 1644  | 23.4 | 1696 | 25.1 | 1747  | 26.8 | 1842  | 30.3 | 1933 | 33.7 |
| 12311         | 1437         | 18.2 | 1495  | 19.8 | 1550  | 21.5 | 1604  | 23.1 | 1656  | 24.8 | 1706 | 26.5 | 1757  | 28.3 | 1852  | 31.8 | 1942 | 35.5 |
| 12957         | 1451         | 19.4 | 1509  | 21   | 1563  | 22.7 | 1616  | 24.4 | 1667  | 26.1 | 1717 | 27.9 | 1767  | 29.7 | 1861  | 33.4 | 1951 | 37.2 |
| 13600         | 1466         | 20.6 | 1522  | 22.3 | 1575  | 24   | 1628  | 25.8 | 1678  | 27.5 | 1728 | 29.4 | 1778  | 31.2 | 1871  | 35   | 1960 | 38.9 |
| 14245         | 1480         | 21.7 | 1536  | 23.5 | 1588  | 25.3 | 1640  | 27.1 | 1689  | 28.9 | 1739 | 30.8 | 1788  | 32.7 | 1880  | 36.6 | 1970 | 40.7 |
| 14891         | 1494         | 22.9 | 1549  | 24.7 | 1601  | 26.6 | 1652  | 28.4 | 1701  | 30.3 | 1750 | 32.2 | 1798  | 34.2 | 1890  | 38.2 | 1979 | 42.4 |
| 15536         | 1510         | 24.3 | 1564  | 26.1 | 1615  | 28   | 1666  | 29.9 | 1714  | 31.8 | 1762 | 33.9 | 1810  | 35.9 | 1901  | 40   | 1989 | 44.3 |
| 16181         | 1530         | 26   | 1583  | 27.9 | 1633  | 29.9 | 1683  | 31.8 | 1731  | 33.8 | 1778 | 35.8 | 1826  | 37.9 | 1915  | 42.1 | 2002 | 46.5 |
| 16826         | 1549         | 27.8 | 1601  | 29.7 | 1651  | 31.7 | 1701  | 33.7 | 1747  | 35.7 | 1795 | 37.8 | 1841  | 40   | 1930  | 44.2 | 2015 | 48.6 |
| 17471         | 1569         | 29.5 | 1620  | 31.5 | 1670  | 33.6 | 1718  | 35.6 | 1764  | 37.7 | 1811 | 39.8 | 1857  | 42   | 1944  | 46.4 | 2027 | 50.7 |
| 18116         | 1588         | 31.3 | 1638  | 33.3 | 1688  | 35.4 | 1735  | 37.5 | 1781  | 39.6 | 1827 | 41.8 | 1872  | 44   | 1958  | 48.5 | 2040 | 52.9 |
| 18762         | 1608         | 33   | 1657  | 35.1 | 1706  | 37.3 | 1753  | 39.4 | 1798  | 41.6 | 1843 | 43.7 | 1888  | 46.1 | 1973  | 50.6 |      |      |
| 19407         | 1627         | 34.8 | 1675  | 36.9 | 1724  | 39.1 | 1770  | 41.3 | 1815  | 43.5 | 1859 | 45.7 | 1903  | 48.1 | 1987  | 52.7 |      |      |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2011.

Com este ventilador, se o fluxo de ar a ser gerado é de 13.600 m³/h, com uma demanda de pressão estática de 330 mm de coluna de água, o rotor do ventilador deve girar com 1.630 RPM e a potência de 26 CV (20 kW). O motor a ser instalado é de 30 CV (22.3 kW).

No Brasil, existem e são utilizados numerosos ventiladores de desempenhos desconhecidos, por serem antigos, construídos artesanalmente, ou por não serem caracterizados cientificamente pelos fabricantes. Neste caso, é impossível calcular um sistema pneumático otimizado. As consequências sempre são significativas, com deficiências no transporte (falta de alimentação, embuchamentos) e perdas financeiras, pelas deficiências ou por superdimensionamento.

Ventiladores novos não deveriam ser comprados sem as suas respectivas curvas de desempenho.

Existem muitas algodoieiras utilizando um mesmo ventilador para várias funções, tentando economizar energia. Essas práticas devem ser evitadas, pois, por serem quase sempre implantadas sem cálculos, geram perda de eficiência. O ventilador de sucção

utilizado para empurrar o caroço não consegue mais puxar um fluxo de algodão em caroço regular e suficiente, pela irregularidade e importância da pressão estática total nas tubulações. O ventilador de sucção utilizado para puxar os resíduos pode se tornar ineficiente para a sua função principal se o fluxo de resíduos é alto, deixando os descarregadores insuficientemente alimentados.

### 1.3.1.3 Características dos ventiladores centrífugos

A principal característica do ventilador centrífugo é a capacidade de responder a demandas de pressão estática alta (até 800 mm CA).

Velocidades máximas de rotação do rotor diminuem com o diâmetro, pois a velocidade periférica é limitada, a princípio, a 90 m/s, por razão de segurança. Um rotor de diâmetro 0.6 m pode girar até 2.800 RPM, e um rotor de 1.0 m não deverá ultrapassar 1.700 RPM.

Dois ventiladores centrífugos idênticos podem ser associados para reforçar o desempenho. Ventiladores em série (um soprando na entrada do outro) adicionam a pressão estática providenciada, sem aumento da capacidade de fluxo. Ventiladores em paralelo adicionam os fluxos (capacidade dobrada), sem alteração da Pe.

Existem vários tipos de ventiladores centrífugos diferentes, principalmente pelo tipo de rotor. É economicamente importante selecionar o tipo de rotor de eficiência máxima para o manejo do material transportado. Existem três tipos de ar na algodoeira:

- ar com abrasivos granulares (sucção, fundo de batedor, sobra, casca, fibrilha, etc.);
- ar sujo sem abrasivos granulares (sucção dos condensadores);
- ar limpo (ar ambiente, quente ou frio, empurrado).

Rotor de palhetas retas (Figura 8.12): Os rotores de palhetas retas (em geral, 6 a 10 palhetas) são bem adaptados ao ar sujo carregado de abrasivos granulares. Apesar de um desempenho limitado, são utilizados na sucção inicial, na sucção de fundo de batedor e transporte de resíduos. O ventilador pode ser revestido interiormente de borracha para limitar o desgaste pelas matérias abrasivas, em particular areia.



**Figura 8.12.** Rotor de palhetas retas. (Foto: Cotimes do Brasil, 2009).

Rotor de palhetas curvas radialmente (Figura 8.13): Os rotores de palhetas curvas radialmente fornecem maior eficiência (até 75%) e economia de energia no caso do ar sujo, porém sem abrasivos granulares. São indicados para altos volumes e pressões estáticas, como no caso da sucção dos condensadores gerais ou de limpadores de pluma, com catação de poeira por ciclones.

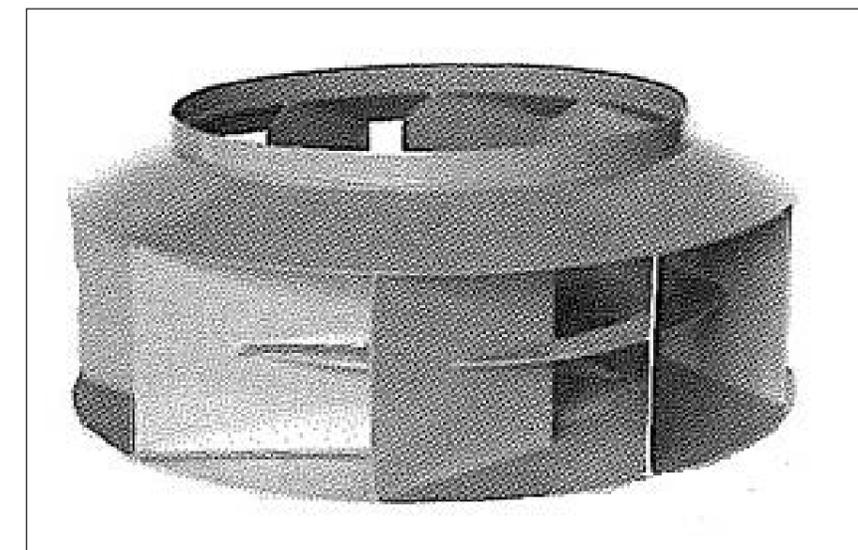
Considerando o exemplo de um circuito pneumático de condensador geral com 380 mm CA de Pe e 53.500 m<sup>3</sup>/h de vazão de ar, um ventilador centrífugo de palhetas retas necessita de 141 CV (eficiência de 60%). Com o rotor de palhetas curvas radialmente, a potência necessária cai para 109 CV.

Rotor de palhetas inclinadas para trás (Figura 8.14): Os rotores de palhetas inclinadas para trás fornecem alta eficiência (até 75%) e economia de energia. São indicados para altos volumes e pressões estáticas normais, mas seu uso é limitado ao caso do ar limpo, seja sem ou com poucas partículas pequenas. São indicados para o ar empurrado nos circuitos de tipo empurre-puxe, utilizados principalmente para secagem.

Considerando o exemplo de um circuito pneumático de secagem com torre de gavetas com 380 mm CA de Pe e 53.500 m<sup>3</sup>/h de vazão de ar, um ventilador centrífugo de palhetas retas necessita de 141 CV (eficiência de 60%). Com o rotor de palhetas inclinadas para trás, a potência necessária cai para 95 CV.



**Figura 8.13.** Rotor de palhetas curvas radialmente. (Foto: Cotimes do Brasil, 2009).



**Figura 8.14.** Rotor de palhetas inclinadas para trás. (Foto: Continental Eagle Corp., 2008).



**Figura 8.15.** Ventilador axial de condensador. (Foto: Cotimes, 2007).

### 1.3.2. Ventiladores axiais

No ventilador axial, o ar atravessa o ventilador paralelamente ao eixo, sob efeito de uma hélice com pás inclinadas. Nas algodoeiras, são chamados de exaustores e são utilizados para sucção nos condensadores. São montados de um lado, no caso dos condensadores de grande diâmetro (Figura 8.15). O motor pode ser montado na parte externa da tubulação ou, mais raramente, dentro e no centro dela, atrás da hélice. São ventiladores que têm vazão grande, mas não conseguem operar quando a  $P_e$  no sistema é maior que 170 mm CA. Nas usinas antigas, eles sopram para charutos. Nas usinas modernas, com catação de poeira padronizada com ciclones, os ventiladores axiais não são mais utilizados e são substituídos por ventiladores centrífugos de alto volume.

Existem vários tipos de ventiladores axiais, principalmente pelo tipo de rotor. O ventilador axial simples consiste em uma hélice com pás girando dentro de uma carcaça tubular metálica (Figura 8.16). Consegue operar contra pressões de até 75 mm CA. No ventilador axial de palhetas, às vezes chamado de exaustor turbinado, a hélice tem cone largo e pás mais curtas. A carcaça tubular é equipada de várias chapas guias, fixadas radialmente e destinadas a endireitar o fluxo de ar paralelamente às paredes do cano (Figura 8.17). Graças a este dispositivo de guias, o ventilador aguenta  $P_e$  maiores, até 175 mm CA.

Ao contrário dos ventiladores centrífugos, os axiais consomem mais energia quando o fluxo de ar diminui. Por razão disso e devido à dificuldade de operar contra  $P_e$  médias, a tela do condensador, que tem tendência a entupir (Figura 8.18), deve ser mantida limpa (limpeza a cada turno), para



**Figura 8.16.** Ventilador axial simples. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

uma eficiência boa e um gasto menor de energia.

### 1.4. Tubulações

As tubulações levam o ar e a matéria de um ponto para outro. Cada tubulação do circuito de transporte deve ser calculada para conseguir a velocidade de ar desejada neste ponto. Os diâmetros utilizados estão entre 20 e 106 cm.

Nos circuitos de secagem que utilizam grandes vazões, os diâmetros raramente ultrapassam 86 cm. Quando os fluxos exigem diâmetros maiores, o processo é dividido em duas linhas iguais. Quando é necessário dividir o fluxo de ar e o algodão (entre 2 linhas ou na entrada de um bater para espalhar a matéria), a divisão deve ser feita por um calção quadrado e regulável com defletores internos (Figura 8.19) que permitem obter uma divisão em fluxos iguais.

Desenhos do sistema de tubulação devem obedecer às normas técnicas. Quanto mais compridas, indiretas e estreitas são as tubulações, mais alta será a demanda em  $P_e$  e maior será o consumo de energia para atender essa demanda. Os circuitos devem ser os mais retos possíveis, com o mínimo de curvas, de maior raio possível. A título de exemplo, cada curva de raio interno igual ao diâmetro gera uma pressão estática equivalente a um comprimento de tubo reto igual a 12 vezes o diâmetro.

Há a necessidade de manter as tubulações perfeitamente vedadas, para evitar gasto de energia e entrada de ar falso (perda de sucção), ou emissão de poeira no sopro.

No Brasil, muitas usinas têm problemas de funcionamento e perdem dinheiro, por ter desenho empírico e excesso de tubulação. Os funileiros devem seguir e aplicar o desenho calculado por um estudo de engenharia.



**Figura 8.17.** Ventilador axial de palhetas. (Foto: Cotimes, 2007).



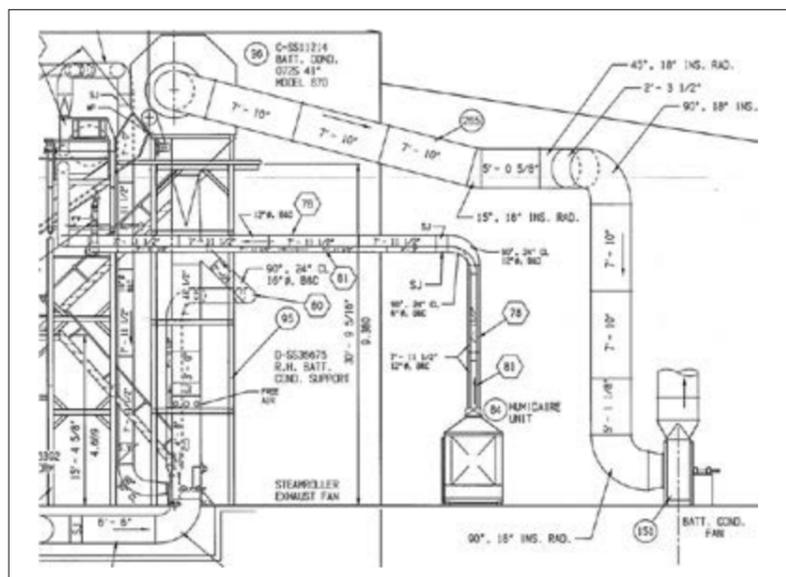
**Figura 8.18.** Condensador entupido. (Foto: Cotimes, 2007).



**Figura 8.19.** Calção de divisão de tubulação. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

Uma vez determinados o fluxo e a velocidade (Tabela 8.1), será possível calcular a secção e o diâmetro da tubulação, assim como a largura de uma torre de secagem de gavetas, sabendo a distância entre elas. Um coeficiente de 1.2 a 1.25, levando em conta perdas de ar no sistema, deve ser aplicado para determinar a vazão na entrada ou na saída do ventilador.

Todos os projetos de algodoiras devem ser apresentados junto com um projeto pneumático, apresentando:



**Figura 8.20.** Projeto pneumático para algodoira. (Fonte: Continental Eagle Corp., 2008).

### 1.5. Engenharia pneumática na algodoira

O primeiro critério a ser considerado é o potencial de produção do processo, em termos de fardos por hora. Conhecendo o rendimento de fibra esperado, é possível determinar o fluxo de algodão em caroço e fibra no sistema (kg/h).

Baseado na norma de relação ar/matéria para o transporte ou a secagem do algodão ( $m^3$  de ar por kg de matéria transportada), é possível determinar o fluxo de ar necessário no sistema ( $m^3/h$ ).

- O trajeto e as dimensões das tubulações, válvulas e calções;
- As dimensões e as localizações das transições entre tubulações e máquinas;
- O valor do fluxo de ar em cada tubulação;
- O tamanho e a localização dos ventiladores;
- RPM e potência dos motores de ventiladores.

O projeto pneumático (Figura 8.20) é indispensável para o funileiro, que deve seguir as especificações do fabricante para fabricar e montar os elementos da funilaria; e para equipe da usina, para monitorar as características de fluxo e velocidades no sistema.

## 2. Transporte mecânico

### 2.1. Roscas transportadoras

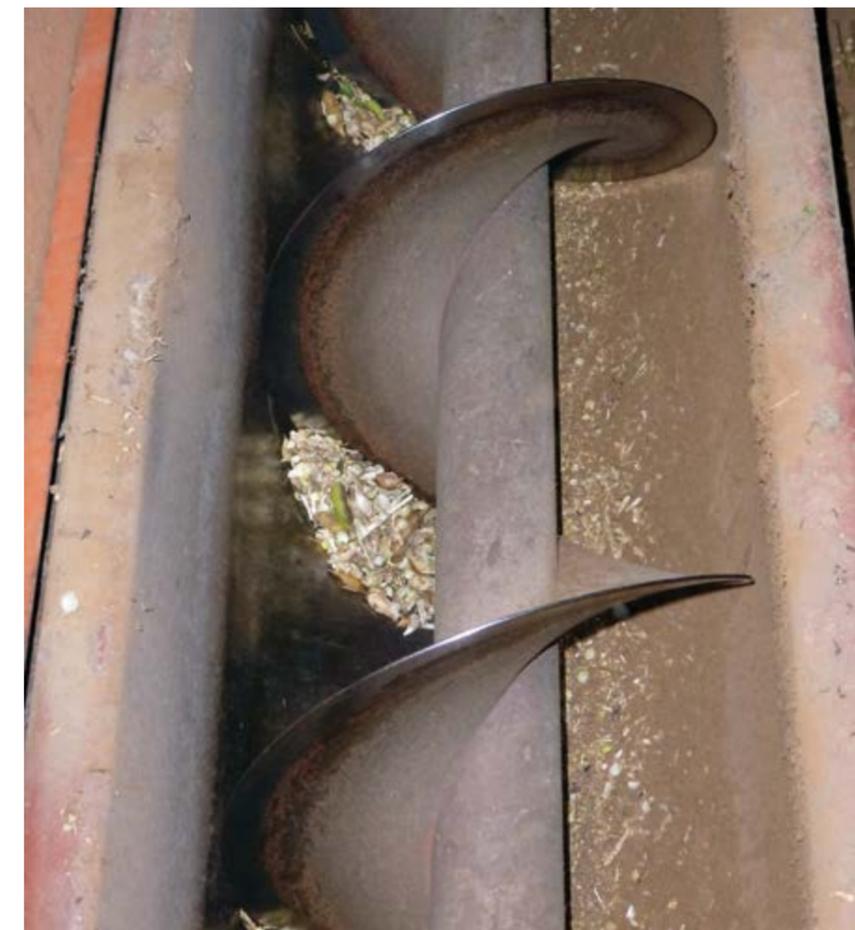
A rosca transportadora é um dos mais antigos e simples métodos para movimentação de material a granel. Consiste de um helicóide rotativo dentro de uma calha estacionária. O material colocado na calha é movido ao longo de seu comprimento pela rotação do helicóide (Figura 8.21).

Na algodoira, roscas transportadoras são bastante utilizadas para transporte horizontal do algodão em caroço (saída dos desmanchadores e distribuição entre descarçadores), o caroço (coleta em baixo dos descarçadores e transporte) e os resíduos (piolho embaixo dos descarçadores, resíduos de alimentadores, bate-dores e extratores, por exemplo).

Roscas em tubos são bastante raras nas algodoiras do Brasil, somente utilizadas para levar verticalmente o caroço ao lado do último descarçador do conjunto.

#### 2.1.1. Descrição geral das roscas em calhas

A rosca é constituída por um eixo sobre o qual é soldado o helicóide. O eixo deve ser perfeitamente alinhado e de características suficientes para transmitir o esforço necessário sem torção e sem empenar. A rosca é constituída em geral de secções unitárias



**Figura 8.21.** Helicóide e matéria movimentada na rosca. (Foto: Cotimes do Brasil, 2012).



**Figura 8.22.** Calha de rosca distribuidora. (Foto: Cotimes do Brasil, 2009).



**Figura 8.23.** Mancais e suportes.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2008).

de 3 a 4 m de comprimento. Para transporte horizontal ou levemente inclinado na algodoeira, o helicóide tem uma distancia padrão entre as duas cristas consecutivas, igual ao diâmetro do helicóide.

A rosca gira dentro de uma calha geralmente em forma de U. O nível do produto dentro da calha não deve ultrapassar o eixo da rosca, ou seja, 45% da secção da calha. Devido ao ângulo do helicóide em relação ao eixo, o produto transportado é empurrado lateralmente contra uma das paredes. No caso da rosca distribuidora, a parede frontal deve ser inclinada para aumentar a capacidade de transporte e o fluxo de algodão que cai para os descarçadores (Figura 8.22).

Transportadores de rosca com calha em U podem ser utilizados com inclinação até 20°, mas com redução de carga aumentando com o ângulo. Para ângulos maiores a rosca deve ter um espaço menor. A folga rosca/calha deve ser maior do que o caroço para evitar quebras. A coesão da massa de caroço de algodão devido ao *linter* facilita o transporte.

Mancais com rolamentos devem ser perfeitamente alinhados e distantes de 3 a 4 m para evitar as flexões. Para roscas curtas, mancais fixados nas chapas de extremidade são suficientes. Para roscas compridas, mancais são fixados sobre suportes rígidos firmemente fixados numa parede da calha como no caso da rosca distribuidora (Figura 8.23).

Fora das partes que não recebem material os transportadores de rosca são facilmente tampados e selados para evitar o vazamento de poeiras ou a contaminação do material por sujeiras ou umidade, e para prevenção de acidentes. Tampa pode ser chata (interior) ou convexa no caso de transporte exposto à chuva.

Dependendo do seu tamanho, a movimentação da rosca é feita por motorreductor diretamente acoplado ao eixo, ou por transmissão por correia ou corrente. Velocidades de rotação recomendadas variam com o produto transportado e o diâmetro. Na algodoeira, as velocidades variam de 75 a 130 RPM. É sempre possível aumentar a rotação para aumentar o fluxo, mas em detrimento da longevidade e do produto (quebras).

### 2.1.2. Elementos de cálculo

A capacidade das roscas em calhas U é em função do diâmetro e da velocidade de rotação. É um fluxo em volume (m<sup>3</sup>/h). Essas dimensões são limitadas pela natureza do produto a ser transportado. Na prática, com o caroço e os resíduos, os cálculos consideram que o produto ocupa em média 30% da secção da calha. Com o algodão em caroço, devido à forma diferente da calha e fluidez diferente da matéria fibrosa, os cálculos são diferentes.

A capacidade de transporte em peso (toneladas/h) depende da capacidade em volume e da densidade do produto a transportar. Pode ser calculado com a seguinte fórmula:

$$\text{Capacidade em peso (t/h)} = 0.0133 \times \text{diâmetro}^3 \text{ (dm)} \times \text{RPM} \times \text{Densidade (t/m}^3\text{)}$$

As densidades consideradas para os cálculos são:

- Caroço: 0.45 toneladas por metro cúbico
- Resíduos: 0.18 toneladas por metro cúbico

Para dimensionar um transportador de rosca:

- Considerar primeiro o fluxo de matéria a ser atendido (t/h)
- Calcular o fluxo a transportar em volume pela seguinte fórmula:

$$\text{Fluxo em volume (m}^3\text{/h)} = \text{Fluxo em peso (t/h)} / \text{Densidade (t/m}^3\text{)}$$

- Escolher o diâmetro de rosca adequado para poder atender o fluxo em volume (capacidade máxima em m<sup>3</sup>/h na Tabela 8.3).
- Determinar a velocidade mínima de rotação a ser aplicada a rosca, dividindo o fluxo de matéria a ser atendido (em volume) pela capacidade de transporte para 1 RPM.

**Tabela 8.3.** Capacidade de roscas transportadoras com calha (carga = 30% da secção)

| Diâmetro da rosca (pol.) | Diâmetro da rosca (decímetro) | Rotação máxima (RPM) | Capacidade para 1 RPM (m <sup>3</sup> /h) | Capacidade máxima (m <sup>3</sup> /h) | Capacidade máxima caroço (t/h) | Capacidade máxima resíduos (t/h) |
|--------------------------|-------------------------------|----------------------|---|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 10                       | 2.54                          | 100                  | 0.22                                      | 21.8                                  | 14.7                           | 5.9                              |
| 12                       | 3.05                          | 90                   | 0.38                                      | 34.0                                  | 22.9                           | 9.2                              |
| 14                       | 3.56                          | 85                   | 0.60                                      | 51.0                                  | 34.4                           | 13.7                             |
| 16                       | 4.06                          | 80                   | 0.89                                      | 71.6                                  | 48.3                           | /                                |
| 18                       | 4.57                          | 76                   | 1.27                                      | 96.8                                  | 65.3                           | /                                |

A potência absorvida varia com o diâmetro e comprimento da rosca, e densidade do produto transportado. Para os transportadores dispostos horizontalmente, a potência pode ser calculada pela seguinte fórmula simplificada:

$$\text{Potência (CV)} = k / 101 \times \text{fluxo de matéria (t/h)} \times \text{Comprimento (m)}$$

Com k = 0.9 para o algodão em caroço e 1.5 para os resíduos.



**Figura 8.24.** Fita transportadora.  
(Foto: Cotimes do Brasil).

### 2.1.3. Vantagens e desvantagens

#### Vantagens

- Investimento menor do que com transportadores de correia ou corrente;
- Conveniente para fluxos até 30 t/h e para comprimento até 25 m.
- Espaço ocupado 2.5 menor do que espaço de uma fita transportadora.

#### Desvantagens

- Risco de quebras do caroço;
- Potência consumida 3 vezes maior do que a potência de uma fita e 2.5 vezes maior do que a potência de um transportador de corrente;
- Difícil de limpar, ou seja, pouco compatível com produção de sementes.

## 2.2. Fita transportadora (esteira)

A esteira transportadora é composta de uma fita circulando em cima de um suporte de baixo atrito (plataforma de deslizamento ou roletes) e esticada entre um cilindro motor e um cilindro guia com esticador. A fita transportadora pode operar em altas velocidades e transportar produtos a longas distâncias (até 100 m na algodoeira (Figura 8.24)). O custo inicial é significativo, mas a longa vida útil e o baixo consumo de energia compensam.



**Figura 8.25.** Fita para elevação de caroço.  
(Foto: Cotimes do Brasil).

Na algodoeira, fitas transportadoras têm calhas com paredes de até 25 cm de altura. São utilizadas para transportar algodão em caroço (desmanchador de fardões móvel) e cada vez mais frequente o caroço (Figura 8.25). O melhor rendimento energético da fita comparando com a ventilação, explica o desenvolvimento do transporte por fita nas algodoieiras.

Na algodoeira, fitas transportadoras têm calhas com paredes de até 25 cm de altura. São utilizadas para transportar algodão em caroço (desmanchador de fardões móvel) e cada vez mais frequente o caroço (Figura 8.25). O melhor rendimento energético da fita comparando com a ventilação, explica o desenvolvimento do transporte por fita nas algodoieiras.

### 2.2.1. Descrição geral

A fita é o componente mais caro do transportador (50%). É composta de uma armação e um revestimento. A armação assegura a resistência à tração, o alinhamento lateral e a resistência aos tratamentos mecânicos. O revestimento assegura a aderência e resistência à abrasão pelo produto transportado e no lado inferior. Cada fita é definida pela tensão de serviço em geral 10% da resistência à ruptura. Tensões padrões de serviço são de 50 a 63 N/mm de largura.

Antes a armação era constituída de camadas de tecidos de fios de urdume e trama de algodão. Hoje, as fibras sintéticas são as mais freqüentes, pelas melhores características disponibilizadas:

- Melhor aderência aos revestimentos de borracha;
- Fitas de menor espessura com maior vida útil;
- Melhor resistência à flexão quando a fita passa nos tambores de extremidade;
- Características constantes independente das condições de umidade e temperatura.

Em geral os fios de urdume são de poliéster e os de trama de poliamida, mais adaptada a compressão existente nas fitas de laterais inclinados.

O revestimento é uma mistura de borracha natural (resistência a abrasão) e de borracha sintética (ausência de rachaduras com envelhecimento). Quando a fita trabalha inclinada com mais de 25°, o revestimento comporta taliscas (reta ou em V) para reter o produto.

Dois métodos são utilizados para emendar a fita, a vulcanização e o grampeamento. A vulcanização com calor (140°C) é eficiente a 100% (as emendas não constituem um ponto fraco). As emendas grampeadas chegam a uma resistência de 60 a 70% da resistência da fita, reduzindo as suas capacidades. Os grampos devem ter a mesma espessura da fita e as bordas a serem emendadas devem ser chanfradas para evitar enroscaamentos.

A parte superior do suporte das fitas chatas é uma mesa de aço polido. No caso das fitas côncavas (fitas em V), o suporte é constituído de roletes inclinados dispostos de cada lado de roletes horizontais. Na parte inferior do suporte, os roletes são horizontais, ou em V invertido.

Os tambores de extremidade (movimentação e esticador) devem ter diâmetro calculado para evitar a patinação da esteira e alto grau de flexão. O tambor de retorno esticador é importante para a centralização da fita, e por isso pode ser convexo ou ter extremidades levemente cônicas.

### 2.2.2. Elementos de cálculo

O tipo de esteira é definido em função de vários critérios:

- Produto a ser transportado;
- Distância de transporte;
- Desnível (ângulo máximo de 18° a 20° com uma esteira lisa);
- Velocidade e largura (as velocidades de andamento são em geral de 0.2 a 4 m/s).

A capacidade das fitas transportadoras é função da largura (m) e da altura da calha, e proporcional a velocidade de andamento (m/s). É um fluxo em volume (m<sup>3</sup>/h).

A capacidade em fluxo de peso (toneladas/hora) de uma esteira para o transporte do caroço de algodão pode ser calculada da seguinte forma (fator de carregamento do transportador de 40% e densidade do caroço = 0.45 toneladas por metro cúbico):

$$\text{Capacidade (t/h)} = \text{largura (m)} \times \text{altura calha (m)} \times \text{velocidade (m/s)} \times 692$$

Para dimensionar um transportador de fita:

- Considerar primeiro o fluxo em peso de matéria a ser atendido (t/h);
- Escolher na tabela 8.4 a largura e velocidade mínima de andamento a ser aplicada a fita.

**Tabela 8.4.** Capacidade de fitas transportadoras no caso do caroço de algodão (toneladas métricas).

| Largura (m) | Velocidades (m/s) |      |      |      |      |       |
|-------------|-------------------|------|------|------|------|-------|
|             | 0.25              | 0.5  | 0.75 | 1    | 1.5  | 2     |
| 0.20        | 5.2               | 10.4 | 15.6 | 20.8 | 31.1 | 41.5  |
| 0.25        | 6.5               | 13.0 | 19.5 | 26.0 | 38.9 | 51.9  |
| 0.30        | 7.8               | 15.6 | 23.4 | 31.1 | 46.7 | 62.3  |
| 0.35        | 9.1               | 18.2 | 27.2 | 36.3 | 54.5 | 72.7  |
| 0.40        | 10.4              | 20.8 | 31.1 | 41.5 | 62.3 | 83.0  |
| 0.45        | 11.7              | 23.4 | 35.0 | 46.7 | 70.1 | 93.4  |
| 0.50        | 13.0              | 26.0 | 38.9 | 51.9 | 77.9 | 103.8 |

A potência absorvida varia com o comprimento da fita, o fluxo de matéria transportada, a velocidade de andamento e desnível e densidade do produto transportado. Para os transportadores dispostos horizontalmente, a potência pode ser calculada pela seguinte fórmula simplificada (CRUZ et al. 1988):

$$\text{Potência (CV)} = 1.69 \times [a \times r \times C / 367 \times (3.6 \times p \times V + F) + F \times D / 367]$$

a = fator de atrito e flexão. Depende do comprimento da fita;

| Comprimento (m) | 5   | 10  | 20  | 40  | 50  | 80  |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Fator de atrito | 6.6 | 4.5 | 3.2 | 2.4 | 2.2 | 1.9 |

r = resistência ao giro do conjunto de rolos = 0.03.

C = comprimento da esteira (m).

P = peso dos elementos moveis (kg/m);

| Largura fita | 300 | 400 | 500 | 600 | 800 | 1000 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Peso (kg/m)  | 11  | 13  | 17  | 26  | 40  | 56   |

V = Velocidade de andamento (m/s).

F = Fluxo de matéria (t/h).

D = Desnível (m).

### 2.2.3. Vantagens e desvantagens

#### Vantagens

- Baixo consumo de energia;
- Capacidade elevada;
- Manuseio suave adaptado a produtos frágeis;
- Limpeza total. Equipamento adaptado a produção de sementes.

#### Desvantagens

- Ocupa bastante espaço;
- Emissão de poeira;
- Eletricidade estática.

### 2.2.4. Regulagens, operação e segurança

Os 2 tambores devem ser paralelos e alinhados e a tensão regulada e avaliada pela importância da flexão entre 2 rolos de retorno na parte inferior.

O caroço deve ser depositado no centro da fita para reduzir o risco do caroço entrar entre a fita e o suporte. Para a mesma razão a fita não deve ser estreita demais.

O transportador de fita exige pouca manutenção. No final da safra, limpar e soltar a fita. Com regulagens conformes e manutenção adequada, a duração de vida é de 10 a 20 anos.

### 2.3. Transportador de corrente

O transportador de corrente é composto de uma corrente de elos portando raspadores transversais. A corrente circula numa calha de secção retangular ou trapezoidal, entre um pinhão de movimentação e um pinhão de retorno (esticador). A parte inferior da corrente e os raspadores deslizam sobre o fundo da calha, limpando-a. A matéria a ser transportada, alimentada pela parte superior do transportador, cai no fundo da calha. A matéria é empurrada pelos raspadores até o ponto de descarga. A carga e a descarga podem



**Figura 8.26.** Transportador de corrente em baixo de ciclones. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

ocorrer em qualquer ponto do transportador. As capacidades variam de 20 a 200 t/h.

Nas algodozeiras brasileiras, transportadores de corrente são pouco utilizados e somente nas usinas modernas, para movimentação de resíduos. São encontrados principalmente embaixo das esteiras de desmanchadores de fardão (coleta de resíduos do desmanchador) e embaixo de baterias de ciclones (Figura 8.26).

### 2.3.1. Descrição geral

A calha é feita em aço de várias espessuras. A chapa do fundo, que suporte a forte abrasão deve ser mais grossa (até 6 mm) e pode ser de aço especial.

A corrente sem fim é fabricada em de aço carbono. Os raspadores de aço são soldados perpendicularmente à corrente e geralmente retos, mas podem ter formas variadas.

A movimentação se faz por pinhão montado num eixo girando em rolamentos e mancais montados nas laterais. O pinhão de retorno é montado num eixo móvel para poder regular a tensão da corrente (esticador). Um motorreductor elétrico movimenta a corrente com velocidade de 0.2 a 1 m/s.

### 2.3.2. Vantagens e inconvenientes

#### Vantagens

- Ocupa um espaço reduzido (7 vezes menos do que uma esteira de mesma vazão);
- Totalmente fechado, proporcionando um uso externo e sem emissão de poeira (caso da coleta embaixo de ciclones);
- Alimentação e descarga em vários pontos;
- Fácil manutenção.

#### Desvantagens

- Potência absorvida 2 a 3 vezes maior do que uma fita;
- Caro e de desgaste rápido com produtos abrasivos (o que é o caso no uso na algodozeira);
- Bastante barulhento;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ J.F., TROUDE F., GRIFFON D., HEBERT J.P. **Conservation des grains en régions chaudes**, 1988. Paris, France, Ministère de la Coopération et du Développement. 545 p.

ANTHONY, W. S.; MAYFIELD, W. D. **Cotton Ginners Handbook**, rev. **US Department of Agriculture**, Agricultural Handbook 503, p. 1-6, 1994.

# CAPÍTULO 9

## UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA EM ALGODOEIRAS



São diversas finalidades de uso da energia numa algodoeira, seja elétrica ou por combustíveis. Por isso, representa um dos principais itens na composição dos custos. Saber como e para que usá-la é fundamental para conservação e redução dos custos. A energia elétrica envolve uma série de conceitos a serem compreendidos: potência, fator de potência, consumo, demanda e etc. A partir disso e, com o auxílio de medidores de energia, é possível gerenciá-la conscientemente. Como combustível, a energia envolve principalmente o gás e os resíduos como fonte de calor para gestão da umidade. Está em expansão o uso de geradores de vapor como alternativa. Conservar energia é melhorar a maneira de utilizá-la. Depende da conscientização dos envolvidos. Promove-se o uso racional e eficiente da energia, em especial, com a manutenção elétrica durante e fora de safra.

# UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA EM ALGODOEIRAS

## 1. Introdução

São diversas as finalidades de uso da energia numa algodoeira, seja elétrica ou por meio de combustíveis, mas sempre com custos significativos e pontos de preocupação para qualquer industrial da área. Saber como e para que usar a energia é essencial para sua conservação e redução dos custos.

O montante dos custos com energia elétrica somado com os custos do gás varia entre usinas de acordo com seus tipos, suas capacidades e modelos de processos, podendo chegar a uma média de 20 até 40% do custo de beneficiamento (Tabela 9.1). O consumo de combustível, geralmente gás (natural ou GLP), responde, em média, por 20 a 26% na composição dos custos de energia numa algodoeira (Tabela 9.2). Desta forma, fica evidente a importância da eletricidade nos processos, bem como, a necessidade de tê-la sob controle.

Em muitas usinas no Brasil, as gestões da energia elétrica, da secagem e da umidade não recebem a devida consideração por parte dos responsáveis e isso tem grande impacto em custos e perdas financeiras. Cabe salientar, por exemplo, que uma secagem descontrolada pode ocasionar desperdícios e prejuízos irreversíveis à fibra. Com o controle correto da secagem, será possível evitar o gasto desnecessário de energia e o aumento dos custos, pois haverá o monitoramento para que o algodão seja secado exatamente o necessário.

Na composição do processo de beneficiamento, as etapas de descarga e alimentação do sistema com o algodão em caroço (mecânico e pneumático), o descarçamento e a prensagem da fibra consomem a maior parte de energia elétrica da usina, podendo ultrapassar 75% de todo o consumo (Tabela 9.3). Os sistemas de transporte que utilizam potentes ventiladores, bem como, os sistemas de limpeza (AC e fibra), também registram alto consumo. Portanto, estes são os pontos que devem ser sempre considerados nos controles e cuidados com os custos de energia nas usinas. A energia utilizada para a iluminação, apesar de ser indispensável, pouco reflete nos custos gerais.

**Tabela 9.3.** Exemplo da repartição de potência entre as etapas dos processos.

| Tipos de Usinas                                | Usina Antiga (2 conjuntos)    | Usina Moderna (3 descarçadores) |
|--|-------------------------------|---------------------------------|
| <b>Carga Considerada</b>                       | <b>1.443 CV</b>               | <b>2.369 CV</b>                 |
| <b>Etapas do Processo</b>                      | <b>Potência Instalada (%)</b> |                                 |
| Descarga / Alimentação (Pneumático e mecânico) | 50,2                          | 35,2                            |
| Pré-limpeza A. C.                              | 11,0                          | 20,3                            |
| Descarçamento                                  | 13,9                          | 23,8                            |
| Limpeza da fibra                               | 4,8                           | 5,9                             |
| Preparação e prensagem                         | 12,4                          | 9,5                             |
| Descarga do caroço                             | 0,7                           | 1,0                             |
| Outros importantes (iluminação, solda, etc.)   | 7,0                           | 4,3                             |
| <b>Total Final</b>                             | <b>100,0</b>                  | <b>100,0</b>                    |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2010.

### 1.1. Custos da Energia no Brasil

As tarifas da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), órgão regulador federal, caracterizam-se por certa estabilidade nos últimos cinco anos e uma relativa diferença entre os principais estados produtores (Tabela 9.4). Apesar de a maior parte da energia ser proveniente de uma fonte renovável (hidrelétricas), não há uma segurança quanto à continuidade permanente dessas variações tarifárias.

**Tabela 9.1.** Dados de pesquisa realizada em usinas no Brasil.

| PRINCIPAIS CUSTOS DE BENEFICIAMENTO* | Usina Antiga 2 Conjuntos de 5 Descarçadores | Usina Moderna 2 Descarçadores (170 s) |
|--------------------------------------|---|---------------------------------------|
|                                      | (%)   | (%)                                   |
| Pessoal                              | 43,2  | 42,9                                  |
| Energia Elétrica                     | 23,5  | 19,9                                  |
| Insumos                              | 9,7   | 8,9                                   |
| Gás                                  | 6,0   | 6,9                                   |
| Outros                               | 17,6  | 21,4                                  |
| <b>Total Geral de Custos</b>         | <b>100,0</b>                                | <b>100,0</b>                          |
| * Dados aproximados.                 | 7   | 7                                     |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2010.

**Tabela 9.2.** Divisão percentual dos custos em energia.

| TOTAL DE CUSTOS COM ENERGIA  | Usina Antiga | Usina Moderna |
|------------------------------|--------------|---------------|
|                              | (%)          | (%)           |
| Energia Elétrica             | 79,7         | 74,4          |
| Gás                          | 20,3         | 25,6          |
| <b>Total Geral de Custos</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b>  |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2010.

**Tabela 9.4.** Evolução do preço da energia elétrica.

| Descrição  | 2006    | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | R\$/kWh | R\$/kWh | R\$/kWh | R\$/kWh | R\$/kWh |
| CELG-GO    | 0,3122  | 0,2935  | 0,2935  | 0,2935  | 0,2935  |
|            | Varição |         | -6,40%  | 0,00%   | 0,00%   |
| COELBA-BA  | 0,3502  | 0,3696  | 0,3183  | 0,3266  | 0,3486  |
|            | Varição |         | 5,30%   | -16,10% | 2,50%   |
| CEMAT-MT   | 0,3050  | 0,3289  | 0,3251  | 0,3633  | 0,3648  |
|            | Varição |         | 7,30%   | -1,20%  | 10,50%  |
| ENERSUL-MS | 0,4192  | 0,3836  | 0,3677  | 0,3677  | 0,3644  |
|            | Varição |         | -9,30%  | -4,30%  | 0,00%   |
| CEMAR-MA   | 0,3644  | 0,3771  | 0,4185  | 0,4113  | 0,4139  |
|            | Varição |         | 3,40%   | 9,90%   | -1,80%  |

Fonte: SLC Agrícola, 2010.

O gás GLP é um combustível fóssil de custo de produção elevado. O preço ao consumidor final não é tarifado pelo governo federal e seu valor depende de negociações do mercado e das empresas fornecedoras. A Tabela 9.5 mostra o aumento regular desse preço levantado junto às usinas, nas diversas regiões produtoras do Brasil.

**Tabela 9.5.** Variações de preços do gás GLP

| Evolução dos preços – Gás / R\$ / kg |      |      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|------|------|
| 2006                                 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| 2,50                                 | 2,60 | 3,10 | 3,30 | 3,50 |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2010.

Os custos com energia elétrica e gás são representativos no âmbito do custo geral de beneficiamento, seja em usinas antigas ou modernas. Levantamentos efetuados em diversas usinas no Brasil, dos mais diferentes tipos e configurações, mostram que o custo de energia elétrica varia entre R\$ 4,50 e R\$ 9,70 por fardo produzido, considerando as diversas variações de tarifas entre os estados. Já o custo do gás utilizado na secagem e umidificação do algodão em caroço e fibra, bem como para o uso em empilhadeiras que movimentam a produção diária, varia entre R\$ 2,40 e R\$ 3,20 por fardo produzido. Considerando o histórico real da cultura do algodão no Brasil, em patamares normais, estes custos passam a ser muito significativos. É mais uma razão para que a gestão da energia elétrica na usina seja eficaz nos controles e na utilização.

O preço é alto e por isso a secagem e umidificação devem ser bem desenhadas e operadas. O benefício trazido por essas técnicas, particularmente na umidificação da fibra, compensa amplamente o custo do GLP.

Para que se obtenha um bom controle e se façam melhorias contínuas na utilização da energia, deve-se medir com precisão o consumo de energia elétrica e dos combus-

tíveis. Muitas usinas não possuem medidor de gás, por exemplo, ou não levantam diariamente os consumos. Nessas condições, a redução dos custos de produção devido à otimização do consumo de energia fica limitada.

## 2. Energia Elétrica

### 2.1. Definições

Segundo a Wikipédia, potência é a grandeza que determina a quantidade de energia concedida por uma fonte a cada unidade de tempo e é a rapidez com a qual certa quantidade de energia é transformada ou com que o trabalho é realizado.

Numa indústria de beneficiamento, existem muitos dispositivos que demandam energia elétrica para funcionar (equipamentos, máquinas, iluminação, aparelhos, etc.). Cada um destes dispositivos possui uma capacidade nominal projetada para seu funcionamento (por exemplo, 1 motor de 25 CV, 1 compressor de 15 CV, 10 lâmpadas de 1.000 watts, 1 furadeira de 1.500 watts, 1 aparelho de solda de 12.000 watts, etc.). Ao somarmos todas as potências nominais, normalmente descritas diretamente no corpo do dispositivo ou em placas de identificação, teremos o total de potência disposta para o funcionamento desta indústria. Assim, a potência instalada é a quantidade total da capacidade nominal de todos os dispositivos instalados e que demandam energia elétrica nessa indústria.

O consumo é a quantidade de energia usada para realizar um determinado trabalho, por um ou mais equipamentos conectados e que fazem parte do processo, tendo a unidade de medida expressa em kWh. O custo do consumo normalmente é variável, pois depende diretamente da frequência e continuidade de funcionamento dos equipamentos. A tarifa é estabelecida por lei federal para cada região do país e individualmente, por concessionária.

A demanda é a máxima potência utilizada nas instalações medida durante um período de 15 minutos de um determinado trabalho e é expressa em kW. Mesmo se for pouco utilizada, esta quantidade de energia deve ser fornecida continuamente pela concessionária de energia prestadora de serviço, de acordo com um contrato previamente estabelecido, conforme a legislação brasileira, entre as partes – cliente (usina) x concessionária. A quantidade da demanda a ser contratada é definida pelo profissional da área na usina e solicitada à concessionária, baseada no valor das potências instaladas e a serem utilizadas. O custo da demanda normalmente é fixo, de acordo com o que foi contratado, por um determinado tempo (sazonal). Haverá multa pesada de três vezes o valor da tarifa da demanda por kW no caso de ultrapassagem do valor contratado. A tarifa é também estabelecida por lei federal.

