MANUAL DE
BENEFICIAMENTO
DO ALGODÃO



INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO

AMPA

CUIABÁ (MT)

MANUAL DE
BENEFICIAMENTO
DO ALGODÃO

JEAN-LUC CHANSELME
EDITOR TÉCNICO

2ª EDIÇÃO 2025

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO

AMPA

CUIABÁ (MT) - 2025



FICHA TÉCNICA
Manual de Beneficiamento do Algodão

EDITOR
IMAmt
www.imamt.org.br
Ampa
www.ampa.com.br

EDITOR TÉCNICO
Jean-Luc Chanselme

PROJETO GRÁFICO
Editora Casa da Árvore
editoracasadaarvore.com.br

PUBLICAÇÃO
2ª Edição - Revisada e ampliada
2.000 exemplares

ISBN
978-85-66457-19-3

CONTATO
Rua Eng. Edgard Prado Arze, 1777
Ed. Cloves Vettorato
2º Andar, Quadra03
Setor A- Centro Político Administrativo
CEP: 78049-015
Cuiabá-MT

PARCERIAS E AGRADECIMENTOS

O presente manual é o resultado de um trabalho coletivo que envolveu técnicos das seguintes instituições:

- IMAmt- Instituto Mato-grossense do Algodão
- IMEA- Instituto Mato-grossense de Economia Agrícola
- ABRAPA- Associação Brasileira dos Produtores de Algodão

Empresas privadas

- AGR Automação Industrial
- Amaggi
- Bom Futuro
- Busa
- Cooperbem
- Cotimes do Brasil
- DE-Cotton Consultoria
- Dutra Projetos Ltda
- Lummus
- Marcelo V. Treinamentos
- Tomaz Eng. Ambiental Ltda

O Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt) informa que todos os depoimentos, informações, ilustrações e opiniões contidas neste Manual são de inteira responsabilidade dos autores que contribuíram para sua elaboração.

Agradecemos por suas valiosas contribuições.

PALAVRA DO PRESIDENTE

Dentro do processo produtivo da fibra de algodão, a etapa industrial de beneficiamento é fundamental para preservar a qualidade da fibra elaborada a campo.

O "Manual de Beneficiamento do Algodão- MBA" publicado pelo IMAmt/ Ampa em 2014 é uma referência para os profissionais das unidades de beneficiamento de Mato Grosso e do Brasil. Esta publicação se tornou também uma ferramenta indispensável para os numerosos treinamentos realizados pelo IMAmt em sua escola de beneficiamento em Rondonópolis.

Após 10 anos, os maquinários de colheita e beneficiamento evoluíram bastante, e avaliamos que é chegado o momento de se atualizar este manual. Portanto, encarregamos o Sr. Jean Luc de coordenar tal atualização, com o apoio técnico dos pesquisadores do IMAmt e de profissionais das melhores empresas envolvidas no beneficiamento do algodão.

A edição e a impressão de um manual deste porte envolvem custos elevados e, por isso, gostaríamos de agradecer especialmente aos patrocinadores que contribuíram para a realização dessa nova edição.

No período atual de crescimento da produção algodoeira no Brasil e de altos investimentos industriais para beneficiar a produção, a atualização deste manual terá um papel fundamental para a preservação da qualidade da fibra nesta etapa da cadeia produtiva. Esperamos que sua publicacão contribua para consolidar a posição do algodão brasileiro no mercado mundial.



Orcival Gouveia Guimarães
Presidente da Associação Mato- grossense dos Produtores de Algodão (Ampa) e Presidente do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt)

O MANUAL DIVULGA INFORMAÇÕES TÉCNICAS A PRODUTORES E GERENTES DE ALGODOEIRAS, VISANDO PRODUZIR UMA FIBRA DE QUALIDADE.



QUEM SOMOS

O Instituto Mato-Grossense do Algodão tem o propósito de oferecer total suporte a pesquisas necessárias para o desenvolvimento e fortalecimento da cotonicultura. Além de profissionais altamente capacitados, possui uma ampla infra-estrutura no campo experimental em Primavera do Leste, e nos cincos centros técnicos e difusão tecnologica (CTDT) distribuidos no estado. O IMAmt conta com laboratórios de biológia molecular, fitopatologia, sementes e entomologia, estrutura para beneficiamento, armazenamento de sementes, deslintamento, câmaras frias.