O fator de potência equivale à quantidade real de trabalho realizado pela quantidade de energia retirada das redes de energia em um dado período de tempo. A concessionária disponibiliza a energia que lhe foi solicitada e, caso essa energia não seja totalmente utilizada ou haja ineficiência energética de equipamentos, tecnicamente haverá um prejuízo à concessionária, devido à energia não utilizada ou desperdiçada. Portanto, a concessionária poderá cobrar, baseada em lei, sobre esse prejuízo, isto é, se o fator de potência estiver abaixo dos padrões estabelecidos de 0,92, haverá um custo, normalmente alto, para estes casos, cobrado como energia reativa (kWhr).

Muito comentado e controlado nas usinas é o período de ponta, conhecido como horário de pico, que diz respeito ao período normalmente de três horas (das 17:30/18:00 h até as 20:30/21:00 h), definido pela concessionária de energia, no qual o consumo de energia

elétrica em todo o sistema de distribuição e transmissão sofre um acréscimo elevadíssimo. Uma forma de aliviar o sistema é diminuindo os altos consumos (por exemplo, o industrial) no horário mais crítico (de ponta). Há uma normatização tarifária específica do governo federal e Aneel para o setor industrial, que minimiza as tarifas em horários normais e determina cobrança de multas elevadas (até 10 vezes a tarifa) para consumos durante o período mencionado. Muitas indústrias utilizam gerador de energia nestes horários.

Dentro da composição dos custos de energia, o consumo é a taxa que deve ter maior atenção por parte dos gerentes e proprietários das usinas. Para efetuar um controle mais afinado, é necessário levantar os históricos de consumo em faturas passadas, no mínimo de 3 anos. As concessionárias são obrigadas a disponibilizar tais informações, caso sejam solicitadas. Já a demanda medida pode variar a cada mês, embora o pagamento seja sobre o contrato, pois dependerá diretamente da forma como se dá a operação da usina. Por exemplo, se o volume de carga no momento de colocar o sistema geral em funcionamento não for manejado de forma escalonada, gradativa, o pico de demanda medido será alto e acarretará em custos e possíveis distúrbios à rede de alimentação (sobrecarga).

É importante considerar e conhecer as variantes técnicas envolvidas na composição dos custos, tais como o consumo dos equipamentos, maquinários, utensílios e acessórios que a usina utiliza ou venha a utilizar, a demanda de energia necessária e o fator de potência das instalações. Todas essas informações são disponibilizadas nas faturas de energia elétrica. Para um melhor controle, a fatura de energia da usina deveria ser destacada dos custos de energia provenientes de outros locais não relacionados, como sedes e outros setores de fazendas.

## 2.2. Medição do consumo de energia

Como não é costumeiro no Brasil, torna-se indispensável que sejam instalados medidores de energia (consumo, demanda e FP) exclusivamente para a usina (Figuras 9.1 a 9.3). Desta forma, ficará mais preciso o controle e facilitará as análises e decisões.

Para poder gerenciar eficientemente e assim reduzir o consumo elétrico da usina, é preciso medir o consumo exato, diariamente. O consumo diário deve ser registrado e as variações explicadas e justificadas pelo pessoal encarregado da produção. Neste trabalho, é

indispensável envolver o pessoal técnico responsável pela manutenção da eletricidade (eletricistas, técnicos e engenheiros), colaboradores diretos ou prestadores de serviço à usina.

## 2.3. Conservação da energia

Conservar energia elétrica quer dizer melhorar a maneira de utilizá-la, sem abrir mão do conforto e das vantagens que ela proporciona. Significa diminuir o consumo, reduzindo custos, sem perder, em momento algum, a eficiência e a qualidade dos serviços. Conservar energia resulta também na preservação do meio ambiente, uma responsabilidade social para a qual todos devem estar atentos.

Nas usinas de beneficiamento, isto não pode ser diferente, pela razão dos custos e pela razão socioambiental. Existem diversas maneiras de conservar a energia nas usinas, simples ou complexas, com pouco ou muito investimento. Deve-se considerar o custo-benefício e o grau de dificuldade para suas aplicações.

As ações sobre a conservação de energia dependem da conscientização do produtor, proprietário, gerente, eletricista e maquinista. Para usar a energia de forma racional e eficiente, é necessário um pouco de conhecimento sobre o assunto, a fim de que se encontrem as melhores opções a respeito do processo e do funcionamento da usina.



Figura 9.2. Medidor eletrônico (kWh, kWhr). (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



Figura 9.3. Medidor eletrônico (kWh, kWhr, kW, fp). (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



Figura 9.1. Medidor analógico kWh. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

### 2.3.1. Uso racional da energia

Para conservar, aplica-se também a utilização racional e inteligente de um recurso qualquer, de modo a se obter um rendimento considerado bom, adotando-se técnicas específicas para o que se busca.

Devido à necessidade de muita energia nos processos, deve-se avaliar a forma de seu uso, identificar pontos de desperdício e definir ações de melhorias, como:

- evitar o uso de dois equipamentos ao mesmo tempo quando tecnicamente somente um pode atender a necessidade (por exemplo, dois desmanchadores de fardos quando somente um pode atender à demanda);
- evitar o uso desnecessário de motores superdimensionados devido a defeitos ou avarias nos motores originais e à falta de um reserva (60 ou 50 CV no lugar de 40 CV). Pode ser uma ação provisória, mas que não se torne definitiva, pois impacta no fator de potência e eficiência do motor – motor com muita folga ou carregamento mais baixo gastará energia desnecessária e aumentará o custo (energia reativa kWhr = multa);
- facilitar o trajeto e o fluxo das matérias que circulam no processo de beneficiamento, seja algodão em caroço, fibra, resíduos ou subprodutos (fibrilha e caroço). Isto resultará em menor esforço e resistência, minimizando a necessidade de energia para esse fim;
- automatizar a alimentação e o fluxo de algodão, com o uso de sensores em torres de regulação. Haverá controle pelo ritmo do descarregador, carga e alimentação de algodão (fardão x velocidades de desmanche). Com isso, haverá menos paradas desnecessárias, sem demandar energia excedente às operações;
- reduzir o uso excessivo de iluminação durante o dia em locais abertos e de fácil reflexão da claridade do sol. Instalar algumas telhas translúcidas.

Quanto a desligamentos gerais da usina, pesquisas realizadas pelo USDA em usinas americanas sobre os custos energéticos do início da operação e funcionamento a vazio e operação indicam que só deve ser feito se o tempo de parada exceder a cinco minutos, pois, a cada entrada em funcionamento dos equipamentos, existirá uma forte necessidade de energia, com um custo agregado. Caso contrário, não é viável desligar a usina.

Devido à necessidade do uso de mais energia para o motor poder dar a partida, recomenda-se como uso racional que, ao inicializar o sistema, os motores de alta potência sejam ligados de forma sequencial, não-simultânea, com um pequeno intervalo entre as operações para permitir

a estabilização da oscilação inicial. Assim, evitar-se-á um pico maior na demanda de energia e custo maior na fatura. Outra forma de minimizar a demanda no decorrer do funcionamento é o controle da prensa dos fardos, que muitas vezes é submetida a um esforço maior para obter um fardo de maior volume, porém com exagero. Além da possibilidade de comprometer o sistema, isso terá um efeito direto na fatura.

### 2.3.2. O uso eficiente da energia

Com o intuito de melhorar a qualidade e eficiência de equipamentos elétricos, o governo brasileiro instituiu o Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993 criando o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e o selo (Figura 9.4) que tem por objetivo indicar os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, proporcionando assim, a redução de custos energéticos.

Portanto, recomenda-se que, ao adquirir um novo equipamento, motor ou aparelho, seja observada a sua eficiência e a existência do selo Procel.

Falar em eficiência numa usina de beneficiamento é dizer que o processo e os sistemas estão em bom funcionamento e devidamente controlados. Para que isto ocorra, alguns objetivos são essenciais:

## 2.4. Manutenção elétrica

A manutenção das instalações, equipamentos ou aparelhos elétricos exige, em primeiro lugar, atenção com a segurança, coletiva e individual, além do uso de instrumentos e aparelhos apropriados. É imperativo que este trabalho seja efetuado por pessoas capacitadas e devidamente autorizadas. Para isso, existem procedimentos determinados pelas Normas Regulamentadoras 6 e 10, que tratam, respectivamente, sobre o uso dos EPI e EPC, além de ações preventivas de acidentes.

Antes de entrar em contato com qualquer equipamento, sistema ou instalação de energia elétrica, energizado ou não, emergencial ou não, o trabalho deve ser previamente planejado. Os instrumentos "Voltímetro ou Volti-ampérímetro", e "Chave Teste de Tensão" (Figuras 9.5 e 9.6) são indispensáveis nos trabalhos que envolvem instalações elétricas. Existem, porém, outros tipos de equipamentos adequados a trabalhos com energia elétrica.

### 2.4.1. Manutenção durante a safra

A manutenção preventiva e controlada é um importante instrumento para o bom funcionamento da usina, a redução de custos e a boa produtividade. As vantagens são diversas e consideráveis, como:



Figura 9.4. Selo Procel de conservação de energia. (Fonte: Eletrobras, 1993).



Figura 9.5. Volti-amperímetro. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

- antecipação de falhas durante o processo produtivo;
- aumento da produtividade, com diminuição de paradas por defeitos de equipamentos;
- diminuição de custos de materiais, possibilitando a programação de compras e a disponibilização antecipada de produtos;
- criação de histórico de manutenção do equipamento.

A manutenção corretiva também deve ser planejada, mesmo que de forma emergencial. Quando possível, executá-la nos horários de parada (intervalos e ponta).

### 2.4.1.1. Inspeção preventiva

A inspeção preventiva deve seguir uma rotina sistemática e periódica, com a finalidade de levantar informações sobre os equipamentos inspecionados, auxiliando no planejamento de ações preventivas ou até mesmo possíveis correções de pequenas anomalias durante a inspeção, que deverá ser executada pelo electricista da usina, treinado, habilitado e conhecedor das normas de segurança.

A usina deve possuir um formulário específico para efetuar a inspeção – “Planilha de Inspeção” – e orientá-la de forma sequencial do processo (início – descarga/alimentação final – prensagem) envolvendo também as outras instalações, como iluminação, predial, de emergência, etc. Cria-se uma rota de seqüência e, dentro dela, uma com os principais pontos de verificação existentes em um equipamento, como no exemplo da Tabela 9.6.



Figura 9.6. Chave Teste de Tensão. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

Para efetivar a inspeção de maneira mais ordenada, no formulário, a parte de automação deve ser independente da parte elétrica (GIFALI e FERNANDES, 2008-2009).

Os principais pontos de verificação sobre os equipamentos a serem analisados nas inspeções elétricas são:

- condutores, conexões e acionamentos elétricos;
- corrente elétrica por fase (medição);
- temperatura, instrumentos, limpeza e integridade;
- fixação, acoplamentos e ruídos;
- esquemas elétricos;
- válvulas de vibração;
- sinais de desgastes.

Tabela 9.6. Modelo das rotas na planilha de inspeção elétrica.

| ALGODOEIRA  |                              |                           |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|---|------------------------------|---------------------------|------------|-----------------------|---------------------|-------------|---------|-------|----------|---------|------------------------|-------------|-------|----------------------------------|---|---|---|--|
| PLANILHA DE INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO ELÉTRICA                 |                              |                           |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
| Frequência: ( ) Diário ( ) Semanal ( ) Quinzenal ( ) Mensal |                              |                           |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
| Executante: _____ DATA: ____/____/____                      |                              |                           |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
| Rota processo   |                              | Rota Equipamento          |            | Pontos de verificação |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
| Etapa do processo   | Equipamento                  | Itens do equipamento      | Condutores | Conexões              | Disjuntores (Ação.) | Temperatura | Fixação | Ruído | Vibração | Limpeza | Condição (Integridade) | Temperatura | Outro | Medição de Corrente (A) por fase |   |   |   |  |
|   |                              |                           |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       | R                                | S | T | N |  |
| Descarga e Alimentação                                      | Desmanchador                 | Painel de controle        |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|   |                              | Motor de avanço           |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|   |                              | Motor das roscas          |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|   |                              | Etc.                      |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|   | Hot-Box                      | Motor de transmissão fita |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|   |                              | Motor Ventilador Sucção   |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|   |                              | Etc.                      |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|   | Torre de regulação           | Motor rolos dosadores     |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|   |                              | Etc.                      |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|   | Limpeza do Algodão em Caroço | Batedor Inclinado         |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
| Extrator (HL)   |                              |                           |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
| Descaroçamento  | Rosca distribuidora          |                           |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |
|   | Alimentador                  |                           |            |                       |                     |             |         |       |          |         |                        |             |       |                                  |   |   |   |  |

Observações: Preencher OK = normal e N = anormal.

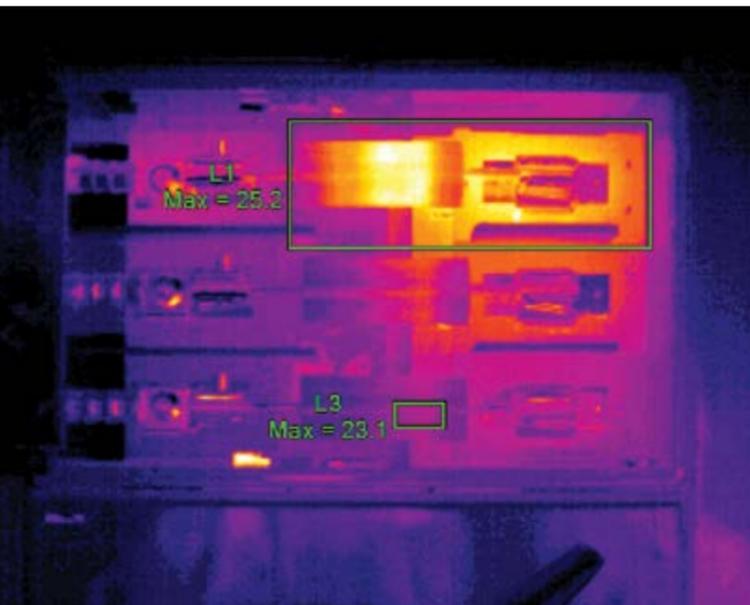
Fonte: Sanden Engenharia, 2008.

Na inspeção de condutores, conexões elétricas e acionamentos, o responsável deve verificar a existência de sinais de superaquecimento em cabos e terminais, mau contato em componentes e conexões, temperatura, vibração, ruídos estranhos, limpeza dos componentes e painéis (poeira), peças soltas, quebradas e aspectos de segurança.

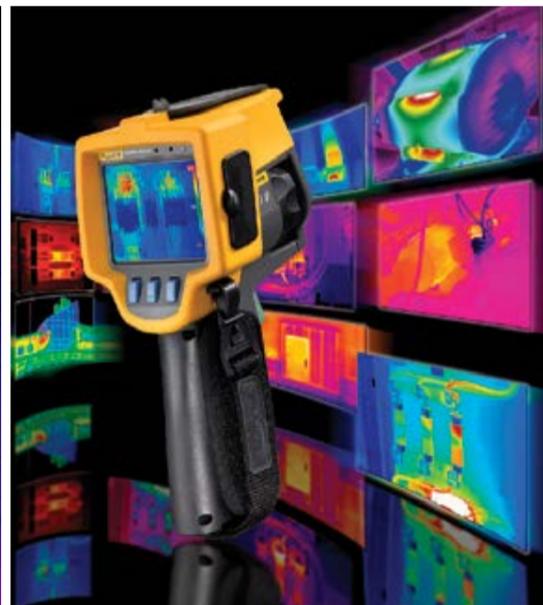
Já a corrente por fase deve ser medida nos dispositivos de acionamentos instalados nos painéis e quadros elétricos. Cuidar para não provocar acidentes ou parada de equipamentos.

Nas plantas industriais, os painéis elétricos são presentes e de importância capital para o bom funcionamento da produção. A manutenção destes grupos deve seguir também a rota de inspeção, e consiste principalmente em: checagem de fixação e inspeção de conexões, limpeza, organização e medições de temperatura. Devem-se conferir também os índices de grandezas elétricas: medições de corrente (A), voltagem (V), etc.

Atualmente, com o uso da tecnologia, podem-se constatar defeitos ou anomalias com a aplicação da Termometria (Figura 9.7), através de equipamentos apropriados (Figura 9.8), com resultados satisfatórios e alta confiabilidade em sua utilização (BRITO, 2005). Como parâmetro, é utilizada a Máxima Temperatura Admissível (MTA) dos componentes, ou seja, a máxima temperatura sob a qual se permite que o componente opere. Seus valores podem ser obtidos a partir das especificações técnicas dos componentes ou junto aos fabricantes. Estes valores são baseados na norma NBR 5.410, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), tabelas de fabricantes e referências da International Electrical Commission (IEC) (Tabela 9.7).



**Figura 9.7.** Imagem de termometria. (Fonte: Fluke do Brasil, 2011).



**Figura 9.8.** Equipamento portátil termovisor, para inspeção. (Fonte: Fluke do Brasil, 2011).

**Tabela 9.7.** Máxima Temperatura Admissível (MTA).

| COMPONENTE INDUSTRIAL  | MTA (°C)            |
|--|---------------------|
| Condutor encapado – Isolação de Cloreto de Polivinila (PVC)      | 70                  |
| Condutor encapado – Isolação de Borracha Etileno Propileno (EPR) | 90                  |
| Condutor encapado – Isolação de Polietileno Reticulado (XLPE)    | 90                  |
| Régua de Bornes  | 70                  |
| Conexões mediante Parafusos                                      | 70                  |
| Conexões e Barramentos de Baixa Tensão                           | 90                  |
| Conexões Recobertas de Prata ou Níquel                           | 90                  |
| Fusível (corpo)  | 100                 |
| Transformadores secos  | Ponto mais aquecido |
| Classe de Isolação 105   | 65                  |
| Classe de Isolação 130   | 90                  |
| Classe de Isolação 155   | 115                 |
| Classe de Isolação 180   | 140                 |

Fonte: Brito, 2005, p. 3.

Para indicar a importância da falha em nível de sistema, é necessário incluir o parâmetro de “Críticidade” dos componentes dos painéis elétricos na classificação do aquecimento. Essa criticidade pode ser classificada em três classes:

- Classe 1: Quando sua falha afeta o fornecimento de energia de toda a unidade e provoca paradas de custo muito elevado.
- Classe 2: Quando sua falha causa paradas na produção, porém restritas a uma parte da unidade.
- Classe 3: Quando sua falha pode ser facilmente contornada através de manobras ou redundâncias, sem interromper a produção.

Para as medições de temperatura, faz-se a coleta de 5 medições e tira-se a sua média. A temperatura média será considerada a temperatura de trabalho e servirá como ponto de partida para a classificação dos limites de temperaturas. Após as medições e classificação da criticidade, devem-se estabelecer as ações para a correção das irregularidades, como mostra o exemplo da Tabela 9.8.

**Tabela 9.8.** Ações para a correção das irregularidades.

| Classificação | Comentários   |
|---------------|---|
| Rotina        | Reparar, em conformidade com as datas do plano regular de manutenção. Pequena possibilidade de falha ou danos físicos no componente.                                |
| Intermediária | Reparar, quando possível. Verifique a possibilidade de danos físicos no componente.   |
| Séria         | Reparar o mais rápido possível. Se necessário, troque o componente e inspecione os adjacentes à procura de danos físicos. Há possibilidades de falha no componente. |
| Emergencial   | Reparar imediatamente. Troque o componente, inspecione os adjacentes e troque-os, se necessário. É grande a possibilidade de falha no componente.                   |

Fonte: Sanden Engenharia, 2008.

Os principais pontos de verificação dos equipamentos a serem analisados nas inspeções da automação são limpeza, reaperto e medições de fontes, transdutores e TC, remotas, CPU dos CLP, IHM, e botões.

Verificar a integridade física e o aperto dos sensores indutivos, magnéticos e fim de curso.

### 2.4.2. Manutenção fora de safra

Todos os equipamentos elétricos (motores, painéis de comando, armários, etc.) devem ser individualmente revisados durante a entressafra. Devem ser desmontados e inspecionados internamente. No caso de motores submetidos a testes de resistência de isolamento, alimentação, condições do rotor, estator e outros, esta manutenção deve ser detalhada e profunda, pois dela dependerá o bom funcionamento da usina quando em operação.

Os circuitos elétricos de iluminação, lâmpadas, redes de alimentação e distribuição de energia, bem como aterramentos, devem ser inspecionados. As conexões devem ser reapertadas, reisoladas e substituídas quando apresentarem algum tipo de desgaste.

## 3. Material elétrico

### 3.1. Motores elétricos

#### 3.1.1. Generalidades

O setor industrial demanda 43% do consumo de energia do país e, dentro desse consumo, aproximadamente 55% é demandado por motores. Da mesma forma, nas usinas de beneficiamento, quase tudo se resume a motores. O parque industrial do Brasil é formado por 85% de usinas antigas, conseqüentemente, há muitos motores standard, antigos, velhos, reconicionados por muitas vezes. Isto se reflete no consumo e na fatura de energia elétrica.

Atualmente, existem motores standard, motores de alto rendimento ou acima de alto rendimento. Os standard são os motores normais de desenho e engenharia antigos, com pouca tecnologia, de preço mais barato no mercado e que demandam mais energia para funcionar, com um rendimento mais baixo. Não poderão ser mais fabricados ou importados, conforme a determinação da Portaria Interministerial nº 553, de 8 de dezembro de 2005.

O motor de alto rendimento passou a ser estabelecido como padrão através da mesma Portaria. É constituído por uma tecnologia mais avançada (Figura 9.9), com maior quantidade de cobre no enrolamento do estator, chapas magnéticas de baixas perdas, melhor dissipação de calor e rendimento superior. Por conseguinte, tem menos perdas, menor entreferro; anéis especiais; rotor tratado termicamente; menor desgaste, menos manutenção e maior vida útil. O motor de alto rendimento tem a mesma potência de saída do motor standard, porém utiliza menos energia elétrica para isto, ou seja, é mais econômico (Figura 9.10).

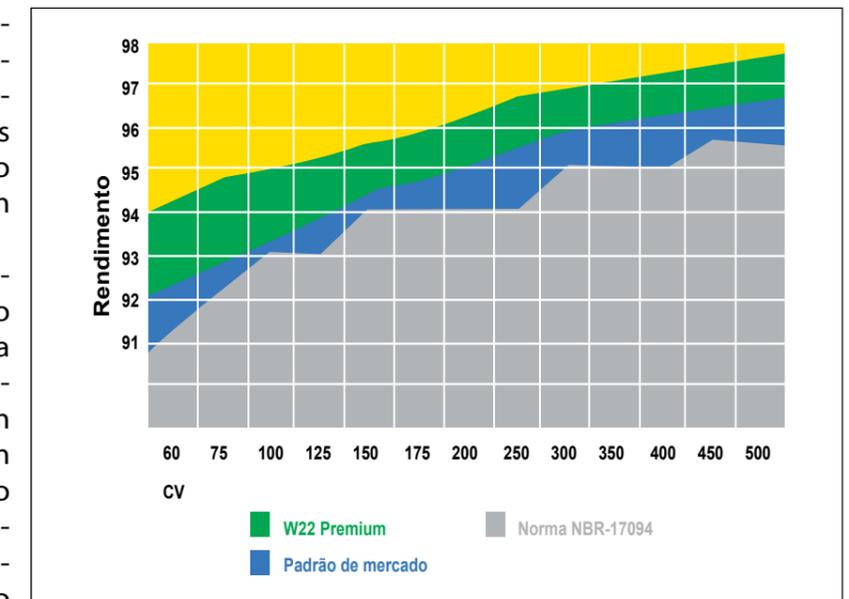


**Figura 9.9.** Estrutura do motor de alto rendimento. (Fonte: WEG, 2011).

Apesar dessas definições, as indústrias de motores continuaram investindo em tecnologia e pesquisa, e já desenvolveram motores com rendimentos ainda maiores, como mostra o gráfico da empresa WEG, com os motores de nova geração.

Portanto, quando for necessário efetuar a substituição de motores antigos, ou para novas aplicações, deve-se optar por motores que ofereçam novas tecnologias e resultem em menores custos (de alto rendimento ou superior). É importante observar que os motores possuam a etiqueta do Instituto Brasileiro de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (Inmetro), de acordo com o Decreto Federal nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002, e conforme a norma NBR 7.094/2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e da National Equipment Manufacturers Association (Nema), o que é uma garantia de qualidade do equipamento.

Todo motor de alta eficiência deve possuir uma placa de identificação permanente,



**Figura 9.10.** Gráfico de exemplo para rendimento de motores. (Fonte: WEG, 2011).

Todo motor de alta eficiência deve possuir uma placa de identificação permanente,

que deve conter claramente o rendimento e o fator de potência nominais do motor, observados os demais requisitos definidos na norma NBR 7.094/2000, conforme a variação mostrada na Tabela 9.9.

**Tabela 9.9.** Rendimento nominal mínimo.

| CV ou HP | KW    | Motor de alto rendimento |      |      |      |
|----------|-------|--------------------------|------|------|------|
|          |       | Nº de polos              |      |      |      |
|          |       | 2                        | 4    | 6    | 8    |
| 1,0      | 0,75  | 80,0                     | 80,5 | 80,0 | 70,0 |
| 1,5      | 1,1   | 82,5                     | 81,5 | 77,0 | 77,0 |
| 2,0      | 1,5   | 83,5                     | 84,0 | 83,0 | 82,5 |
| 3,0      | 2,2   | 85,0                     | 85,0 | 83,0 | 84,0 |
| 4,0      | 3,0   | 85,0                     | 86,0 | 85,0 | 84,5 |
| 5,0      | 3,7   | 87,5                     | 87,5 | 87,5 | 85,5 |
| 6,0      | 4,5   | 88,0                     | 88,5 | 87,5 | 85,5 |
| 7,5      | 5,5   | 88,5                     | 89,5 | 88,0 | 85,5 |
| 10,0     | 7,5   | 89,5                     | 89,5 | 88,5 | 88,5 |
| 12,5     | 9,2   | 89,5                     | 90,0 | 88,5 | 88,5 |
| 15,0     | 11,0  | 90,2                     | 91,0 | 90,2 | 88,5 |
| 20,0     | 15,0  | 90,2                     | 91,0 | 90,2 | 89,5 |
| 25,0     | 18,5  | 91,0                     | 92,4 | 91,7 | 89,5 |
| 30,0     | 22,0  | 91,0                     | 92,4 | 91,7 | 91,0 |
| 40,0     | 30,0  | 91,7                     | 93,0 | 93,0 | 91,0 |
| 50,0     | 37,0  | 92,4                     | 93,0 | 93,0 | 91,7 |
| 60,0     | 45,0  | 93,0                     | 93,6 | 93,6 | 91,7 |
| 75,0     | 55,0  | 93,0                     | 94,1 | 93,6 | 93,0 |
| 100,0    | 75,0  | 93,6                     | 94,5 | 94,1 | 93,0 |
| 125,0    | 90,0  | 94,5                     | 94,5 | 94,1 | 93,6 |
| 150,0    | 110,0 | 94,5                     | 95,0 | 95,0 | 93,6 |
| 175,0    | 132,0 | 94,7                     | 95,0 | 95,0 |      |
| 200,0    | 150,0 | 95,0                     | 95,0 | 95,0 |      |
| 250,0    | 185,0 | 95,4                     | 95,0 |      |      |

Fonte: Governo Federal, dez. 2005, Tb 1, p. 2.

### 3.1.2. Comparações e vantagens

Os motores de alto rendimento custam mais do que os da linha padrão, entretanto essa diferença é rapidamente amortizada pela economia de energia elétrica e redução dos custos de manutenção (GIFALI, 2008-2009).

**Tabela 9.10.** Comparativo custo x benefício (motor de 20 CV, 1.800 RPM).

| MOTOR STANDARD |                           | MOTOR A.R. |
|----------------|---------------------------|------------|
| R\$            | Preço de compra           | + 31%      |
| Sim            | Obedece à norma NBR 7.094 | Sim        |
| 89,8%          | Eficiência                | 92,4%      |
| 8.000 h        | Uso anual                 | 8.000 h    |
| 0              | Economia anual de energia | 3.703 kWh  |
| 0              | Retorno do investimento   | 11,7 meses |

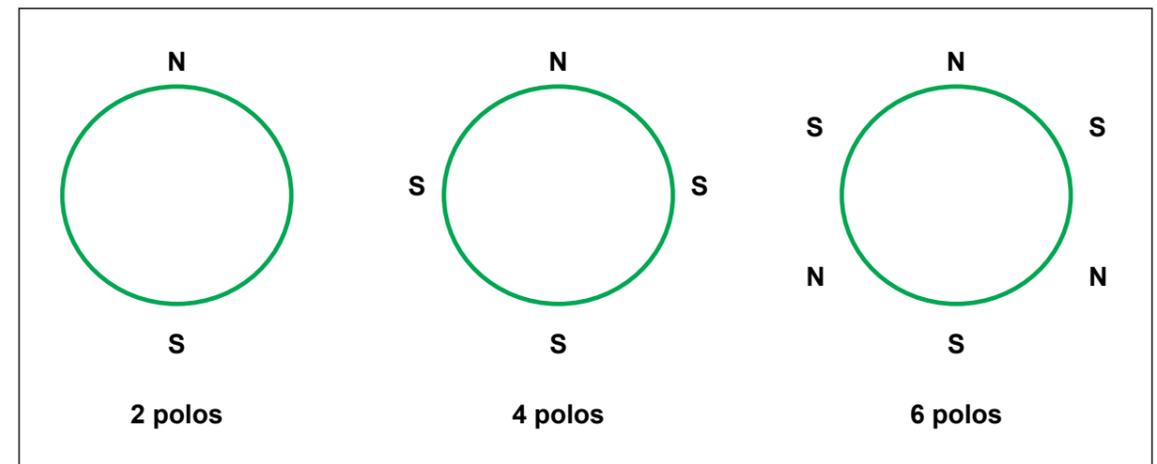
Fonte: Sanden Engenharia, 2008.

### 3.1.3. Diferença de polos dos motores

Os motores de indução possuem características diversas, dentre as quais o número de polos. Quando uma carga é colocada no eixo do motor, o rotor reduz a sua velocidade, aumentando o escorregamento (GARCIA, 2003). Segue-se uma sucessão de eventos: aumenta a velocidade com que o campo magnético corta as barras do rotor, aumenta a corrente do rotor, aumenta o campo magnético gerado pelo rotor, diminui o campo magnético total, aumenta a corrente no estator e aumenta a potência elétrica fornecida ao motor. O motor, portanto, se autorregula para atender à carga no eixo: se aumenta a carga, diminui a rotação, aumenta a corrente do motor e aumenta a potência elétrica fornecida.

Dependendo da forma como são dispostas as bobinas do estator, podem-se formar apenas dois pólos, um norte e um sul, ou quatro, seis, oito, para citar os mais comuns, como mostra a Figura 9.11 (ibid.).

Quando, então, a corrente de alimentação completa um ciclo (1/60 Hz = 16,7 ms), o campo vai de “norte a norte”. Em um segundo, o campo no motor de 2 polos dá 60 voltas, no de 4 polos 30 voltas, no de 6 dá 20 voltas, e assim por diante, o que corresponde a 3.600, 1.800 e 1.200 rpm (rotações por minuto).



**Figura 9.11.** Polaridade de um motor de indução. (Fonte: Garcia, 2003, p. 51).

### 3.2. Armários de comando e painel de controle

Os painéis elétricos devem ser alvo de manutenção periódica, porque todo contato e conexão elétricos são potencialmente propensos a defeitos e a desperdício de energia. Um painel elétrico necessita também ser organizado, tendo seus componentes identificados, a fim de evitar acidentes. Deve também ser protegido contra pessoas desavisadas, sendo identificado com símbolos e avisos adequados.

Nas usinas de beneficiamento, onde normalmente há uma propagação grande de poeira, o funcionamento de componentes elétricos e a longevidade deles dependem muito da proteção contra a poeira. Instalar armários numa sala fechada e com aces-



**Figura 9.12.** Sala de armários elétricos.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

so restrito, com boa ventilação ou condicionamento de ar, é uma boa medida (Figura 9.12). Armários instalados na frente ou ao lado do conjunto de beneficiamento das usinas antigas apresentam problemas de segurança (incêndio, choque) e ficam num ambiente sujo, propensos a defeitos elétricos e perdas de produção.

Painéis de controle devem ser instalados na frente dos conjuntos, com uma distância suficiente para o operador ter uma vista ampla da operação em boas condições técnicas e de segurança (Figura 9.13). As aberturas devem ter boa vedação, para evitar ao máximo a entrada de poeira.

Relembrando, conforme comentado no capítulo 11 - manutenção deste Manual ressaltamos que cuidar dos quadros elétricos consiste principalmente em: reapertar e inspecionar as conexões, cuidar da limpeza e da organização de equipamentos e locais de trabalho, checar a temperatura dos aparelhos e conferir os índices das grandezas elétricas (medições).



**Figura 9.13.** Painel de controle moderno.  
(Foto: Cotimes Afrique, 2011).

## 4. Combustíveis

Nas usinas de beneficiamento, é comum o uso de combustíveis para geração de calor, com o objetivo de secar o algodão em caroço e também umidificar a fibra ou o algodão em caroço.

Na maioria das usinas do Brasil, a secagem do algodão utiliza o gás (GLP), porém está em expansão o uso de caldeiras geradoras de vapor, que utilizam madeira ou casca (resíduo) de algodão como combustível.

### 4.1. O gás líquido GLP

O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é uma mistura de gases de hidrocarbonetos utilizada como combustível em aplicações de aquecimento (como queimadores, aquecedores, fogões) e veículos. É um combustível fóssil extraído da terra, ou seja, do meio ambiente. Comporta, portanto, uma responsabilidade socioambiental inerente às atividades do beneficiamento. Da mesma forma que a energia elétrica, o uso do gás necessita de acompanhamento e controles, pois, além da natureza socioambiental, implica em custos razoáveis que, em média, podem chegar a 8% do custo de beneficiamento.

### 4.2. Uso racional do gás nas usinas

Fatores provenientes do ambiente (localização, altitude em relação ao nível do mar, clima predominante) ou de construção e montagem do processo (desenho, dimensionamento e comprimento das tubulações, tipo de equipamento, tamanho do processo, entre outros) devem ser considerados para determinar parâmetros específicos de cada usina referentes às necessidades de temperatura para secagem e umidificação, condicionando o dimensionamento do queimador e a quantidade de gás para estes fins.

O bom dimensionamento e o estado dos equipamentos como queimadores, bicos, válvulas, sensores, controladores e a boa vedação do sistema pneumático são a base da conservação e eficiência no uso do gás em uma usina. Os ajustes devem obedecer às orientações dos fabricantes, bem como os parâmetros de funcionamento. A automação do processo e os displays instalados no painel de controle do processo contribuem muito para a eficiência, combinada a um custo mínimo.

Nas usinas de tipo antigo, os sistemas de gás são geralmente montados e adaptados de forma incompleta ou muito simples, sem automações ou condições de segurança adequadas. É um problema que impacta nos custos e na eficácia. Controladores e displays longe da visão do operador da usina, sistema manual de operação do gás, queimadores inadaptados (canhão), regulação não-proporcional de chama, falta de medidores de consumo e de isolamento de tubulações e equipamentos são comuns. As usinas modernas, apesar de possuírem um índice mais acentuado de automação, muitas vezes também apresentam essas faltas.

Devem-se evitar desperdícios e eventuais perdas de qualidade dos produtos, portanto uma instalação de secagem e umidificação utilizando o gás como combustível precisa obedecer às regras de desenho e operação, quais sejam:

- Dimensionar o queimador de tipo cortina;
- Automatizar a regulagem da chama, para queimar somente a quantidade de gás necessária;
- Operar válvulas de gás, eletricamente e proporcionalmente;
- Instalar comandos e displays no painel de controle;
- Isolar as tubulações de ar quente e ar úmido.

No processo de secagem, a isolação da torre de secagem é eficaz na conservação e aproveitamento da energia consumida. Pesquisas indicam que por volta de 30% da perda de calor nos sistemas de secagem por irradiação e convecção podem ser reduzidos pela cobertura do secador e das tubulações de ar quente com isolante térmico. O isolamento (manta de 2 polegadas de espessura, de fibra de vidro ou de rocha) é relativamente barato e pode ser instalado pela equipe de beneficiamento. O dinheiro gasto em combustíveis para a secagem pode ser reduzido em torno de 25%, com o isolamento apropriado.

Na umidificação da fibra na bica, é interessante isolá-la externamente para diminuir o esfriamento do ar e assim aumentar a eficiência da troca de vapor de água entre o ar e a fibra.

É importante ter em mãos as orientações dos fabricantes e contar com pessoal capacitado para essa função.

### 4.3. Caldeiras e vapor

Com relação ao uso de caldeiras (figura 9.14), trata-se de uma prática que está em difusão no Brasil e em plena expansão, porém ainda não há estudos conclusivos sobre sua utilização na atividade algodoeira. Apresenta algumas vantagens e desvantagens a título de custos e controles relacionados ao uso de gás e sobre a preservação do meio ambiente.



**Figura 9.14.** Caldeira utilizada na algodoeira.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2009).

#### Vantagens:

- Custo operacional baixo, por usar combustíveis produzidos pela algodoeira (resíduos do beneficiamento);
- Minimiza os problemas de poluição com lixo e resíduos na área externa da usina;
- Produz vapor de água que pode ser aproveitado, sob certas condições, para secar e umidificar o algodão.

#### Desvantagens:

- Investimento alto, no caso de um equipamento de qualidade;
- Segurança com relação a ter uma fonte de fogo dentro da área da usina;
- Segurança com relação a risco de explosão;
- Tempo de reação do sistema longo demais para uma automação pelo fluxo de vapor;
- Deficiência dos fabricantes, para automação da secagem e umidificação; e para o dimensionamento dos trocadores de calor, por desconhecimento técnico nas áreas de pneumática e beneficiamento.

O principal interesse das caldeiras é substituir o consumo de gás (custo) na secagem e umidificação, pela queima de resíduos vegetais do processo de beneficiamento e, principalmente, cascas e caules de algodão coletados nos extratores. Para melhor rendimento e menos resíduos de combustão, a casquinha deve ter o mínimo de contaminação com sujeira fina (casca limpa). Deve-se evitar a mistura de resíduos dos extratores com os dos batedores ou alimentadores.

O uso de trocadores de calor (radiadores) para secar pode prejudicar muito a sucção, a alimentação e o desempenho dos processos de beneficiamento caso sejam mal dimensionados ou projetados. É muito frequente encontrar trocadores de calor subdimensionados, com colmeias apertadas demais, que abafam totalmente a sucção. A perda de produção, aliada a uma secagem insuficiente, gera perdas muito maiores do que o gasto de gás por um sistema bem desenhado e manejado.

O uso de vapor para umidificar é eficiente, desde que tenha um sistema bem dimensionado e desenhado para levar quantidade suficiente de água em contato com a fibra, sem gerar condensação. O investimento em umidificação por caldeira deve incluir a isolação de tubulações e um sistema de aquecimento de ar com trocador bem dimensionado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, J. N.; FILHO, P. C. M. L; ALVES, P. A. S. **Implantação do Programa de Manutenção Preditiva de Painéis Elétricos através da Análise Termoeétrica.** In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA E INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS, 11., 2005, São João del Rei-MG. **Anais...** São João del Rei-MG: [s.n.], 2005. p. 2-8.

ELETOBRAS. **Criação e instituição do Selo PROCEL.** Disponível em: <[www.eletobras.gov.br/EM\\_Programas\\_Procel](http://www.eletobras.gov.br/EM_Programas_Procel)>. Acesso em: 10 ago. 2011.

FERNANDES, M. C. **Manual para eletricista de manutenção de algodoeira.** Apresentação SANDEN – Projeto ABAPA de Treinamento em Beneficiamento de Algodão no Estado da Bahia. Luiz Eduardo Magalhães -BA, p.10-13, 2008/2009.

GARCIA, A. G. P. Planejamento energético – impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria, **Planejamento Estratégico**, Rio de Janeiro: UFRJ, p. 50-51, 2003.

GIFALI, F. G. **Automação e economia de energia.** Apresentação SANDEN – Projeto ABAPA de Treinamento em Beneficiamento de Algodão no Estado da Bahia. Luiz Eduardo Magalhães-BA, 2008/2009, slide 42.

GOVERNO FEDERAL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Portaria Interministerial no 553, de 8 de dezembro de 2005. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos\\_comite/cgiee/Portaria\\_Interministerial\\_nx\\_553\\_2005.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/cgiee/Portaria_Interministerial_nx_553_2005.pdf). Acesso em: 10 ago. 2011.



# CAPÍTULO IO

## AUTOMAÇÃO NA ALGODOEIRA



A indústria de processos perde muito de sua produção com paradas repentinas ou problemas na qualidade. Um dos meios para evitar estas perdas e garantir maior regularidade na produção é minimizar a intervenção humana nos processos, ou seja, automatizar. A automação refere-se a qualquer dispositivo que permita que as máquinas ou instalações operem automaticamente. Estes sistemas consistem em duas partes principais: operatória e comando, complementados pelo painel de controle. Na algodoeira os principais pontos de automação são voltados para a alimentação e regulação do fluxo de algodão em caroço, detecção e prevenção de embuchamentos e prensagem da fibra até a embalagem do fardo, e segurança. A utilização de um autômato industrial aliado a práticas adequadas de gestão dos equipamentos traz benefícios inestimáveis à indústria.

# AUTOMAÇÃO NA ALGODOEIRA

## 1. Introdução

Em 2007, o grupo ABB estimou que a indústria mundial dos processos perde, anualmente, 20 bilhões de dólares (TERWIESCH et al., 2007), ou seja, cerca de 5% de sua produção, devido a paradas súbitas ou problemas de qualidade.

A identificação dos incidentes muitas vezes é demorada. Falhas parciais ou completas da unidade de produção têm como consequências a indisponibilidade da máquina, a perda de produtividade e o aumento do custo de produção. Um dos recursos para garantir maior eficiência, regularidade e precisão, em termos de produção junto com a máxima economia de meios, é a implementação de mecanismos que minimizam a intervenção humana nos processos.

A automação visa melhorar a produtividade, qualidade, segurança e outras variáveis que influenciam a rentabilidade de uma unidade de produção. Apesar de suas vantagens, ainda é relativamente pouco utilizada nas algodozeiras do Brasil. Somente as instalações modernas e de alta capacidade, que não podem ser operadas com eficiência sem automação, são automatizadas. As usinas antigas ou de tecnologia antiga são controladas manualmente, com muitos funcionários e alto consumo de energia. As possibilidades de automatizá-las são limitadas.

## 2. Definição e estrutura de um sistema automatizado

É chamado de automação qualquer dispositivo que permite que as máquinas (ou instalações) operem automaticamente, ou seja, com a mínima intervenção humana. O controle automático está presente em todos os setores (têxtil, automotivo, aeronáutica, naval, alimentos, cimento, etc.), em máquinas e aplicações industriais. Sistemas automáticos podem ser simples ou complexos e mobilizam tecnologias diversas (mecatrônica, eletrônica, pneumática e hidráulica).

Um sistema automatizado consiste em duas principais partes: operatória e comando. É complementado por uma terceira parte, a relacional, que é o painel de controle.

### 2.1. Parte operatória

A parte operatória é também chamada de parte potência. É o conjunto dos equipamentos destinados a executar as ações necessárias para as quais o

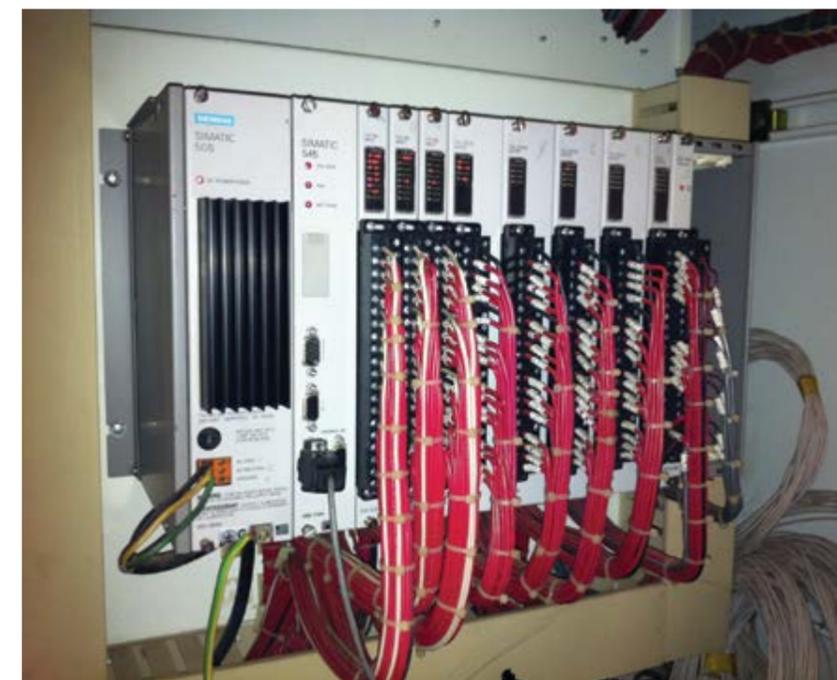
sistema foi desenhado. O dispositivo é composto de:

- máquina ou processo a operar, que efetua ordens emitidas pelos atuadores (elevadores, moedor, transportador, prensa);
- atuadores, que são os órgãos que permitem ao processo executar a ação física desejada (motores, cilindros hidráulicos). Recebem ordens do autômato;
- Sensores, que têm como função comunicar as informações sobre o estatuto do processo (botões, sensores de umidade, de posição, de presença e de pressão) à parte de comando.

### 2.2. Parte de comando

A parte de comando é também conhecida como autômato (Figura 10.1). Esse é o equipamento de automação, que fornece a parte operativa, ou seja, os comandos necessários para a execução das ações. A parte de controle compõe-se do seguinte:

- Unidade de processamento da informação: É a parte que se desenvolve e gera as ordens, baseada nas instruções dadas pelo homem e nas informações recebidas dos sensores. Estes sinais recebidos dos sensores ou enviados para os atuadores são analógicos (ligado/desligado) ou digitais (variação contínua). A unidade de processamento é o “cérebro” do sistema automatizado, denominada Controlador Lógico Programável (CLP);
- Interfaces e pré-atuadores: A unidade de processamento, sensores e atuadores pode se constituir de tecnologias diferentes ou operar em níveis de energia diferentes. As interfaces são utilizadas para adaptar os diferentes sinais antes de conectar os órgãos entre si;
- Pré-atuadores: São interfaces de comando de potência (amplificador de sinal) que conectam a unidade de processamento aos atuadores (contatores elétricos, blocos hidráulicos).



**Figura 10.1.** Autômato CLP.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 10.2.** Painel de controle de prensa.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

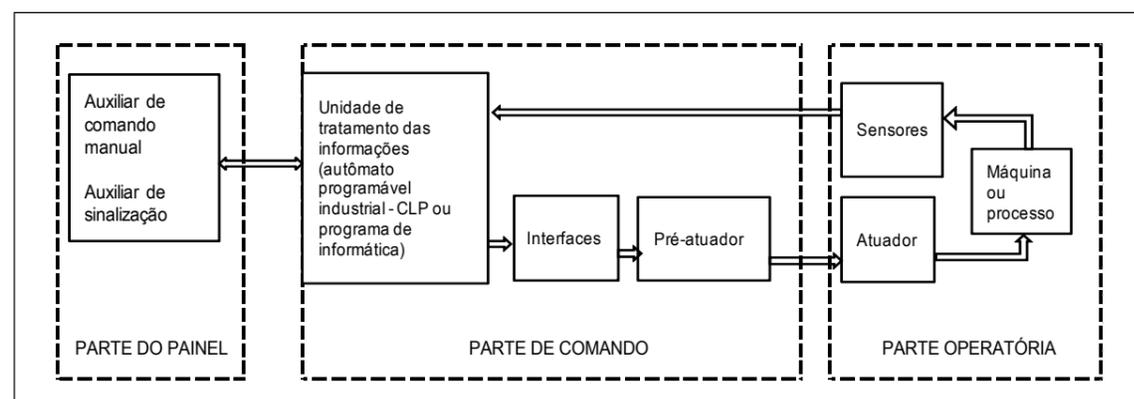
### 2.3. Parte do painel de controle

A parte do painel de controle é também chamada de interface homem-máquina (Figura 10.2). É o dispositivo de troca de informações entre o homem e a máquina, composto por:

- Auxiliares de controle manual, para a emissão de ordens para a máquina (ou processo), através da unidade de processamento: botões, interruptores, computadores e teclados;
- Auxiliar de sinalização, para o relatório de execução da máquina ao homem através da unidade de processamento: luzes, sirenes, gravadores, telas, etc.
- Sistema de supervisão, que oferece uma visão geral de todo o sistema, registra eventos operacionais no processo e emite relatórios.

### 2.4. Relações entre as várias partes de um sistema automatizado

A Figura 10.3 mostra a estrutura geral de um sistema automatizado e as relações entre suas várias partes.



**Figura 10.3.** Estrutura de um sistema automatizado.  
(Fonte: Cotimes África, 2011).

## 3. Os principais pontos de automação na algodoeira

### 3.1. Alimentação e regulação do fluxo de algodão em caroço

#### 3.1.1. Controle de aspiração

O controle do fluxo de algodão na algodoeira é fundamental para garantir o funcionamento regular e o desempenho máximo de todas as máquinas do processo<sup>1</sup>. A regulação automática da velocidade de andamento do desmanchador de fardão e da esteira lateral, em função do nível de algodão na caixa de sobra (sensores de fim de curso altos e baixos), é frequente nas usinas modernas, mas tem desempenho limitado.

A regulação automática em cascata com sobra automática, torre de regulação e desmanchador de fardões permite a alimentação homogênea. A torre de regulação e a sobra estão interligadas de maneira a reduzir a rotação dos rolos dosadores da torre de regulação quando a sobra estiver cheia. O nível de algodão na torre de regulação comanda o desmanchador de fardões. A automação é bastante simples, baseada em sensores do tipo fim de curso e atuadores do tipo motorreduzidos.

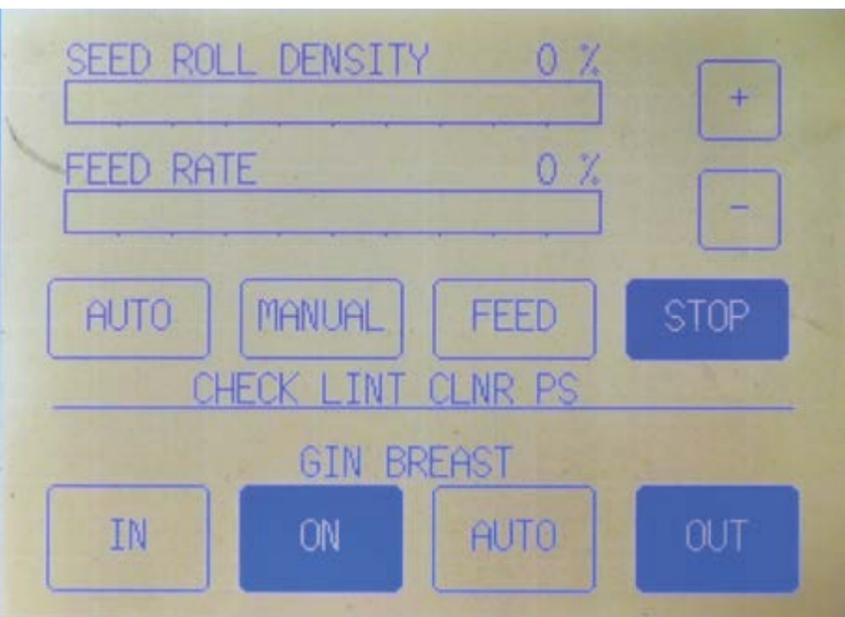
As usinas antigas, que regulam a alimentação manualmente (pelo grito), sofrem muitas anomalias de funcionamento. A falta de alimentação do último descarçador do conjunto (de 10 a 15% de perda de produção) ou excesso de sobra (muitas vezes, com recirculação do algodão em caroço pela pré-limpeza) podem ser evitados pela automação em função do número de descarçadores que estiverem efetivamente produzindo.

#### 3.1.2. Regulação automática no alimentador de descarçador

A densidade de rolo de algodão em caroço no descarçador é um fator determinante do descarçamento. Uma densidade variável resulta numa variável qualidade da fibra, portanto os descarçadores modernos estão equipados com um sistema para manter uma densidade de rolo constante e de levantar o peito, caso a alimentação seja insuficiente (Figura 10.4). Em geral, a informação sobre a densidade do rolo é derivada da corrente do motor do eixo de serras. É enviada para a unidade central de processamento (CLP), que se comunica com o operador, que, por sua vez, age sobre os rolos dosadores do alimentador de maneira a ajustar o fluxo de entrada no descarçador. O sistema funciona bem e é indispensável nas usinas modernas.

Em caso de densidade que permanece insuficiente, o peito levanta automaticamente, até o fluxo de algodão no sistema voltar a ser suficiente para alimentar os descarçadores.

<sup>1</sup> - A este respeito, conferir a Parte 6 deste Manual.



**Figura 10.4.** Interface de controle da alimentação do descaroador. (Fonte: Cotimes Afrique, 2011).

### 3.1.3. Detecção automática de embuchamento do limpador de pluma

É possível instalar no limpador de pluma um limitador de torque que fecha quando o limpador estiver com embuchamento. O fechamento do fim de curso provoca o levantamento do peito do descaroador da linha. No caso de embuchamento em todos os limpadores de pluma, abre-se automaticamente uma válvula de ar livre, que bloqueia automaticamente a sucção.

### 3.1.4. Controle de embuchamentos no condensador geral

Várias técnicas de detecção podem ser utilizadas para limitar a importância e a gravidade do embuchamento:

- Detecção por fotocélula da passagem da fibra no condensador. Ao detectar um acúmulo de fibra no condensador geral, os peitos dos descaroadores levantam;
- Também se pode detectar embuchamento no condensador utilizando um sensor amperímetro. No caso de acúmulo de fibra e embuchamento do condensador, a intensidade da corrente do motor aumenta. Um nível predefinido provoca o levantamento dos peitos dos descaroadores;
- O acúmulo de fibra no condensador provoca aumento de pressão estática. Um detector de pressão pode comandar o levantamento dos peitos dos descaroadores.

Observa-se que, a cada vez que os peitos dos descaroadores levantam, a válvula de ar livre na sucção se abre para impedir a entrada de algodão adicional no circuito.

## 3.2. Prensagem da fibra<sup>2</sup>

### 3.2.1. Automação do calcador

A automação do calcador é importante para a operação da prensa com máxima segurança, eficiência e homogeneidade do peso dos fardos. Permite garantir:

- a sincronização do movimento do calcador com o carregador de fibra: O empurrador ou alimentador de fibra só pode jogá-la na caixa de pré-compressão quando o calcador estiver na posição alta. Esta posição é detectada por um fim de curso. Uma vez que a fibra é introduzida embaixo do calcador (posição do empurrador conferida por fim de curso, por exemplo), a movimentação do calcador é liberada.
- o controle da quantidade de fibra na pré-compressão: Um amperímetro com limite predefinido medindo a intensidade do motor do calcador permite estimar a quantidade de fibra na caixa de pré-compressão. Este sistema permite conseguir pesos de fardos mais homogêneos. É interessante ressaltar que, com a umidificação da fibra antes da entrada na caixa, o sistema permite produzir fardos de peso maiores sem alteração de regulagem, pela maior facilidade de prensar a fibra úmida.

Quando a caixa está com a quantidade de fibra determinada (limite de corrente do motor do calcador atingida), o autômato manda parar a movimentação do carregador e o calcador para em posição alta.

A operação do calcador é dependente da prensa. Só pode se movimentar se ela estiver trancada em posição alinhada com a estrutura.

### 3.2.2. Prensagem do fardo

Quando a caixa estiver cheia, é girada para a compressão final. Só pode girar se o calcador estiver parado em posição alta.

### 3.2.3. Embalagem do fardo

Após a aramação o fardo é automaticamente ejetado da prensa e cai em cima de um carrinho, que o desloca até a ensacadora. A chegada do fardo é indicada por um fim de curso, liberando o pistão que empurra o fardo para o saco e balança.

Várias funções da prensagem podem ser automatizadas nas usinas antigas<sup>3</sup>, a fim de evitar perda de produção, acidentes com os operadores e conseguir pesos de fardos mais homogêneos.

<sup>2</sup> - Noções e recomendações para a automação das prensas modernas e antigas encontram-se na Parte 7 deste Manual.

<sup>3</sup> - A este respeito, confira a Parte 7 deste Manual.

### 4. Vantagens dos sistemas automatizados

A implementação de um projeto industrial pode ser dividida em quatro etapas principais:

- Os estudos de desenho, engenharia e definição de fabricação;
- Os elementos constitutivos, fiação elétrica ou programação;
- Os testes, *start-up*, eventuais alterações;
- A operação, manutenção e solução de problemas.

Do ponto de vista econômico, em cada uma dessas etapas, a automação pode trazer uma economia significativa. Entre outros, podemos salientar:

- Redução do tempo de estudo, por maior facilidade de compreensão e abordagem rigorosa;
- Simplificação da fiação reduzida ao seu mínimo, pelo uso de módulos pré-conectados e redução do risco de erro;
- Facilitação dos testes, pela análise e simulação de todos os comportamentos da automação, e fáceis modificações;
- Rapidez dos eventuais consertos, com cada passo definido com ordens e sinais claros;
- Aumento da produtividade: os rendimentos obtidos por um processo automatizado são significativamente superiores aos do processo manual, porém não é possível definir uma média em torno da qual gira o aumento, pois isso depende do processo que foi automatizado.

### 5. Conclusão

Historicamente, a automação (Quadro 10.1) progrediu bastante, em todos os segmentos da indústria. O papel da automação industrial permanece importante, pois os sistemas automatizados ocupam e controlam muitos setores das economias modernas.

Hoje, na indústria, o processo de automação se tornou indispensável, pois executa, todos os dias, os trabalhos mais difíceis, repetitivos e perigosos que antigamente eram efetuados pelo ser humano. Frequentemente, os sistemas automatizados realizam ações de precisão ou rapidez, fora de alcance do ser humano.

Finalmente, é importante salientar que a utilização de um autômato industrial não é condição suficiente para aumentar a produção de uma indústria. É imprescindível, antes de qualquer coisa e como em toda aplicação industrial, definir e respeitar uma boa política de gestão e manutenção dos equipamentos.

Quadro 10.1. Exemplo de componentes de um sistema automatizado.

|               |                    |   |                                 |
|---------------|--------------------|---|---------------------------------|
| Atuadores     | Energia elétrica   |    | Motor elétrico                  |
|               | Energia pneumática |    | Cilindro pneumático             |
| Pré-atuadores | Energia elétrica   |    | Interruptor elétrico            |
|               | Energia pneumática |    | Distribuidor (bloco) pneumático |
| Sensores      | Informação lógica  |   | Botões                          |
|               | Medição contínua   |  | Sensor de pressão               |

Fonte: Cotimes Afrique, 2011.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TERWIESCH, Peter et al. **L'homme dans la chaîne d'automatisation**. Zurich-Suisse: Ed. ABB Ltda., 2007.

# CAPÍTULO II

## MANUTENÇÃO NAS ALGODOEIRAS

ALGODOEIRA PROVENCE

### FICHA DE INTERVENÇÃO

| Data       | Nº | Equipamento         | Órgão           | Descrição                    | Hora Início | Hora Final | Responsável do Trabalho | Tempo de Intervenção (min.) | Tempo total de parada (min.) | Man. Preventiva | Man. Corretiva |
|------------|----|---------------------|-----------------|------------------------------|-------------|------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|
| 02/08/2012 | 72 | Desmanchador        | Rosca           | Rolamento Quebrado           | 08:15       | 09:15      | Fulano                  | 00:45                       | 01:00                        |                 |                |
| 04/08/2012 | 73 | Batedor Inclinado 1 | Rolo de pinos 1 | Pinos tortos e greiha aberta | 17:40       | 20:13      | Marcelo                 | 02:14                       | 05:19                        | Castela         | JASS           |
| 05/08/2012 | 74 | Descaroçador 3      | Ante-peito      | Costela quebrada             | 09:05       | 09:24      | Oriando                 | 00:15                       | 00:49                        | Suzana          | SP 2014        |
| 05/08/2012 | 75 | Prensa              | Caixa           | Queimada bobina da trava     | 23:23       | 00:12      | Oriando                 | 00:39                       | 00:22                        | Senoz           |                |
| 05/08/2012 | 76 | Prensa              | Balança         | Falha no sensor de trava     | 09:00       | 09:22      | Giancarlo               | 00:20                       | 00:27                        |                 | Correa         |
| 08/08/2012 | 77 | Embaladora          | Peito           |                              | 16:30       | 16:57      | Jean                    | 00:23                       | 00:12                        |                 |                |
|            | 78 | Descaroçador 4      |                 |                              |             |            | Oriando                 | 00:09                       |                              |                 |                |
|            | 80 |                     |                 |                              |             |            |                         |                             |                              |                 |                |

Manutenção é a combinação de ações técnicas e administrativas, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Na usina, estas ações envolvem a conservação, a adequação, a restauração ou reforma, a substituição e a prevenção. Por isso, a manutenção é dividida em três conceitos básicos: preditiva, preventiva e corretiva. É uma atividade fundamental, que deve ser planejada, organizada e documentada. Desses dados coletados, é possível gerar relatórios que apresentam os diversos itens levantados, facilitando a análise pontual e direcionando o plano de manutenção. Portanto, a manutenção condiciona o desempenho, a produtividade da usina e o lucro da empresa.

# MANUTENÇÃO NAS ALGODOEIRAS

## 1. Introdução

Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Torna-se mais relevante para a operação de organizações mais complexas, como, no caso, as usinas de beneficiamento, na medida em que se preza pela confiabilidade e previsibilidade da operação ou produção. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração ou reforma, a substituição e a prevenção. Por exemplo: Quando mantemos as engrenagens lubrificadas, estamos conservando-as; quando estamos trocando o plugue de um cabo elétrico, estaremos substituindo-o por um novo, adequando-o; quando efetuamos uma reforma em um imóvel, estamos restaurando-o ou reformando-o, pelo efeito do tempo; quando estamos isolando a emenda de um fio, estamos prevenindo-o de um curto-circuito.

### 1.1. Definições

A manutenção é dividida em três conceitos básicos que devem ser observados: manutenção preditiva, preventiva e corretiva.

Convém salientar que a primeira ação da manutenção é a *limpeza*. A limpeza geral do ambiente e dos equipamentos é um fator que facilita a manutenção, influencia diretamente na organização dos trabalhos, na imagem da empresa, na motivação das pessoas, e pode afetar a qualidade dos produtos. O ambiente deve ser limpo e organizado, dentro e fora da usina.

#### 1.1.1. Manutenção preditiva

É o acompanhamento periódico dos equipamentos, baseado na análise de dados coletados através de monitoração ou inspeções em campo. As técnicas de monitoramento na preditiva, ou seja, baseadas em condições, incluem: monitoramento de processo e inspeção visual (Figura 11.1), entre outras. O uso de *check-lists* é uma ferramenta importante na manutenção preditiva.



**Figura 11.1.** Inspeção visual nos equipamentos.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2009).

#### 1.1.2. Manutenção preventiva

Manutenção preventiva é uma manutenção planejada, que previne a ocorrência corretiva. Seus programas mais constantes são: reparos ou reformas, lubrificação, ajustes e recondiçõamentos de máquinas, para toda a planta industrial. O denominador comum para todos estes programas é o planejamento.

#### 1.1.3. Manutenção corretiva

Trata-se de uma manutenção não-periódica que variavelmente poderá ocorrer. Possui suas causas em falhas e erros, que normalmente os equipamentos dispõem nesta instância. Trata da correção dos danos atuais e não-iminentes.

Toda ação de manutenção deve ser conduzida com segurança e máxima atenção do pessoal envolvido, com total respeito dos princípios e normas de segurança (máquinas desligadas, uso de EPI, etc.).

Um bom plano de manutenção deve ser uma premissa de qualquer gerência de usina, de forma a evitar ou reduzir perdas de tempo durante a safra. A algodoeira deve estar devidamente em condições de trabalho, pelo constante diagnóstico de avaliação e funcionamento dos processos e dos equipamentos, pelo planejamento muito criterioso e eficaz da manutenção preventiva das máquinas (rotina). Listas de registros de ocorrências, gestão eficiente de peças e de compras, e um sistema informatizado de controle são fundamentais para uma boa gestão da manutenção.

A negligência ou a falta deste comprometimento por toda a equipe, inclusive dos proprietários, acarreta invariavelmente a manutenção corretiva, ocasionada por quebras. Com isso, acontecem os desperdícios, o retrabalho, a perda de tempo, de esforço humano e, principalmente, os prejuízos financeiros. A manutenção negligenciada diminui a produtividade, a qualidade e o lucro.

As grandes perdas por falta de manutenção numa usina ocorrem, na maioria das vezes, por:

- desgaste dos equipamentos;
- operação a vazio (espera);
- defeitos de produção (qualidade);
- imperícia;
- queda de produtividade.

O papel do gerente é relevante para o planejamento e a manutenção da usina, pois lhe cabe desenvolver dispositivos e documentos que possibilitem dirigir e difundir ações, coletar dados, analisá-los e controlar o custo e a organização para o desenvolvimento das atividades.

## 1.2. Pré-requisitos

Para definir e realizar um programa eficiente de manutenção durante a safra e a entressafra de beneficiamento, deve-se considerar previamente, num âmbito mais amplo, os seguintes pontos:

- O ambiente físico de trabalho (limpeza, espaço e organização);
- A segurança oferecida aos colaboradores com relação ao ambiente de trabalho, máquinas e equipamentos, disposição do processo;
- A segurança dos equipamentos com relação à disposição, estruturas de sustentação, dimensionamentos;
- Que a atividade de manutenção seja considerada essencial pela empresa, com um responsável identificado, encarregado da organização e das ferramentas;
- Que os trabalhos de manutenção sejam efetuados por pessoas capacitadas, experientes e responsáveis que possam, ao visualizar, identificar possíveis anomalias e anotá-las, para que se tomem providências;
- Que as ferramentas e estoque de peças sejam adequados para atender à manutenção a ser realizada.

## 2. Manutenção preditiva e preventiva

### Antes prevenir que remediar.

Evitar e prevenir as paradas, cuidando das falhas invisíveis e imprevistas, reduzirá custos de reparos e prejuízos de produção. Normalmente, as falhas invisíveis deixam de ser detectadas por motivos físicos – locais de difícil acesso ou porque estão encobertas por partes de máquinas (Figuras 11.2 e 11.3), proteções, detritos ou sujeira. Também ocorrem por motivos psicológicos quando há falta de interesse, motivação ou capacitação.

Indicadores de controles e metas são instrumentos que norteiam a gestão de uma usina e auxiliam a obter maior eficiência de toda a estrutura disponível. Segundo Kardec et al. (2002), os indicadores de manutenção são desenvolvidos e utilizados pelos gerentes visando atingir as metas operacionais definidas pelas empresas. Segundo Tavares (1999), denominam-se “índices de classe mundial” e são utilizados em vários países, inclusive no Brasil. Nas usinas de beneficiamento, estes índices contemplam as manutenções preventiva e corretiva, servindo como indicadores de controle e eficiência de aplicabilidade, desenvolvidos pela empresa, considerando seus relatórios de controle e normas estabelecidas pelos



Figuras 11.2 e 11.3. Defeitos encobertos por partes da máquina. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

fabricantes de equipamentos (manual). Abaixo, encontra-se um demonstrativo de avaliação (CHANSELME e KINRE, 2005):

### Gestão de manutenção na safra

- TTP = Tempo Teórico de Produção = 24 horas;
- TRP = Tempo Real de Produção = TTP (-) Horas de Manutenção;
- TMP = Taxa de Manutenção Preventiva: Deve ser na ordem de 10% (diária, semanal e mensal).

A manutenção preventiva abaixo, de 10%, não é realizada corretamente.

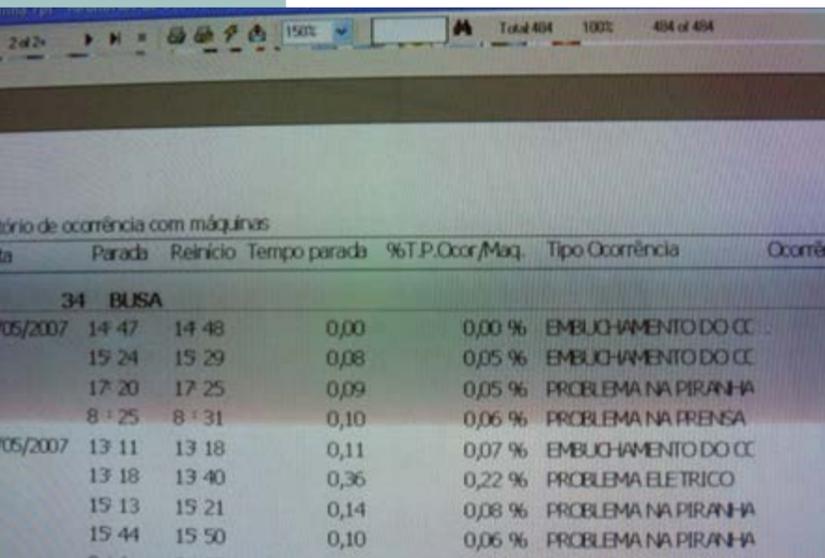
### Definição de horas de manutenção

- Tempo médio a ser dedicado à manutenção preventiva = 24 horas x 0.1 = 2h25' por dia.

### 2.1. Organização

Toda manutenção deve ter um planejamento para sua execução. Por uma questão de organização e também do indispensável controle de custos, toda usina de beneficiamento deve possuir seus controles documentados e tê-los à disposição de forma acessível, prática e organizada. Dessas coletas de dados, é possível gerar, de forma automática ou manual, relatórios que apresentam os diversos itens levantados, facilitando a análise pontual, parte por parte do processo ou de cada equipamento, peças utilizadas, entre outros, podendo-se direcionar, da maneira mais racional e viável, o planejamento das ações a serem realizadas, ou seja, o plano de manutenção.

A comunicação entre os diversos canais envolvidos num processo de beneficiamento, que abrange desde o auxiliar administrativo, compras e setores operacionais até os mandatários/proprietários, se torna um elemento crucial para que os controles sejam



| Parada    | Reinício | Tempo parado | %T.P.Ocor/Maq. | Tipo Ocorrência | Ocorrência          |
|-----------|----------|--------------|----------------|-----------------|---------------------|
| 34 - BUSA |          |              |                |                 |                     |
| 05/2007   | 14:47    | 14:48        | 0,00           | 0,00 %          | EMBUCHAMENTO DO CC  |
|           | 15:24    | 15:29        | 0,08           | 0,05 %          | EMBUCHAMENTO DO CC  |
|           | 17:20    | 17:25        | 0,09           | 0,05 %          | PROBLEMA NA PIRANHA |
|           | 8:25     | 8:31         | 0,10           | 0,06 %          | PROBLEMA NA PREENSA |
| 05/2007   | 13:11    | 13:18        | 0,11           | 0,07 %          | EMBUCHAMENTO DO CC  |
|           | 13:18    | 13:40        | 0,36           | 0,22 %          | PROBLEMA ELETRICO   |
|           | 15:13    | 15:21        | 0,14           | 0,08 %          | PROBLEMA NA PIRANHA |
|           | 15:44    | 15:50        | 0,10           | 0,06 %          | PROBLEMA NA PIRANHA |

**Figura 11.4.** Relatório utilizando software. (Foto: Cotimes do Brasil, 2009).



**Figura 11.5.** Manutenção de entressafra ou reforma. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

equipamentos para uma inspeção mais detalhada e, a partir daí, enumerar as necessidades mais pontuais, às vezes invisíveis durante o funcionamento e não verificadas no decorrer da safra.

Neste momento, é imprescindível documentar o passo a passo dos trabalhos para dispor dos registros e organizar todas as ações que, posteriormente, serão necessárias, como compras de peças, contratação de serviços, etc.

Os trabalhos dentro da usina devem ser gradativos e por etapas do processo, sistematicamente. No caso de usinas antigas e com mais de um

efetivados de forma completa e de maneira adequada, podendo-se ter um aproveitamento máximo no momento de planejar.

Hoje, no Brasil, a coleta de dados, e mais ainda, a exploração dos inúmeros dados coletados é deficiente, por necessitar de tempo e pessoal. A manutenção auxiliada por computador (*software* específico) ajuda na exploração detalhada (Figura 11.4) dos numerosos dados de manutenção preventiva e corretiva, parte por parte do processo ou de cada equipamento, no âmbito do planejamento de compras de peças antecipadas, escolha de fornecedores e otimização permanente da sua manutenção e custo.

### 2.1.1. Manutenção na entressafra

No Brasil, os industriais geralmente aproveitam-se da entressafra para realizar as manutenções mais pesadas e que demandam ações que necessitam de maior tempo, seja manutenção corretiva ou preventiva e investimento em adaptações, adequações, melhorias e modernizações (Figura 11.5). É o tempo das reformas. Normalmente, iniciam logo após o término da safra corrente, com a desmontagem de máquinas e

conjunto de descarçamento, sugere-se efetuar um conjunto completo por vez. Inicialmente, devem ser feitas as inspeções. Cada etapa deve sofrer uma varredura avaliando as máquinas individualmente. Com o levantamento concluído, devem-se avaliar todas as necessidades, somando-se a isto as informações dos relatórios de safra, e assim definir as ações a serem realizadas. Com isso, já é possível customizar a manutenção.

Para a manutenção preventiva, seja na época de safra ou na reforma, geralmente realizada em final de safra (entressafra), existem alguns documentos básicos a serem criados e utilizados pela usina, tais como:

- Ficha de limpeza das máquinas e prédio;
- Lista de conferência ou checagem (*check-list*);
- Ficha de intervenção (trabalhos efetuados).

### 2.1.2. Manutenção na safra

Quando a manutenção ocorrer durante a safra, deve ser planejada para que se realize durante paradas longas e programadas como, por exemplo, o horário de ponta estabelecido pela concessionária de energia elétrica. Para isso, são necessárias inspeções de rotina (Figura 11.6) que irão identificar e nortear toda a organização dos trabalhos a serem planejados. É imprescindível que a manutenção preventiva de rotina seja planejada de acordo com a orientação do *check-list* de inspeção e que o planejamento possa aproveitar paradas na usina para reparos, a fim de efetuar manutenções preventivas em outros equipamentos ou locais.

Quando as inspeções forem realizadas entre turnos ou folgas de tempo suficiente, é indispensável aproveitar essa paralisação para:

- efetuar a limpeza da poeira superficial na usina, utilizando ar comprimido;
- efetuar a limpeza por dentro dos principais equipamentos, como telas de condensadores de limpadores de pluma, condensador geral e grelhas dos alimentadores descarçadores;
- verificar anomalias no interior das máquinas, como acúmulo de fibra ou algodão em caroço, poeira excessiva e indícios de formação de embuchamentos. Também atentar para quebras de barras de grelhas, irregularidade de espaçamentos nas grelhas, dentes ou pinos tortos nos desmanchadores e



**Figura 11.6.** Inspeção de rotina. (Foto: Cotimes do Brasil, 2010).

outros equipamentos que os utilizem, soldas com desgastes, rebarbas em chapas, grelhas e metais;

- verificar e efetuar limpeza, quando necessário, nas principais tubulações de entrada e saída de algodão em caroço, fibra e resíduos;
- verificar o excesso de lubrificação, folgas nas partes móveis, empenamentos de rolos, tensão de correias e correntes, entre outros;
- verificar vedações das válvulas de vácuo, equipamentos sob pressão negativa (batedores), extremidades dos condensadores, etc.;
- realizar reparos necessários verificados em outras inspeções ou durante a produção;
- sempre desligar e travar o equipamento a ser revisado e/ou mantencionado;

Durante os turnos de trabalho e produção da usina, procure sempre:

- observar a regularidade do funcionamento das máquinas, da alimentação de algodão, barulhos e ruídos anormais;
- medir, utilizando um termômetro com mira a laser, as temperaturas dos rolamentos, mancais e sistemas de lubrificação, entre outros;
- observar polias, engrenagens e roldanas, com suas respectivas correntes, correias e fitas para conferir o alinhamento correto, assim como a tensão ajustada;
- verificar o sistema de ar, conferindo se existem vazamentos, amassamentos e possíveis perdas de desempenho;
- observar a existência de possíveis vazamentos em sistemas hidráulicos, condições de seus filtros, aquecimento anormal.

Já a manutenção deve ser realizada por equipes (turno) e por pessoas especializadas. O trabalho deve ser documentado, utilizando-se dos *check-lists*, tabelas específicas e os levantamentos de ocorrências. É importante definir os períodos de programação, de acordo com as necessidades de cada item.

Para a execução dessas manutenções, o responsável deverá observar alguns pontos importantes, como:

- limpeza da usina;
- procedimentos de segurança antes de realizar a manutenção;
- conhecer as orientações do fabricante com relação à manutenção dos equipamentos (regulagens, velocidades, disposições, etc.);
- ter disponíveis todos os recursos necessários para realizar as tarefas, evitando perda de tempo desnecessária (as paradas implicam em aumento de custo fixo);

- aproveitar, quando possível, para fazer a manutenção em máquinas que se apresentam como potencial de paradas durante a safra, ou seja, que possuam algum histórico, ou que, pelo tipo de uso, possam causar paradas imprevistas.

A rotina da manutenção preventiva deve ser contínua e com o envolvimento de todos os colaboradores de cada setor ou parte dos processos produtivos. Numa algodoeira, são várias as etapas de produção, que envolve o funcionamento de máquinas de diversos portes e dimensionamentos. Portanto, é importante que haja uma sequência coerente que facilite o acompanhamento e a organização da manutenção, antes, durante e após o período de produção.

## 2.2. Documentação

A importância de documentar as ocorrências e manter um controle de registros das situações e causas detalhadas nas atividades operacionais da usina permite identificar os defeitos, o impacto sobre o custo e com isto corrigir as falhas.

Com o avanço da tecnologia, a necessidade de se fazer vários controles e também de armazenar muitas informações, tornou-se essencial e indispensável o auxílio da informática na gestão das usinas.

Para a gestão da manutenção, são necessárias ações como automatizar os hábitos de manutenção e preparar dados preliminares, que não podem faltar. São ações que ajudarão a alcançar a redução dos custos. Desta forma, *softwares* especializados, profissionais apropriados são ferramentas cada vez mais indispensáveis para a agilidade, acompanhamento e organização das usinas. Também dentro deste contexto, é preciso manejar uma usina como um centro de custo e lucro, para melhorar a competitividade de maneira permanente, integrando as gestões industrial (produção), administrativa e financeira.

Com a documentação e a informatização da gestão, será mais simples formalizar e modelar todas as práticas:

- da manutenção;
- da qualidade;
- da gestão dos estoques;
- da rastreabilidade dos produtos;
- da gestão contábil e financeira;
- e do beneficiamento em si.

O uso dos relatórios gerados por esses documentos auxiliará nas tomadas de decisões e direcionamento de ações, como a escolha de fornecedor, tipo e qualidade de peças e acessórios, assim como de serviços. Também poderá ser possível avaliar o tempo necessário para a realização das tarefas, planejar a necessidade de mão-de-obra, de alterações e adequações do processo. É muito importante planejar os trabalhos com antecedência, para ter todas as condições de trabalho e realizar a manutenção de acor-

do com o previsto.

Algumas sugestões de documentos de registros apresentadas neste capítulo são apenas modelos baseados em experiências de trabalho dentro das usinas e que podem ser modificadas pelos gestores das algodojeiras de acordo com suas características e necessidades. Um apoio documental para analisar os fatos, direcionar ações e planejar a manutenção deve conter os dados levantados das ocorrências durante a safra, com um mínimo de informações, como demonstram algumas tabelas:

### 2.2.1. Tabela de Manutenção Preventiva

A Tabela de Manutenção Preventiva deve ser elaborada a partir do manual do equipamento fornecido pelo fabricante ou, no caso de não haver este documento, baseada na experiência dos responsáveis, maquinistas, operadores, em consultas a especialistas e outros meios que sejam compatíveis com as atividades e processos. Veja o exemplo do quadro 11.1.

Neste exemplo, deve-se atentar para a frequência atribuída às tarefas e as ações referenciadas em cada item, como:

- Verificar diariamente se os pinos dos rolos não estão danificados. Reapertá-los semanalmente;
- Verificar diariamente, nos rolos desmanchadores, se há aquecimento excessivo nos mancais e efetuar limpeza;
- Verificar o alinhamento das roscas transportadoras.

A descrição das tarefas e sua frequência devem ser criteriosas e objetivas, feitas e transmitidas com clareza, para que sejam operacionais e, principalmente, obedecidas.

**Quadro 11.1.** Itens parciais correspondentes a um desmanchador de fardões.

| Equipamento             | Elemento                         | MP Diária  | MP Semanal   | MP Quinzenal   |
|-------------------------|----------------------------------|--|--|--|
| DESMANCHADOR DE FARDÕES | Pinos desmanchadores e batedores | – Verificar ajustes ou danos.  | Reapertar os parafusos.  |  |
|                         | Pinos desmanchadores e batedores | – Efetuar limpeza;<br>– Verificar aquecimento excessivo de mancais e rolamentos.               | – Alinhar as polias e correias.  | – Verificar engrenagens e correntes;<br>– Lubrificar rolamentos e mancais. |
|                         | Roscas transportadoras           | – Verificar alinhamento.   |  | – Verificar engrenagens e correntes;<br>– Lubrificar rolamentos e mancais. |
|                         | Grelhas limpadoras               | – Efetuar limpeza;   | – Verificar o estado e o alinhamento.  |  |
|                         | Motor e motorreductor            | – Verificar o nível de óleo;<br>– Limpar o suspiro do reductor;<br>– Limpar a tampa da hélice. | – Alinhar a embreagem eletromagnética;<br>– Verificar engrenagens e correntes. |  |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2009.

### 2.2.2. Check-list de limpeza e inspeção de equipamentos

A exposição da máquina, para o custo e para a qualidade, impõe um cuidado rigoroso e ajuda a definir a substituição imediata das peças danificadas ou desgastadas, juntamente com os ajustes conforme as normas do fabricante.

O gerente ou maquinista responsável deverá indicar, orientar e treinar um colaborador capacitado para ser responsável direto pela execução dos trabalhos em cada máquina e pelo registro das informações, como sugere o modelo de *check-list* do quadro 11.2.

Sempre repassar instruções de segurança e atentar para o bloqueio de todo o maquinário. Com treinamento, o operador estará capacitado para trabalhar sobre problemas de manutenções específicas ou identificar os que necessitam de mão-de-obra especializada.

**Quadro 11.2.** Check-list de limpeza e inspeção.

| CHECK-LIST DE LIMPEZA E INSPEÇÃO                                  |         |   |  |          |
|---|---------|---|--|----------|
| USINA: .....  |         |   |  |          |
| EQUIPE DE PRODUÇÃO:.....  |         |   |  |          |
| NOME DO MAQUINISTA:.....  |         |   |  |          |
| DATA:...../...../.....  |         |   |  |          |
| Duração variável de acordo com tipo de usina                      |         |   |  |          |
| MÁQUINA   | PESSOAL | OPERAÇÕES A PROVIDENCIAR  | MATERIAL                                     | CONTROLE |
| Descaroçador 1<br>Descaroçador 2<br>Descaroçador 3                |         | Limpeza cata-piolho<br>Estado e limpeza das serras<br>Limpeza de tomadas de ar  | Vassoura<br>Ar comprimido<br>Arame           |          |
| Limpador de Pluma 1<br>Limpador de Pluma 2<br>Limpador de Pluma 3 |         | Limpar e conferir a tela do condensador e vedações<br>Limpar e conferir os cilindros de serra<br>Limpar ventiladores axiais | Ar comprimido<br>Vassoura<br>Escova metálica |          |
| Condensador Geral   |         | Limpar e conferir a tela do condensador<br>Limpar e conferir a transmissão de movimento<br>Conferir vedações                | Ar comprimido<br>Escova                      |          |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2009.

## 3. Manutenção corretiva

Uma vez que ocorreu um problema e este precisa ser corrigido (Figura 11.7), é importante que haja também um planejamento prévio para as situações inesperadas, procedimentos de rotina que orientem os colaboradores sobre como proceder, de um modo geral e em cada caso.

### 3.1. Organização

Indicadores de controles e metas são instrumentos que ajudam a gestão e auxiliam na eficiência de uma usina. De acordo com a avaliação de Chanselme e Kinre (2005), a taxa de manutenção corretiva sugerida deve ser, em média, inferior a 5% do tempo de produção total da indústria.



ser observado para ferramentas e instrumentos de trabalho, que devem possuir um local apropriado, limpo e organizado, portanto acessível. Após o uso, eles devem ser imediatamente devolvidos ao local.

A avaliação dos danos, das condições do equipamento mantencionado e das causas do problema deve ser debatida e registrada num diário de bordo ou livro específico. Quando o problema for de uma proporção maior e de importância mais abrangente, sugere-se uma discussão e análise crítica mais pontual, envolvendo pessoas do processo, técnicos e até mesmo fornecedores. Isto valida a importância do livro de ocorrências e de intervenção.

Seja por manutenção preventiva ou corretiva, sempre antes de recolocar a usina em funcionamento, o pessoal deve estar atento aos seguintes itens:

- a) As condições físicas das peças visíveis e principais para o funcionamento, como parafusos de alinhamento, correias, molas, correntes, roldanas e engrenagens, tensão com que foram reguladas, alinhamentos, etc.;
- b) A existência de folgas, vazamentos, desgastes, etc.;
- c) A lubrificação geral dos sistemas;
- d) As instalações e sistemas elétricos, conexões e isolamentos;
- e) Outros.

#### 4. Conclusão

A manutenção condiciona o desempenho, a produtividade da usina de beneficiamento e o lucro da empresa. É uma atividade fundamental, que deve ser planejada, organizada e documentada. O beneficiador deve dedicar tempo suficiente à manutenção preventiva diária, semanal e mensal, seja o equivalente a 2h30 por dia, para que as paradas não desejadas (manutenção corretiva) possam ficar abaixo de 1h15 por dia, em média. Em uma usina de beneficiamento, o tempo total dedicado à manutenção é de 3h40.

É relevante – e poderá auxiliar muito – observar rotineiramente as condições de apresentação dos produtos, subprodutos e resíduos gerados pela usina, tais como a apresentação da amostra de fibra, sua preparação, índice de impurezas e fragmentos estranhos que a compõem, amostras de caroço/ semente, e avaliar o índice de fibra remanescente do descaroçamento, os resíduos em geral, observando a presença anômala de algodão em caroço e fibra. Estes indicativos poderão direcionar a indícios de problemas nas máquinas, desgastes de peças, regulagens e inúmeros outros fatores que podem ou estão prejudicando a eficiência do processo.

A manutenção deve ser devidamente documentada com *check-lists*, ficha de intervenção e jornal de ocorrências. Os dados coletados devem ser analisados, para reduzir o tempo de paradas e otimizar as compras e estoques de peças de reposição, entre outros.

É relevante considerar que:

- os melhores equipamentos não podem dar o melhor sem o melhor pessoal;
- um pessoal competente procura, assimila e utiliza as informações;
- um pessoal informado e formado pode tomar boas decisões;
- é recomendado que o pessoal possa se beneficiar de cursos de formação regulares de operação dos equipamentos, manutenção, ajustes e segurança;
- manutenção bem planejada e gerenciada = tranquilidade.

Na organização de uma usina, o elemento ‘manutenção’ deve estar sempre associado a recursos e ferramentas que possam atender às necessidades que os trabalhos demandam. O fluxograma abaixo expressa estas necessidades.

Os recursos humanos e as ferramentas adaptadas são indispensáveis a uma manutenção eficiente. A colocação em operação precisa de uma gestão rigorosa das ferramentas, para evitar desgastes e perdas. Para isso, a gerência da usina deve atentar para:

- contratar pessoal competente, conforme as exigências da manutenção;
- criar condições de trabalho ótimas (higiene e segurança);
- avaliar regularmente o pessoal (monitoramento do tempo de intervenção, paradas, ferramentas);
- realizar manutenção autônoma; e
- promover melhorias.

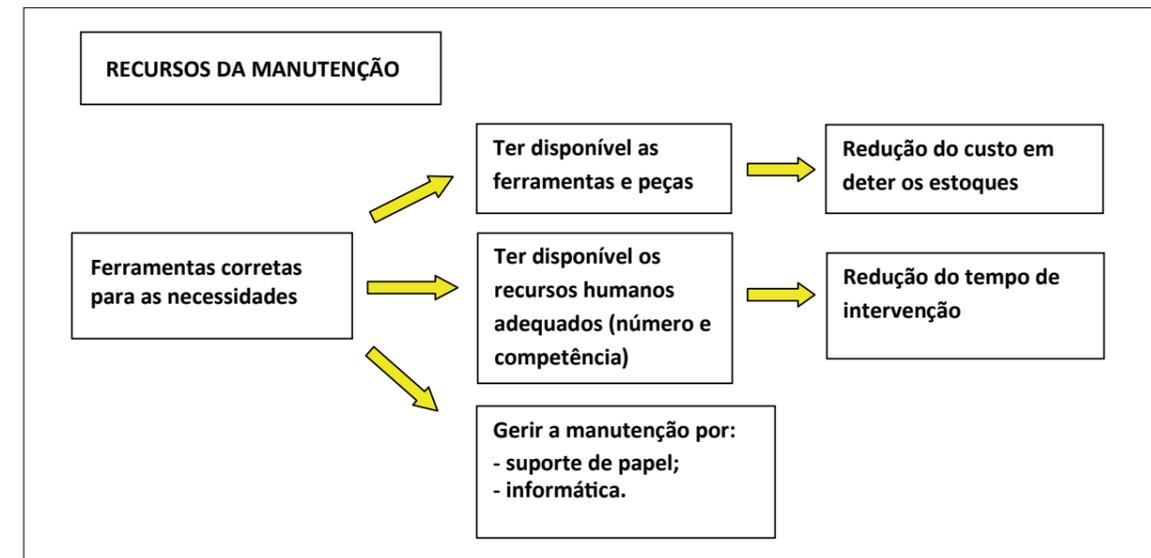


Figura 11.8. Fluxograma para a organização da manutenção. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2009).

**Atenção:**

Para a manutenção deve-se:

- Sempre repassar instruções de segurança e atentar para o bloqueio de todo o maquinário.
- Com treinamento e orientações, o operador estará capacitado para trabalhar sobre problemas de manutenções específicas ou identificar os que necessitam de mão-de-obra especializada.



**Figura 11.9.** Orientação da equipe.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHANSELME, J.; KINRE, H. **Guide de maintenance des usines d'égrenage du coton** – Regional Quality Workshop. Parakou-Benin: UEMOA/UNIDO, 2005.

KARDEC, A. et al. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho**. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2002. p. 41-43.

TAVARES, L. A. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.

# CAPÍTULO 12

## SEGURANÇA EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE ALGODÃO



Uma unidade de beneficiamento oferece muitos riscos por implicar inúmeros fatores que possibilitam a ocorrência de acidentes de trabalho e incêndios. Por esses motivos é necessário prezar pela segurança ao longo do processo. As causas dos acidentes geralmente ocorrem a partir de um ato inseguro ou condição insegura. E o custo do acidente resulta do somatório dos custos diretos e indiretos envolvidos. É importante compreender e executar medidas de prevenção de acidentes e de combate a incêndios ao longo de todo o processo de beneficiamento, sendo que cada parte deste processo envolve particularidades que propiciam acidentes. Também é necessário estar a par da normatização pertinente ao assunto.

# SEGURANÇA EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE ALGODÃO

## 1. Introdução

O beneficiamento de algodão é uma atividade muito perigosa e possui inúmeros fatores que possibilitam a ocorrência de acidentes de trabalho e incêndios, como: ruído muito alto, muitas partes das máquinas em movimento com altas velocidades, matéria em contínuo atrito com partes metálicas, produto de fácil combustão (algodão), peças e acessórios muito afiados ou pontiagudos (serras, cilindros de pinos, polias de motores, etc.), muito trabalho manual com pouca automação, entre outros.

Devido à sazonalidade da atividade e ao grande volume de mão-de-obra com nível de escolaridade menos exigente, o número de acidentes ou atos inseguros nas usinas é elevado e causa preocupações aos industriais. É necessário preservar a integridade física dos colaboradores, bem como controlar o custo, que impacta a saúde financeira das empresas, tanto pelos desembolsos realizados como pelo prejuízo em função dos dias parados por acidentes.

A falta de capacitação, experiência, condições técnicas e operacionais dos colaboradores e a extensa jornada de trabalho são os fatores que mais contribuem para as ocorrências.

A falta de manutenção, de proteções nos equipamentos, o estado e os desgastes das máquinas, projetos mal elaborados, entre outros, aumentam ainda mais as estatísticas de acidentes nas usinas de beneficiamento.

Na maioria das ocorrências ocasionadas por choque contra objetos e equipamentos, a parte do corpo mais afetada é a mão ou o braço, depois costas, olhos, pernas e cabeça, seguido por distensões, choque elétrico, queda pessoal e de objetos, daí a grande necessidade que a empresa moderna tem de aplicar recursos, investir em treinamento, equipamentos e métodos de trabalho para transmitir ao seu pessoal o Espírito Preventivista e, através de técnicas e de sensibilização, combater, em seu meio, o Acidente do Trabalho que, conforme tem sido demonstrado, atinge forte e danosamente a Qualidade, a Produção e o Custo.

## 2. Acidente de trabalho

### 2.1. Definição

Acidente de trabalho é um ato e/ou fato não programado que ocorre quando o indivíduo está a serviço da empresa, resultando em lesões, com perda da sua capacidade para o trabalho.

### 2.2. Causas de acidente de trabalho

É fundamental que se entenda que a busca da causa de um acidente não tem, absolutamente, o objetivo de punição, mas, sim, o de encontrar a partir das causas, as medidas que possibilitem impedir ocorrências semelhantes.

Os acidentes ocorrem, pelo menos, por três pontos básicos:

- Falta de conhecimento ou perícia;
- Atitude imprópria ou insegura;
- Falha no seguimento das práticas de segurança.

#### 2.2.1. Ato inseguro

Ato *inseguro* é aquele provocado pelo trabalhador contrariando as normas de segurança, que pode vir a causar ou favorecer a ocorrência de acidentes.

#### 2.2.2. Condição insegura

A condição insegura resulta da situação ambiental, cuja correção não é de responsabilidade do acidentado. Compreende máquinas, equipamentos, materiais, métodos de trabalho e deficiência administrativa.

Para efeito de maior clareza, podemos classificar a condição insegura em quatro classes:

- Mecânica: máquina/ferramenta/equipamento defeituoso, sem proteção, inadequado, etc.;
- Física: *layout* (disposição, passagens, espaço, acesso, etc.);
- Ambiental: ventilação, iluminação, poluição, ruído, etc.;
- Método: procedimento de trabalho inadequado, padrão inexistente, processo perigoso, método arriscado, supervisão deficiente, etc.

### 2.3. Quase acidente

Quase acidente é o ato no qual o indivíduo chega muito próximo da ocorrência do acidente propriamente dito, seja no âmbito coletivo ou individual. Normalmente, dá-se devido ao ato inseguro. Exemplo: queda de objeto do alto ao lado da pessoa, sem atingi-la.

Atualmente, muitas empresas utilizam este item como estatística para identificar problemas pontuais e elaborar programas de prevenção.

**Hamilton R. Ramos**  
PRO-ATIVA  
Campo Verde-MT  
hamiltonrramos@hotmail.com

**Christopher Barry Ward**  
AGRI-CONSULTANT  
Rondonópolis-MT  
chrisbarryward@gmail.com

**Paulo V. Ribas**  
Cotimes do Brasil  
Primavera do Leste-MT  
paulo@cotimesdobrasil.com.br

## 2.4. Custos de um acidente de trabalho

O acidente de trabalho acarreta um ônus para o industrial, produtor, empresário, empregado, e para o país, não somente com os gastos com o acidente, mas também com assistência até a pronta recuperação do acidentado através de benefícios.

Acidentes devem ser analisados utilizando horas de trabalho como base para comparações. O cálculo em si não é difícil, mas muito trabalhoso. Para cada caso, há diferentes variáveis envolvidas, muitas vezes de difícil identificação. Em linhas gerais, pode-se dizer que o custo do acidente é o somatório dos custos diretos e indiretos envolvidos. Para ilustrar esta complexidade e a abrangência do assunto, temos alguns conceitos (ET-CHALUS, 2006) e uma base do que deve ser considerado.

### 2.4.1. Custo direto

O custo direto refere-se às despesas da empresa com os funcionários expostos aos riscos: INSS, salários, indenizações, gastos com assistência médico-hospitalar e indenizações pagas aos acidentados.

### 2.4.2. Custo indireto

O custo indireto relaciona-se com o ambiente que envolve o acidentado e com as consequências do acidente. Engloba todas as despesas de fabricação, despesas gerais, lucros cessantes e outros fatores que nem sempre incidem de modo igual, seja na mesma empresa ou em empresas diferentes. Como exemplo de elementos que podem compor o custo indireto, Machline et al. (1984) apresentam os seguintes pontos que merecem consideração:

- Custo do tempo perdido pelos colegas de trabalho, que param seu serviço para socorrer o acidentado;
- Custo do primeiro socorro médico;
- Danos causados aos equipamentos, ferramentas e materiais;
- Reprogramação do trabalho, diárias aos acidentados, redução temporária da capacidade do acidentado;
- Custo da redução da produção dentre outros.

De acordo com a legislação brasileira, há outras incidências que são relevantes:

- O salário que deve ser pago ao acidentado no dia do acidente e nos primeiros 15 dias de afastamento, sem que ele produza;
- Multa contratual pelo não cumprimento de prazos;

- Perda de bônus na renovação do seguro patrimonial;
- Prejuízos decorrentes de danos causados ao produto no processo;
- Gastos de contratação e treinamento de um substituto;
- Pagamento de horas extras para cobrir o prejuízo causado à produção;
- Gastos com energia elétrica e demais facilidades das instalações (horas extras);

Pagamento das horas de trabalho despendidas por supervisores e outras pessoas e/ou empresas:

- na investigação das causas do acidente;
- na assistência médica para os socorros de urgência;
- no transporte do acidentado;
- em providências necessárias para regularizar o local do acidente;
- em assistência jurídica;
- em propaganda para recuperar a imagem da empresa.

Em caso de acidente com morte ou invalidez permanente, ainda devemos considerar o custo da indenização que deve ser paga mensalmente até que o empregado atinja a idade de 65 anos.

## 3. Acidentes em usinas de beneficiamento

### 3.1. Processo produtivo do beneficiamento de algodão

O processo de beneficiamento das usinas segue etapas de produção que exigem o envolvimento direto ou indireto de indivíduos para o funcionamento das máquinas e andamento das atividades. A meta de gestão sobre acidentes de trabalho deve ser sempre “zero” e, para isso, a segurança deve ser atentamente observada em cada uma dessas etapas.

A seguir, apresentam-se alguns elementos que podem auxiliar na elaboração de um programa mais completo sobre a segurança de trabalho numa usina, considerando cada etapa de produção dentro do processo comum de beneficiamento. Antes, porém, é importante ressaltar alguns itens comuns e constantes em todas as etapas de produção:

- Desligar, avisar e bloquear o equipamento no caso de manutenção, limpeza e inspeção, ou caso seja necessário retirar buchas de algodão. Colocar placas de avisos nos painéis (Figura 12.1). Antes da intervenção, deve-se conferir a ausência de energia (Figura 12.2);
- Utilizar sempre os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) adequados ao serviço realizado;



**Figura 12.1.** Placa de advertência no painel.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2010).

- Manter partes em movimento, como polias, correias, correntes, engrenagens, eixos longos, etc., sempre com proteções instaladas e firmes;
- Não colocar mãos e pés sobre as partes em movimento ou embaixo delas;
- Atentar para a existência de valas e partes abertas embaixo dos equipamentos;
- Nunca subir sobre os equipamentos ou acessar seu interior quando eles estiverem em funcionamento;



**Figura 12.2.** Proteção por bloqueio, aviso e teste.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

## 3.2. Etapas de produção

### 3.2.1. Descarga

#### 3.2.1.1. Medidas de prevenção de acidentes

Os principais cuidados, entre tantos, que se deve ter na operação dessa etapa do beneficiamento deverão ser:

- Cuidar do transmódulo, que fará a descarga do fardão sempre em marcha à ré. O mesmo deverá ter uma sinalização visual e sonora durante a operação e ter uma pessoa ao longe orientando o motorista ou operador e advertindo acerca do perigo de aproximação em obstáculos fixos e de pessoas na área de trabalho.
- Não se deve ficar atrás do caminhão, próximo ao fardão, enquanto estiver manobrando ou efetuando a descarga;
- Não colocar mãos e pés sobre as partes em movimento ou embaixo da fita/correia transportadora, devido ao risco de agarramento nos roletes que movem a fita;
- Não adentrar no interior do desmanchador ou na área dos cilindros de pinos com o equipamento em funcionamento;
- Procurar não pular ou transpassar a fita/correia transportadora;
- Visualizar sempre a presença de focos de incêndio nos equipamentos e na matéria que está entrando no processo, dentro das máquinas quando possível, sobre a fita/correia e nas áreas onde haja algodão armazenado para ser beneficiado;
- Deve-se também estar atento à ventilação da fumaça de combustão, no caso de ambientes fechados.

#### 3.2.1.2. Medidas de combate a incêndios

No caso de incêndio na área de descarga:

- Desligar a correia/fita transportadora;
- Desligar o sistema pneumático de sucção;
- Afastar o desmanchador de fardões;
- Identificar o local do foco de incêndio;

- Utilizar extintores ou hidrantes de incêndio, conforme a necessidade;
- Mover o fardão para longe do desmanchador;
- Desligar os equipamentos de descarga, tais como desmanchador de fardões e *Hot-box*;
- Retirar ou afastar os veículos em serviço na área de alimentação.

### 3.2.2. Regulação da alimentação, secagem e limpeza do algodão em caroço

Para a secagem do algodão, normalmente se utiliza ar quente originado pelo calor de uma fornalha, caldeira, ou através da queima de gás. Os tanques de estoque do gás devem permanecer em áreas restritas fora da usina, cercadas e sinalizadas.

As tubulações devem ser isoladas, o que não ocorre na maioria dos casos, portanto a atenção deve ser redobrada, para evitar queimaduras.

A regulação de fluxo e a limpeza do algodão em caroço se dão por equipamentos de grande porte, instalados ao solo ou em plataformas, normalmente em condições de altura consideráveis e perigosas. Devem ter acesso especial, com plataformas adequadas.

#### 3.2.2.1. Medidas de prevenção de acidentes

- Atentar para a temperatura das paredes da torre de secagem, evitando o contato direto;
- Visualizar sempre a presença de focos de incêndio nos equipamentos e na matéria que está entrando no processo, dentro das máquinas quando possível e nas áreas onde haja algodão armazenado para ser beneficiado.

#### 3.2.2.2. Medidas de combate a incêndios

- Deixar os equipamentos ligados até sair todo o algodão de dentro, no final da rosca distribuidora, em geral pela válvula pneumática, que deve ser instalada antes da torre de sopra, ou simplesmente na sopra, quando é manual;
- Identificar o local do foco de incêndio no algodão;

- Utilizar extintores ou hidrantes de incêndio, conforme a necessidade;
- Desligar os ventiladores e as outras máquinas somente se houver suspeita de fogo dentro delas, pois, no caso, precisam ser abertas;
- O responsável pelo pátio deve remover dos ciclones, charutos ou casa de resíduos/pó, rapidamente, todo o material propenso a fagulhas e potencialmente combustível.

### 3.2.3. Alimentação do descaroçador e descaroçamento

A calha da rosca transportadora deve permanecer devidamente fechada com chapas preferencialmente reforçadas, para evitar quedas de objetos, sujeiras e até mesmo trânsito inseguro sobre elas.

O descaroçamento possui um sistema de extração da fibra através de serras, normalmente muito afiadas, que giram em alta velocidade entre um jogo de costelas (costelado), conforme mostra a Figura 12.3.

Infelizmente, é comum registros de acidentes graves nos descaroçadores, afetando normalmente braços e mãos, com perdas de membros ou até invalidez parcial. Portanto, esta é uma atividade que necessita de atenção especial e mão-de-obra capacitada.

#### 3.2.3.1. Medidas de prevenção de acidentes

- Colocar o descaroçador em funcionamento com as proteções laterais no lugar para se proteger das polias e correias;
- Não colocar as mãos ou manusear o rolo de caroço dentro do peito do descaroçador quando o rolo de serras estiver em movimento;
- Espalhar os caroços com uma pequena pá de madeira enquanto o algodão é despejado e vai formando o rolo;
- Remover as tampas, portas ou proteções apenas após o eixo das serras pararem totalmente;
- Em usinas com recalque de ar, parar os descaroçadores antes de limpar os bocais de ar;



**Figura 12.3.** Serras entre as costelas do descaroçador. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

- Usar mangueiras de ar ou outras ferramentas compridas ao redor das serras;
- Visualizar sempre a presença de focos de incêndio no equipamento e na matéria que está entrando para descarregar.

### 3.2.3.2. Medidas de combate a incêndios

- No caso de incêndio no descarregador, disparar o sinal de aviso diversas vezes, com vários apitos rápidos, para alertar o homem da prensa e o resto da equipe;
- Interromper a alimentação da máquina com algodão em caroço, desligando os rolos dosadores na entrada dos alimentadores;
- Levantar o peito e permanecer assim, deixando cair no chão todo o algodão que chega do alimentador;
- Deixar o descarregador rodando, para as escovas não se queimarem;
- Procurar o ponto de incêndio no peito e neutralizá-lo com um extintor;
- Tirar do peito a parte molhada do rolo de caroço;
- Esperar toda a fibra chegar na prensa e prensar o fardo;
- Localizar o ponto de fogo no fardinho, caroço, resíduos e piolho e fita transportadora de carimã, quando houver, e neutralizá-lo com um extintor;
- Remover todas as matérias queimadas para fora da usina e colocá-las perto de uma fonte de água.

### 3.2.4. Limpeza da pluma

Os equipamentos para a limpeza da pluma têm um alto índice de acidentes graves devido à negligência ou o desconhecimento do operador. É um equipamento com serras, cilindros em rotação, muitas polias e engrenagens, correias, correntes e eixos compridos fora da máquina, que trabalha em alta velocidade, portanto necessita de atenção redobrada quando em operação.

### 3.2.4.1. Medidas de prevenção de acidentes

- Não manusear ou colocar as mãos nos rolos se estiverem em movimento, mesmo lento;
- Não colocar as mãos no compartimento frontal da máquina em frente ao rolo de serrilhas quando a máquina estiver ligada e as serrilhas em movimento;
- Desligar, bloquear o equipamento e avisar no caso de manutenção, limpeza e inspeção, ou caso necessite retirar buchas de fibra ou pedaços de resíduos dos dentes das serrilhas.

### 3.2.4.2. Medidas de combate a incêndios

- Deixar a fibra sair totalmente das demais máquinas para ir até a prensa;
- Procurar o ponto de incêndio no cilindro condensador e local de destino da fibrilha. Neutralizá-lo com extintor;
- Permanecer próximo ao equipamento até que o fogo esteja completamente apagado;
- O operador de fibrilha deve removê-la completamente dos equipamentos de limpeza e prensagem, e colocá-la longe do prédio, verificando a presença de fagulhas.

### 3.2.5. Preparação de prensagem, prensagem e enfiamento

#### 3.2.5.1. Preparação para a prensagem

O maior risco durante a preparação para a prensagem é a localização alta das partes da prensa e o acesso por escadas íngremes e normalmente sem proteção (Figura 12.4). Quando a bica é adaptada para a umidificação, recebe um grande volume de ar quente e até vapor, deixando suas partes com temperatura elevada.



**Figura 12.4.** Condensador geral e bica da prensa. (Foto: Cotimes do Brasil, 2010).



**Figura 12.5.** Prensa de fardos.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

### 3.2.5.2. Prensagem de fardos

A prensagem é um sistema complexo, que apresenta muitos pontos de risco e é bastante diferente entre os tipos de usina, antiga e moderna. Oferece riscos de acidentes na operação, principalmente nas usinas antigas, devido ao constante movimento das partes pesadas, abertura e fechamento de portas e o acesso manual a essas partes (Figura 12.5).

### 3.2.5.3. Enfardamento

O uso de arame torna a operação muito perigosa devido ao risco de seu rompimento. Para o transporte manual do fardo, devido ao peso, há o risco de acidentes por quedas, batidas e esforço físico, podendo haver o prejuízo de imediato ou com reflexos no futuro, como doença lombar, de coluna, etc.

### 3.2.5.4. Medidas de prevenção de acidentes

- Manter sinalização visual e demarcações no local da prensa;
- Manter funcionais todos os sistemas automatizados de segurança na prensa;
- Manter sinalização sonora e visual no momento de giro da prensa;
- Preservar a área restrita de segurança, para o giro da prensa;
- Manter as portas da prensa fechadas até a parada do pistão;
- Restringir acessos às proximidades das caixas da prensa, empurrador e calcador/compactador;

- Atentar para a temperatura das partes do sistema hidráulico;
- Não manusear ou colocar as mãos nas caixas com o calcador/compactador em movimento. Bloquear a energia;
- Manter a área e os equipamentos limpos de vazamentos de óleo e graxa;
- Desligar e bloquear o equipamento no caso de manutenção, limpeza e inspeção, ou caso necessite retirar fibra ou resíduos das caixas;
- Evitar caminhar sobre os trilhos do carrinho automático de fardo;
- Atentar para locais úmidos e escorregadios quando transportar manualmente o fardo da prensa até a embalagem.

### 3.2.5.5. Medidas de combate a incêndios

- Deixar a fibra sair totalmente das demais máquinas para chegar à prensa;
- Girar a prensa e prensar o fardo, mesmo se houver chamas na fibra;
- Isolar ao menos dois fardos para poder abri-los e procurar pontos de fogo;
- Se houver fogo no condensador geral, molhar as áreas ao redor dos anéis das extremidades e dos rolos, e evitar deixar que o fogo queime na tela de pluma ou perto dos anéis;
- Permanecer próximo ao condensador geral e à prensa até apagar o fogo.

## 4. Medidas gerais de prevenção de acidentes

Considerando o que foi exposto etapa por etapa, o contexto que envolve a segurança ocupacional e operacional dos colaboradores nas usinas de beneficiamento, bem como do patrimônio e da organização em geral, necessita ainda de mais atenção e ações direcionadas a estas finalidades.

É necessário que haja procedimentos bem definidos, que atenda as normas regulamentadoras vigentes (NRs), para que sejam obedecidas e seguidas pelos colaboradores e demais pessoas envolvidas nos processos produtivos, desde o proprietário e gerentes até o mais simples auxiliar.

### 4.1. Medidas administrativas

Contratar funcionários, realizando entrevistas pessoais, tentando diagnosticar seu nível de conhecimento, escolaridade, experiência, etc.

Realizar exames médicos ocupacionais:

- Exame médico admissional: deve ser realizado antes que o trabalhador assumira suas atividades;
- Exame médico periódico: deve ser realizado anualmente, resguardando-se o critério médico;
- Exame médico de retorno ao trabalho: deve ser realizado no primeiro dia de retorno à atividade do trabalhador ausente por período superior a trinta dias devido a qualquer doença ou acidente;
- Exame médico de mudança de função: deve ser realizado antes do início do exercício na nova função, desde que haja a exposição do trabalhador a risco específico, diferente daquele a que estava exposto;
- Exame médico demissional: deve ser realizado até a data da homologação, desde que o último exame médico ocupacional tenha sido realizado há mais de noventa dias, resguardando-se o critério médico.

Os exames médicos compreendem avaliação clínica e exames complementares, quando necessários, em função dos riscos a que o trabalhador estiver exposto.

Para cada exame médico, deve ser emitido um Atestado de Saúde Ocupacional (ASO), em duas vias. A primeira via do ASO deverá ficar arquivada no estabelecimento, à disposição da fiscalização, e a segunda será obrigatoriamente entregue ao trabalhador, mediante recibo na primeira via.

Realizar orientação a todos os funcionários através de Treinamento de Integração de Segurança, onde serão abordados temas, como:

- Acidentes de trabalho: definição, causas e consequências;
- Uso de EPI: definição, tipos e forma de uso, responsabilidades com relação ao uso;
- Prevenção de acidentes na algodoeira: riscos de acidentes em cada posto de trabalho e suas medidas de prevenção.

Fazer registro formal de todos os trabalhadores, através de assinatura na Carteira de Trabalho e Previdência Social (CTPS), antes de colocar o funcionário para realizar qualquer serviço na algodoeira.

Manter os registros do pessoal com relação a faltas por acidentes, ferimentos e doenças. Efetuar sempre o preenchimento do formulário CAT, que deve ser disponibilizado na empresa.



Figura 12.6. Equipamentos individuais mais usados numa algodoeira. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

## 4.2. Medidas de proteção individual

Monitorar o uso de EPI (Figura 12.6) nas atividades de cada função.

## 4.3. Medidas de proteção coletiva

- Evitar o funcionamento de equipamentos que apresentem peças gastas ou com defeito, iminentes de risco de acidentes;
- Mapear constantemente os riscos possíveis na usina, demarcá-los, sinalizá-los e informá-los a todos os colaboradores da usina;
- Comunicar, sinalizar e advertir sobre condições inseguras que não possam ser sanadas de imediato. Dar especial atenção àqueles indivíduos envolvidos diretamente com esta condição;
- Evite usar luvas nas partes móveis dos equipamentos, quando em funcionamento;
- Possuir disponível, e de forma muito acessível a qualquer colaborador, kits de primeiros socorros;
- Verificar o travamento de portas e tampas (desmanchadores, limpadores de pluma, etc.), antes da operação das máquinas;

- Instalar dispositivos de bloqueio automático (sensores) em pontos de equipamentos que sejam considerados perigosos e propiciem acidentes (portas e tampas);
- Sinalizar com dispositivo sonoro (sirene) o início de operação da usina e a partida no funcionamento de motores e equipamentos maiores e de acesso direto dos colaboradores (desmanchadores, limpadores, prensa, etc.);
- Instalar e manter firmes e em bom estado plataformas de acesso aos equipamentos dispostos em áreas elevadas na usina (batedores, válvulas, extratores, etc.);
- Proteger, com corrimãos e protetores para pés, as plataformas e outras superfícies elevadas de trabalho ou passagem;
- Para guarda-corpo de escadas verticais, instalar proteções circulares, tipo escada marinheiro;
- Verificar rotineiramente a limpeza e a organização da usina, guarda de ferramentas, peças e objetos que possam atrapalhar o livre trânsito e as atividades de operação;
- Evitar caminhar sobre tubulações e equipamentos enquanto a máquina estiver funcionando. Fazer uso das plataformas de acesso existentes. Quando necessário, utilizar cinto de segurança, escadas adequadas e em boas condições, plataformas firmes e seguras;
- Certificar-se de que, em cada turno, haverá um responsável, treinado, capacitado e apto a efetuar procedimentos de primeiros socorros e técnicas de prevenção e combate a incêndios;
- Para realizar reparos e manutenção, contratar somente pessoal qualificado;
- Procurar usar roupas que sejam confortáveis, sem manga comprida, para evitar que se enrolem nas máquinas;
- Inspeccionar frequentemente a condição dos extintores de incêndio;
- Instalar placas de advertência sobre perigos físicos, ambientais e obrigações quanto ao uso de equipamentos individuais (EPI) e coletivos (EPC), de acordo com as normas;
- Definir e informar as responsabilidades de cada colaborador em suas funções com relação à segurança no trabalho. Cada colaborador deve garantir um ambiente de trabalho seguro, saudável, e zelar pela proteção de seus companheiros de trabalho;
- Providenciar boas condições de trabalho, com ambiente limpo, seguro, motivador, valorizando a opinião, iniciativa e a participação dos colaboradores;
- Ter os procedimentos escritos e bem dispostos a todos os colaboradores é uma ferramenta que realmente dá um suporte à execução das atividades da melhor forma possível;

- Direcionar os funcionários a cursos e participação em Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) também é motivador e resulta em bons dividendos, individualmente e para a empresa;
- Efetuar relatórios sobre acidentes, analisá-los e estudá-los juntamente com outros relatórios internos ou de terceiros ajuda a melhorar os procedimentos e o ambiente de trabalho, identificando as possíveis falhas ou potenciais causas; isto pode impactar diretamente na prevenção de outros acidentes.

Com uma boa gestão destes pontos, o gerente certamente terá bons resultados em seu programa de segurança.

## 5. Exposição a ruídos nas usinas

### 5.1. Introdução

A indústria do beneficiamento é praticamente toda composta de grandes equipamentos que geram naturalmente muito ruído, de diversas intensidades e timbres (agudos ou graves). Permanecer muito tempo nesses ambientes prejudica a saúde do colaborador, com perdas auditivas, prejudicando, também, sua produtividade e desempenho. É de extrema importância o uso do EPI apropriado (*plugs* de ouvido e abafadores), bem como ações de engenharia voltadas à diminuição da intensidade desses ruídos e exposição a eles.

Níveis sonoros de 65-80 dBA (decibéis de uma escala de medida A) são irritantes, mas não apresentam efeitos além da indução do estresse ou interferência na comunicação.

Níveis sonoros de 85 dBA acima têm revelado um potencial de causar desequilíbrio auditivo após exposição prolongada (COOPER, 1974).

**Tabela 12.1.** Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.

| NÍVEL DE RUÍDO dB (A) | TEMPO MÁXIMO POR DIA (horas) | NÍVEL DE RUÍDO dB (A) | TEMPO MÁXIMO POR DIA (min.) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| -                     | -                            | 96                    | 105                         |
| 85                    | 8                            | 98                    | 85                          |
| 86                    | 7                            | 100                   | 60                          |
| 87                    | 6                            | 102                   | 45                          |
| 88                    | 5                            | 104                   | 35                          |
| 89                    | 4,5                          | 105                   | 30                          |
| 90                    | 4                            | 106                   | 25                          |
| 91                    | 3,5                          | 108                   | 20                          |
| 92                    | 3                            | 110                   | 15                          |
| 93                    | 2,6                          | 112                   | 10                          |
| 94                    | 2,25                         | 114                   | 8                           |
| 95                    | 2                            | 115                   | 7                           |

Fonte: Norma Regulamentadora 15, Anexo 1.

Geralmente, os níveis de volume dentro de uma usina variam de 95-98 dBA.

A Tabela 12.1 mostra os limites de tolerância para o ruído contínuo ou intermitente, considerando o nível de ruído em decibéis (dB) e o tempo máximo de exposição, por dia, permissível para cada caso.

A NR-17 – Ergonomia, em seu item 17.5, define que, para ambientes nos quais haja solicitação intelectual e atenção constantes, os níveis de ruído devem estar de acordo com o estabelecido na NBR 10152. Se as atividades não constarem em tal norma, o nível de ruído contínuo ou intermitente aceitável, para efeito de conforto, será de até 65 dB(A); para o nível de ruídos de impacto, não deverá exceder a 60 dB(C).

## 5.2. Redução do ruído

Tratamentos de diminuição do ruído devem suprir as necessidades de eficiência com os menores custos possíveis e não deve interferir com a operação, manutenção ou segurança do equipamento. Controles administrativos auxiliam nessas ações, como limite do tempo de exposição dos funcionários e uso de equipamentos de proteção pessoal.

É importante avaliar qual é o nível e a origem dos ruídos e qual o trajeto entre esta origem e o ouvido, tomando em conta distâncias, obstáculos, características da construção e posicionamentos em relação à predominância dos ventos, pois isto tudo pode fazer variar a sonorização do ruído.

A partir disso, podem ser estudadas diversas ações que visem minimizar o ruído ou abafá-lo, tais como:

- substituição de equipamentos antigos de pouca eficiência por mais modernos de alta eficiência, que emitem menos barulho;
- isolamento de tubulações com fibra de vidro e espuma de alta eficiência, entre outros;
- restrição de áreas internas, para a instalação de alguns equipamentos (por exemplo, instalar os ventiladores em uma área isolada e específica).

## 6. Normatização

As principais Normas Regulamentadoras vigentes e que se encaixam no tipo de atividade de beneficiamento, urbanas ou rurais, são as seguintes:

- NR 01 – Disposições Gerais: Estabelece o campo de aplicação de todas as Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho;
- NR 04 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho;

- NR 05 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) – criação e manutenção da comissão;
- NR 06 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI): Estabelece e define os tipos de EPI que as empresas são obrigadas a fornecer a seus empregados;
- NR10 – Instalações e Serviços em Eletricidade: Estabelece as condições mínimas exigíveis para garantir a segurança dos empregados que trabalham em instalações elétricas;
- NR 11 – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais;
- NR 12 – Máquinas e Equipamentos: Estabelece medidas preventivas em relação à instalação, operação e manutenção de máquinas e equipamentos;
- NR 15 – Atividades e Operações Insalubres;
- NR 23 – Proteção Contra Incêndios: Estabelece as medidas de proteção contra incêndios os quais os locais de trabalho devem dispor;
- NR 26 – Sinalização de Segurança: Estabelece a padronização das cores a serem utilizadas como sinalização de segurança nos ambientes de trabalho;
- NR 31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura: Estabelece os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento com o desenvolvimento das atividades que envolvem a segurança, a saúde e o meio ambiente do trabalho.

A seguir, apresenta-se um extrato da parte dedicada às máquinas, equipamentos e implementos da NR 31.

### TÓPICOS CONSIDERADOS

#### 31.12. Máquinas, equipamentos e implementos

31.12.1. As máquinas, equipamentos e implementos devem atender aos seguintes requisitos:

- utilizados unicamente para os fins concebidos, segundo as especificações técnicas do fabricante;
- operados somente por trabalhadores capacitados e qualificados para tais funções;
- utilizados dentro dos limites operacionais e restrições indicados pelos fabricantes.

31.12.2. Os manuais das máquinas, equipamentos e implementos devem ser mantidos no estabelecimento, devendo o empregador dar conhecimento aos operadores do seu conteúdo e disponibilizá-los, sempre que necessário.

31.12.3. Só devem ser utilizados máquinas, equipamentos e implementos cujas transmissões de força estejam protegidas.

31.12.4. As máquinas, equipamentos e implementos que ofereçam risco de ruptura de suas partes, projeção de peças ou de material em processamento só devem ser utilizadas se dispuserem de proteções efetivas.

31.12.5. Os protetores removíveis só podem ser retirados para execução de limpeza, lubrificação, reparo e ajuste, ao fim dos quais devem ser, obrigatoriamente, recolocados.

31.12.6. Só devem ser utilizados máquinas e equipamentos móveis motorizados que tenham estrutura de proteção do operador em caso de tombamento, e dispor de cinto de segurança.

31.12.7. É vedada a execução de serviços de limpeza, de lubrificação, de abastecimento e de manutenção com as máquinas, equipamentos e implementos em funcionamento, salvo se o movimento for indispensável à realização dessas operações, quando deverão ser tomadas medidas especiais de proteção e sinalização contra acidentes de trabalho.

31.12.8. É vedado o trabalho de máquinas e equipamentos acionados por motores de combustão interna, em locais fechados ou sem ventilação suficiente, salvo quando for assegurada a eliminação de gases do ambiente.

31.12.9. As máquinas e equipamentos, estacionários ou não, que possuem plataformas de trabalho, só devem ser utilizados quando dotados de escadas de acesso e dispositivos de proteção contra quedas.

31.12.10. É vedado, em qualquer circunstância, o transporte de pessoas em máquinas e equipamentos motorizados e nos seus implementos acoplados.

31.12.11. Só devem ser utilizadas máquinas de cortar, picar, triturar, moer, desfibrar e similares que possuam dispositivos de proteção, que impossibilitem o contato do operador ou demais pessoas com suas partes móveis.

31.12.12. As aberturas para alimentação de máquinas que estiverem situadas ao nível do solo ou abaixo deste devem ter proteção que impeça a queda de pessoas no interior das mesmas.

31.12.13. O empregador rural ou equiparado deve substituir ou reparar equipamentos e implementos, sempre que apresentem defeitos que impeçam a operação de forma segura.

31.12.14. [...]

31.12.15. O empregador rural ou equiparado se responsabilizará pela capacitação dos operadores de máquinas e equipamentos, visando ao manuseio e à operação seguros.

31.12.16. Só devem ser utilizados máquinas e equipamentos motorizados móveis que possuam faróis, luzes e sinais sonoros de ré acoplados ao sistema de câmbio de marchas, buzina e espelho retrovisor.

31.12.17. Só devem ser utilizados máquinas e equipamentos que apresentem dispositivos de acionamento e parada localizados de modo que:

- possam ser acionados ou desligados pelo operador na sua posição de trabalho;
- não se localizem na zona perigosa da máquina ou equipamento;
- possam ser acionados ou desligados, em caso de emergência, por outra pessoa que não seja o operador;
- não possam ser acionados ou desligados involuntariamente pelo operador ou de qualquer outra forma acidental;
- não acarretem riscos adicionais.

31.12.17.1. Nas paradas temporárias ou prolongadas, o operador deve colocar os controles em posição neutra, acionar os freios e adotar todas as medidas necessárias para eliminar riscos provenientes de deslocamento ou movimentação de implementos ou de sistemas da máquina operada.

31.12.18. Só devem ser utilizadas as correias transportadoras que possuam:

- sistema de frenagem ao longo dos trechos onde possa haver acesso de trabalhadores;
- dispositivo que interrompa seu acionamento quando necessário;
- partida precedida de sinal sonoro audível que indique seu acionamento;
- transmissões de força protegidas com grade contra contato acidental;
- sistema de proteção contra quedas de materiais, quando instaladas em altura superior a dois metros;
- sistemas e passarelas que permitam que os trabalhos de manutenção sejam desenvolvidos de forma segura;
- passarelas com guarda-corpo e rodapé ao longo de toda a extensão elevada onde possa haver circulação de trabalhadores;
- sistema de travamento para ser utilizado quando dos serviços de manutenção.

31.12.19. Nos locais de movimentação de máquinas, equipamentos e veículos, o empregador rural ou equiparado deve estabelecer medidas que complementem:

- regras, de preferência de movimentação;
- distância mínima entre máquinas, equipamentos e veículos;
- velocidades máximas permitidas de acordo com as condições das pistas de rolamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15. Norma Regulamentadora 15, Atividades e Operações Insalubres, it 15.1.1, Anexo 1; NR 31. Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura.** Portaria 3.214, de 8 de junho de 1978. Disponível em: <www.mte.gov.br>. (Buscar em <Segurança e Saúde no Trabalho – Legislação.>)

COOPER, W. A. **The ear, hearing, loudness, and hearing damage.** In: CROCKER, M. J. (Org.). Reduction of machinery noise. West Lafayette-USA: Purdue University, 1974. p. 43-50.

ETCHALUS, J. M.; XAVIER FILHO, J. P.; PILATTI, L. A. **Relação entre acidente do trabalho e a produtividade da mão-de-obra na construção civil.** Synergismus scientifica, Pato Branco: SAEPE/JICC e MosTec – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2006.

MACHLINE, C. et al. **Manual da administração da produção.** 7. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1984.



# CAPÍTULO 13

## FUNÇÕES DA EQUIPE DA ALGODOEIRA



A condução de uma usina de beneficiamento exige cada vez mais organização e qualificação de pessoal. Dentro da estrutura organizacional da usina deve haver uma equipe de colaboradores aptos a exercer as funções que lhes forem deliberadas, as quais terão um impacto direto nos resultados finais. É importante entender as funções pertinentes e as responsabilidades competentes a cada cargo. As usinas possuem necessidades distintas com relação à formação de equipes operacionais, de acordo com sua classe: usinas de alta produção modernas ou usinas de baixa produção. O beneficiamento precisa ter profissionais capacitados. Esta capacitação é adquirida em treinamentos técnicos, que respondem às necessidades operacionais e gerenciais e, treinamentos de segurança.

# FUNÇÕES DA EQUIPE DA ALGODOEIRA

## 1. Princípios gerais

As usinas de beneficiamento são unidades de negócios que fazem parte de um processo macro de produção na cadeia da cotonicultura. Trata-se de uma importante etapa que praticamente finaliza e prepara a produção para o mercado, devendo ser administrada e conduzida de forma séria e profissional. Portanto, as pessoas devem efetuar suas atividades e operações visando à segurança dos colaboradores e equipamentos e de forma que tragam a rentabilidade ao seu proprietário, produtor ou prestador de serviços, atendendo a seus objetivos e metas, planejados e previstos em cada safra.

Para isso, é importante que o proprietário da usina tenha conhecimento em relação aos processos produtivos e às necessidades operacionais e organizacionais. Normalmente, as tomadas de decisões referentes a quaisquer investimentos mais significativos são efetuadas pelo próprio dono, que, se estiver baseado num suporte técnico-administrativo somado a uma prática e documentação objetiva de dados e informações, terá mais segurança, confiança e tranquilidade para avançar.

Dentro da estrutura organizacional da usina deve haver uma equipe de colaboradores aptos a exercer as funções que lhes forem deliberadas, as quais terão um impacto direto nos resultados esperados pelo industrial do beneficiamento, pelos produtores e clientes. Portanto, deve haver uma escolha criteriosa da mão-de-obra a ser utilizada e também condições adequadas para o desenvolvimento das atividades. Fatores como capacitação na área, iniciativa, comprometimento e interesse devem ser considerados numa seleção. Uma empresa especializada em recrutamento pode auxiliar este trabalho, de forma objetiva e profissional.

As equipes precisam ser dimensionadas de acordo com a capacidade de cada usina, de forma a atender e obedecer aos limites operacionais estabelecidos por lei (carga horária, turnos, etc.), preservando a saúde ocupacional de seus integrantes. É importante lembrar que as leis trabalhistas no Brasil estão cada vez mais exigentes quanto às competências e capacitação do pessoal, que devem atender às necessidades de acordo com o grau de informatização e automação da usina, a segurança, o nível gerencial e os objetivos gerais a que se propõe. Por este motivo, sugere-se modelar uma organização de cargos e funções compatíveis com essas necessidades.

Para qualquer cargo e função, é indispensável que seja pensado um colaborador que possua perfil de agregar e interagir com a equipe, participativo em ações que demandem reatividade dentro de uma usina, como prevenção e combate a incêndios; ele deve ter iniciativa, respeitar e apoiar os colegas e superiores, ser observador, participativo, organizado, assíduo e conhecedor de premissas como a prática da segurança no trabalho. Também, dentro do possível, devem-se buscar indivíduos que sejam alfabeti-

zados e com conhecimento mínimo em Informática Básica (redator, planilhas...).

Os quadros a seguir, baseados em trabalhos e levantamentos em muitas algodozeiras do Brasil, apresentam os principais cargos e funções indispensáveis a uma boa organização e desenvolvimento técnico-administrativo dos processos de beneficiamento. Neles, constam:

- Equipe Gerencial: gerente e maquinista (Quadros 13.1 e 13.2);
- Equipe de Descarga e Alimentação: operador do desmanchador de fardões ou piranheiro (Quadro 13.3);
- Equipe do Descarçamento: frentistas (Quadro 13.4);
- Equipe da Prensagem: operador de prensa ou preneiro e assistente de preneiro, balanceiro ou marcador de fardos (Quadros 13.5 e 13.6);
- Coordenador de Manutenção (Quadro 13.7);
- Coordenador de Qualidade e Umidade (Quadro 13.8).

## 2. Principais cargos na algodoeira

### 2.1. Equipe gerencial

**Quadro 13.1.** Cargo de gerente.

|              |  |
|--------------|--|
| Descrição    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Voltado à administração geral dos processos;</li> <li>– Responsável por integrar campo, usina e mercado;</li> <li>– Comprometido com o desempenho geral, operacional e funcional do beneficiamento e seus colaboradores;</li> <li>– Analista de relatórios;</li> <li>– Responsável por avaliar e definir a necessidade e o momento oportuno de efetuar investimentos para usina e/ou buscar um apoio técnico especializado, que lhe dê suporte ao andamento das atividades.</li> </ul>  |
| Funções      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Planejar, de forma global, a safra de beneficiamento;</li> <li>– Organizar cronogramas e programação das atividades do beneficiamento;</li> <li>– Analisar os controles e registros, andamento do planejamento e das atividades programadas para a produção prevista para a safra e a entressafra;</li> <li>– Acompanhar as atividades e medições de indicadores;</li> <li>– Coordenar, supervisionar e proporcionar treinamentos, programas de capacitação e segurança para toda a equipe da algodoeira;</li> <li>– Auxiliar nas tomadas de decisões sobre manutenção e reparos do maquinário;</li> <li>– Ajudar o maquinista, quando necessário;</li> </ul> |
| Qualificação | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conhecer o processo global do beneficiamento e a gestão sobre usinas;</li> <li>– Ser criativo e inovador, atento aos avanços tecnológicos voltados ao beneficiamento;</li> <li>– Conhecer o sistema de operações da usina, máquinas, equipamentos e instrumentos, princípios de funcionamento, operação e necessidades de manutenção;</li> <li>– Conhecer a cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil e mercado;</li> <li>– Conhecer sobre a qualidade da fibra, suas características extrínsecas e intrínsecas, análises laboratoriais.</li> </ul>  |

Para um gerente de usina, a abrangência do leque de funções e qualificações não se limita às questões técnicas. Trata-se de um cargo com alguma autonomia para decisões e que, muitas vezes, indica ao proprietário as demandas necessárias para o bom funcionamento do sistema. Um exemplo é ponderar sobre a contratação ou a formação de parcerias com empresas de consultoria e assessoria especializada na área do beneficiamento, para efetuar avaliações e recomendações sobre o processo ou necessidades de melhorias e investimentos em máquinas, entre outros. Além disso, o cargo especifica um representante direto da empresa, que, portanto, deve desenvolver e manter uma liderança frente às equipes, fomentar as boas relações com os clientes e os colaboradores. Dentro deste panorama gerencial, deve conhecer a legislação trabalhista, ambiental e de segurança no trabalho, e também dominar a Informática Básica, Aplicativa e Analítica.

**Quadro 13.2.** Cargo de maquinista.

|              |  |
|--------------|--|
| Descrição    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Voltado à operação e ao funcionamento geral da algodoeira;</li> <li>– Responsável pelo desenvolvimento dos trabalhos e da produção;</li> <li>– Comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança e com o desempenho da operação geral do processo;</li> <li>– Mantém o controle de todos os registros;</li> <li>– Efetua indicações e as argumenta sobre as necessidades para o bom funcionamento dos processos.</li> </ul>   |
| Funções      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Avaliar as condições e o estado físico do algodão a ser beneficiado (umidade, impurezas, volumes);</li> <li>– Avaliar as condições para o bom funcionamento da usina, a cada dia de safra;</li> <li>– Definir, em conjunto com o gerente, a sequência de máquinas a ser utilizada no processo, pelas condições do algodão e pela necessidade de contratos/mercado;</li> <li>– Analisar, planejar, programar e coordenar as manutenções de rotina e reparos menores;</li> <li>– Coordenar e dar suporte técnico aos membros da equipe;</li> <li>– Delegar e supervisionar as operações de limpeza e manutenção do ambiente da algodoeira.</li> </ul>   |
| Qualificação | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conhecer a fundo os processos de produção e toda a relação lavoura/beneficiamento/mercado;</li> <li>– Ser criativo e inovador, atento aos avanços tecnológicos voltados ao beneficiamento;</li> <li>– Conhecer o sistema de operações da usina, máquinas, equipamentos e instrumentos, princípios de funcionamento, operação e necessidades de manutenção;</li> <li>– Conhecer a cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil e mercado;</li> <li>– Conhecer a qualidade da fibra, suas características extrínsecas e intrínsecas, análises laboratoriais;</li> <li>– Possuir noções básicas de operação e manutenção do sistema elétrico da usina;</li> <li>– Ter noções básicas sobre sistemas e dispositivos de gás e de outras formas de geração de calor (caldeira, fornalha);</li> <li>– Conhecer tecnicamente a gestão de umidade e de limpeza do processo de beneficiamento.</li> </ul> |

No enfoque gerencial, o maquinista tem um papel muito importante, porque é o elo operacional direto entre o gerente e os colaboradores. De suas ações diretas depende a organização da equipe. Da mesma forma, o cargo possui uma abrangência de funções que não se resumem à questão técnica. Precisa também se envolver com outras questões, como a capacitação dos colaboradores, legislação ambiental e trabalhista, transporte e armazenamento dos produtos não processados ou a processar, e os controles de indicadores de metas e resultados estabelecidos pela empresa.

Somado a isto, deverá agregar a habilidade para lidar com visitantes, clientes e colaboradores, dar suporte ao gerente nas tomadas de decisões voltadas a investimentos e contratações, rotinas de operação e funcionamento das máquinas. Por esse motivo, é bastante comum, no Brasil, a equipe contar com um membro auxiliar de maquinista, que dá o apoio necessário para operacionalizar as ações, pois é necessário um auxiliar direto para assessoramento e substituição em casos esporádicos ou programados, além de ser um substituto direto e aspirante natural ao cargo de maquinista.

## 2.2. Equipe de descarga e alimentação

**Quadro 13.3.** Cargo de operador de desmanchador de fardões (piranheiro).

|              |   |
|--------------|---|
| Descrição    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Voltado à alimentação da usina com algodão em caroço;</li> <li>– Responsável pelo abastecimento da pista, operação e funcionamento do desmanchador de fardões e sistema de transporte do material para dentro da usina;</li> <li>– É comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança, e com o desempenho de operação global do processo.</li> </ul>  |
| Funções      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Coordenar o abastecimento da pista de fardões, em conjunto com o maquinista;</li> <li>– Operar o desmanchador de fardões;</li> <li>– Auxiliar nos serviços de manutenção preventiva ou corretiva do desmanchador, fita (correia), ou outros a que for convocado;</li> <li>– Avaliar as condições de funcionamento e estado físico das peças, acessórios de reposição e estrutura do desmanchador;</li> <li>– Observar, no algodão do fardão, os níveis de umidade, impureza, e comunicar ao maquinista ou coordenador de qualidade.</li> </ul> |
| Qualificação | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conhecer a operação das máquinas, princípios de funcionamento e de manutenção do desmanchador e fita (correia).</li> </ul>   |

No Brasil, o cargo de operador do desmanchador de fardões geralmente tem uma ação direta no desempenho das usinas antigas em função de ser o controlador, muitas vezes manualmente, que fornece o ritmo da alimentação. Nas usinas modernas, isto já é mais automatizado, assim como em algumas usinas de processos antigos. Porém, embora a tecnologia avance, o controle visual de algumas ações é importante para a continuidade da produção. O piranheiro, como é comumente chamado o operador, pode contribuir muito em indicações sobre as necessidades do abastecimento da usina e das máquinas de descarga, para o seu bom funcionamento.

### 2.3. Equipe do descaroçamento

O descaroçamento é a principal função de uma usina. É o coração do processo. A responsabilidade do cargo de operador de descaroçador, mais conhecido como frentista, é primordial para a obtenção de qualidade e rentabilidade da usina. Está diretamente ligado à produtividade e a custos, necessitando, portanto, de mão-de-obra que possa absorver todas as funções previstas no quadro. Seja numa usina moderna de alto rendimento ou numa usina de processo antigo de baixo rendimento, o simples ato de controlar e evitar um embuchamento liga-se a um fato maior de evitar um incêndio, de perdas irreparáveis e prejuízos relevantes. No Brasil, este é um ponto crítico, que deve ser trabalhado de forma muito profissional e bem definida pelos donos, gerentes e maquinistas nas usinas: deve-se selecionar bem esse candidato quanto à sua real capacitação e comprometimento.

**Quadro 13.4.** Cargo de operador de descaroçador (frentista).

|              |   |
|--------------|---|
| Descrição    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Voltado à operação, preservação, proteção e bom funcionamento do descaroçador, bem como, à qualidade do descaroçamento e da fibra resultante.</li> <li>- É comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança, e com o desempenho do descaroçador e da operação global do processo.</li> </ul>  |
| Funções      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auxiliar nos serviços de manutenção preventiva ou corretiva dos descaroçadores, ou outros a que for convocado;</li> <li>- Avaliar as condições de funcionamento e estado físico das peças, acessórios de reposição e estrutura do descaroçador;</li> <li>- Observar, no algodão em benefício, os níveis de umidade, impureza, volume e desempenho de descaroçamento;</li> <li>- Definir, em conjunto com o maquinista, os ritmos e regulagens a serem estabelecidos para a produção;</li> <li>- Observar anomalias no benefício e formação de embuchamentos, possíveis focos de incêndio;</li> <li>- Observar o funcionamento, conservação e limpeza dos limpadores de pluma.</li> </ul> |
| Qualificação | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer a operação das máquinas, princípios de funcionamento e de manutenção do descaroçador;</li> <li>- Possuir noções sobre a cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil;</li> <li>- Conhecer a qualidade da fibra e ter noções sobre as suas características.</li> </ul>   |

A avaliação do frentista com relação ao descaroçamento que está sendo efetivado é importante para adotar medidas corretivas e de melhorias nesse processo. As informações poderão dar suporte às decisões operativas do maquinista e outras, pelo gerente. Também cabe ao frentista procedimentos pontuais e importantes em casos especiais como incêndio, o que será tratado no capítulo 12 sobre segurança.



**Figura 13.1.** Operador de descaroçador ou frentista. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).

### 2.4. Equipe de prensagem

**Quadro 13.5.** Cargo de operador de prensa (preenseiro).

|              |   |
|--------------|---|
| Descrição    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Voltado à operação, preservação, conservação e ao funcionamento geral da prensa pela qual é responsável;</li> <li>- É comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança e com o desempenho de operação global do processo.</li> </ul>  |
| Funções      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auxiliar nos serviços de manutenção preventiva ou corretiva da prensa, ou outros a que for convocado;</li> <li>- Avaliar as condições de funcionamento e estado físico das peças, acessórios de reposição e estrutura da prensa;</li> <li>- Observar a limpeza e possíveis vazamentos de óleo na prensa;</li> <li>- Observar a regularidade da manta de fibra na bica, a frequência de operação do calcador e o nível de amperagem, para o controle de giro;</li> <li>- Dispor e organizar, para uso, os insumos necessários (arame ou fita, sacão ou tela);</li> <li>- Efetuar a amarração do fardo (arame ou fita).</li> </ul> |
| Qualificação | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer a operação das máquinas, princípios de funcionamento, de segurança e de manutenção da prensa.</li> </ul>  |

**Quadro 13.6.** Cargo de assistente de prensa, balanceiro ou apontador de fardos.

|              |   |
|--------------|---|
| Descrição    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Voltado ao apoio dos serviços do preneiro, embalagem, pesagem, identificação e transporte do fardo, da prensa até a balança e à área de espera.</li> <li>- É comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança e com o desempenho de operação global do processo.</li> </ul>   |
| Funções      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Observar a operação da prensa e auxiliar o preneiro, se necessário;</li> <li>- Coletar amostras de cada fardo;</li> <li>- Embalar o fardo e colocar a etiqueta de identificação;</li> <li>- Transportar o fardo da prensa para a balança e, depois, para a área de espera;</li> <li>- Efetuar a pesagem, o registro do peso e manter o controle sobre os fardos, como fardão de origem;</li> <li>- Observar o bom funcionamento da balança de fardos.</li> </ul> |
| Qualificação | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer a operação da balança de fardos;</li> <li>- Ter noções básicas sobre o funcionamento e a manutenção da prensa e a amarração dos fardos;</li> <li>- Conhecer sobre embalagem e identificação de fardos;</li> <li>- Conhecer sobre coleta de amostras do fardo.</li> </ul>  |

O operador de prensa tem um papel muito relevante na produtividade da usina, pois qualquer problema na prensa tem uma repercussão imediata sobre o ritmo de beneficiamento. O comprometimento do operador de prensa com a observação do funcionamento, manutenção preventiva e segurança é primordial. Suas indicações são de grande valia para a melhoria e o bom funcionamento do sistema.



**Figura 13.2.** Equipe de preneiros e auxiliares em usina moderna. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).

## 2.5. Coordenador e encarregado da manutenção

No Brasil, é pouco usual um cargo específico para a manutenção. Normalmente, é o maquinista e seu auxiliar que assumem esse papel. Porém, com as diversas funções que têm sobre sua responsabilidade, acabam por ficar sobrecarregados e não conseguem atender a todas as necessidades, nem mesmo identificá-las para poder planejar alguma ação.

Este cargo específico da manutenção é estratégico para a produtividade e a qualidade dos produtos<sup>1</sup>. O coordenador de manutenção pode ser um auxiliar de maquinista ou aspirante ao cargo de maquinista, com a condição de ser especializado e dispor do tempo necessário para um trabalho sistemático, planejado e de qualidade.

**Quadro 13.7.** Coordenador de manutenção.

|              |   |
|--------------|---|
| Descrição    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Voltado à operação e ao funcionamento geral da algodoeira, suas etapas de produção, à organização e execução da manutenção das máquinas, reposição e estoques de peças para a atividade;</li> <li>- Indica e apoia o maquinista em tomadas de decisões voltadas ao funcionamento da usina;</li> <li>- É comprometido com a interatividade da equipe x equipamentos x operação x segurança e com o desempenho de operação global do processo;</li> <li>- Efetua indicações, argumentando sobre as necessidades para o bom funcionamento da usina.</li> </ul>  |
| Funções      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantar dados e informações, através de documentação de registros disponíveis;</li> <li>- Efetuar inspeções pessoais diárias nas máquinas em todo o processo, almoxarifado e oficinas;</li> <li>- Efetuar entrevistas e reuniões com colaboradores, a fim de auxiliar nos planos das manutenções preditivas, preventivas e corretivas na usina;</li> <li>- Organizar, planejar, customizar e programar, juntamente com o maquinista e o gerente da usina, as manutenções de rotina e reparos;</li> <li>- Coordenar e convocar auxílio para as manutenções programadas e corretivas da usina;</li> <li>- Acompanhar, com o maquinista, os ritmos e regulagens a serem estabelecidos para a produção;</li> <li>- Auxiliar os operadores da usina, sempre que necessário.</li> </ul> |
| Qualificação | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer a operação das máquinas, princípios de funcionamento e de manutenção;</li> <li>- Ter noções de mecânica, tornearia, soldas, eletricidade e outros dispositivos;</li> <li>- Conhecer o manuseio e o funcionamento de instrumentos de medição (voltí-amperímetro, termo-higrômetro, etc.);</li> <li>- Possuir noções sobre a cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil;</li> <li>- Possuir noções sobre a qualidade da fibra e suas características.</li> </ul>  |

<sup>1</sup> - Ver a Parte 10 deste Manual, referente à manutenção.

## 2.6. Coordenador do controle de qualidade e umidade do algodão

Da mesma forma que o cargo de Coordenador de Manutenção, no Brasil, também é pouco usual o cargo para o controle da qualidade do beneficiamento e da umidade do algodão. Geralmente, o maquinista só efetua, ou delega alguém para fazer, uma medição de umidade do algodão em caroço no fardão e, eventualmente, em alguns fardos de fibra prontos. Também eventualmente é efetuada uma classificação do algodão em caroço antes de beneficiá-lo.

O nível de perdas no processo de beneficiamento justamente em função da falta de acompanhamento e controle, bem como, de conhecimento sobre as práticas e gestão de umidade, é de grande monta e impactante quando visualizado pelo industrial, cliente, acionistas e gestores. Trata-se de uma perda invisível que, por não ser vista, não é sentida e geralmente não é considerada.

A umidade do algodão em caroço e as impurezas trazidas da colheita determinam a produtividade da usina e a qualidade da fibra resultante. Uma gestão afinada destes dois fatores renderá bons lucros a cada safra e pagará suficientemente o profissional do cargo. A interação entre colheita e beneficiamento é grande e, com frequência, o produtor perde muito no beneficiamento, pensando ganhar na colheita com velocidades altas e placas apertadas. O Coordenador de Qualidade e Umidade pode trazer muita melhoria no custo-benefício global dessas duas operações, pela relação que pode reforçar entre equipes e melhorias que deve sugerir, baseado em conhecimento da colheita e do beneficiamento, das medições e observações da qualidade da fibra produzida. Este é um cargo normalmente usado por empresas de grande porte e se envolve em quase todas as etapas do processo de beneficiamento. Também é opcional nas usinas e deve ser ocupado por um colaborador, no mínimo, com nível técnico, pois exige um conhecimento mais apurado, por ser estratégico. Para tal, é indispensável o uso de instrumentos de medição e um mínimo de capacitação do colaborador designado ao cargo.

**Quadro 13.8.** *Coordenador de qualidade e umidade do algodão.*

|              |  |
|--------------|--|
| Descrição    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Voltado à análise das condições físicas do algodão em caroço antes de iniciar o processo de beneficiamento, através da avaliação do índice de impurezas e umidade no fardão;</li> <li>– Gestão sistemática da secagem para o processo de limpeza, da umidificação do algodão em caroço e da fibra a ser enfardada;</li> <li>– Análise e avaliação geral do funcionamento do processo voltado a resultados estabelecidos pela empresa, buscando qualidade, eficiência e redução de custos.</li> </ul>  |
| Funções      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Levantar e registrar dados e informações através de medições sistemáticas da umidade do algodão em caroço nas diversas etapas do processo e da fibra, antes e depois do enfardamento;</li> <li>– Definir parâmetros para a regulação do funcionamento (ritmo, temperaturas, umidade);</li> <li>– Analisar a documentação de registros disponíveis;</li> <li>– Efetuar medições e inspeções pessoais diárias nos sistemas geradores de calor que originam a secagem e a umidificação;</li> <li>– Manter informada a equipe gerencial sobre os níveis e regularidade da secagem e umidificação da usina;</li> <li>– Definir parâmetros de qualidade para obter com o devido funcionamento do processo.</li> </ul> |
| Qualificação | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conhecer os processos de beneficiamento;</li> <li>– Conhecer sobre algodão em caroço e em pluma, a umidade e sua importância para o beneficiamento;</li> <li>– Possuir noções básicas sobre a qualidade da fibra e suas características;</li> <li>– Possuir noções sobre a cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil;</li> <li>– Conhecer indicadores, metas e resultados;</li> <li>– Ter noções básicas sobre métodos de colheita.</li> </ul>   |

## 3. Formação de equipes operacionais

As usinas de beneficiamento podem ser divididas em duas classes<sup>1</sup> e possuem necessidades distintas com relação à formação de equipes operacionais:

- Usinas de Alta Produção – Chamadas de máquinas modernas, cujos processos são projetados para alta capacidade de processamento, utilizando equipamentos com alta tecnologia (Lummus, BUSA, Continental). Geralmente compostas com 1, 2, 3 ou mais descarçadores de alta capacidade (170-201 serras);

<sup>1</sup> - Neste trabalho, usamos as nomenclaturas “usinas modernas e/ou antigas”.

- Usinas de Baixa Produção – Conhecidas como usinas de desenho antigo. Geralmente, possuem máquinas com longo tempo de operação, 30 a 50 anos, utilizadas nos períodos de iniciação do algodão no Brasil, projetadas para processar algodão de colheita manual (Piratininga, Murray, Centenial, Lummus, Continental, entre outras). São compostas com 1 ou 2 conjuntos de 5 ou 6 descarçadores (80-90 serras). Embora existam máquinas novas de fabricação atual, que utilizam alguns acessórios e dispositivos tecnológicos modernos e de automação, permanecem com projetos de engenharia antigos, que eram voltados para a colheita manual, porém com adaptações periféricas e complementares (pré-limpeza) para o algodão colhido mecanicamente (Candeloro, R&V, Algoden, entre outros).

Através de um levantamento efetuado em diversas usinas especializada em beneficiamento de algodão, pela empresa de consultoria Cotimes do Brasil, apesar das diversas configurações de opções para formação das equipes, há uma predominância no país que sugere a formação de equipes-base para operações das usinas antigas e modernas, assim constituídas:

**Tabela 13.1.** Número de colaboradores por tipo de usina (média).

| Cargo   | Usina Antiga<br>(2 conjuntos) | Usina Moderna<br>(2 descarçadores) |
|---|-------------------------------|------------------------------------|
| Gerente                                       | 1                             | 1                                  |
| Maquinista                                    | 2                             | 2                                  |
| Auxiliar de Maquinista                        | 2                             | -                                  |
| Coordenador de Manutenção                     | 1                             | 1                                  |
| Eletricista                                   | 1                             | 1                                  |
| Coordenador de Qualidade e Umidade            | 1                             | 1                                  |
| Operador do Desmanchador de Fardões (Piranha) | 4                             | 2                                  |
| Operador do Descarçador (Frentista)           | 8                             | 2                                  |
| Operador de Prensa (Preseiro)                 | 4                             | 2                                  |
| Operador de Balança / Apontador de Fardos     | 2                             | 2                                  |
| Operador de Fibrilha                          | 2                             | -                                  |
| Serviços Gerais                               | 5                             | 4                                  |
| Total   | 33                            | 20                                 |

As funções de movimentação e armazenamento de fardões e fardos (operador de transmódulo, operador de empilhadeira e emblocador), bem como, carregamento de caroço (operador de pá carregadeira) devem ser estabelecidas pelo proprietário ou gerente, de acordo com o dimensionamento das capacidades de armazenagem e movimentação da usina.

Muitas usinas criam e determinam novos cargos, de acordo com suas necessidades, porém a capacitação e a segurança no trabalho são pontos bases que devem ser considerados e devidamente avaliados nesses casos, assim como o custo-benefício que o cargo e suas funções somarão às atividades da usina.

O beneficiamento precisa de profissionais capacitados. Os treinamentos técnicos (Figura 13.3) respondem às necessidades operacionais e gerenciais. Os treinamentos de segurança devem ser uma constante nas rotinas das usinas e o curso da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) é indispensável. As atividades numa usina de beneficiamento são, na maioria, de alto risco ou de danos impactantes. As práticas de prevenção e de combate a incêndios devem ser constantemente praticadas coletivamente e individualmente, em cada etapa do processo, tendo cada cargo bem definida sua função e procedimento nesses casos.

É importante que os proprietários, gerentes ou responsáveis pelas usinas tenham em mãos, bem definidas, todas as funções correspondentes a cada cargo existente, independente de sua hierarquia. O papel gerencial é de total relevância para que os colaboradores estejam todos engajados e motivados, alcançando, assim, todos os objetivos da empresa.



**Figura 13.3.** Treinamento de equipe em uma usina. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).

# CAPÍTULO 14

## QUALIDADE DA FIBRA E DO CAROÇO

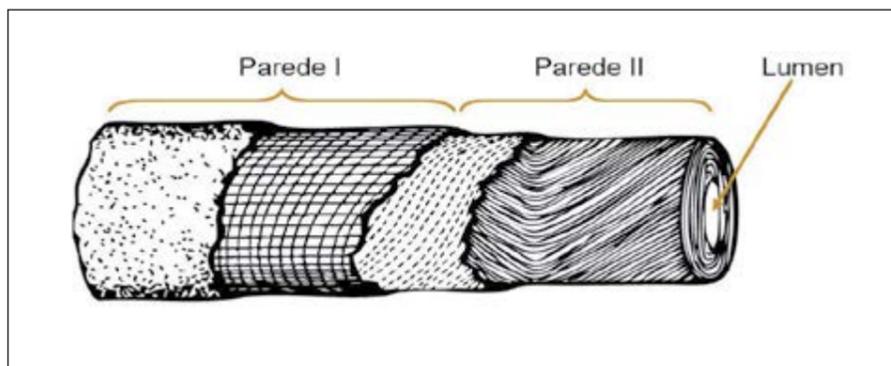
A scanning electron micrograph (SEM) showing the intricate, fibrous structure of cotton. The image displays several bundles of fibers, with a prominent, thick, and textured seed coat (caroço) in the foreground. The fibers are long, thin, and appear to be composed of multiple layers or fibrils. The background is dark, highlighting the complex, three-dimensional structure of the cotton components.

As fibras portadas pelo caroço de algodão são essencialmente constituídas de celulose. Dividem-se em duas categorias: as fibras fiáveis e as fibrilhas, ou linter. As fibras são separadas mecanicamente do caroço no descaroçamento. A qualidade das fibras se refere às características intrínsecas (comprimento, resistência, *micronaire*, maturidade, finura, cor e *neps*) e extrínsecas (contaminação e preparação). O caroço de algodão é composto de um embrião protegido por uma casca. A qualidade do caroço depende principalmente das suas propriedades intrínsecas (PMS – peso de mil sementes, taxa de germinação, de linter, de óleo, de proteínas e de um pigmento tóxico, o gossipol). O beneficiamento tem um impacto forte sobre a qualidade da fibra e do caroço. Por isso é fundamental dominar na algodoeira a gestão da umidade e da limpeza do algodão em caroço e da fibra, assim como o descaroçamento.

## QUALIDADE DA FIBRA E DO CAROÇO

### 1. Qualidade da fibra

#### 1.1. Estrutura e composição



**Figura 14.1.** Estrutura da fibra de algodão. (Parry, 1981, p. 226).

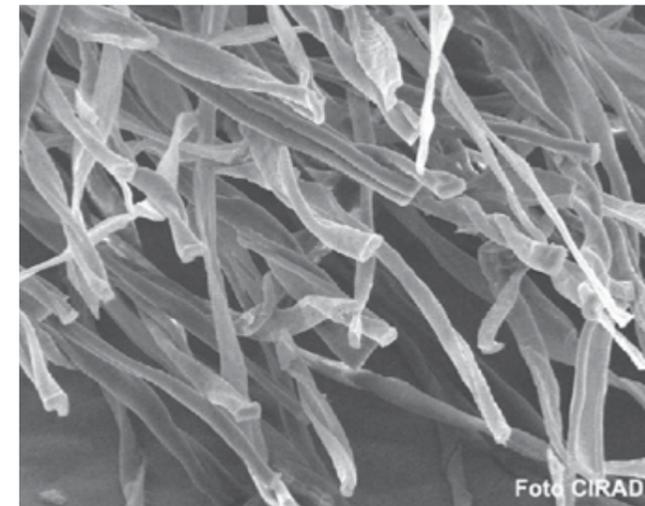
Cada fibra de algodão origina-se de uma célula única do tegumento do caroço, que cresce muito em comprimento e se enche, por depósito progressivo de celulose, contra a parede primária (Figura 14.1).

Na base, o pé estreito mantém a fibra solidária da camada externa da casca do caroço (Figura 14.2). Quando uma força puxa a fibra, a estrutura fina do pé favorece a ruptura da fibra na base, deixando uma cratera na superfície do caroço. Neste caso, o comprimento da fibra é preservado.

Na abertura do capulho, a fibra resseca e pega uma forma mais ou menos torcida, dependendo da importância do depósito de celulose.

As fibras portadas por um caroço são de duas categorias: a fibra fiável, ou *lint*, de comprimento de 25 a 45 mm dependendo da espécie de algodoeiro, e a fibrilha, ou *linter*, de comprimento máximo de alguns milímetros. Um caroço comporta cerca de 10.000 fibras, e de 5 a 10.000 fibrilhas.

**Figura 14.2.** Inserção da fibra no caroço. (Foto: CIRAD, 1996).



**Figura 14.3.** Heterogeneidade de forma. (Foto: CIRAD, 1996).



**Figura 14.4.** Heterogeneidade de cor. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).

A fibra de algodão é uma fibra natural, matéria biológica e um produto agrícola. Apresenta heterogeneidade de forma (Figura 14.3), de cor (Figura 14.4) e contaminação por várias matérias estranhas (Figura 14.5).

#### 1.2. Características intrínsecas

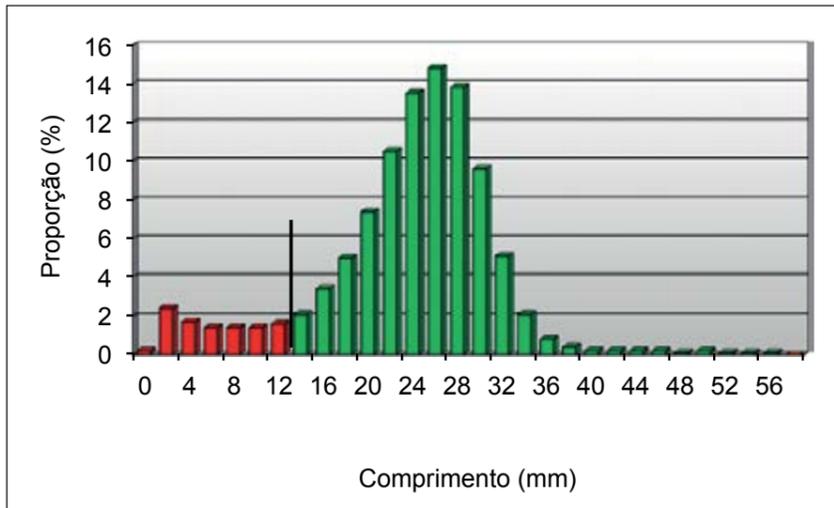
##### 1.2.1. Comprimento

Numa amostra de fibra, o comprimento é muito variável entre fibras (Figura 14.6). A distribuição do comprimento é caracterizada por vários parâmetros:

- O comprimento comercial, ou *pulling*, ou *staple*, é estimado visualmente por um classificador. É essencial para o valor de mercado do algodão, mas não é o mais importante para o usuário, pois representa apenas uma pequena parte da população de fibras. É importante para algumas regulagens na indústria têxtil;
- O comprimento *Upper Half Mean Length* (UHML) é fornecido pelos métodos físicos de análise (classificação instrumental). Fica próximo ao comprimento *staple*;
- O comprimento médio de todas as fibras é fornecido pelos métodos físicos. É mais bem relacionado com a resistência do fio do que o comprimento comercial;
- A uniformidade de comprimento é a taxa média de dois comprimentos. Ela expressa a sua regularidade ou homogeneidade. É o parâmetro *Uniformity Index* (UI) da classificação instrumental;



**Figura 14.5.** Contaminação por matérias estranhas. (Foto: Cotimes do Brasil, 2008).



**Figura 14.6.** Distribuição de comprimento e fibras curtas. (Cotimes, 2003).

- A taxa de fibras curtas expressa a porcentagem de fibras de comprimento menor do que meia polegada, ou seja, 12,7 mm (Figura 14.6). Os instrumentos de classificação fornecem o *Short Fiber Index* (SFI) – a taxa de fibras curtas por peso.

### 1.2.2. Resistência

Quando uma força de alongamento é aplicada às extremidades de uma fibra, ela alonga. Além de uma certa força (variável dependendo das fibras), a fibra quebra. A resistência à ruptura medida num feixe de fibras é a força de tração necessária para romper o feixe em relação à sua massa linear.

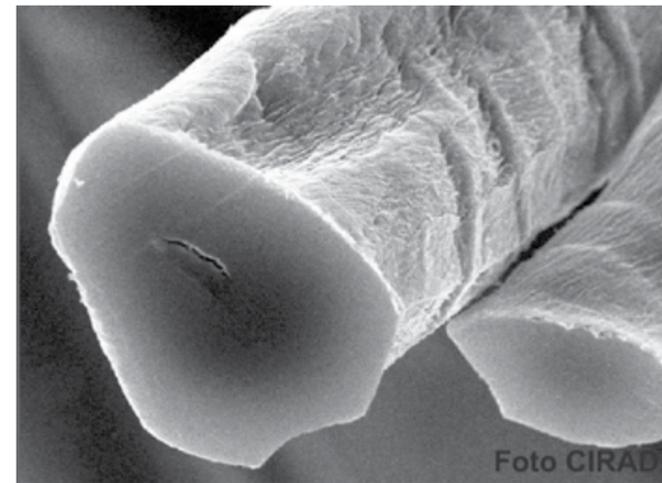
A resistência ou tenacidade à ruptura da fibra é uma característica importante, pelas seguintes razões:

- As fibras resistentes são mais tolerantes a estresse mecânico no beneficiamento e na fição. Baixa resistência envolve quebras e aumento da taxa de fibras curtas;
- A resistência da fibra influencia fortemente a resistência do fio e as quebras no decorrer do processo de fição.

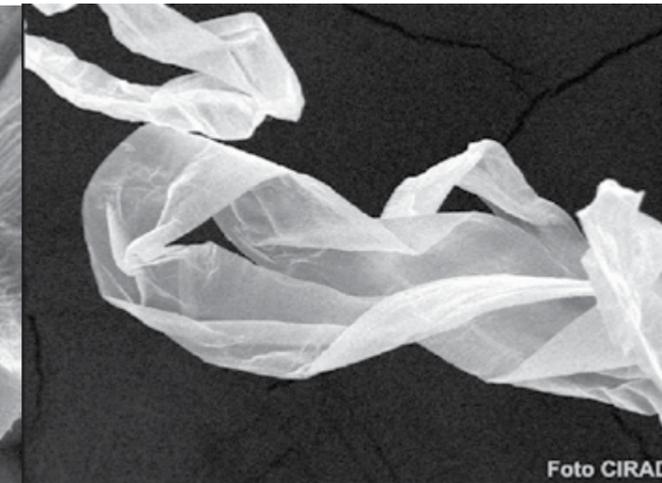
### 1.2.3. Maturidade, finura e índice *micronaire*

A maturidade representa a importância do espessamento da fibra com celulose. A espessura da parede secundária varia de acordo com as condições de cultivo. Uma parede grossa caracteriza uma fibra madura (Figura 14.7) e uma parede fina caracteriza uma fibra imatura. Em casos extremos, espessura insignificante corresponde a uma fibra morta (Figura 14.8). A maturidade influencia a resistência da fibra e fibras imaturas quebram-se facilmente, afetando negativamente os parâmetros de comprimento. Quanto mais madura é a fibra, melhor ela responderá ao tingimento (Figura 14.9).

A finura linear de uma fibra (H) se expressa pela massa por unidade de comprimento (militex). Depende do perímetro exterior da fibra e do seu enchimento em celulose. Fibras com baixa finura linear permitem fabricar fios finos. Se todas as outras características forem iguais e considerando-se a fibra individualmente, quanto mais fina ela for,



**Figura 14.7.** Espessura da parede. (Foto: CIRAD, 1996).



**Figura 14.8.** Fibra morta. (Foto: CIRAD, 1996).

menor será a sua resistência. A finura intrínseca (Hs) representa a finura para um nível de maturidade dado. É uma característica fortemente dependente da variedade.

O índice *micronaire* é um parâmetro que combina a maturidade e a finura intrínseca da fibra. Para uma mesma variedade, as variações de *micronaire* refletem as de maturidade. Mas, quando se trata de comparar variedades, distintos *micronaires* podem originar tanto diferenças de finura quanto de maturidade, o que tem significado para a indústria têxtil.



**Figura 14.9.** Efeito da maturidade das fibras sobre o tingimento de um tecido de algodão. (Foto: CIRAD, [2000]).

### 1.2.4. Cor

A cor entra na determinação do grau comercial e o mercado considera a sua importância. Ela tem dois componentes: a reflectância (Rd%) e o índice de amarelamento (+b). A reflectância ou brilho representa a capacidade de o algodão refletir a luz, com valores geralmente entre 40 e 85%. Um Rd% baixo indica um algodão opaco e cinza, e um Rd% alto um algodão brilhante.

Um algodão de pouco brilho pode ter sofrido agressões climáticas (chuvas, sol) que podem ter afetado outras características, como a resistência. O índice de amarelamento expressa a cor da luz refletida pelo algodão, do branco ao amarelo, com valores geralmente entre 4 e 18 (sem unidade). A cor amarela de um algodão pode ser genética, mas também decorrente da proteção fitossanitária insuficiente, secagem com temperaturas exageradas ou armazenagem prolongada.

A cor do algodão pode então dar indicações sobre as condições da sua produção.

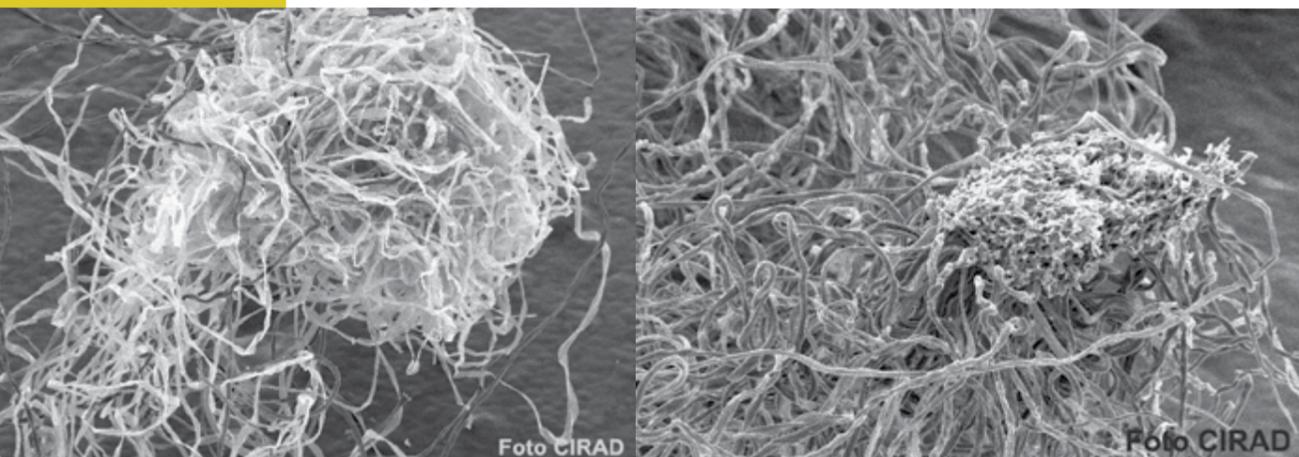
### 1.2.5. Neps

Os *neps* são constituídos de fibras. Afetam o aspecto, a qualidade do fio e a do produto acabado. Existem dois grandes tipos de *neps* na fibra produzida na usina de beneficiamento:

Os "*neps fibra*" são formados exclusivamente de fibras em massa encarneirada e não organizada (Figura 14.10). Podem ter como origem:

- Fibras imaturas: neste caso, o *neps* tem um núcleo de 0,3 a 3 mm de diâmetro e um feixe de fibras de 5 a 10 mm de comprimento, podendo atingir 25 mm (SASSER e HINKLE, 1988). Ocasionalmente ocasiona problemas de tingimento.
- Manipulações mecânicas da fibra na colheita e no beneficiamento (pré-limpeza, descaroador, limpador de pluma) ou no início do processo de fição: estes *neps* têm origem puramente mecânica e são chamados de "*neps processo*".

Os "*neps casca*" são formados de fibras portadas por fragmentos de casca de caroço arrancados durante a separação da fibra e do caroço no descaroador (Figura 14.11). Uma parte dos *neps* de casca é removida pelos limpadores de pluma e cardas. Essas operações também fragmentam os *neps* casca em pedaços menores.



**Figura 14.10.** *Nep de fibra.* (Foto: CIRAD, 1996).

**Figura 14.11.** *Nep de casca de caroço.* (Foto: CIRAD, 1996).

## 1.3. Características extrínsecas

### 1.3.1. A contaminação

Os contaminantes são matérias estranhas introduzidas na fibra entre a abertura dos capulhos e a utilização na fição. A presença de contaminantes é um problema importante para a indústria têxtil e gera uma perda de valor

comercial da fibra, que pode ser alta no caso das fibras de caules ou da pegajosidade.

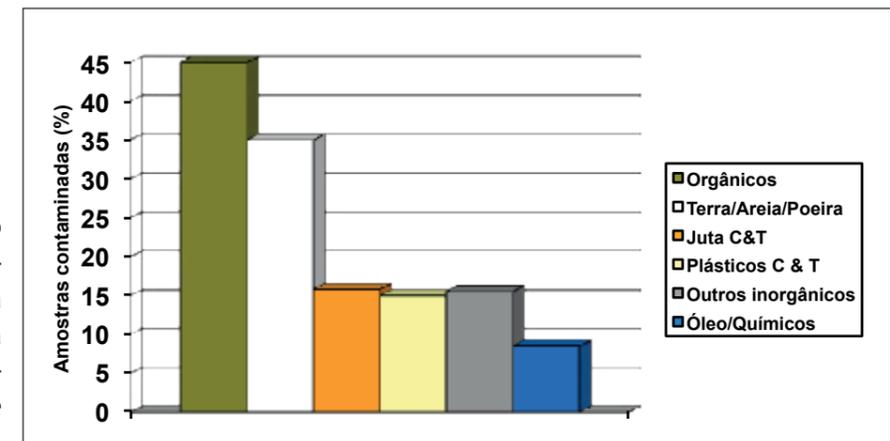
Os principais contaminantes encontrados na fibra de algodão são as matérias vegetais, plásticas e minerais:

- fragmentos de folhas, gravetos, caules, caroço e de casca de caroço, levando ou não fibras;
- fibras vegetais de embalagem (algodão, juta);
- plástico na forma de fibras, cordas ou filme;
- matérias minerais (areia, poeira) ou metálicas;
- substâncias químicas, tais como graxa e óleo;
- dejetos açucarados (açúcares entomológicos).

No Brasil, a fibra de algodão apresenta uma contaminação principalmente orgânica (fragmentos vegetais) (Figura 14.12).

### 1.3.2. A preparação

A preparação é o aspecto irregular e encarneirado da amostra de fibra que apresenta mechas (Figura 14.13). Resulta de um tratamento violento (ritmo de beneficiamento alto) ou inadequado (colheita deficiente e beneficiamento de algodão úmido) da fibra, que deixa um alto teor de *neps*.



**Figura 14.12.** *Contaminação da fibra brasileira.* (Fonte: ITMF, 2003-2009).



**Figura 14.13.** *Amostra com preparação.* (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 14.14.** Corte de um caroço de algodão. (Foto: Cotimes, 2004).

## 2. O caroço

### 2.1. Estrutura e composição

O caroço de algodão é constituído de um miolo, protegido por uma casca chamada tegumento, que traz fibras (Figura 14.14).

- O miolo (50 a 60% do peso do caroço) contém o embrião que, após a germinação, dará origem a um novo algodoeiro. O caroço é rico em óleo e proteínas.
- A casca (30 a 40% do peso do caroço) é formada de 6 camadas de células. A camada mais externa tem as fibras e fibrilhas. É essa que se arranca para formar os *neps* de casca.

### 2.2. Características intrínsecas

As principais características medidas no caroço de algodão são:

#### 2.2.1. *Seed index* (massa de 100 caroços)

Geralmente, tem entre 5 e 15 g. Depende da variedade e igualmente das condições de cultura (solo, alimentação hídrica, competição com plantas daninhas). Um *seed index* baixo é associado ao caroço de pequeno tamanho (com risco de passar entre as costelas do descaroçador junto com a fibra) e/ou pouco desenvolvido (com risco de fibras imaturas).

#### 2.2.2. Taxa de germinação (percentual de sementes com germinação normal)

É determinada por contagem (entre 4 e 12 dias) sobre 4 amostras de 100 sementes puras, deixadas a 25° C entre folhas de papel absorvente ou em cima de areia esterilizada. Permite garantir uma homogeneidade satisfatória da emergência e um bom stand.

#### 2.2.3. Taxa de linter (massa de linter / massa de caroço)

Esta característica depende da variedade. Em geral, na saída do descaroçador, esta taxa não deve ultrapassar 10%. As variedades com taxa de linter elevada são mais difíceis de beneficiar e geram ritmos de beneficiamento reduzidos (Figura 14.15). O deslinteramento consiste em eliminar o linter por método mecânico ou químico (ácido sulfúrico concentrado ou diluído), ou por queima. É necessário para a sementeira mecânica e permite a eliminação de sementes abortadas ou danificadas, entre várias outras vantagens.

#### 2.2.4. Taxa de óleo e taxa de proteínas (sobre caroço deslinterado com 0% de teor de água)

O nível dessas características depende principalmente da variedade. Em geral, tem entre 20 e 30% de óleo.

#### 2.2.5. Taxa de gossypol (sobre caroço deslinterado com 0% de teor de água)

O gossypol é um composto polifenólico contido nas glândulas presentes em todas as partes aéreas do algodoeiro (salvo as variedades glandless, totalmente livres dele). Tem um papel inseticídico natural, porém é tóxico para os monogástricos, entre eles o ser humano. Precisa, então, ser eliminado do óleo destinado à alimentação humana. O teor varia de 0,3 a 20 g/kg de caroço.



**Figura 14.15.** Caroço de algodão com linter. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

## 3. Impacto do beneficiamento sobre a qualidade da fibra e do caroço

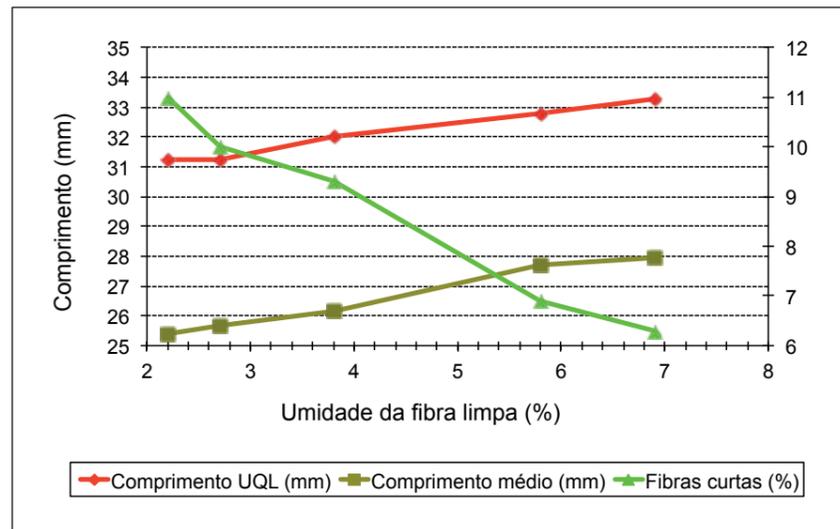
Os encarregados da usina devem entender e levar em conta a qualidade, para poder produzir o necessário ao cumprimento dos contratos, ou para conseguir contratos de lucro maior. O potencial de qualidade é máximo quando da abertura das maçãs. Depois, ocorre degradação antes e durante a colheita. O beneficiamento tem efeitos positivos e negativos, segundo as características de fibra e caroço consideradas (Quadro 14.1). O beneficiador tem um papel muito importante na qualidade.

As principais operações do processo de beneficiamento, que têm uma influência significativa sobre a qualidade dos produtos, são a gestão da umidade, a limpeza do algodão em caroço, o descaroçamento e a limpeza da fibra.

**Quadro 14.1.** Efeitos do beneficiamento sobre a qualidade da fibra.

| Característica tecnológica                | Gestão da umidade | Limpeza do AC | Descaroçamento | Limpeza da fibra |
|---|-------------------|---------------|----------------|------------------|
| Comprimento, uniformidade e fibras curtas | ++                |               | +              | ++               |
| Resistência                               | +                 |               |                |                  |
| Cor                                       | +                 |               | +              | ++               |
| Contaminantes                             | ++                | ++            | +              | ++               |
| Preparação                                | ++                | +             | ++             | ++               |
| <i>Neps</i> fibra                         | +                 | +             | ++             | ++               |
| <i>Neps</i> casca                         | +                 |               | ++             | +                |

Fonte: Cotimes, 2004.



**Figura 14.16.** Efeito da umidade da fibra durante o descarçamento sobre os parâmetros de comprimento. (Fonte: Bachelier et al., 2005).

Quando a fibra é beneficiada seca, há o risco de que a ruptura da fibra ocorra em lugar distinto do pé, reduzindo o comprimento e criando fibras curtas. Há a necessidade de umidificar a fibra antes da sua entrada no descarçador, para suportar melhor as agressões mecânicas e preservar os parâmetros de comprimento, importantes para o valor comercial (Figura 14.16).

A umidificação da fibra antes da prensagem não tem efeito positivo significativo sobre a sua qualidade, mas pode ter um efeito negativo muito grande quando se usa aspersão de água na bica:

- a fibra molhada gera apodrecimento e efeito papelão no fardo;
- ocorre o enrolamento exagerado da manta e o aspecto ruim das amostras (sanfonaamento).

**A limpeza do algodão em caroço** tem como objetivos retirar as matérias estranhas trazidas pela colheita, abrir e homogeneizar o algodão em caroço. Os dois aspectos são fundamentais para a qualidade (grau, preparação e *neps*).

A limpeza do algodão em caroço deve ser privilegiada, pois consegue tirar as matérias estranhas antes do fracionamento pelos descarçadores e limpadores de pluma, e provoca poucos desgastes à fibra e ao caroço.

O batedor (limpador) é essencial para melhorar o grau (folha, fragmentos vegetais, poeira e areia), por sua ação direta e efeito favorável nas outras fases do processo. O extrator traz muita melhoria do grau (redução das fibras de caules e fragmentos de casquinhas), mas representa um tratamento mecânico bastante violento. O alimentador moderno combina as duas técnicas e termina a limpeza e a abertura do algodão em caroço (sujeira grossa e fina).

Altas velocidades de ar nas tubulações de transporte podem danificar o caroço em particular, rachando o tegumento. Os batedores separam uma parte das sementes mal formadas ou abortadas.

### A gestão da umidade

procura o equilíbrio entre a limpeza e a preservação da fibra. Uma secagem do algodão em caroço bem executada permite limpá-lo e abri-lo, chegando a uma melhoria do grau (brilho, folha e preparação), porém uma secagem exagerada provoca perdas de resistência da fibra, de comprimento e aumento da taxa de fibras curtas, de afinidade para a tinta, e amarelamento; além disso, altas temperaturas de secagem podem acelerar a degradação do caroço úmido.

**O descarçador** é a chave da separação da fibra e do caroço, e tem um impacto muito forte sobre a sua qualidade. O tratamento mecânico pelo descarçador de serras é violento e tem efeito negativo sobre os parâmetros de comprimento (comprimento comercial, uniformidade, taxa de fibras curtas), resistência, *neps* de fibra e de casca, tipo comercial pela preparação da fibra (criação de mechas) e caroço.

Para limitar os efeitos negativos e favorecer os positivos, é fundamental umidificar anteriormente o algodão em caroço e respeitar as regulagens, velocidades e ritmos recomendados. Os descarçadores de alta capacidade não provocam mais desgastes quando utilizados conforme as recomendações do fabricante.

Ritmos de beneficiamento elevados e mau estado das serras e costelas de descarçadores podem danificar fortemente o caroço, causando danos ao tegumento (Figura 14.17).

O dispositivo de cata-piolho permite separar as sementes fragmentadas ou abortadas, e contribui com a melhoria da qualidade da semente.

**A limpeza da fibra** tem como objetivo otimizar o seu valor comercial, pela melhoria do grau (cor, folha e preparação).

O limpador pneumático (centrífugo) não desgasta a fibra, mas também tem uma eficiência fraca, sem melhoria da preparação, conseguindo eliminar só uma parte das matérias de maior densidade, tal como o caroço e seus fragmentos, piolhos, fragmentos de casquinha e caules, e mechas grossas de fibra.

O limpador mecânico (de serra) é muito mais eficiente. Ele combina penteagem e limpeza, conseguindo uma melhoria significativa do tipo e da folha, mas com muitas quebras de fibra (redução dos parâmetros de comprimento). O limpador elimina uma parte dos *neps* de fibra, mas cria outros, e fragmenta os *neps* de casca. O limpador de serra tem regulagens com efeito sobre penteagem e limpeza, para conseguir os melhores compromissos entre melhoria do grau, de um lado, e danos à fibra e sua perda, do outro lado.



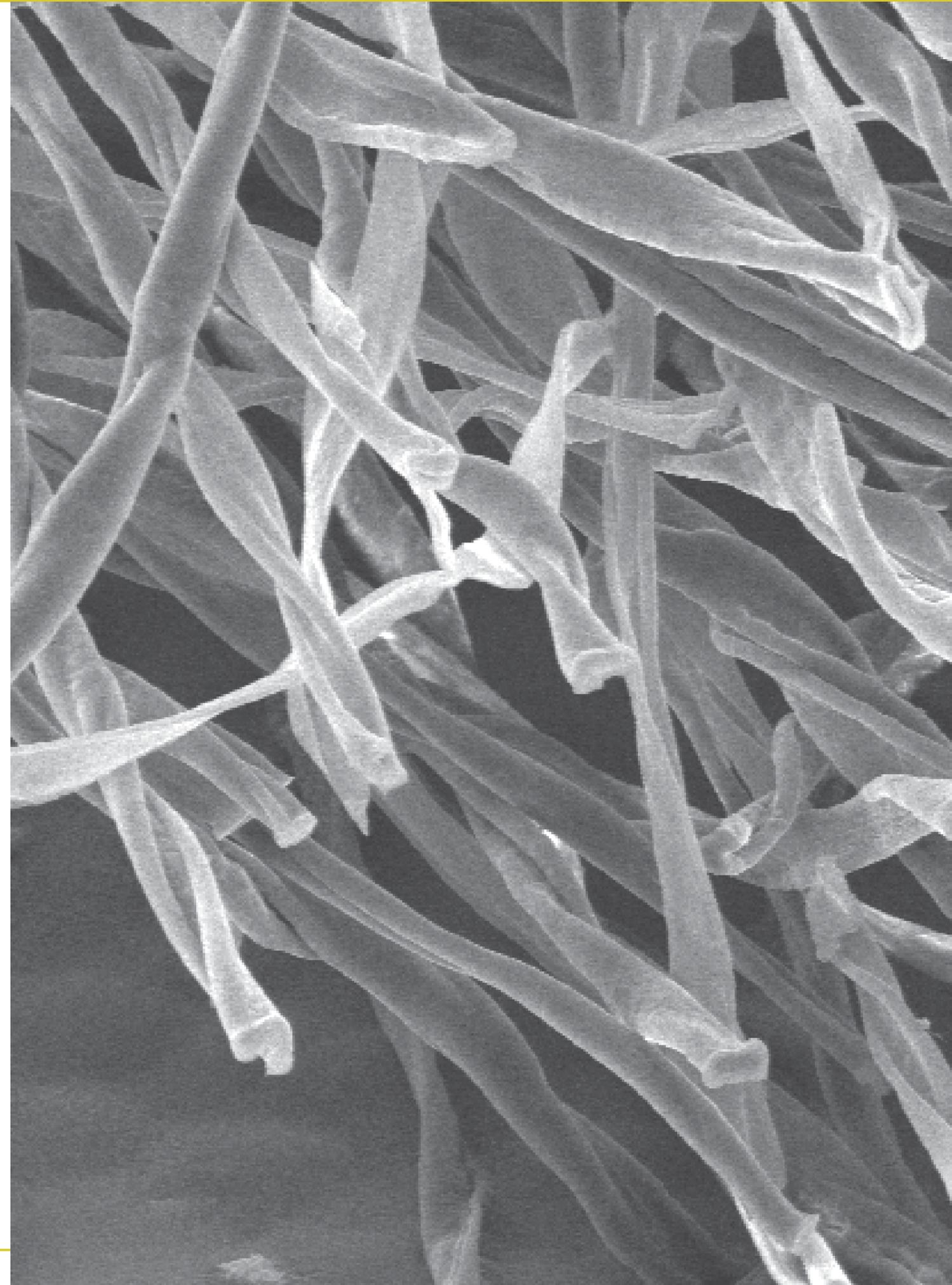
**Figura 14.17.** Caroço danificado pelas serras. (Foto: Cotimes, 2004).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHELIER, B.; GAWRYSIAK, G. e GOURLOT J.-P. **Preservation des caractéristiques technologiques des fibres de coton pendant les opérations d'égrenage.** In: Atelier Régional de Formation UEMOA/UE/ ONUDI, Parakou-Benin, 2005.

Parry, G. (1981). **Le cotonnier et ses produits.** In Techniques Agricoles et Productions Tropicales. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris (FRA). ISBN 2-7068-0823-3. 502 p.

SASSER, Preston E.; HINKLE, David. **An objective measurement of neps by AFIS,** Proceedings: Beltwide Cotton Production Research Conferences. New Orleans-LA, p. 568-569, jan. 1988. National Cotton Council, Memphis, TN, USA.



# CAPÍTULO 15

## A CLASSIFICAÇÃO DO ALGODÃO



A classificação do algodão é essencial para a valorização comercial da fibra pelo produtor. A classificação no Brasil é visual e instrumental, e feita através de amostras de fardos seguindo Instruções Normativas. O classificador, profissional habilitado, determina o padrão visual conforme o sistema americano, considerando o tipo, a tonalidade e a folha. A classificação instrumental determina características importantes para a indústria têxtil pelo uso de aparelhos integrados de alta produção, conhecidos como instrumentos HVI (High Volume Instruments). Os instrumentos avaliam de maneira objetiva características de comprimento, o índice *Micronaire*, a resistência, o grau de cor e os *trashes*. A classificação instrumental exige rigor no condicionamento do ar e das amostras, na manutenção dos equipamentos e procedimentos de controle de qualidade.

# A CLASSIFICAÇÃO DO ALGODÃO

## 1. Justificativa e história

A classificação do algodão refere-se à determinação das características físicas de sua fibra, conforme procedimentos padronizados. É essencial para o produtor conhecer a qualidade da sua fibra e assim poder valorizá-la no mercado. Na indústria têxtil, a qualidade dos produtos finais depende muito da matéria-prima, que também chega a representar, em média, de 40 a 60% do custo de produção do fio. Os fiandeiros precisam da descrição mais completa possível, para comprar a fibra de algodão que melhor corresponda ao seu produto acabado. A classificação é necessária para a negociação entre produtores, intermediários e indústrias têxteis. A qualidade das operações comerciais no mercado exige uma padronização da classificação.

A classificação do algodão foi inicialmente desenvolvida na Inglaterra (1800); posteriormente, foi intensivamente estudada e modernizada nos Estados Unidos, quando foi instituído o padrão internacional (1907). Desde 1995, os padrões americanos foram adotados pelo acordo universal dos padrões, e cabe ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) a confecção e a atualização dos procedimentos conhecidos como classificação universal. Os Padrões Universais seguidos são montados em caixas com amostras de fibra de diversos tipos e são renovados anualmente. Estes padrões são utilizados para a classificação visual e o comércio de algodão em todo o mundo. A USDA desenvolve também os algodões padrões HVICC, utilizados internacionalmente para a calibração dos instrumentos de alto volume.

No Brasil, em 1925, o Ministério da Agricultura estabeleceu a padronização do algodão destinado à exportação, com base nos padrões de Liverpool. Em 1934, o governo tornou obrigatória a classificação oficial de todo o algodão produzido no país e estabeleceu que ele somente poderia ser exportado se o descaroçamento e a prensagem fossem controlados pela Diretoria de Plantas Têxteis do Ministério da Agricultura. Foram estabelecidos os padrões de classificação visual por região com os tipos denominados 3/4, 4, 4/5, 5, 5/6, 6, etc., em função da cor e do índice de matéria estranha (impurezas).

Em 2002, o Ministério de Agricultura instituiu o modelo universal como forma oficial da classificação no Brasil, através da Instrução Normativa nº 63, de 5 de dezembro de 2002, atendendo assim às necessidades dos produtores com relação à exportação da fibra. Cada fardo de fibra beneficiado na usina deve ser classificado. Isto se dá através de amostras com,

no mínimo, 75 g extraídas em dois lados opostos totalizando 150 g, e com dimensões de, pelo menos, 15 cm x 30 cm. A massa de fibra extraída de cada lado do fardo é dividida em duas partes iguais. Duas amostras (para classificação visual e classificação HVI) são constituídas juntando fibra dos dois lados do fardo. As amostras devem ser identificadas com uma etiqueta especificando a usina, o número e o peso do fardo de onde foram coletadas, além de outros dados, sendo que a etiqueta será colocada entre as duas metades da amostra. A Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa) coordena e controla a rastreabilidade e a identificação das amostras através do Sistema Abrapa de Identificação (SAI). O conjunto de amostras (em média 50) deve ser firmemente envolvido e acondicionado em um pacote de papel pardo, conhecido por mala de amostras (Figura 15.1). Uma mala se destina à classificação visual e a outra à classificação instrumental.

A fibra de algodão é classificada com base em suas características extrínsecas e intrínsecas<sup>1</sup>, a classificação sendo efetuada nas formas visual e instrumental ou tecnológica.



**Figura 15.1.** Malas de 50 amostras. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

## 2. A classificação visual no Brasil

A classificação visual é predominante no Brasil. Ocorre, muitas vezes, ainda dentro das usinas beneficiadoras e também em locais específicos, como laboratórios espalhados nas diversas regiões produtoras.

A classificação visual determina o grau ou padrão visual. O classificador observa e avalia a cor, a folha, a preparação e a carga em matéria estranha. A cor tem dois componentes: o brilho (quantidade de luz refletida pela amostra) e a tonalidade, entre branco e amarelo. A preparação se refere ao aspecto mais ou menos rugoso da fibra (mechas de fibra encarnurada). A folha é a estimativa visual da quantidade de pequenas partículas de folha da planta que permanece na fibra após o beneficiamento. A matéria estranha se refere a substâncias contaminantes diferentes da folha, tais como fibras de caules, fragmentos de plantas daninhas (capim, picão), terra, óleo e graxa.

O grau visual é composto de três dígitos, conforme o sistema de classificação americano, por exemplo, 41-4.

<sup>1</sup> - Sobre estas noções, conferir a parti 14 deste manual.

O primeiro dígito ou “tipo” se refere principalmente ao brilho e à homogeneidade de aspecto. Quanto mais brilho e menos rugosidade, menor o número (de 1 a 8). Um algodão de tipo 1 é muito liso e tem muito brilho. Ao contrário, um de tipo 5 é mais cinza e tem aspecto mais rugoso.

O segundo dígito se refere à tonalidade. Quanto mais alto o número, mais amarelo é o algodão (de 1 a 5), ou seja, 1: Branco; 2: Ligeiramente Creme; 3: Creme; 4: Avermelhado; e 5: Amarelado Estanhado.

O terceiro dígito representa a folha, que varia de 1 a 7. Uma amostra de folha 1 é muito limpa, com poucas partículas escuras.

A matéria estranha, quando detectada pelo classificador, deve ser informada por uma menção especial chamada de “call”. No relatório de classificação, o classificador deve mencionar o tipo de matéria encontrada e o nível de contaminação (baixa ou alta), como, por exemplo, “fibra de caule nível alto”.

Conforme define a IN-MAPA 063/2002, a combinação dos dois primeiros dígitos (tipo e tonalidade) representa o grau de cor do algodão. Os padrões brasileiros antigos de tipo (5, 5/5, etc.) foram abandonados e não devem mais ser utilizados. Existem 25 graus oficiais de cor para o algodão herbáceo e mais 5 graus inferiores, como mostra a Tabela 15.1.

**Tabela 15.1.** Graus de cores oficiais para o algodão herbáceo.

| GRAU DE COR (Color Grade Americano) |      |        |                    |       |             |           |
|-------------------------------------|------|--------|--------------------|-------|-------------|-----------|
| Nome americano                      | Tipo | Branco | Ligeiramente Creme | Creme | Avermelhado | Amarelado |
| GM (Good Middling)                  | 1    | 11*    | 12                 | 13    | -           | -         |
| SM (Strict Middling)                | 2    | 21*    | 22                 | 23    | 24          | 25        |
| M (Middling)                        | 3    | 31*    | 32                 | 33    | 34          | 35        |
| SLM (Strict Low Middling)           | 4    | 41*    | 42                 | 43    | 44          | -         |
| LM (Low Middling)                   | 5    | 51*    | 52                 | 53    | 54          | -         |
| SGO (Strict Good Ordinary)          | 6    | 61*    | 62                 | 63    | -           | -         |
| GO (Good Ordinary)                  | 7    | 71*    | -                  | -     | -           | -         |
| AP (Abaixo de Padrão)               | 8    | 81*    | 82                 | 83    | 84          | 85        |

Fonte: IN. Nº 63 – MAPA, Tabela 1, dez. 2002, p. 5

Para a padronização da classificação visual, existem caixas de padrões físicos universais preparados e difundidos pela USDA (Figura 15.2). Os classificadores devem ter as caixas à disposição, para poder se calibrar frequentemente e utilizá-las no caso de alguma dúvida em termos de cor e *trash* (impurezas), num *take-up*. Os padrões de cor fisicamente disponíveis são 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 23, 33, 43, 53, 63, 34, 44 e 54 (indicados por asterisco (\*) na Tabela). Os outros são descritivos (12, 22, 32, 42, 52, 62, 13, 24, 25 e 35). Os de número 81, 82, 83, 84 e 85 são considerados abaixo do padrão.

O grau que serve de base comercial na classificação visual é o 41 para cor e 4 para folha. Assim, um algodão tipo 31-3 é um produto de melhor qualidade do que o tipo 41-4, com mais brilho e mais limpo, enquanto o tipo 51-5 é um algodão pior. Existe uma tabela de base comercial instituída pela Associação Nacional dos Exportadores de Algodão (ANEA), que referencia as negociações da fibra e os parâmetros de ágios e deságios que, a princípio, deveriam ser aplicados nas negociações comerciais (Tabela 15.2).

É importante salientar que existem algumas interações entre os parâmetros da classificação visual. Um algodão de muito brilho pode ser “apagado” se é muito branco. Conseguirá um tipo melhor se ficar com uma tonalidade mais amarelada, o que o classificador chama de cor “mais aberta”, que “dá vida” à fibra. O olho humano consegue separar a cor da matéria estranha e classificar os dois de maneira bastante distinta. Porém, para poder chegar a um dos graus existentes, o classificador pode chegar a



**Figura 15.2.** Caixas com padrões físicos universais de cor, da USDA. (Foto: Cotimes do Brasil, 2010).

**Tabela 15.2.** Ágios e deságios para os padrões de classificação visual.

| Valores/(Values): pontos (points)/lb (US\$)   |                 |            |            |      |      |      |   |
|---|-----------------|------------|------------|------|------|------|---|
| Agosto de 2010  |                 |            |            |      |      |      |   |
| Padrões Universais (Universal Standards)  |                 |            |            |      |      |      |   |
|   | Folha           | 1&2        | 3          | 4    | 5    | 6    | 7 |
| <b>TIPOS BRANCOS (WHITE GRADES) Tipo Branco</b>   |                 |            |            |      |      |      |   |
| Cor Boa Média (Good Middling)   | 11              | n          | n          | n    | n    | n    | n |
| Cor Estritamente Média (Strict Middling)  | 21              | 225        | 175        | n    | n    | n    | n |
| Cor Média (Middling)  | 31              | 175        | 125        | 75   | n    | n    | n |
| Cor Estritamente Abaixo da Média (Strict Low Middling)  | 41              | n          | 50         | Base | -150 | n    | n |
| Cor Abaixo da Média (Low Middling)  | 51/52           | n          | -200       | -250 | -300 | -350 | n |
| Cor Estritamente Boa Comum (Strict Good Ordinary)   | 61/62           | n          | -500       | -550 | -600 | -650 | n |
| Cor Boa Comum (Good Ordinary)   | 71/72           | n          | n          | n    | n    | n    | n |
| Abaixo de Padrão (Below Grade)  | 81              |            |            |      |      |      |   |
| <b>Cor (Color)</b>  | <b>&lt; SLM</b> | <b>SLM</b> | <b>MID</b> |      |      |      |   |
| 1. Branco (White)   | 0               | Base       | 0          |      |      |      |   |
| 2. Ligeiramente Creme (Light Spot)  | 0               | -100       | -150       |      |      |      |   |
| 3. Creme (Spotted) (Todos os Tipos)   | -300            | -400       | -500       |      |      |      |   |
| * Desconto de cor somente para tipo SLM, ou melhor (Color discount only for grades SLM & better). |                 |            |            |      |      |      |   |

Fonte: ANEA, 2010.

alterar o tipo em função da folha, e também o inverso. Por exemplo, uma amostra pode apresentar um tipo 31 com uma folha 6. O grau 31-6 não existe e o classificador pode classificar como 41-5, o que equivale a derrubar o tipo por razão da folha.

O profissional responsável pela classificação visual deve ser capacitado e habilitado para a função. Atualmente, é exigido que seja da área agrária (engenheiro agrônomo ou técnico agrícola/agropecuário) ou da área têxtil (engenheiro têxtil ou técnico têxtil). O credenciamento deste profissional é efetuado pelo Ministério da Agricultura e é feito somente àqueles habilitados por curso específico (classificação de algodão) homologado pelo próprio Ministério, o qual fornecerá uma carteira de classificador. O Certificado de Classificação é o documento hábil para comprovar a realização da classificação obrigatória de determinado lote do produto classificado.

A classificação visual é muito sensível à qualidade da luz ambiente. A padronização da classificação visual exige ambientes normalizados. A norma NBR 12276/1991 trata da iluminação de salas de classificação, define e orienta várias especificações, tais como cor de piso e paredes, mesas e disposição de amostras, entre outros. O condicionamento do ar ambiente com umidade não é indispensável para a classificação visual da cor. Já o condicionamento da temperatura é interessante para o conforto de trabalho, e uma filtragem do ar é importante para reduzir a quantidade de fibras em suspensão no ar.

O *take-up* é uma atividade de comércio entre o comprador e o vendedor. Classificadores representantes da empresa compradora conferem, junto com o vendedor, as amostras antes de fechar a compra dos fardos propostos. O vendedor ou seu representante frequentemente é acompanhado do seu classificador. Para o *take-up*, sugerem-se salas amplas e confortáveis, conforme orientam as normas internacionais para classificação visual, em particular com relação à iluminação.

As características de fibra determinada pela classificação visual são essencialmente cosméticas e de interesse secundário para a transformação. Pela necessidade econômica e técnica de uma descrição muito mais completa da matéria-prima com parâmetros importantes para a fiabilidade e a qualidade dos produtos têxteis, a indústria pediu, já nos anos 1970, o desenvolvimento de instrumentos integrando várias medições com produção elevada.

### 3. A classificação instrumental

A classificação instrumental foi desenvolvida inicialmente para completar a classificação visual com determinação automática, precisa e objetiva de várias características de fibra importantes para a indústria têxtil, e impossíveis de se avaliar visualmente. Com o conhecimento dessas ca-

racterísticas importantes para os clientes, o produtor tem a oportunidade de valorizar sua produção, uma vez que a indústria da fiação pode se valer destes dados para agregar valor a seu produto e produzir fios de diversos tipos.

A classificação instrumental se dá pelo uso de aparelhos integrados de alta produção, conhecidos como instrumentos HVI (*High Volume Instruments*) (Figura 15.3), desenhados para medir uma gama de parâmetros importantes para a indústria têxtil, de maneira objetiva e com cadência compatível com a classificação fardo por fardo<sup>2</sup>.



Figura 15.3. Laboratório de classificação instrumental. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

#### 3.1. Comprimento de fibra

Os instrumentos de classificação medem e calculam vários parâmetros de comprimento utilizando uma franja de fibras arrancadas da amostra com um pente ou uma pinça, paralelizadas por escova rotatória.

Tabela 15.3. Referência para a conversão de unidades de comprimento.

| Comprimento de fibra |                     |                     |               |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------|
|                      | Polegadas           | Milímetros          | Código staple |
| <b>Abaixo 13/16</b>  | <b>0.79 + curta</b> | <b>20.1 + curta</b> | <b>24</b>     |
| 13/16                | 0.80 - 0.85         | 20.2 - 21.6         | 26            |
| 7/8                  | 0.86 - 0.89         | 21.7 - 22.6         | 28            |
| 29/32                | 0.90 - 0.92         | 22.7 - 23.4         | 29            |
| 15/16                | 0.93 - 0.95         | 23.5 - 24.1         | 30            |
| 31/32                | 0.96 - 0.98         | 24.2 - 24.9         | 31            |
| 1                    | 0.99 - 1.01         | 25.0 - 25.7         | 32            |
| 1.1/32               | 1.02 - 1.04         | 25.8 - 26.4         | 33            |
| 1.1/16               | 1.05 - 1.07         | 26.5 - 27.2         | 34            |
| 1.3/32               | 1.08 - 1.10         | 27.3 - 27.9         | 35            |
| 1.1/8                | 1.11 - 1.13         | 28.0 - 28.7         | 36            |
| 1.5/32               | 1.14 - 1.17         | 28.8 - 29.7         | 37            |
| 1.3/16               | 1.18 - 1.20         | 29.8 - 30.5         | 38            |
| 1.7/32               | 1.21 - 1.23         | 30.6 - 31.2         | 39            |

Fonte: IN. Nº 63 – MAPA, Tabela 2, dez. 2002, p. 6.

<sup>2</sup> - A definição dos parâmetros aqui evocados se encontra na parte 14 deste manual, e a sua importância para indústria têxtil está descrita no capítulo 16.

O UHML é uma característica próxima ao comprimento comercial, ou "staple", expressa em centésimos de polegada, 1/32 de polegada e milímetros (Tabela 15.3).

O UI ou Índice de Uniformidade de Comprimento é a relação entre o comprimento médio das fibras e o UHML. É um percentual representando a homogeneidade do comprimento das fibras do fardo. Quanto mais alto o UI (Tabela 15.4), mais uniforme é o comprimento das fibras, portanto melhor para a fiação.

Tabela 15.4. Percentual de referência para valores UI.

| Índice de Uniformidade UI (%) | Categorias      |
|-------------------------------|-----------------|
| < de 77                       | Muito irregular |
| 77 a 79                       | Irregular       |
| 80 a 82                       | Média           |
| 83 a 85                       | Uniforme        |
| > de 85                       | Muito Uniforme  |

Fonte: IN. Nº 63 – MAPA, Tabela 5, dez. 2002, p. 7.

### 3.2. Índice Micronaire

O Índice Micronaire (IM, Tabela 15.5) é uma medição do complexo maturidade/finura da fibra. Para algodões de uma mesma variedade, as variações de IM refletem variações de maturidade. O IM é determinado a partir da resistência a um fluxo de ar que passa por um chumaço de fibra de massa determinada, e que está comprimido num determinado volume. Baixos IM podem provir de uma maturidade baixa quando IM altos são desfavoráveis à resistência do fio, por isso deságios são aplicados abaixo e acima de uma faixa que varia de 3.7 a 4.2.

Tabela 15.5. Valores de Micronaire.

| Micronaire | Categoria    |
|------------|--------------|
| < de 3,0   | Muito Fina   |
| 3,0 a 3,9  | Fina         |
| 4,0 a 4,9  | Média        |
| 5,0 a 5,9  | Grossa       |
| > de 5,9   | Muito Grossa |

Fonte: ABNT NBR 11913-91, 1991.

### 3.3. Resistência

Após a leitura de comprimento, o instrumento prende uma franja de fibra com duas pinças distantes de 3,2 mm. Uma força é aplicada para afastar as pinças até a ruptura do feixe de fibra. A resistência (Tabela 15.6) HVI (expressada em gramas/tex) é calculada a partir da força em gramas necessária para quebrar o feixe. A distância percorrida pela pinça móvel até a ruptura é considerada para calcular e determinar o alongamento (%).

Tabela 15.6. Valores de resistência.

| Resistência HVI (gf/tex) | Categoria        |
|--------------------------|------------------|
| 31 acima                 | Muito Resistente |
| 29-30                    | Resistente       |
| 26-28                    | Média            |
| 24-25                    | Intermediária    |
| 23 abaixo                | Fraca            |

Fonte: IN. Nº 63 – MAPA, Tabela 6, dez. 2002, p. 7; ABNT, NBR 12719-02, 2002.

### 3.4. Grau de cor

Desde o início do desenvolvimento, os colorímetros foram desenhados e continuamente aperfeiçoados para reproduzir os resultados da classificação visual a partir da medição da reflectância (Rd%) e do índice de amarelamento (+b). A reflectância (ou brilho) indica quanto cinza ou clara é a amostra. O +b indica quanto amarela é a amostra. O diagrama de cor HVI foi construído para o grau de cor HVI bater com aos padrões universais de cor para o algodão herbáceo americano.

A cor determinada pelo instrumento é o grau de cor oficial, acrescentada do quadrante de cor, ou seja, a subdivisão no grau de cor considerado. O número de três dígitos é determinado pela localização no diagrama de cor, da interseção entre os valores de Rd% e de +b (Figura 15.4). Por exemplo, um grau de cor 31-4, como encontrado num relatório de classificação HVI, significa que o algodão é de cor 31, mas com Rd% baixo e +b para mais alto. O último dígito, neste caso, não tem nada a ver com a folha da classificação visual.

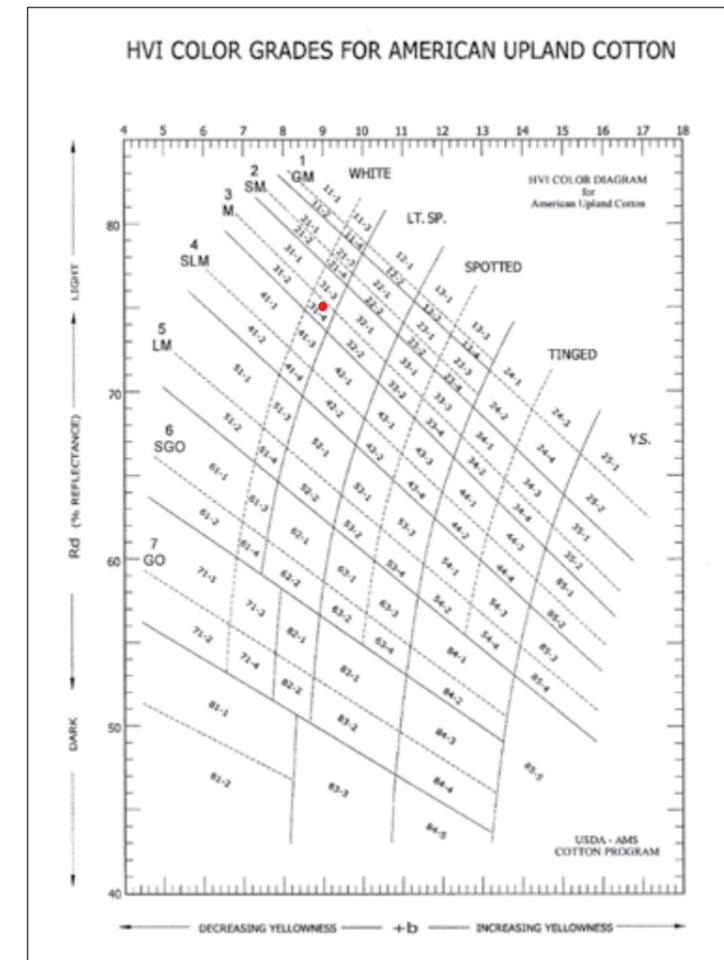


Figura 15.4. Diagrama oficial de cor HVI.

(Fonte: USDA, 2001, p. 15).

### 3.5. Trashes (Impurezas)

O código de *Trash* do relatório de classificação instrumental tem dois dígitos. É o percentual da área da amostra coberta por partículas de matéria estranha escura (folha, fragmentos de caroço, fibras de caules, etc.). Um valor de *Trash* de 2 indica que as partículas escuras representam 2% da área da amostra. Até hoje, os instrumentos não distinguem entre os tipos de matéria estranha, o que significa que o *Trash* do HVI e a folha do classificador são coisas diferentes. Até que os instrumentos consigam distinguir os fragmentos de folha dos outros resíduos, reconhecer e quantificar os vários tipos de matéria estranha, a classificação visual será necessária.

### 3.6. Parâmetros de qualidade de fibra estimados pelo cálculo

Alguns outros parâmetros de qualidade importantes para a transformação são estimados pelos instrumentos, utilizando algoritmos de cálculo.

A taxa de fibras curtas (SFI ou SFC) representa a porcentagem por peso das fibras de comprimento inferior a 12,7 mm. A taxa de fibras curtas (Tabela 15.7) é fortemente determinada pelo beneficiamento. Contratos de compra chegam a especificar este parâmetro e valores acima de 10% são considerados desfavoráveis pelo mercado. Não há normatização específica para este parâmetro.

**Tabela 15.7.** Valores de taxa de fibras curtas.

| SFC ou SFI (%) | Categoria   |
|----------------|-------------|
| < de 6         | Muito Baixa |
| 6 a 9          | Baixa       |
| 10 a 13        | Média       |
| 14 a 17        | Alta        |
| > de 17        | Muito Alta  |

Fonte: UNICOTTON, 2008.

O Índice de Maturidade (MR) é calculado a partir de vários parâmetros medidos pelo instrumento.

Instrumentos que podem ser ou não integrados aos equipamentos HVI determinam o teor de *neps*, que geram problemas de produtividade na fiação e tecelagem, e de qualidade dos produtos têxteis. Mesmo se o número de *neps* (fortemente determinado pelo beneficiamento) não entra nos contratos comerciais, vários compradores consideram essa característica para a decisão de compra. Valores acima de 300 *neps* por grama de fibra são considerados muito altos no Brasil.

O Índice de Consistência da Fiação (SCI) é uma característica calculada combinando outras tantas variáveis, tais como, comprimento, uniformidade de comprimento e resistência. A indústria têxtil considera esse parâmetro para atingir melhores índices de produtividade.

## 4. A qualidade da classificação instrumental

### 4.1. Desempenho dos equipamentos

Acurácia e precisão dos instrumentos são duas qualidades indispensáveis para se conseguir uma classificação instrumental. Acurácia é a capacidade de produzir um resultado muito próximo do verdadeiro valor e a precisão é a capacidade de produzir resultados idênticos, medição após medição.

Os equipamentos de HVI devem ser calibrados quando os resultados produzidos ficam fora da tolerância desejada, e não com base em um período de tempo. Os instrumentos são calibrados para o comprimento e a resistência (algodões de calibração USDA Universal HVICC), para o Índice *Micronaire* (algodões de calibração USDA Universal HVI MicCC) e para o Rd%, o +b e o *Trash* (conjunto de 6 azulejos de calibração USDA HVI *Color and Trash*).

A análise de *Micronaire* é feita com uma parcela entre 8,5 e 11,5 g de fibra da amostra. Para a análise de comprimento, índice de uniformidade do comprimento, resistência e outros, são necessárias duas pinçagens similares de fibra para cada amostra. Para a análise de cor e impurezas, são necessárias duas medições, ou seja, medição simultânea de duas camadas diferentes da amostra. Para efetuar a análise das impurezas, a janela do colorímetro deve ser totalmente coberta pela parcela da amostra, para obter um resultado preciso.

A produtividade nominal dos instrumentos varia de 700 a 1.000 amostras, pelo período de 8 horas. Para a programação e planejamento dos trabalhos, um fator de 0,85 a 0,90 deve ser considerado, para se levar em conta as paradas de produção por causa da calibração e da manutenção.

### 4.2. Condicionamento dos laboratórios e das amostras

A classificação instrumental ou tecnológica deve ser feita em laboratórios apropriados e devidamente condicionados para tal.

As amostras de fibra que darão entrada no laboratório devem ser devidamente protocoladas, para assegurar a sua rastreabilidade durante o processo de análise. Normalmente, existe um controle informatizado para isto, baseado em código de barras. Após a identificação e a entrada dos dados, as amostras seguem para o condicionamento. Após a análise da fibra e uma pré-conferência nos relatórios, os resultados são enviados ao proprietário das amostras, por correio eletrônico (*e-mail*, por exemplo).

O condicionamento do ar e do ambiente no laboratório de classificação instrumental é ponto primordial a ser monitorado pelos responsáveis, pois é uma condição que atua diretamente na estrutura da fibra que será analisada e influencia a qualidade dos resultados, principalmente de resistência e comprimento. Qualquer distorção neste âmbito terá impacto direto no resultado da análise. O sistema de condicionamento de ar é dimensionado em função do balanço térmico (dados climáticos, isolamento, número de máquinas e operadores, etc.) e desenhado de maneira a conseguir ambiente com uma temperatura regulada (zona de conformidade) a 20° C +/- 1° C e umidade relativa a 65% +/- 2% (normas internacionais ASTM D1776-90 e ISO 139:2004, e Brasileira NBR 8428).

As amostras de fibra são condicionadas de maneira passiva (deixadas no ambiente condicionado) durante 24 a 48 horas ou com dispositivo de condicionamento rápido (15 a 30 minutos), para chegar a uma umidade de 6,75 a 8,25%.

### 4.3. Controle de qualidade e padronização da classificação instrumental

O Brasil conta com diversos laboratórios, nas várias regiões produtoras, que efetuam a classificação visual e instrumental. São laboratórios privados, instalados em cooperativas ou associações de produtores, empresas prestadoras de serviços ou até mesmo em usina de beneficiamento particular. A classificação do algodão é efetuada para atender às exigências requeridas pelos clientes do mercado externo e interno e, também, para obrigações legais pertinentes à produtos de origem vegetal. Para o Brasil e o mundo, padronizar a classificação instrumental do algodão elimina distorções e diferenças entre os mercados, entre laboratórios, evita contestações e deságios, oportuniza maior rentabilidade e, por fim, beneficia o comércio do algodão.

O controle de qualidade é baseado no monitoramento permanente da conformidade dos resultados de cada instrumento utilizando procedimentos internos e externos:

- testes internos sistemáticos de conformidade de resultados com algodões de calibração ou de referência;
- seleção aleatória de amostras analisadas para envio a laboratório central de referência, que as analisa de novo e envia imediatamente os resultados, para eventual ajuste;
- participação em testes internacionais trimestrais (*round-tests*), em laboratórios de referência mundial (USDA, Faser Institut Bremen, CSITC/ICAC).

Os operadores devem ser treinados apropriadamente para executar calibrações, manusear amostras, preparar corretamente as parcelas, usar adequadamente as técnicas de análise, reconhecendo o mau funcionamento e erros do instrumento.

### 4.4. Operação e manutenção

O profissional responsável de um laboratório de classificação instrumental deve ser capacitado e, de preferência, habilitado com carteira oficial de classificador de algodão. Deve ser sempre atualizado em relação a novas tecnologias, comportamento de mercado, integração lavoura x beneficiamento, enfim, inserido e conhecendo as atividades da cadeia produtiva. A rentabilidade da produção e a viabilidade do negócio passam, muitas vezes, pela mão do classificador.

A manutenção preventiva dos equipamentos do laboratório (instrumento e condicionamento de ar) é uma operação indispensável para evitar quebras e paradas longas, com redução significativa de produção. A manutenção preventiva (Figura 15.5) deve ser executada de acordo com o manual de instruções do fabricante, utilizando *check lists* e registro detalhado das operações realizadas.

Com relação aos instrumentos de medição, é importante ter um funcionário encarregado da manutenção preventiva e da manutenção corretiva básica. Deve ser treinado pelo fabricante na instalação dos equipamentos e também numa base regular. Instrumentos de medição são máquinas complexas e delicadas; as operações de reparo maior e de revisão anual devem ser executadas pelos técnicos especializados do fabricante.

O ambiente de trabalho no laboratório deve ser mantido limpo, organizado e higienizado. Ao final de cada dia de trabalho (ou turno), todo o algodão solto deve ser recolhido.



**Figura 15.5:** Inspeção e manutenção preventiva do instrumento HVI. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

## 5. Conclusão

No Brasil, nem sempre, os produtores se aproveitam da classificação instrumental. Os classificadores estimam que 30% dos produtores não classificam com HVI. A maioria dos produtores brasileiros faz a classificação HVI sem utilizar os resultados para tentar obter mais lucro. Alguns produtores aproveitaram-se dos dados da classificação instrumental para constituir e comercializar, de maneira diferenciada, lotes de qualidade homogênea, e conseguir lucros significativos.

Com o tempo, a classificação HVI substituirá totalmente a classificação visual. Tem vantagens para o produtor, pois permite que ele venda a sua fibra com mais eficiência, por ter conhecimento preciso e detalhado da sua qualidade. A classificação instrumental o protege contra reclamações indevidas e oferece-lhe a possibilidade de comercializar de maneira fina, com exigência de ágios para várias características.

Convém observar a criação do Programa ANEA de Qualidade Superior, para ajudar o algodão brasileiro a ampliar sua fatia no mercado global de exportações. O programa pretende identificar, selecionar e assegurar a entrega do algodão brasileiro com características superiores a respeito de cor, classe, folha, ausência de casca, resistência, uniformidade e *Micronaire*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR, Norma Brasileira 11913-91, 1991, 12719-02, 2002.

ANEA Cotton – Associação Nacional dos Exportadores de Algodão, Tabela de Ágio e Deságio, 2010.

MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, IN - Instrução Normativa Nº 63 de 05 de dezembro de 2002.

USDA-AMS. The classification of cotton. **Agricultural Handbook**, n. 566, p. 15, 2001.

# CAPÍTULO 16

## A INDÚSTRIA TÊXTIL E A QUALIDADE DA FIBRA DE ALGODÃO



A produtividade dos processos têxteis e a qualidade dos produtos dependem muito das características físicas da fibra de algodão. Existem fortes correlações entre os parâmetros de comprimento, de resistência, de alongamento, de cor, de índice Micronaire e maturidade da fibra e muitas características do fio e do tecido. A qualidade da fibra condiciona em particular a resistência dos fios e tecidos e as suas características de aspecto. Após abertura, limpeza e cardagem ou penteagem, a fibra é transformada em fio nos filatórios de anel ou de rotor. A tecelagem produz tecidos planos ou de malha utilizando teares específicos. Finalmente o enobrecimento agrega valor, qualidade, beleza e proteção às matérias têxteis. Este capítulo mostra o interesse estratégico de uma abordagem integrada da qualidade para a sustentabilidade da cadeia algodoeira brasileira.

# A INDÚSTRIA TÊXTIL E A QUALIDADE DA FIBRA DE ALGODÃO

## 1. Introdução

A aparência, o toque, a 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, fios e fibras.

Com a necessidade de produzir mais tecidos em menor espaço de tempo, conseqüentemente, ocorreu o aumento progressivo das velocidades das máquinas, tais como filatórios, urdideiras e teares. Desta forma, sacrificam e exigem muito das fibras. A evolução e o melhoramento para a obtenção de cultivares que produzam fibras mais compatíveis não conseguem se alinhar com a rápida evolução das máquinas, visto que dependem de uma série de fatores, principalmente dos naturais, tais 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 noventa centímetros (0,90 m). Já no final dos anos 1990, a velocidade dos teares estava na média de 700 rotações por minuto, a largura dos tecidos planos era de um metro e sessenta centímetros (1,60 m) e a evolução da redução da variação de massa (Cvm%) dos fios ao longo dos anos é real, mostrada pelas estatísticas mundiais USTER Statistics, que iniciaram a partir do final da década de 1940 e se estendem até os dias atuais.

As propriedades físicas das fibras de algodão influenciam e correlacionam-se com a comercialização, industrialização e com as propriedades físicas dos fios, tecidos e peças confeccionadas. Para contribuir com a sustentabilidade e a sobrevivência da cadeia do algodão, é importante que os beneficiadores entendam a importância das correlações das propriedades das fibras com os processos e a qualidade dos produtos têxteis, e 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, tipos e finalidades dos processos têxteis, que são transformar a pluma em fios e tecidos.

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

### 2.1. Umidade das fibras

O controle do conteúdo de umidade nas fibras a partir da colheita, passando pelo beneficiamento até o processamento têxtil, é fundamental para obter fios e tecidos mais regulares em massa e resistência, dentre outras características benéficas. Tem impacto sobre os desperdícios dos diversos setores da fabricação têxtil, e as condições de trabalho. Cabe ressaltar que o conteúdo de umidade da massa de fibras acima mencionado é calculado em relação à massa seca, normalmente denominado "regain".

### 2.2. 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 a 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, exigem fibras mais longas e finas para a sua fiação. Também o comprimento das fibras 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 contribuem 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 no fio (pontos finos, pontos grossos e *neps*). Um alto índice 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 bolinhas (*pillings*) sobre os tecidos.

### 2.3. Resistência e alongamento à rotura

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

A resistência e o alongamento à rotura suportam e absorvem os altos impactos e as altas tensões impostos pelas altas velocidades das máquinas dos processos de colheita, beneficiamento e têxteis. Também contribuem, em grande parte, com as propriedades físicas dos tecidos, tais 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 planos e de malhas também contribui com as características já mencionadas e para o desempenho desses tecidos nos processos de lavagem e uso.

## 2.4. Cor e fluorescência

Através da determinação do percentual 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 e mistura das fibras na preparação para a fiação, neutralizando a variação de cor nos fios e nos tecidos.

Através da mensuração do índice de fluorescência dos raios ultravioletas, também podemos identificar diversas irregularidades no algodão, tais como manchas, o efeito cavitoma (perda de celulose das paredes primária e secundária por ataque de microorganismos), 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.

## 2.5. Conteúdo de materiais não fibrosos

No algodão, o conteúdo de materiais não fibrosos (cascas, restos de folhas 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 16.1.

O acúmulo de fibrilas, pó, micropó 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 dos fios e tecidos.

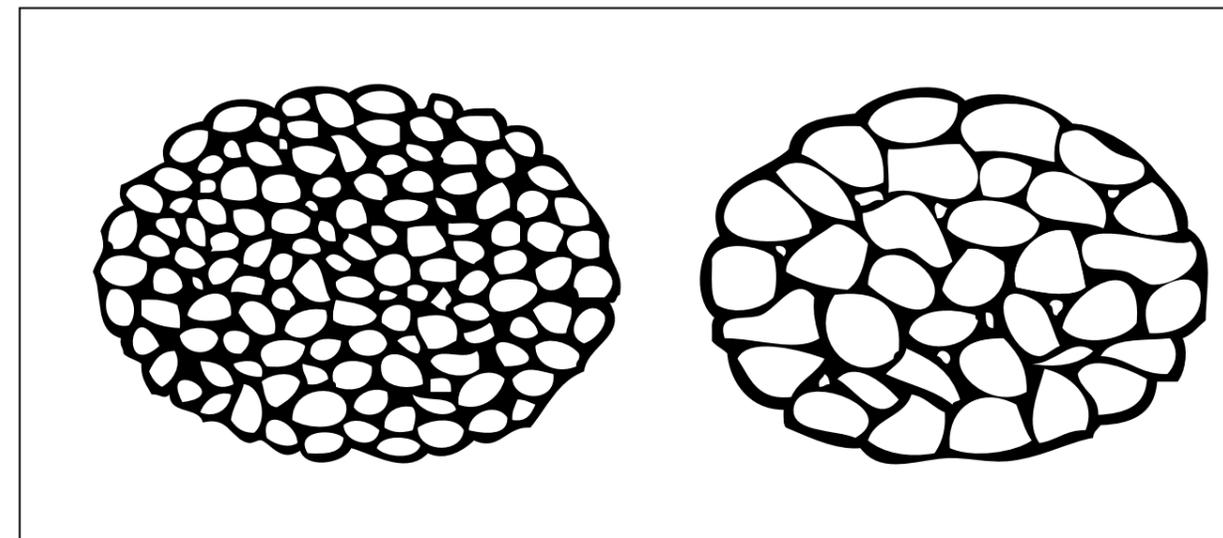
**Tabela 16.1.** Classificação ITMF das partículas de impurezas contidas no algodão.

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Sujeiras ( <i>trash</i> )                    | Acima de 500 $\mu\text{m}$      |
| Poeira ( <i>dust</i> )                       | Acima de 50 a 500 $\mu\text{m}$ |
| Micropó ( <i>microdust</i> )                 | Acima de 15 a 50 $\mu\text{m}$  |
| Poeira respirável ( <i>respirable dust</i> ) | De 0 a 15 $\mu\text{m}$         |

Fonte: FURTER e SCHNEITER, 1993.

## 2.6. 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 16.1). 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 e tecidos. O beneficiamento não muda este índice, mas as fibras que apresentam baixo valor dele 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 baixo valor de índice *Micronaire* e altos valores 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 sua produtividade.



**Figura 16.1.** Fios de mesmos títulos formados de fibras de *Micronaire* diferentes. (Fonte: Sérgio Loureiro Kimmeigs, 1995).

## 2.7. Maturidade

A maturidade da fibra influencia fortemente na sua resistência 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 a partir da colheita até a fiação. Logo se quebram, aumentando o conteúdo das fibras curtas. Maturidade baixa resulta em redução da capacidade de absorção dos corantes pelas fibras, fios e tecidos após o processo de tingimento, causando irregularidade nas cores aplicadas (nuances).

### 2.8. Conteúdo de *neps* e de *seed-coat neps* (*seed coat fragments*)

O algodão com alta tendência à formação de *neps* ou com alto conteúdo de *neps* e/ou *seed-coat neps* (*neps* de casca de caroço) impacta negativamente na produtividade dos processos têxteis. Cada vez mais, a indústria têxtil busca algodões com conteúdo de *neps* que permitam um processamento viável, sem impactar negativamente nos índices de roturas e no número de imperfeições nos fios, na superfície dos tecidos planos e de malha, no toque (maciez), na uniformidade do tingimento e nas diversas resistências.

### 2.9. Pegajosidade

A presença de açúcares na fibra, principalmente os açúcares oriundos dos excrementos de insetos (açúcares entomológicos), que são depositadas na superfície da massa de fibras das maçãs abertas (capulhos), provocam a formação de *neps*, o enrolamento do material fibroso nos cilindros das máquinas (Figura 16.2) e, conseqüentemente, o aumento do índice de roturas 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 fiação.

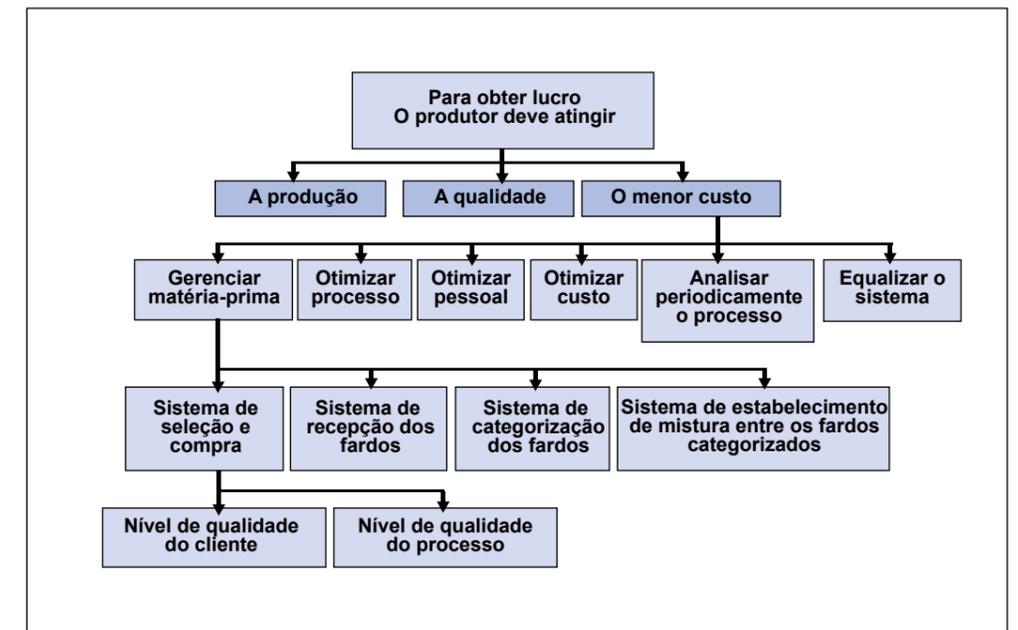


**Figura 16.2.** Aderência das fibras nas calandras de pressão da carda devido a materiais pegajosos. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

## 3. Índice de Consistência da Fiação

O Índice de Consistência da Fiação (SCI – *Spinning Consistency Index*) é uma variável que normalmente surge da correlação múltipla da resistência do fio com as propriedades físicas das fibras (USTER TECHNOLOGIES AG., 2008).

É calculado pelos instrumentos de classificação. Logo, esta variável pode ser utilizada na comercialização dos lotes de fardos, na simplificação da logística do depósito tanto nas algodozeiras como nas indústrias têxteis, que envolve os sistemas de categorização dos fardos, de empilhamento dos fardos categorizados e de estabelecimento das misturas dos fardos para a alimentação da linha de abertura, limpeza e mistura de forma homogênea e constante. Conclui-se, portanto, que são pontos fundamentais para a busca do equilíbrio na fiação, como mostra a Figura 16.3.



**Figura 16.3.** O que é fundamental para a busca do equilíbrio na fiação. (Fonte: Jorge José de Lima, 2006).

### 3.1 Apresentação de algumas causas que impactam negativamente a produtividade dos fios e tecidos

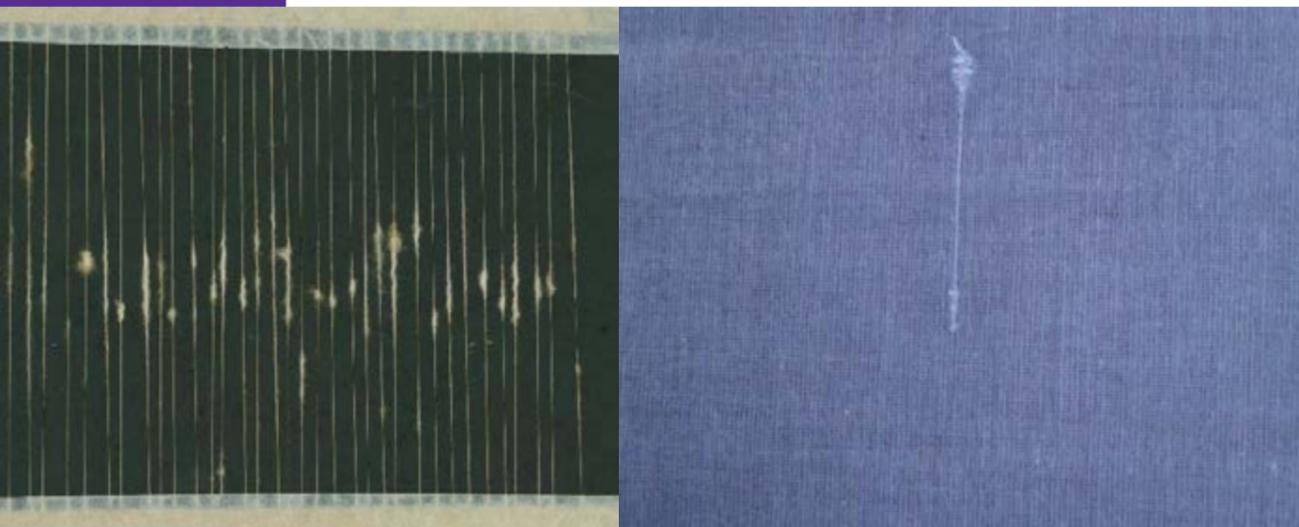
A variação de massa de comprimentos variados ao longo do fio é denominada de feito harmônico, comumente conhecido como *moaré*. Ele pode ser ocasionado por deficiência das seguintes propriedades físicas das fibras de algodão: alto conteúdo de fibras curtas, baixa uniformidade do comprimento, baixo índice de maturidade, baixa resistência, baixo alongamento, e danos nas fibras ocorridos ao longo do processo de fiação, conforme mostra a Figura 16.4.



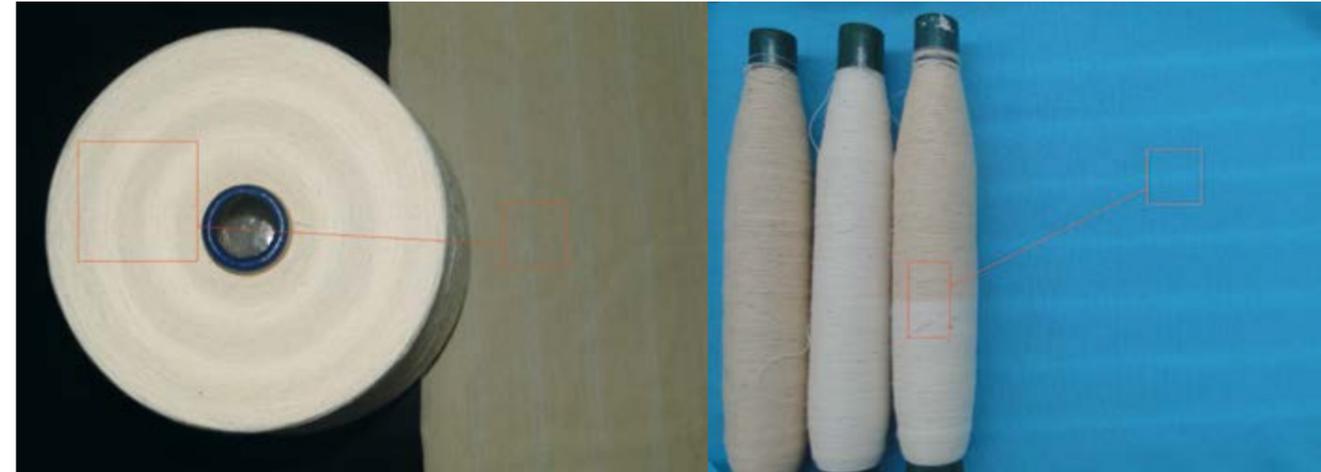
**Figura 16.4.** Tábuas de fio e malha com defeito harmônico ou moaré. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

O fio tem imperfeições denominadas defeitos raros, compostas de partes grossas e curtas (S), partes grossas e longas (L) e partes finas e longas (T). 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 16.5).

Bobina e espulas de fios de algodão com variação de cor produzem tecidos com o defeito denominado barramento (Figura 16.6).



**Figura 16.5.** Tábuas de fio e tecido com imperfeições por 100 km, denominadas raros defeitos. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).



**Figura 16.6.** Bobina, espulas e tecidos de algodão com variação de cor. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

A presença de materiais não fibrosos no algodão, como os pedaços de folhas, cascas e caules na massa fibrosa, desqualifica-o na classificação, visto que aumenta o índice de desperdícios, índice de roturas e deprecia a produção, a qualidade e o custo dos fios e tecidos (Figura 16.7).

A presença de micropó, caule, fibras de juta, sisal e polipropileno, entre outros não fibrosos, nos rotores e nos trens de estiragens das diversas máquinas do processo de fiação, atingem diretamente a produtividade dos processos e produtos têxteis (Figura 16.8).



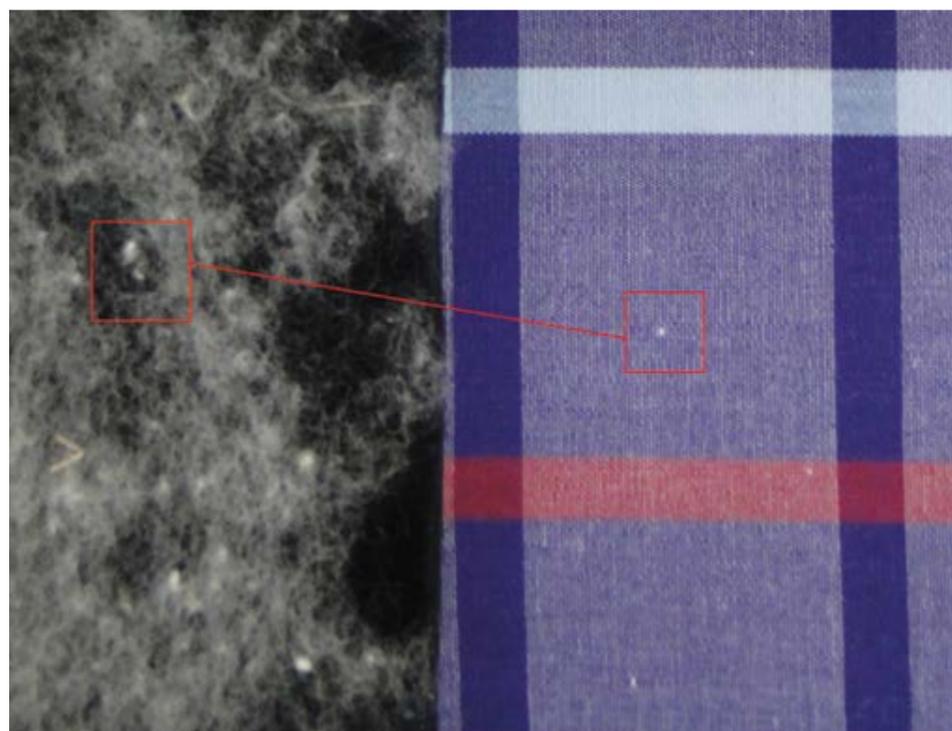
**Figura 16.7.** Fio e tecido com presença de materiais não fibrosos. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).



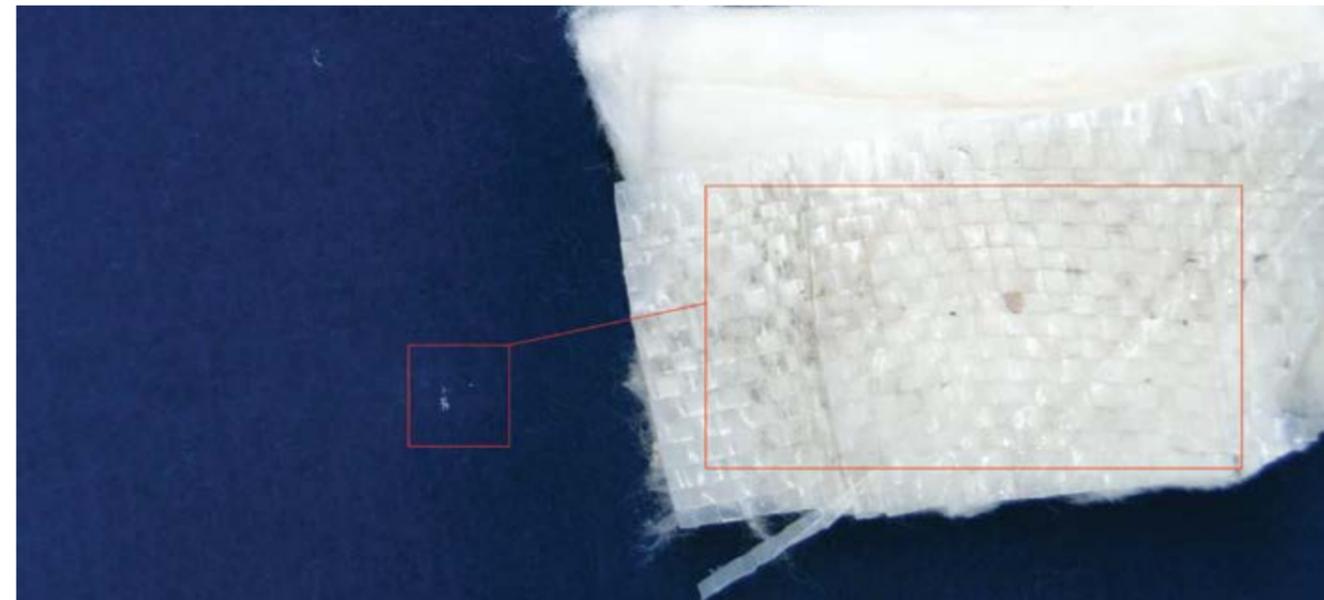
**Figura 16.8.** Presença de micropó, caule, juta e polipropileno nos rotores de fiação. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

*Neps* no algodão afetam diretamente na produção, qualidade e custo dos fios e tecidos (Figura 16.9)

Na Figura 16.10, 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. Também esta contaminação pode ocorrer por causa de cordas, toucas e outros utensílios que são utilizados para a proteção do fardão no campo e algodoeira, e sacos plásticos que são lançados sobre o algodão desde o campo até a fiação.



**Figura 16.9.** Os *neps* no algodão e nos fios do tecido plano xadrez (Foto: Jorge José de Lima, 2011).



**Figura 16.10.** Tecido de malha azul-marinho contaminado com polipropileno. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

#### 4. Descrição sucinta 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, onde ocorre a transformação de fibras em fios;
- Tecelagem, onde os fios formam os tecidos;
- Enobrecimento, onde os tecidos passam por alguns processos, tais como: revisão e classificação do nível de qualidade, navalhagem, chamuscagem, 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, tornando os tecidos enobrecidos;
- Esses tecidos atendem as indústrias de confecção do vestuário, cama, mesa, banho e decoração, cujos desenhos são determinados pela indústria da moda;
- Vale ressaltar que os fios também recebem alguns enobrecimentos antes dos processos de produção de linhas (para costuras, bordados e crochês) e tecidos planos e de malha listrados, xadrezes, maquinetados (fios entrelaçados com evoluções que formam infinitos desenhos);
- Com o avanço da inovação tecnológica, além do vestuário, os têxteis ampliam seu raio de ação e atendem também áreas técnicas.

## 4.1. Fiação

O algodão em pluma chega à indústria têxtil em forma de fardos, matéria-prima da indústria têxtil. Neles, as fibras encontram-se prensadas e misturadas com impurezas denominadas, em geral, materiais não fibrosos.

### 4.1.1. Linha de abertura, limpeza e mistura

A linha de abertura, limpeza e mistura é formada por diversos equipamentos, onde o objetivo principal é 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 desalinhas, misturadas homoganeamente, uniformes e em flocos (Figura 16.11).

### 4.1.2. Carda

Da caixa para a mesa de alimentação da carda, a massa de fibras desalinhas, misturadas homoganeamente, uniformes e em flocos resultará numa manta com massa por unidade de comprimento predeterminada 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 através da estiragem, iniciando a orientação para a sua paralelização. A cardagem elimina fibras curtas, *neps* e *seed coat neps*. Neste processo, ocorre uma grande estiragem, pois transforma a manta de fibras em um fino véu, que posteriormente é condensado e forma a fita de carda (Figura 16.12).



**Figura 16.11.** Abridor e alimentador automático de fardos. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

### 4.1.3. Penteadeira

O processo de penteagem das fibras tem como objetivo eliminar as fibras curtas, *neps*, *seed coat neps* e impurezas do material de alimentação que se apresentam em forma de rolos produzidos pela reunideira de mantas ou formador de rolos. Normalmente, a penteadeira trabalha com a duplicação de oito rolos de manta (Figura 16.13). 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 garantirá fios mais uniformes, finos, sedosos e flexíveis. Os fios penteados são o grande diferencial no mercado.



**Figura 16.12.** Veu e fita produzida pela carda. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

### 4.1.4. 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 o objetivo de aumentar a uniformidade do comprimento das fibras. Também nos passadores é que ocorre a correção final da titulação (massa por unidade de comprimento) do material a ser fiado. São alimentados com fitas duplicadas normalmente em número de 6 ou 8, para maior uniformidade (Figura 16.14).



**Figura 16.13.** Penteadeira, rolos de manta de alimentação e fitas produzidas. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).



**Figura 16.14.** Trem de estiragem dos passadores. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

#### 4.1.5. Maçaroqueira

Cada fuso ou unidade de produção da maçaroqueira é alimentado por uma fita dos passadores de primeira ou segunda passagem. A maçaroqueira tem a finalidade de transformar por estiragem as fitas dos passadores em pavios de densidade linear inferior. Como o pavio é uma mecha com poucas fibras na sua sessão transversal, logo se faz necessário dar coesão e amarração entre as fibras através de torção, a fim de evitar a falsa estiragem e as roturas.

#### 4.1.6. Filatório

Na etapa de fiação, existem diferentes tecnologias de transformação dos pavios ou fitas em fios, porém o objetivo final 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.

##### 4.1.6.1. Filatório de anéis produzindo fios convencionais

A formação do fio no filatório 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 com o 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 esta 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 16.15).

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

##### 4.1.6.2. 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 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 (Fi-



**Figura 16.15.** Filatório de anéis com pavios de alimentação e fios em produção. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).



**Figura 16.16.** Filatório de rotor, fitas de alimentação e bobinas de fios produzidos. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

gura 16.16). Uma das vantagens é o menor tempo de produção, uma vez que envolve menor número de processos e equipamentos. Os processos da maçoqueira e a bobinadeira são eliminados.

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

#### 4.1.6.3. 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 de fibras contínuas, como, por exemplo, filamentos de elastômeros, vidro e arames de aço. Atendem os tecidos para vestiários, uso doméstico, técnicos para a 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 desejam fiar, e a produtividade. Em relação à velocidade de produção, o filatório de anel atinge em torno de 19 até 25 m/min, o *Open-end* (rotor) de 130 m/min, o jato de ar 180 m/min e o por fricção 300 m/min.

#### 4.1.7. 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 tarefa é a purga das imperfeições indesejáveis contidas no fio. A terceira tarefa é a lubrificação (parafinação) do fio, que normalmente é direcionado para a malharia.

#### 4.1.8. Retorcedeira

Esta 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 sedoso, resistentes e nobres. Este é um dos grandes diferenciais de qualidade no mercado de produtos têxteis.

Após as descrições dos processos que compõem a fiação, será apresentado, como exemplo, o fluxograma do processo de fiação de fio single de algodão cardado fiado em filatório de anéis (Figura 16.17).

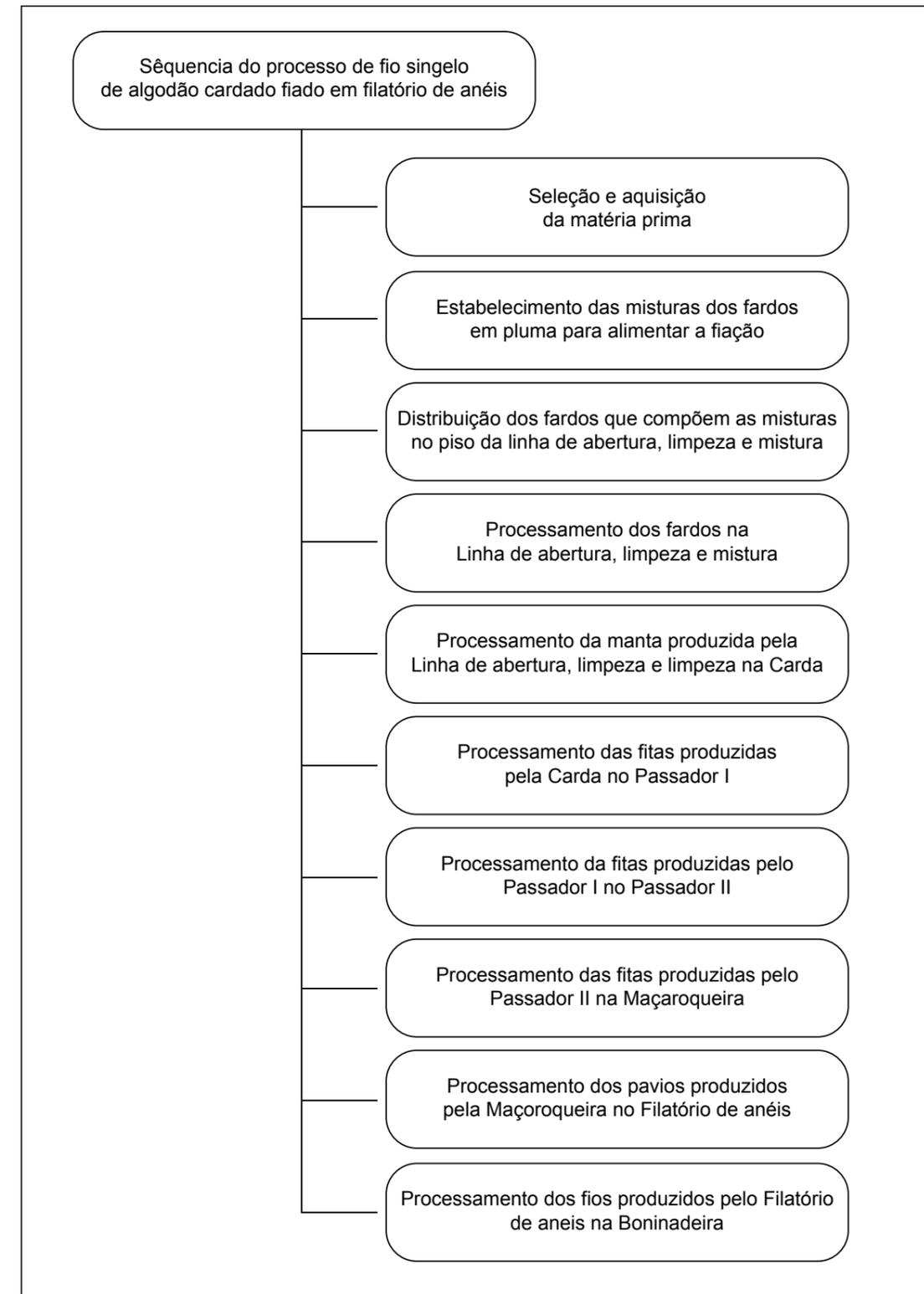


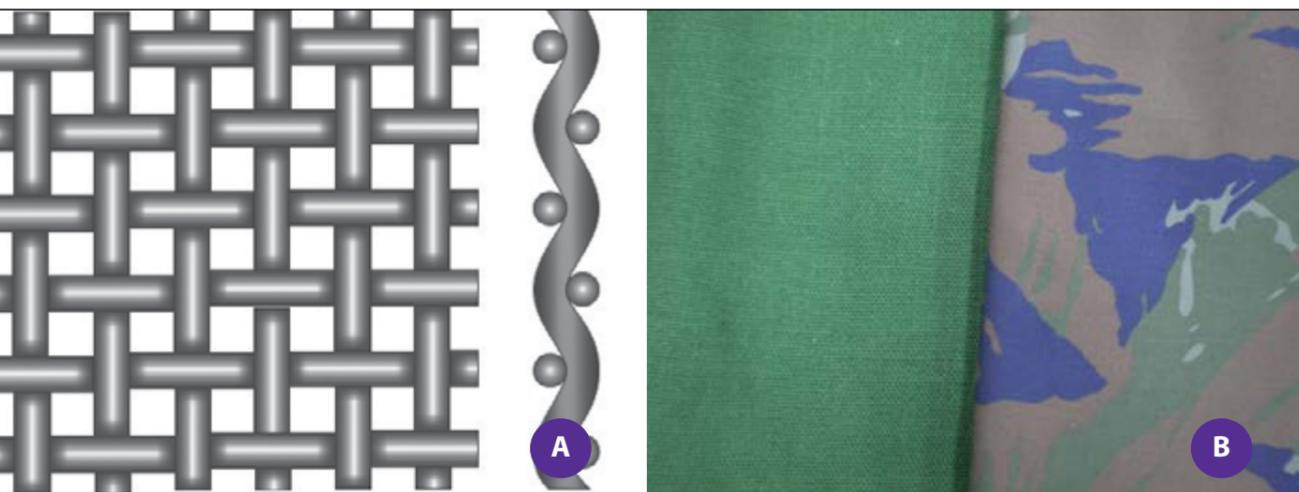
Figura 16.17. Exemplo de fluxograma do processo de fiação. (Fonte: Jorge José de Lima, 2011).

## 4.2. Tecelagem

A tecelagem implica na criação e execução das armações estruturais que caracterizam o entrelaçamento intra e entre fios (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. Aqueles denominados não tecidos (*now-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 a tecelagem para tecidos de malha. Também as aplicações finais a que os tecidos se destinam são os determinantes do tipo do processo de tecelagem a ser utilizado.



**Figura 16.18.** Entrelaçamento dos fios de urdume e trama, formando o tecido plano. A: (Fonte: Sérgio Loureiro Kimmeigs, 2011) B: (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

### 4.2.1. Tecidos planos

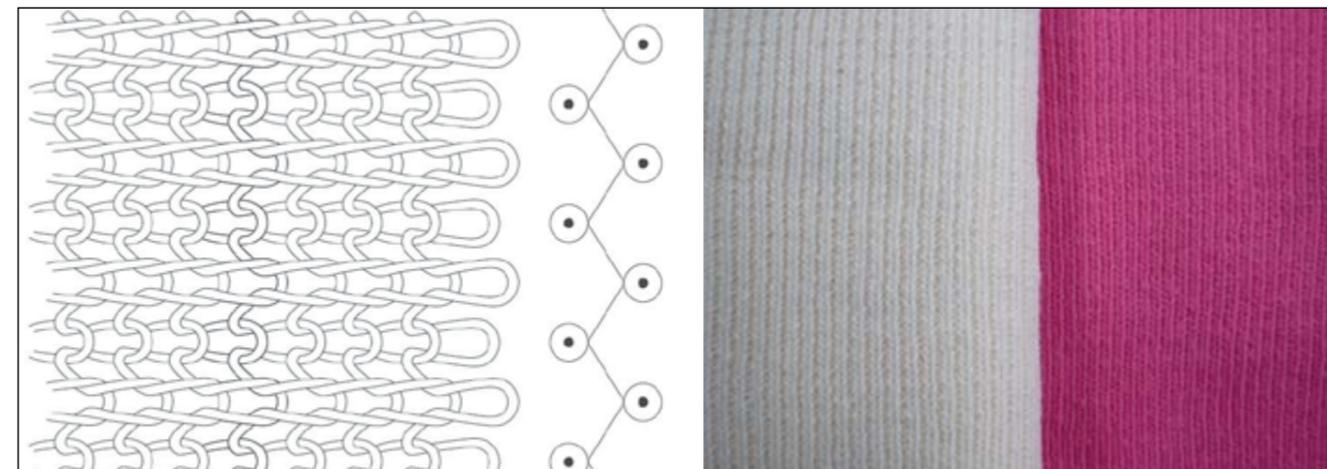
As estruturas dos tecidos planos são caracterizadas pelo cruzamento de fios no sentido horizontal e vertical. Os fios no sentido horizontal, ou seja, na direção da largura do tecido, são chamados de trama, enquanto que os fios no sentido vertical, ou seja, os fios perpendiculares à trama, são chamados de urdume. Na tecelagem plana, a for-

mação dos tecidos ocorre pelo entrelaçamento da trama e do urdume (Figura 16.18). Esse processo é realizado por máquinas denominadas teares para tecidos planos.

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 rolos 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



**Figura 16.19.** Sala de teares. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).



**Figura 16.20.** Enlaçamento intra e entre fios, formando o tecido de malha. (Fonte: Sérgio Loureiro Kimmeigs, 2011).

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.

#### 4.2.1.1. 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 16.19).

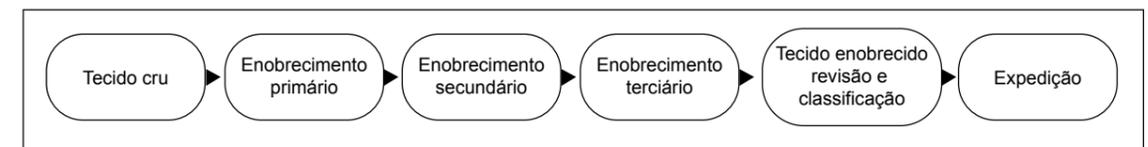


**Figura 16.21.** Tear circular alimentado por cones de fios e tecido de malha por trama em produção. (Foto: Jorge José de Lima, 2011).

#### 4.2.2.1. 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 ou conicadeiras, para a malha por trama e em rolo oriundo da urdideira específica para a malha por urdimento. A Figura 16.21 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 16.22).

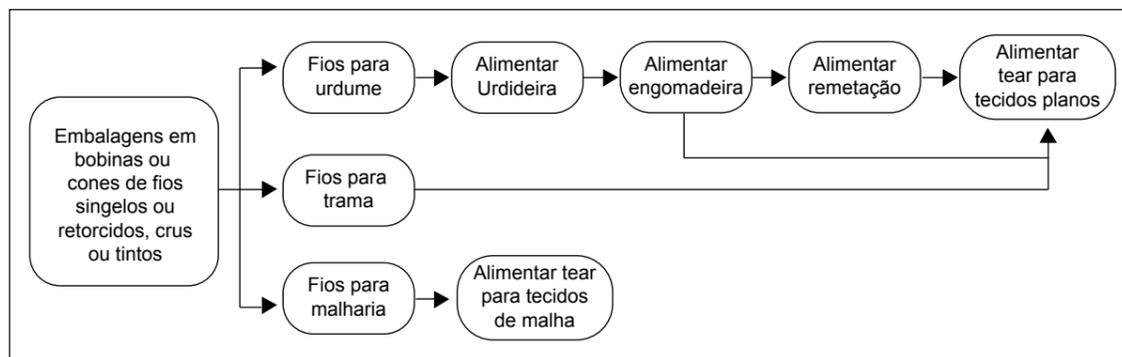


**Figura 16.23.** Fluxograma do tecido cru a partir do processo de enobrecimento primário até a expedição. (Fonte: Jorge José de Lima, 2011).

#### 4.3. Enobrecimento dos materiais têxteis

Enobrecimento dos materiais têxteis é o conjunto de processos químicos, físicos e/ou físico-químicos aplicado nas fibras, fios, tecidos e peças confeccionadas. Sua finalidade é transformar os têxteis que, em geral, se encontram no estado cru em alvejados, tintos, estampados, amaciados, estabilizados em suas dimensões, aveludados, brilhosos, resistentes aos raios ultravioletas, 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, alvejamento e determinação da cor, podendo o tecido ser tinto, estampado ou ainda tinto e estampado. Os enobrecimentos 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 e SANTOS, 1987). O fluxograma mais comum para a transformação de tecido cru para enobrecido e pronto para venda é o que se visualiza a seguir (Figura 16.23).



**Figura 16.22.** Fluxograma das embalagens de fios do setor de fiação até as tecelagens planas e/ou de malhas. (Fonte: Jorge José de Lima, 2011).

#### 4.2.2. Tecidos de malha

A característica principal dos tecidos de malha é a 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 16.20). 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”.

## 5. Conclusão

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

O manuseio, embalagem, estocagem, conservação, expedição, transporte e entrega das peças de tecidos aos clientes devem ser garantidos com os parâmetros de quantidade e qualidade acordados. Logo, é fundamental uma gerência de logística pela 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 fases, melhor para todos, ou seja, pesquisadores, agricultores, beneficiadores, indústrias transformadoras dos produtos e subprodutos do algodoeiro, consumidores dos produtos manufaturados deste nobre vegetal, que é obra-prima divina que dá proteção, beleza e sustentabilidade social à humanidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE FILHO, J. F. de; SANTOS, L. F. dos. **Introdução à tecnologia têxtil**. v. 3. Rio de Janeiro: Senai/Cetiq, 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=4949115016210151845111101010101401140114-11110&q=cache:OAJ9Vym93J0J:http://api.ning.com/files/oTXTrBTcDKEIMXvRrXA9B8dizwDm-z1wv5R79vIGt3m8053pzhlf9Ua5gvco4XxxS8xxgEpOY59k424QhkOwuoGx-haRFJn\\*/SelecaoGerenciamentodaFibradeAlgodao.pdf+Think+Uster&ct=clnk](http://webcache.googleusercontent.com/search?hl=pt-BR&gbv=2&tbs=lr%3Alang_1pt&lr=lang_pt&gs_sm=e&gs_upl=4949115016210151845111101010101401140114-11110&q=cache:OAJ9Vym93J0J:http://api.ning.com/files/oTXTrBTcDKEIMXvRrXA9B8dizwDm-z1wv5R79vIGt3m8053pzhlf9Ua5gvco4XxxS8xxgEpOY59k424QhkOwuoGx-haRFJn*/SelecaoGerenciamentodaFibradeAlgodao.pdf+Think+Uster&ct=clnk)>. Acesso em: 10 out. 2011.

# CAPÍTULO 17

## O BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO ADENSADO



O algodão adensado, em especial colhido com *stripper* (pente ou escova), necessita de um tratamento diferente, em relação ao beneficiamento, se comparado ao algodão convencional. Na unidade beneficiadora devem-se levar em consideração alguns fatores essenciais, tais como: a sequência das máquinas, a produtividade e a qualidade do produto desejado. A sequência das máquinas deve ser mais completa na pré-limpeza. Além disso, a redução do ritmo de beneficiamento é imprescindível. Tais mudanças acarretam uma maior demanda energética e uma redução da produtividade, conseqüentemente, o custo de beneficiamento do algodão adensado torna-se maior. Neste caso, várias medidas são fundamentais para qualidade do produto, tanto em usinas modernas quanto antigas, de maneira a reduzir a entrada de sujeira nos descarçadores, limitando as perdas de produtividade e evitando a contaminação com fibra de caule (*barks*).

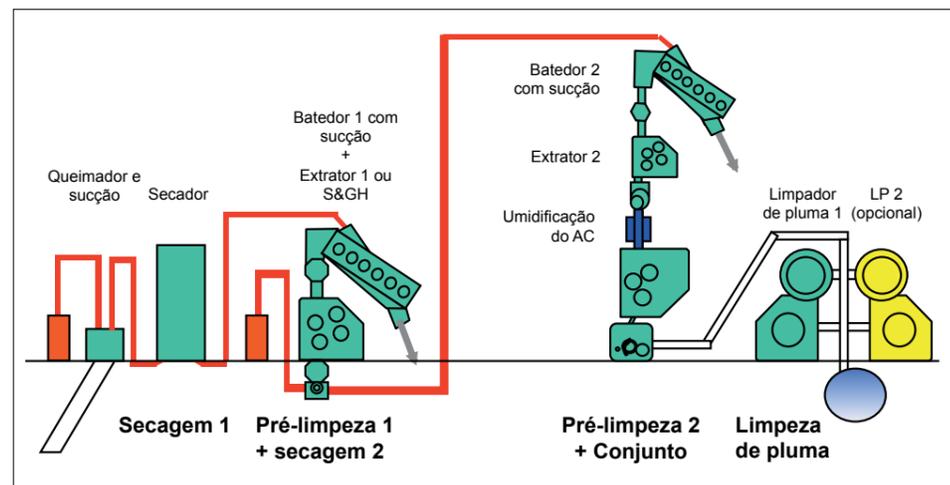
# O BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO ADENSADO

## 1. Processo e sequência de máquinas

O algodão adensado necessita de tratamento diferente no beneficiamento quando é colhido com *stripper* (pente ou escova), pois tem muito mais matéria estranha do que o algodão convencional ou o adensado colhido com *picker* (fusos). O algodão adensado colhido com *stripper* carece de mais limpeza e secagem na algodoeira.

A sequência de máquinas deve ser completada na pré-limpeza (limpeza do algodão em caroço), com equipamentos para tirar a sujeira grossa. O objetivo é eliminar o máximo de matéria estranha possível antes dos descarçadores. No caso de algodão adensado úmido, a presença de muita matéria estranha úmida reduz a eficiência da secagem da fibra, pois uma parte importante do potencial de secagem é utilizada para secar a sujeira. A capacidade de secagem da algodoeira deve ser aumentada, para poder limpar e beneficiar o algodão adensado. A umidade deste tipo de algodão pode ser muito heterogênea num fardão, por isso necessita de um sistema automatizado e com tempo de resposta curto.

A sequência pode ser reforçada também na etapa de limpeza da fibra (Figura 17.1) acrescentando mais um limpador de pluma, utilizado em série ou em fluxo dividido. É uma opção raramente aplicada nas usinas modernas brasileiras por ser frequentemente pouco rentável, pelo investimento adicional junto aos desgastes significativos da fibra (fibras curtas e *neps*) e perdas de fibra adicionais no caso de uma utilização em série.



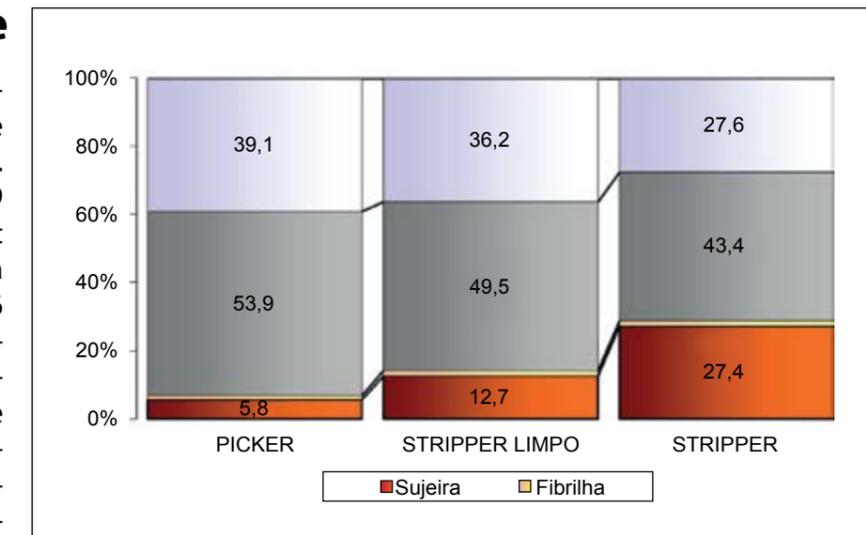
**Figura 17.1.** Sequência de máquinas recomendada para o algodão colhido com *stripper* de pente ou escova. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2010).

Nas usinas antigas, a limpeza de pluma é quase sempre subdimensionada. O acréscimo de um estágio de limpeza de pluma é quase sempre impossível, por falta de espaço. A troca das máquinas de 66" ou 86" por outras modernas e maiores representa um investimento significativo, que raras usinas consideram. O uso de dois limpadores antigos de 66" com fluxo dividido é quase incompatível com o beneficiamento do algodão adensado, pela grande dificuldade de obter mantas consistentes e regulares devido à necessidade de reduzir o ritmo de produção ao beneficiar este tipo de algodão.

## 2. Produtividade

Os critérios de produtividade variam muito conforme as várias técnicas de colheita.

No Brasil, nos anos de 2009 e 2010, os estudos do IMAmT mostraram uma perda média de rendimento de fibra de 6 pontos percentuais entre o algodão convencional e o adensado colhido com *stripper*, de tipo pente, equipado com extrator embarcado. Já este valor vai de 10 a 12 pontos percentuais quando a colheita do adensado é feita sem o extrator embarcado (umidade do algo-



**Figura 17.2.** Composição típica do fardão por tipo de colheita em Mato Grosso. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

dão em caroço e fibra padronizada a 8%). Os rendimentos de fibra do algodão adensado ficam entre 32% e 36% quando a colheitadeira tem extrator e de 27% a 29% quando a colheita é feita sem extrator embarcado (RIBAS e CHANSELME, 2011).

No caso do algodão colhido com pente ou escova, a produtividade da usina diminui; primeiro, porque é preciso beneficiar muito mais algodão em caroço para produzir um fardo de fibra. Baseado nos dados da Figura 17.2 e mantendo o fluxo de algodão em caroço no mesmo nível, pode-se esperar uma queda média de produtividade no beneficiamento de 10 a 20% entre o algodão colhido com fusos e o algodão colhido com *stripper*.

Não é sempre possível manter a produtividade aumentando a alimentação da usina, porque o fluxo de algodão em caroço necessário para conseguir o mesmo número de fardos por hora seria muito grande, provocando embuchamentos e saturação das máquinas de pré-limpeza. A grande quantidade de matéria estranha separada pelas máquinas que limpam o algodão em caroço adensado sobrecarrega os dispositivos de coleta e transporte de sujeira, que devem ser redimensionados para evitar embuchamentos frequentes, com redução de produtividade.

Um aumento do ritmo de produção, de 40 para 50 fardinhos por hora, provoca um aumento de sujeira de 25% na pré-limpeza (Tabela 17.1). Uma taxa de sujeira no fardão passando de 7% para 20% (o mesmo algodão com taxa de fibra baixando de 38,4% para 33%) representa um aumento de sujeira de 234% na pré-limpeza. No caso de algodões sujos, a

solicitação das máquinas de pré-limpeza é tão forte que uma redução do ritmo de beneficiamento é indispensável, mas não pode compensar significativamente o excesso de sujeira. Fica com pouco efeito.

Nos Estados Unidos, as usinas que não são equipadas para o beneficiamento do algodão colhido com *stripper* reduzem o ritmo de 20% até 40%, sem conseguir um beneficiamento satisfatório (ANTHONY et al., 1999). Isto comprova a necessidade absoluta, além da redução de ritmo, de acrescentar batedores e extratores para o beneficiamento deste tipo de algodão, especialmente nas usinas brasileiras de desenho antigo.

A impossibilidade do processo manter a capacidade máxima de produção e a necessidade de reduzir o fluxo de matéria nas máquinas para aumentar a eficiência de limpeza são

**Tabela 17.1.** Efeito da sujeira e do ritmo sobre a carga da primeira etapa de pré-limpeza.

| Rendimento de fibra (%)                       | Taxa de sujeira (%) | Ritmo de produção da algodoeira (fardos de 200 kg/h) |     |     |     |     |
|---|---------------------|--|-----|-----|-----|-----|
|   |                     | 30   | 35  | 40  | 45  | 50  |
| Kg de sujeira/pé/h nos batedores e extratores |                     |  |     |     |     |     |
| 40,0  | 3,13                | 23   | 27  | 31  | 35  | 39  |
| 38,4  | 7,00                | 55   | 64  | 73  | 82  | 91  |
| 37,0  | 10,39               | 84   | 98  | 112 | 126 | 140 |
| 35,0  | 15,23               | 131  | 152 | 174 | 196 | 218 |
| 33,0  | 20,08               | 183  | 213 | 243 | 274 | 304 |
| 31,0  | 24,92               | 241  | 281 | 322 | 362 | 402 |

Processo de 3 descaroçadores de alta capacidade, 2 linhas de pré-limpeza de 120".

Fonte: Cotimes do Brasil, 2010.

fatores que se acumulam. Uma queda de produtividade de 20% em relação à capacidade nominal parece inevitável nas usinas modernas. No caso de algodões carregados em sujeira grossa, uma quantidade importante de casquinhas e caules entra nos descaroçadores, provocando embuchamentos e numerosas paradas de máquinas, particularmente nas usinas com máquinas antigas. Uma sequência inadaptada e a obsolescência das máquinas deixam essas usinas numa situação muito difícil ao beneficiar um algodão adensado colhido com pente ou escova.

No Brasil, em 2009 e 2010, os estudos do IMAmT mostraram que o ritmo de beneficiamento baixa com o algodão adensado colhido com *stripper*. A produção baixa em proporções

**Tabela 17.2.** Efeito do algodão adensado sobre o ritmo de beneficiamento.

| Processo           | Algodão                           | Ritmo (Fardos/h) 2009 | Ritmo (Fardos/h) 2010 |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Antigo (1 usina)   | Convencional                      | 19.7                  | 19.7                  |
|                    | Adensado com extrator             | 16.7                  | 17.4                  |
|                    | <b>Perda de produtividade (%)</b> | <b>-15.2</b>          | <b>-11.7</b>          |
|                    | Ensaio comparativos               | 4                     | 4                     |
| Moderno (3 usinas) | Convencional                      | 36.0                  | /                     |
|                    | Adensado <b>com</b> extrator      | 30.1                  | /                     |
|                    | <b>Perda de produtividade (%)</b> | <b>-16.4</b>          | /                     |
|                    | Ensaio comparativos               | 3                     | /                     |
| Moderno (1 usina)  | Convencional                      | /                     | 20.3                  |
|                    | Adensado <b>sem</b> extrator      | /                     | 18.3                  |
|                    | <b>Perda de produtividade (%)</b> | /                     | <b>-9.9</b>           |
|                    | Ensaio comparativos               | /                     | 2                     |

Fonte: Cotimes do Brasil, 2011.

variáveis (-7 a -20%), dependendo muito da qualidade da matéria prima (colheita com ou sem extrator embarcado) e do processo utilizado (máquinas antigas ou modernas, sequência, etc.). A tabela 17.2 apresenta as médias observadas nos testes comparativos com algumas configurações.

### 3. Custo do beneficiamento

O beneficiamento do algodão adensado é mais custoso que o beneficiamento do algodão convencional, pois a utilização de mais máquinas na sequência aumenta o consumo de energia, as reduções de produtividade impactam diretamente o custo do beneficiamento, pelo aumento da parte dos custos fixos por arroba de fibra, a presença de muita sujeira grossa no algodão desgasta as máquinas (serrilhas e escovas de extratores, serras e costelas de descaroçadores, serras de limpador de pluma, etc.) e conseqüentemente aumenta os gastos com manutenção.

Poucos dados existem quanto ao impacto do algodão colhido com *stripper* sobre o custo do beneficiamento. No caso de uma usina de dois descaroçadores de alta capacidade no Brasil, uma redução de ritmo de 20% combinada com uma troca adicional de serras e duas trocas das serrilhas dos extratores por safra provoca um aumento de custo do beneficiamento, estimado em R\$ 3,43/fardo de 200 kg. No caso de uma usina antiga de 10 descaroçadores de 90 serras, o aumento de custo foi estimado em R\$ 5,46/fardo (CHANSELME e RIBAS, 2010).

### 4. Qualidades dos produtos obtidos no beneficiamento de algodão adensado

A princípio, a maior limpeza necessária e recomendada para remover a matéria estranha adicional do algodão colhido com *stripper* reduz um pouco a qualidade da fibra (ANTHONY e MOLLIN, 2000). Nas várias experimentações realizadas pelo IMAmT em 2009 e 2010, alguns parâmetros de qualidade pioram no caso do algodão adensado colhido com *stripper*, tais como o comprimento comercial, a uniformidade, a taxa de fibra curta e o número de *neps*. A menor maturidade da fibra frequentemente observada com o algodão adensado e o aumento de números de máquinas na sequência recomendada podem explicar as diferenças observadas.

Diferenças significativas são observadas para componentes do grau medidos com instrumentos HVI, com redução do Rd%, aumento do +b e aumento importante das matérias estranhas em número ou *Trash* (+ 50%) e percentual da área da amostra ou *Area* (+100%), em qualquer tipo de usina, no caso do algodão adensado colhido com *stripper*. Comparando, em Mato Grosso, dois processos de beneficiamento diferentes pela composição da pré-limpeza (1 etapa ou 2 etapas, cada uma com 1 batedor e 1 extrator), foi mostrado que o processo melhorado com mais pré-limpeza consegue reduzir essas diferenças sem conseguir eliminá-las totalmente (RIBAS e CHANSELME, 2011).

Porém, vários exemplos existem nos Estados Unidos mostrando que, quando beneficiado com processo melhorado e recomendado, o algodão adensado colhido com pente ou escova não mostra diferença significativa para a classificação comercial. A classificação visual da

folha e os *trashes* HVI são os mesmos (VALCO et al., 2001).

Nos estudos conduzidos no Mato Grosso em 2010 em uma usina antiga, foi mostrado que quando beneficiado com processo melhorado, o algodão colhido com *stripper* de tipo pente equipado de extrator, não mostra diferença de tipo e folha com o algodão convencional na classificação visual (Figuras 17.3 e 17.4). No caso do algodão colhido sem extrator embarcado e beneficiado numa usina moderna com 3 etapas de pré-limpeza, o processo melhorado não consegue corrigir os defeitos trazidos pela colheita e a classificação visual piora significativamente.

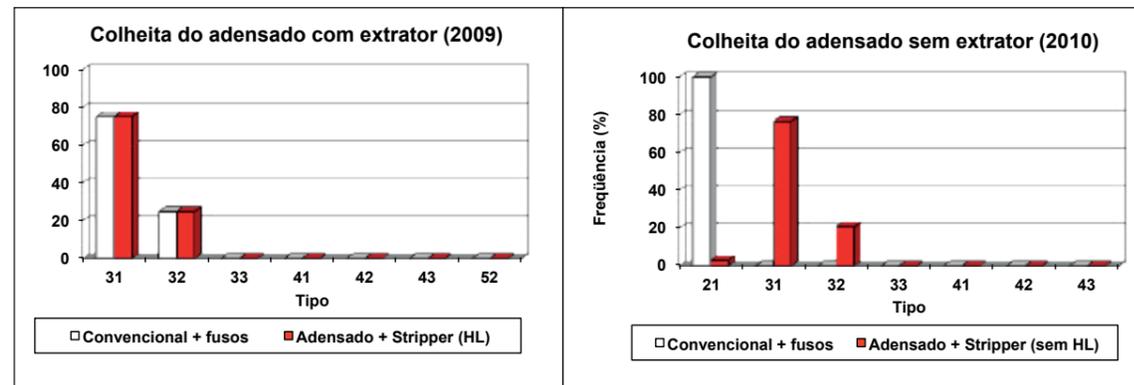


Figura 17.3. Efeito do processo sobre a classificação visual da fibra (Tipo). (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

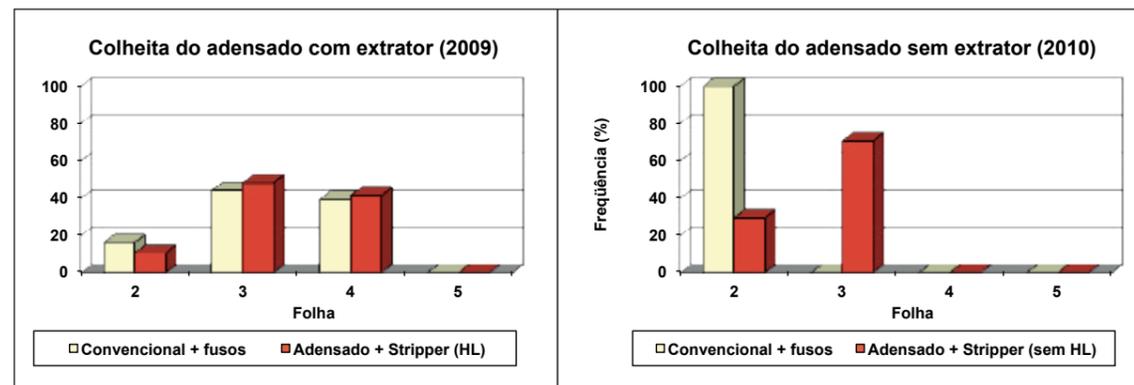


Figura 17.4. Efeito do processo sobre a classificação visual da fibra (Folha). (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

## 5. O problema específico do *bark*

Todos os estudos nos Estados Unidos mencionam um problema importante com os algodões colhidos com *stripper*, encontrado mesmo quando se usa um processo de beneficiamento melhorado: a presença de fibra de caule (*bark*) nas amostras de fardos.

Esta fibra é produzida no peito dos descarçadores pela trituração dos caules (Figura 17.5). A grande quantidade de caules arrancados da planta pelos pentes ou escovas favorece muito a produção de fibra contaminada por *bark* (Figura 17.6). Algumas fibras de caule originam-se na colheita, pela lasca ou quebra de galhos (caules desfiados).

O *bark* é detectado e quantificado na classificação visual. Nas regiões norte-americanas de cultivo adensado colhido com *stripper*, os centros de classificação da USDA-AMS têm a presença de *bark* como critério de classificação visual. O "*bark call*" (classificação de uma amostra como "*barky*") gera descontos muito significativos (nível 1 de *bark*, R\$ 20,00/fardo, e nível 2, R\$ 36,00/fardo com uma taxa de câmbio US\$ 1 Dollar = R\$ 1.7). Os produtores e beneficiadores que trabalham com algodão adensado e colheitadeira *stripper* devem fazer tudo para evitar que a fibra produzida seja classificada com *bark*, ou seja, devem evitar a contaminação com fibra de caule.

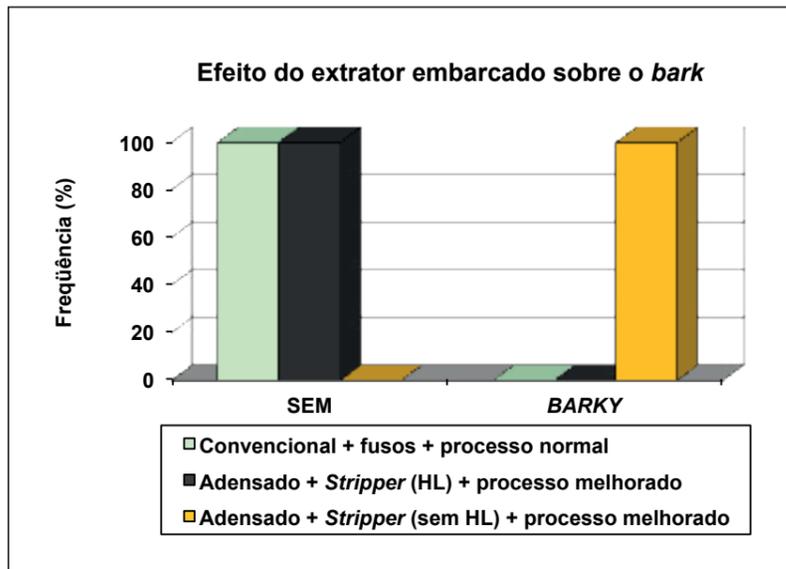
No Brasil, a maioria dos processos antigos é inadaptada à colheita com fusos (CHANSELMÉ et al., 2007). O beneficiamento de algodão colhido com pente ou escovas com esses processos pode ser muito problemático com relação ao *bark* e levar a grandes problemas de comercialização. É muito importante ressaltar que as usinas antigas são muito expostas a problemas de *bark*, pela fraqueza da pré-limpeza (mesmo com 2 etapas) e da limpeza de pluma. Essa limitação pode levar a um



Figura 17.5. Caules desmanchados pelas serras. (Foto: Cotimes do Brasil, 2009).



Figura 17.6. Contaminação com fibra de caule (*bark*). (Foto: Cotimes do Brasil, 2009).



**Figura 17.7.** Classificação dos fardos com relação a bark. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

com extrator embarcado. Mas no caso da colheita com *stripper* sem extrator, a fibra produzida foi classificada com *bark*, qualquer fosse o processo de beneficiamento (Figura 17.7).

Os estudos americanos e brasileiros mostram que o algodão adensado colhido com *stripper* equipado com extrator HL e beneficiado com ritmos adequados por algodoeiras equipadas com sequência recomendada nos Estados Unidos podem, na maioria dos casos, atingir graus visuais e classificação HVI equivalentes ao algodão convencional, exceto a *bark*.

## 6. Conclusão e recomendações

O beneficiamento do algodão adensado colhido com pente ou escova é exigente em tecnologia e competência, e o efeito sobre a qualidade e o lucro é significativo. Seria errado pensar que os processos utilizados para beneficiar o algodão colhido com fusos podem aguentar a sujeira adicional e produzir uma fibra que poderia ser vendida com os mesmos preços. O beneficiamento deve ser adaptado em termos de equipamentos e práticas.

Em boas condições de produção e colheita, os algodões colhidos com pente ou escova que chegam às algodoeiras podem ter características próximas de certos algodões colhidos com fusos, mas as usinas devem ser preparadas para poder beneficiar algodões muito sujos. Será imprescindível compor o processo de mais equipamentos de limpeza do algodão em caroço e mais capacidade de secagem para favorecer a pré-limpeza. O reforço da limpeza do algodão em caroço deverá, obrigatoriamente, incluir um extrator (HL) de 3 cilindros ou uma máquina CBS (combinação *bur* e *stick*), de maneira que a sequência de máquinas tenha duas etapas distintas de extração.

Esta recomendação fundamental vale para as usinas de processo moderno e ainda mais

prejuízo comercial muito grande se o algodão for colhido sem extrator embarcado.

Nas experimentações do IMAmt, em 2009, todas as amostras (colheita com *stripper* com extrator) estavam classificadas com *bark* quando o beneficiamento se dava com o processo convencional. Com o processo melhorado, só as amostras da usina antiga ficaram com essa classificação. Em 2010 devido maior domínio técnico do cultivo e da colheita do adensado, amostras com *bark* raramente foram observados nas experimentações no caso da colheita

para as usinas antigas, para reduzir ao máximo a entrada de caules e casquinhas nos descarregadores, limitando as perdas de produtividade e evitando a contaminação com fibra de caules. Uma primeira etapa de pré-limpeza com secagem deverá ser instalada, porém muito bem dimensionada e, preferencialmente, com equipamentos modernos. Os sistemas pneumáticos de transporte e secagem são muito importantes para o desempenho da usina e o custo do beneficiamento e por isso exigem dimensionamento e desenho muito bem definidos por estudo de engenharia.

No caso da colheita com *stripper* sem extrator (HL) o processo de beneficiamento não pode compensar o excesso de matéria estranha (em particular a sujeira grossa) e os prejuízos para o beneficiamento e a qualidade da fibra são importantes:

- desgastes das máquinas;
- alta perda de produtividade

A colheita do adensado com *stripper* sem extrator pode ser considerada como incompatível com as usinas antigas e prejudicial as modernas.

Os sistemas de coleta e transporte da sujeira deverão ser redimensionados (e redesenhados no caso das usinas antigas, onde são muito empíricos) para não abrir um gargalo grande à produtividade (embuchamentos).

O investimento em máquinas adicionais deverá ser acompanhado por uma adaptação das práticas de beneficiamento. O ritmo de beneficiamento deverá ser reduzido (até 20 ou 30%) para aumentar a eficiência das máquinas de limpeza e limitar eventuais desgastes da fibra. A redução não pode ser muito alta, pois o custo do beneficiamento aumentaria muito.

O produtor de algodão adensado colhido com *stripper* deve estar preparado para um beneficiamento mais caro, seja pelos investimentos e redução de produtividade, se tem algodoeira própria, seja pelo preço do beneficiamento terceirizado. O beneficiador prestador de serviços cobrará com base no peso de algodão em caroço, para que seja levado em conta o teor de matéria estranha.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTHONY, W.S., MOLLIN, B. Ginning and fiber characteristics of cotton varieties planted in ultra narrow row and conventional patterns. In **Proceeding of the Beltwide Cotton Conferences**, Memphis, Tenn.: National Cotton Council, USA. 2000.

ANTHONY, W. S.; MAYFIELD, W. D.; VALCO, T. D. **Result of 1998 ginning studies of ultra narrow row cotton**. In: BELTWISE COTTON CONFERENCES, 1., 1999, Memphis-Tennessee-USA. Proceedings... Memphis-Tennessee-USA: National Cotton Council, 1999.

CHANSELME, J. L.; RIBAS, P. V.; BACHELIER, B. **Melhoria do processo e das práticas de beneficiamento de algodão no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia-Brasil. **Anais...** [s.l.:s.n.].

CHANSELME, J.L.; RIBAS, P.V. **Beneficiamento do algodão adensado e qualidade de fibra**. In: BELOT, J. L; VILELA, P. M. C. A. (Orgs.). O sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso. Cuiabá: IMAmt, 2010. p. 311-327.

RIBAS, P. V.; CHANSELME, J. L. **Colheita e beneficiamento do algodão adensado no Mato Grosso**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 8., set. 2011, São Paulo.

VALCO, T. D.; ANTHONY, W. S.; MC ALISTER, D. D. **Ultra narrow row cotton ginning and textile performance results**. In: BELTWISE COTTON CONFERENCES, 3., 2001, Memphis-Tennessee-USA. Proceedings... Memphis-Tennessee-USA: National Cotton Council, 2001.



# CAPÍTULO 18

## O BENEFICIAMENTO DE ROLO



Os descaroçadores de serras são preferidos para beneficiar o algodão de fibra média ou herbáceo. Apesar disto, boa parte do algodão herbáceo mundial é beneficiada com rolos. Há entre estes processos algumas semelhanças e diferenças. Os equipamentos de pré-limpeza, bem como as normas de secagem do algodão em caroço são as mesmas. Já o descaroçador de rolo tem suas particularidades. Os principais componentes do descaroçador de alta capacidade incluem o rolo descaroçador, uma faca estacionária e uma faca rotatória. O descaroçamento se faz por fricção. A limpeza de pluma é efetuada com técnicas menos agressivas. O processo de beneficiamento de rolo preserva mais a qualidade da fibra.

## O BENEFICIAMENTO DE ROLO

### 1. Introdução e história

O beneficiamento de rolo é um processo mais devagar e mais custoso em mão-de-obra do que o beneficiamento de serra, mas preserva melhor a qualidade da fibra, por isso é a única tecnologia utilizada para o algodão arbóreo irrigado de fibra extralonga (*Gossypium barbadense*) de comprimento superior a 35 mm. Descaroçadores de serras são preferidos para o algodão de fibra média ou herbáceo (*Gossypium hirsutum*), mas 20% do algodão herbáceo do mundo são beneficiados com rolo.

Em 1840, o descaroçador de rolo de Fones McCarthy (Figura 18.1) foi um grande avanço em relação ao do tipo "Churka". A máquina, mais eficiente, consistia em um rolo de couro, uma faca fixa segurada firmemente contra o rolo e uma faca em movimento, que puxava a semente da pluma enquanto era segurada entre o rolo e a faca estacionária. A produtividade ficava limitada de 35 a 45 kg de fibra de algodão herbáceo por hora para uma unidade de 1,5 m de largura.

Hoje, a tecnologia de McCarthy ainda é utilizada, principalmente na Índia e Turquia, com máquinas de rolo duplo de largura de até 150 cm, com ou sem alimentador automático. A produtividade, limitada pelas vibrações e alta manutenção, atinge de 50 a 110 kg de fibra de algodão herbáceo por hora, por máquina.

No final dos anos 1950 e início de 1960, uma máquina que utilizava uma faca rotatória (cilindro com várias facas) foi desenvolvida pelo USDA juntamente aos fabricantes de descaroçadores e beneficiadores privados. Atualmente, esta máquina é o único modelo de descaroçador de rolo utilizado nos Estados Unidos. O rolo e a faca estacionária são similares à máquina de McCarthy. A faca rotatória pode ser reta ou helicoidal e permite uma produtividade muito maior. Durante a temporada de 1993-1994, havia 38 usinas de beneficiamento de rolo nos Estados Unidos. A produtividade atinge de 250 a 350 kg de fibra de algodão arbóreo e de 170 a 220 kg de herbáceo por hora, por máquina. Para a última geração de descaroçadores de rolo "Alta Velocidade", esses números são multiplicados por 3 ou 4.

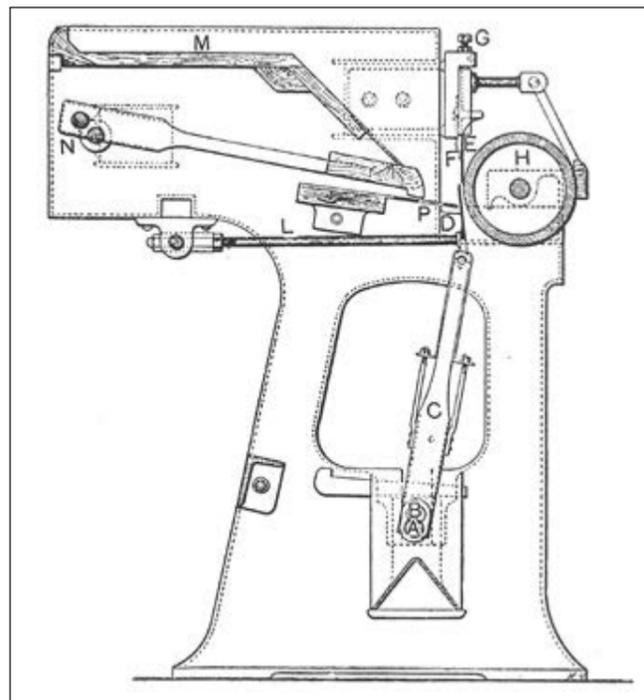


Figura 18.1. Corte da máquina de McCarthy. (Fonte: Pilette, 1959, p.189).

Sempre houve tentativas de se utilizar o beneficiamento de rolo com o algodão herbáceo, para diminuir os desgastes na fibra e, principalmente, a quebra de fibra e criação de *neps* que ocorrem no descaroçador de serras (HUGHS e LALOR, 1989). Existem duas desvantagens a se considerar, antes de se utilizar o beneficiamento com rolos para o algodão herbáceo:

- Uma produtividade de 30% a 40% menor, quando comparada com o algodão arbóreo, pela maior força de aderência da pluma no caroço; o custo de beneficiamento por quilo de pluma fica maior;
- Os descaroçadores de rolos removem um pouco da fibra curta presente no caroço do algodão herbáceo (línter), podendo aumentar o conteúdo de fibra curta.

Por isso e porque não existe um mercado estabelecido, beneficiar o algodão herbáceo com rolo só pode ser viável no caso de contratos especiais e diretos com a indústria têxtil, com prêmio.

### 2. Condicionamento de algodão em caroço

Os equipamentos de pré-limpeza do algodão em caroço em algodoeiras do tipo rolo são os mesmos usados em algodoeiras do tipo serra. Os equipamentos de limpeza incluem batedores clássicos ou de impacto e extratores. Um máximo de 4 a 5 máquinas é recomendado para evitar encarneamentos.

Torres secadoras e batedores de ar quente são comumente usados para a secagem do algodão em caroço. As normas de secagem (taxa de umidade e temperaturas) são idênticas às do beneficiamento com serra.

### 3. Elementos técnicos sobre os descaroçadores de faca rotatória

Da mesma forma que no beneficiamento de serra, o descaroçador sempre está em conjunto com o seu alimentador (Figura 18.2). Em geral, o alimentador combina 2 a 4 cilindros de pinos e

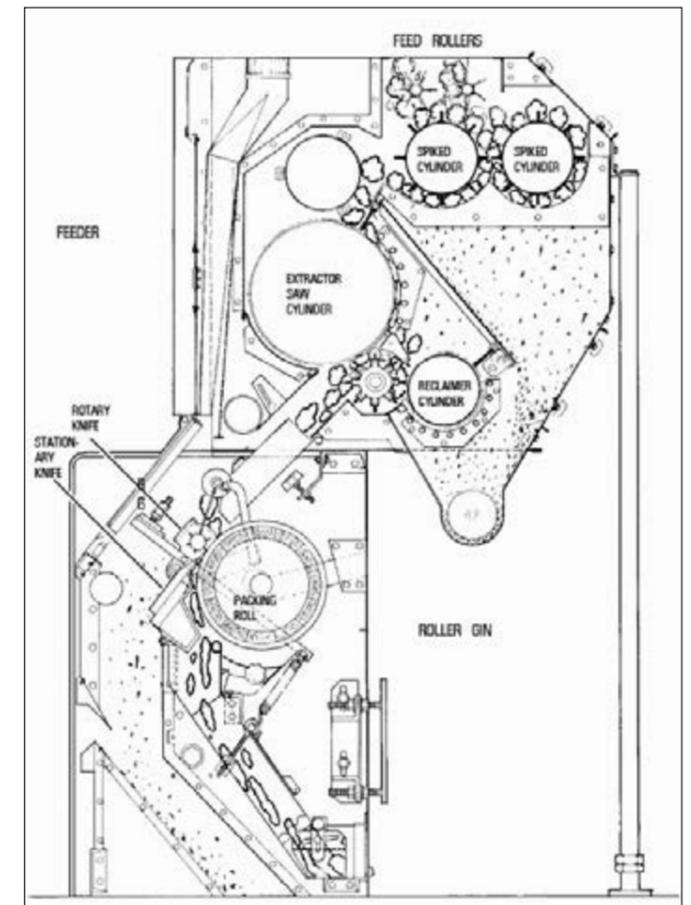
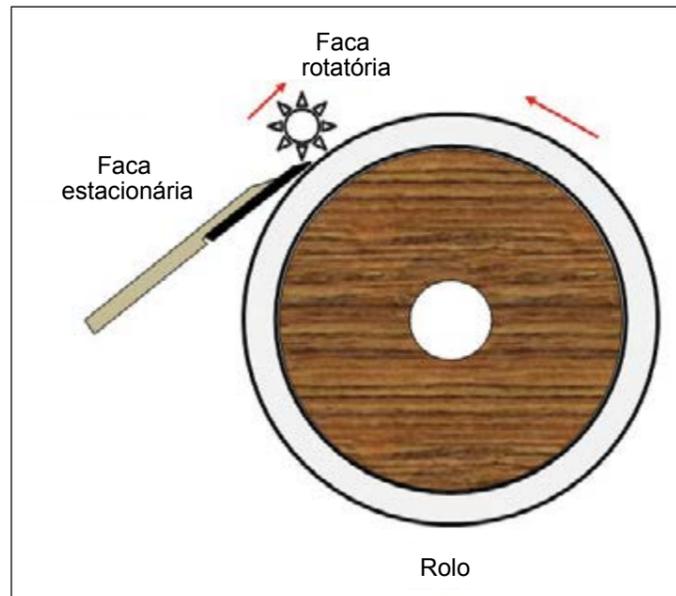


Figura 18.2. Corte de um descaroçador de rolo moderno com alimentador. (Fonte: Lummus Corp., 2002).



**Figura 18.3.** Principais componentes do descaroçador de rolo moderno. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

1 cilindro extrator. O funcionamento e o desempenho do descaroçador de rolo dependem muito de uma boa alimentação, que deve ser uniforme e constante. A taxa de beneficiamento e perda (de algodão não beneficiado que sai juntamente com as sementes) aumenta com a taxa de alimentação. A regulação automática do fluxo na saída do alimentador pela amperagem do motor da faca rotatória permite aumentar a produtividade.

Os principais componentes de um descaroçador do tipo de facas rotatórias incluem uma faca estacionária, uma faca rotatória e um rolo descaroçador (Figura 18.3).

### 3.1. As facas

A faca estacionária deve ser dura e resistente a abrasão, de tamanho e forma apropriados e devidamente afiada. Fica aplicada com força contra o rolo por cilindros pneumáticos.

Facas rotatórias são de tipo reto ou helicóide. O tipo helicóide reduz as vibrações e melhora a separação de fibra torcida, mas não melhora a produtividade.

A distância entre a faca estacionária e a rotatória é crítica e varia com o modelo e o fabricante; é uma regulação precisa e importante para reduzir os encarneamentos de fibra e acúmulos de pluma na borda da faca estacionária.

Os valores recomendados pelos dois principais fabricantes para a força da faca estacionária contra o rolo, pressão de ar, rotações da faca rotatória e folga entre facas são mostrados na Tabela 18.1.

### 3.2. O rolo

O rolo é o mais caro e importante componente. O rolo das máquinas modernas tem um diâmetro de até 40 cm. O material de cobertura, de espessura 20 mm, é feito de várias camadas de tecido de algodão cimentado junto por um composto emborrachado branco. A dureza dos materiais muda com o tempo e a temperatura de funcionamento.

Os valores recomendados para rotações de rolo são mostrados na Tabela 18.1. Uma típica força da faca contra o rolo é de 1.000 kg/m de comprimento de rolo. É controlada por cilindros de ar comprimido, assim como a retratação da faca rotatória, para evitar desgastes na faca estacionária e no rolo.

**Tabela 18.1.** Características de dois descaroçadores de rolo modernos.

| Fabricante              | Nome (modelo)   | Velocidade do rolo |      | Velocidade do rolo de facas |      |           | Relação de velocidade Rolo/faca | Força de Aplicação na faca kN/m | Distância entre facas (mm) |
|-------------------------|-----------------|--------------------|------|-----------------------------|------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|                         |                 | RPM                | m/s  | RPM                         | m/s  | Batidas/s |                                 |                                 |                            |
| Continental Eagle Corp. | Phoenix Rotobar | 117                | 2.33 | 380                         | 1.38 | 38        | 1.69                            | 12.2                            | 0.8                        |
| Lummus Corp.            | Rota-Matic      | 116                | 2.31 | 447                         | 1.63 | 45        | 1.42                            | 11.1                            | 0.25                       |

Fonte: Anthony e Mayfield, 1994.

A maioria da energia que movimenta o rolo é convertida em calor pela fricção entre faca e rolo. Durante o beneficiamento, o algodão reduz a fricção entre o rolo e a faca estacionária e absorve uma porção do calor da fricção. A temperatura da superfície do rolo deve ser mantida abaixo de 105° C, para garantir a durabilidade normal do rolo. Na ausência de algodão, a pressão da faca estacionária deve diminuir para evitar aquecimento excessivo. Temperaturas de rolo acima de 150° C causam a rápida deterioração do material de cobertura do rolo.

### 3.3. Recuperador e catação de poeira

Durante o beneficiamento, a desfibragem é progressiva. Uma parte das sementes perde toda a fibra na primeira passagem. Outra parte parcialmente desfibrada cai com a semente. Um recuperador separa o algodão em caroço parcialmente beneficiado do fluxo de caroço e o retorna para o distribuidor, para que seja beneficiado.

No ponto de beneficiamento, metade das impurezas vai junto com a fibra e metade com o caroço. A poeira liberada pela faca rotatória é capturada por um exaustor.

### 3.4. Funcionamento

O princípio é um beneficiamento por fricção. Ao entrar o algodão em caroço na máquina, as fibras grudam no rolo e passam entre ele e a faca estacionária. A força tangencial criada pela rotação do rolo puxa as fibras, que se separam do caroço. A cada batida, a faca rotatória limpa o caroço grudado na borda da faca estacionária e ajuda a separação fibra-caroço.

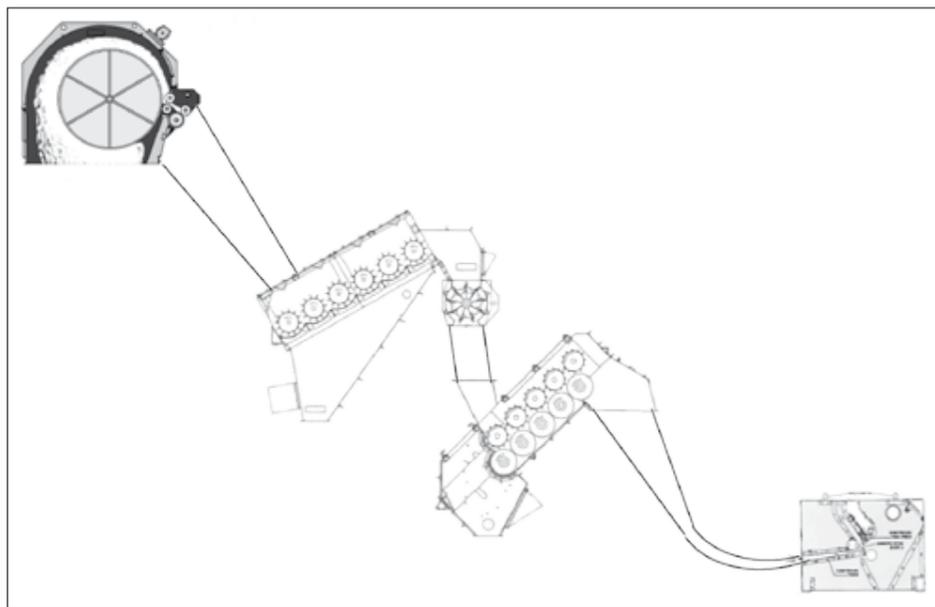
O ritmo de beneficiamento aumenta com a velocidade tangencial do rolo e a pressão da faca sobre o rolo, mas ao preço de maior consumo de energia e maiores temperaturas no rolo (GILLUM, 1985). A velocidade da faca rotatória não afeta diretamente a taxa de beneficiamento.

Alimentação em excesso ou em porções grandes pode fazer com que a pluma e o caroço parem na borda da faca estacionária. Quando ocorre uma trava (bucha), a superfície do rolo desgasta e o algodão acumulado é rejeitado pela faca rotatória. A subalimentação deixa partes do rolo sem algodão, causando aquecimento e desgaste da superfície do rolo.

A faca rotatória e os recuperadores do tipo serra são perigosos, por isso os funcionários devem observar as regras de segurança quando trabalham com a máquina.

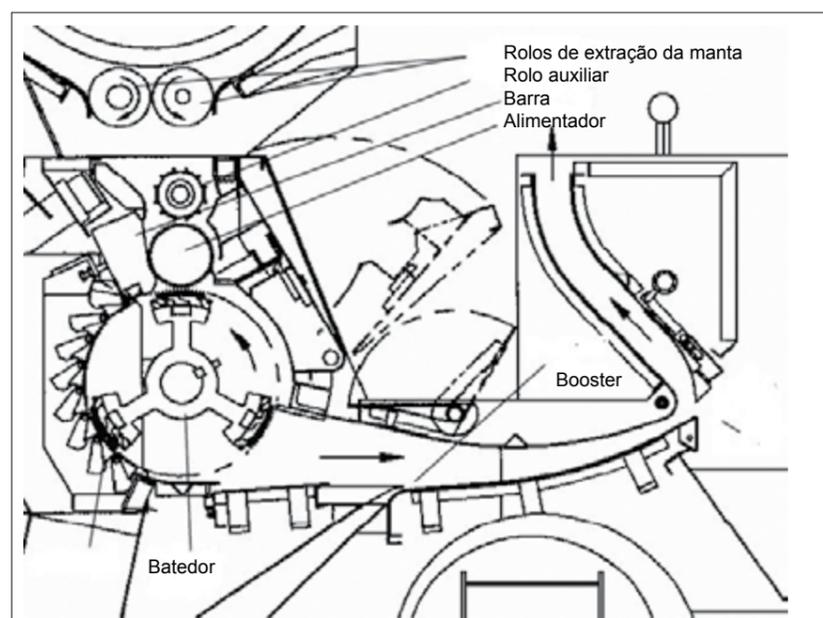
## 4. Limpeza de pluma

A limpeza de pluma é importante para a remoção do piolho, sementes quebradas, fibra encarneirada (torcido) e várias outras impurezas não removidas na limpeza do algodão em caroço. Pela sua baixa capacidade, os limpadores de tipo têxtil foram substituídos por batedores. Podem ser batedores de telas ou de impacto (discos). Um limpador de fibra centrífugo é frequentemente usado em combinação com estes limpadores. Atualmente,



**Figura 18.4.** Exemplo de sequência de limpeza de pluma para fibra beneficiada com rolo. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011).

não existe uma sequência de maquinário padrão para a limpeza de pluma do algodão beneficiado por rolos, mas a sequência mais utilizada combina 1 batedor inclinado, 1 batedor de impacto e 1 limpador por jato de ar (Figura 18.4). A Lummus desenvolveu um limpador de pluma específico chamado *Guardian*® (Figura 18.5).



**Figura 18.5.** Corte do limpador de pluma *Guardian*®. (Fonte: Lummus Corp., 2004).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTHONY, W. S.; MAYFIELD, W. D. **Cotton Ginners Handbook**. Agricultural Handbook. [s.l.], US Department of Agriculture, n. 503, p. 1-6, 1994.

GILLUM, M. N. **High speed roller ginning**. Transaction of A. S. A. E., [s.l.], n. 28, p. 959-968, 1985.

HUGHS, S. E.; LALOR, W. F. **Fiber and yarn effects of roller versus saw ginning**. Cotton Gin and Oil Mill Press, [s.l.], n. 90, p. 10-12, 1989.

PILETTE, M. **La technique de l'égrenage du coton**. [s.l.]: CCC, 1959.

# CAPÍTULO 19

## MEDIDORES PORTÁTEIS DE UMIDADE DO ALGODÃO E DO AR



A umidade do algodão é essencial para gestão da colheita e do beneficiamento. A umidade do algodão no fardão é a base do controle da secagem. No decorrer do processo é possível controlar a umidade do algodão em caroço e da fibra antes da prensagem.

O medidor de umidade é um instrumento eletrônico de medição do teor de água no algodão em caroço, na fibra e no caroço. Em geral, os medidores portáteis utilizados são de tipo resistência elétrica e possuem acessórios periféricos chamados eletrodos.

O controle e o registro de temperatura e umidade relativa do ar também são fatores essenciais na gestão da umidade na algodoeira.

## MEDIDORES PORTÁTEIS DE UMIDADE DO ALGODÃO E DO AR

A umidade do algodão é um fator essencial de gestão da colheita e do beneficiamento. Na colheita, permite determinar o momento de se entrar no campo com colheitadeiras e o momento de parar, quando a umidade da fibra volta a subir além do limite definido. Na usina de beneficiamento, o controle da umidade do algodão é necessário para a gestão da matéria, identificando os fardões a serem beneficiados imediatamente e agrupando os de mesmo teor de umidade. A medição da umidade do algodão no fardão, antes e durante o beneficiamento, é indispensável para a decisão e o controle da secagem. No decorrer do processo, ela permite controlar a umidificação do algodão em caroço e da fibra antes da prensagem.

Na usina, esta medição ajuda muito a conseguir a qualidade do beneficiamento, com maior produtividade, qualidade e lucro máximo. O respeito às normas relativas à umidade determinadas pela pesquisa exige equipamentos de precisão e qualidade, utilizados com métodos adequados<sup>1</sup>.

Enfim, a medição da umidade do ar é importante para determinar as temperaturas de secagem e de umidificação, por causa do caráter higroscópico do algodão, ou seja, sua capacidade de trocar água com o ar ambiente.

### 1. Medidores de umidade do algodão

O medidor de umidade do algodão é um instrumento eletrônico de medição do teor de água do algodão em caroço, da fibra ou do caroço. Na ausência de sensores de umidade instalados em pontos-chave do processo como parte de um sistema automatizado de secagem e umidificação, a gestão da umidade do algodão no beneficiamento precisa de medições feitas manualmente, com medidores portáteis.

#### 1.1. Princípio

Os medidores portáteis utilizados no campo e nas algodoieiras são de tipo resistência elétrica. O instrumento calcula a umidade da matéria a partir da resistência a uma corrente elétrica, que aumenta quando a umidade do algodão colocada em contato com dois eletrodos diminui.

<sup>1</sup> - Ver, particularmente, a Parte 7 deste Manual.

A calibração dos medidores portáteis é feita pelo fabricante ajustando o instrumento para conseguir os valores de umidade de referência obtidos a partir do peso das amostras, antes e depois de uma secagem completa na estufa. Uma imprecisão de +/- 1 ponto de umidade deve ser considerada com medidores de resistência. Vários fatores impactam o resultado da medição, tais como, as matérias estranhas, a temperatura e a densidade da amostra.

No caso das medições da umidade do algodão em caroço, é a fibra que está em contato com os eletrodos e sua umidade é que é realmente medida. Por isso, apesar de os fabricantes recomendarem a medição do algodão em caroço com uma escala específica, muitos especialistas utilizam somente a escala para fibra. No decorrer do processo, seja na secagem ou na umidificação, o algodão em caroço não está em equilíbrio. A umidade da fibra varia muito rapidamente, enquanto que a do caroço não muda. E o que interessa para limpar o algodão em caroço ou proteger a fibra contra as agressões mecânicas do descaroador e limpador de pluma é a umidade da fibra. A princípio, a escala fibra é suficiente para a gestão da secagem e a umidificação do algodão em caroço.

#### 1.2. Equipamentos

Os equipamentos baseados no princípio da resistência elétrica são os mais usados no beneficiamento do algodão no Brasil. São de fabricação americana, importados, como alguns modelos de agulha ou digitais (Figura 19.1). Existem instrumentos similares nacionais (Figura 19.2).

Estes equipamentos possuem acessórios periféricos chamados de eletrodos, que são acoplados, diretamente ou através de cabos, ao seu corpo principal, de acordo com o tipo de medição ou matéria que será medida:

- O bastão longo (Figura 19.3) é utilizado para medições da umidade de algodão em caroço nos fardões. Em formato "T" para facilitar o manuseio com aproximadamente 90 cm de comprimento, tem eletrodo localizado na extremidade e deve ser introduzido totalmente no interior do fardão;



**Figura 19.1.** Medidores de agulha e digital. (Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 19.2.** Medidor digital nacional.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

- As ponteiros para fardos (Figura 19.4) são utilizadas para medições de umidade da fibra prensada. Os eletrodos de aço são muito rígidos e pontiagudos para permitir a penetração em profundidade nos fardos de densidade universal. Os eletrodos são isolados (salvo as pontas) para evitar o efeito da umidade de superfície, que muda rapidamente com as variações de umidade relativa do ar ambiente. Um comprimento de 20 a 30 cm é o recomendado.
- O copo metálico (Figura 19.5) é utilizado para medir a umidade do algodão em caroço ou da fibra. O material a ser medido deve ser colocado dentro do copo, em quantidade suficiente para transbordar na superfície, e deverá ser mantido sob alguma pressão durante a medição.

O instrumento para ser disponibilizado ao mercado deve obedecer às normas e aos padrões técnicos estabelecidos pelo Decreto-Lei nº 291/90, de 20 de setembro de 1990, artigo 15: Regulamentação, que estabelece a do Ministro da Indústria e Energia, determinando o Regulamento do Controle Metrológico dos Humidímetros que obedecerão às qualidades e características metrológicas estabelecidas na Recomendação Internacional nº 59, da Organização Internacional da Metrologia Legal (OIML).



**Figura 19.3.** Eletrodo bastão.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

## 2. Metodologia de uso

### 2.1. Amostragem

O algodão em caroço dentro do fardão, mas também no fluxo dentro do processo, e a fibra dentro do fardo são heterogêneos. Por isso é necessário repetir as medições e trabalhar com a média. O número de medições deve representar um bom compromisso entre precisão e custo.

Para conseguir medições coerentes do algodão em caroço com copo, é importante ter amostras regulares em volume, matéria estranha e abertura, e pressão exercida pelo operador sobre a amostra no copo. Será necessário o mínimo de 5 a 10 medições por fardão para conseguir uma estimativa de umidade suficientemente precisa a fim de poder gerenciar a secagem e a umidificação.

Para a fibra prensada, três medições por fardo permitem obter uma média bastante precisa para gerenciar a umidificação da fibra.

### 2.2. Onde medir?

Dentro do processo de beneficiamento, os lugares de medição da umidade para o algodão em caroço são:

- no fardão ou na fita do desmanchador, para a decisão de secagem;
- na saída da primeira etapa de pré-limpeza, para controlar a eficiência da secagem;
- na entrada do descarçador (saída do alimentador), para controlar a umidificação do algodão em caroço.



**Figura 19.4.** Eletrodo ponteiro.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).



**Figura 19.5.** Eletrodo copo.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

Já para a fibra, a medição é efetuada na prensa ou no fardo, para controlar a eficiência da sua umidificação.

Para medir a umidade do algodão em caroço antes da entrada no processo (fardão), recomendamos medi-la na esteira do desmanchador, onde o algodão em caroço é mais aberto, homogeneizado e com menos sujeira. É mais fácil de controlar a limpeza da parte que ficará em contato com os eletrodos. A medição com o bastão no fardão tem vantagens, particularmente no caso de um descarregamento por telescópios, mas a introdução é difícil e a matéria em contato com os eletrodos não é visível, o que pode provocar sérios problemas de confiabilidade dos valores, especialmente no caso de fardões com alto teor de resíduos.

Para medir a umidade do algodão em caroço dentro do processo (pré-limpeza, saída do alimentador), deve-se utilizar o copo.

Para medir manualmente a umidade da fibra no fardo, utilizam-se as ponteiras, que devem penetrar profundamente, para medir a umidade no coração do fardo. A medição se faz nas laterais do fardo, onde fica mais fácil de as ponteiras entrarem entre as camadas de fibra. É recomendado que as duas ponteiras estejam em contato com duas camadas distintas.

### 2.3. Como medir?

É recomendado medir sempre nas mesmas condições, para evitar variações devido a fatores influentes, tais como o efeito do operador e a temperatura do algodão. Medições feitas por um mesmo operador terão regularidade na quantidade de matéria colocada no copo e na pressão exercida nela (densidade), na orientação das ponteiras e profundidade de introdução no fardo.

Com o copo, e para evitar troca de água com o ar ambiente antes da medição, a amostra deve ser rapidamente introduzida nele, após ter sido brevemente sacudida, para tentar eliminar o máximo de matéria estranha. Manter uma pressão igual sobre as várias amostras.

Com as ponteiras, é importante cuidar para que haja uma penetração equivalente a cada medição, suficiente para uma medição no coração do fardo. A base das ponteiras, geralmente o ponto de fixação não-isolado, não deve entrar em contato com a fibra.



**Figura 19.6.**  
Psicômetro. (Foto:  
Cotimes do Brasil, 2011).

## 3. Medidores de temperatura e umidade relativa do ar

O controle e o registro de temperaturas e, principalmente, da umidade relativa nas usinas de beneficiamento são importantes para conseguir a gestão precisa da secagem e umidificação do algodão.

A medição de temperatura é de importância secundária e se faz com termômetros a mercúrio ou sensores de tipo termopar, resistência e diodo de silício.

A medição da umidade relativa de referência utiliza o psicrômetro (Figura 19.6), composto de um termômetro seco e um úmido, submetidos a uma corrente do ar ambiente a ser medida (mínimo 2 m/s). A diferença de temperatura entre os dois termômetros varia ao inverso da umidade relativa do ar. Curvas psicrométricas permitem uma determinação precisa da umidade relativa do ar a partir da diferença de leitura entre os dois termômetros. Instrumentos baseados em técnicas mais práticas e rápidas são utilizáveis nas usinas, tais como higrômetros digitais à variação de impedância.

Instrumentos digitais combinando medição da temperatura e da umidade são comuns no mercado e chamados de termo-higrômetros (Figura 19.7). O instrumento deve ter uma precisão suficiente ( $\pm 2$  a 3 pontos de UR) e todo equipamento de medição deve ser regularmente calibrado, conforme as normas oficiais.

O termo-higrógrafo, que utiliza cabelos ou crina de cavalo, tem precisão insuficiente (em geral  $\pm 5\%$ ) e precisa de calibração frequente, portanto é incompatível com o ambiente poeirento das usinas de beneficiamento.



**Figura 19.7.** Termo-higrômetro digital.  
(Foto: Cotimes do Brasil, 2011).

## 4. Conclusão

Com a tecnologia disponível e ao alcance de todos, somada à devida importância que deve ser destacada ao controle e à gestão da umidade, pode-se concluir que o uso de equipamentos adequados para medir a umidade do algodão certamente irá proporcionar ganhos às usinas de beneficiamento, agregando valor à atividade produtiva e rentabilidade ao produtor/industrial.

Não há gestão da umidade do algodão no processo de beneficiamento sem medição. Na usina, a medição da umidade do algodão em caroço, da fibra e do ar é indispensável para conseguir:

- um beneficiamento mais fácil, com proteção dos equipamentos;
- a preservação da qualidade dos produtos;
- um custo reduzido e um maior lucro.

A falta de medição impossibilita a gestão da umidade do algodão no beneficiamento, com as seguintes consequências:

- um descarçamento difícil e caro, com embuchamentos e desperdício de energia;
- uma perda em qualidade;
- um lucro reduzido.

## Informações sobre os autores do Manual de Beneficiamento do Algodão:



### Airton Luis Ribeiro

Técnico em Segurança do Trabalho da Escola Técnica Positiva de Novo Hamburgo –RS. Coordenador de saúde e segurança operacional na SLC AGRÍCOLA na Fazenda Palmares, Correntina –BA.



### Bruno Bachelier

Doutor, pela Escola Nacional Superior de Agronomia de Rennes (França). Diretor da Unidade de Pesquisa sobre Sistema de Cultivos Anuais e responsável pela Equipe de Qualidade do Algodão do CI-RAD, Montpellier, França.



### Christopher Barry Ward

Pós-graduado em Administração Rural, no Lincoln College - Universidade de Canterbury, Christchurch Nova Zelândia. Consultor agrícola da Agri-Consultant.



### Hamilton Ramos

Técnico em Segurança do Trabalho e em Eletrotécnica do Instituto Federal do Piauí (IFPI). Consultor técnico em Segurança do Trabalho e proprietário da empresa PRO-ATIVA em Campo Verde-MT.



### Jean-Louis Belot

Doutor-engenheiro da Escola Nacional Superior de Agronomia de Montpellier, França. Pesquisador do IMAmt.



### Jean-Luc Chanselme

Mestre, pela Universidade de Paris XI. Especialista em Manejamento e Tecnologia do Beneficiamento do Algodão da Mississippi State University (EUA). Administrador e diretor técnico da empresa de consultoria em tecnologia do algodão Cotimes do Brasil.



**Jorge José de Lima**

Pós-graduado em Gestão pela Qualidade Total da Universidade Estácio de Sá, no Rio de Janeiro-RJ. Técnico e classificador de algodão do SENAI-Cetiqt; e professor de Matemática no município do Rio de Janeiro-RJ.



**Lucilio Rogerio Aparecido Alves**

Professor Doutor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / Universidade de São Paulo (Esalq/USP). Pesquisador do Centro de Estudos em Economia Aplicada (Cepea/Esalq/USP).



**Marcel Houindonou**

Engenheiro eletricista, pela Escola Politécnica de Abomey-Calavi (EPAC), no Benin, África. Diretor do Departamento de Automação e Manutenção da empresa de consultoria em tecnologia do algodão Cotimes Afrique, no Benin, África.



**Marcellin Elevagnon Codjo Akpoué**

Engenheiro em Mecânica Têxtil da ESITEX (Mali) e Mestre em Gestão de Empresas, pela Universidade de Abomey-Calavi (EPAC), no Benin. Gerente da empresa de consultoria em tecnologia do algodão Cotimes Afrique, no Benin, África.



**Paulo Vicente Ribas**

Bacharel em Administração de Empresas, eletrotécnico, diretor comercial e de logística da empresa de consultoria em tecnologia do algodão Cotimes do Brasil.



**Valmir Lana**

Classificador de algodão da Bolsa de Mercados e Futuros de São Paulo. Gerente de classificação visual e instrumental na UNICOTTON, em Primavera do Leste-MT.

# MANUAL DE BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO

## REALIZAÇÃO



## COORDENAÇÃO TÉCNICA



## PARCEIROS



## APOIO FINANCEIRO