IMAmt

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 6
CAPÍTULO 1
CULTIVO ALGODOEIRO NO CERRADO BRASILEIRO 24
CAPÍTULO 2
A COLHEITA MECANIZADA DO ALGODÃO 42
CAPÍTULO 3
IMPLANTAÇÃO E PROJETO DE UNIDADE DE BENEFICIAMENTO 66
CAPÍTULO 4
O PROCESSO DE BENEFICIAMENTO 80
CAPÍTULO 5
TRANSPORTE DE MATÉRIAS NA ALGODOEIRA 160
CAPÍTULO 6
APLICAÇÕES ELÉTRICAS NA ALGODOEIRA 184
CAPÍTULO 7
AUTOMAÇÃO NA ALGODOEIRA 194
CAPÍTULO 8
FUNÇÕES DA EQUIPE OPERACIONAL DA ALGODOEIRA 222
CAPÍTULO 9
GESTÃO DA MANUTENÇÃO NAS ALGODOEIRAS 232
CAPÍTULO 10
SEGURANÇA DO TRABALHO E PREVENÇÃO DE INCÊNDIO 246
CAPÍTULO 11
GESTÃO DE PÁTIOS NA ALGODOEIRA 270
CAPÍTULO 12
O CUSTO DO BENEFICIAMENTO 288
CAPÍTULO 13
UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA EM ALGODOEIRAS 298
CAPÍTULO 14
IMPACTOS ESG NA ALGODOEIRA 312
CAPÍTULO 15
A FIBRA DE ALGODÃO: QUALIDADE, CLASSIFICAÇÃO E IMPORTÂNCIA PARA A INDÚSTRIA 322
CAPÍTULO 16
GESTÃO DO BENEFICIAMENTO PARA A PRODUÇÃO DE UMA FIBRA DE QUALIDADE 342
CAPÍTULO 17
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO USADOS EM ALGODOEIRAS 356
CAPÍTULO 18
BENEFICIAMENTO PARA A PRODUÇÃO DE SEMENTES 368
CAPÍTULO 19
O BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO ADENSADO 382
CAPÍTULO 20
O BENEFICIAMENTO DE ROLO 390
INFORMAÇÕES E CONTATOS DOS AUTORES DO MANUAL DE BENEFICIAMENTO 394

Jean-Louis Belot

Jean-Luc Chanselme

Paulo V. Ribas

Introdução

A operação de separação da fibra do caroço, chamada de descaroçamento, é a primeira etapa a ser realizada antes que se possa usar a fibra do algodão para qualquer destino.

Ao longo do tempo, essa atividade evoluiu drasticamente, passando de uma operação manual até se transformar em uma atividade industrial, envolvendo processos complexos de limpeza do algodão colhido na planta (algodão em caroço), secagem, descaroçamento, limpeza da fibra até o seu acondicionamento para chegar às indústrias têxteis nas melhores condições possíveis.

A esse conjunto de processos chamamos de beneficiamento do algodão. O *beneficiamento* tem uma longa história, que é intimamente ligada ao desenvolvimento da cultura desta fibra no mundo e no continente americano em particular.

1. Uma breve história do descaroçamento no mundo, desde a origem do uso dessa planta pelo homem até a época atual.

Breve história do cultivo algodoeiro no mundo

O algodão é uma planta cultivada há milênios, cujo desenvolvimento ocorreu de modo paralelo em diversos continentes e através de várias civilizações, das quais guardamos apenas alguns poucos rastros arqueológicos, devido à sua biodegradação ao longo dos anos. Em função da pluralidade de características dos continentes, diversas espécies de algodão diploides e tetraploides foram usadas, devido à sua capacidade de produção de fibras (Carvalho, 2008).

No continente asiático, a região do vale do rio Indo (localizada entre o Paquistão e o oeste da Índia) é conhecida como berço da cultura dessa planta e da elaboração de tecidos de algodão, que são dali exportados a outras regiões do mundo. A maioria dos autores está de acordo ao afirmar que se usava, originalmente, o algodão da espécie

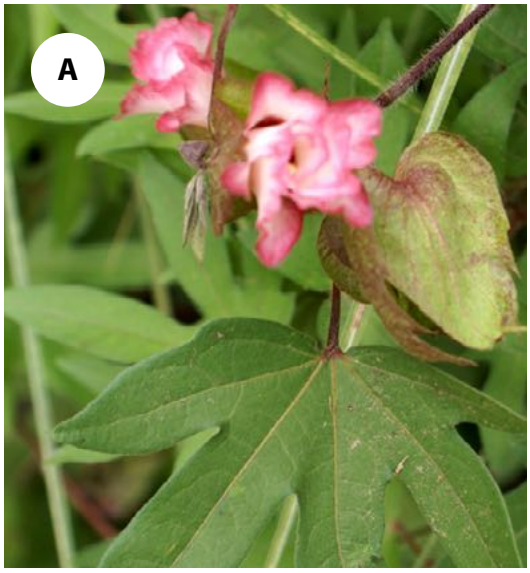


Figura 1A. "Desi Cotton" (*G. arboreum*)



Figura 1B. "Levant Cotton" (*G. herbaceum*)

Figura 1. Algodão da Ásia (A) e da África (B) (Fonte: (A) Delhi Un. Bot. Garden, 2009 e (B) Patricio Novoa Quezada, 2013)

diploide *G. arboreum* ("Desi Cotton"; Figura 1A), domesticada naquela região há 8.000 anos, e que depois se espalhou pelo leste do continente até a China, e no sudoeste na direção da Arábia e do canto da África (Viot, 2019). Primeiros vestígios de fibras e fio de algodão mineralizados em sítios arqueológicos datam do 6° milenário a.C. na região de Mehrgarh (Baluchistão) (Mulherat *et al.*, 2002) e aparecem mais frequentemente em outros sítios da mesma região, como

Mohenjo-Daro, os dois situados no Paquistão atual, depois do 3° ou 2° milênio a.C. (Viot, 2019).

Na África, foram encontrados vestígios de tecidos de algodão em sítios arqueológicos na região do atual Sudão 2.000 anos atrás, confeccionados a partir de algodão da espécie diploide *G. herbaceum* ("Levant Cotton"; Figura 1B). O centro de origem desta espécie é provavelmente o sul da África; ela se espalhou até a antiga Núbia (alto Egito/Sudão), onde provavelmente foi domesticada em 2500 a.C., migrando depois para Arábia e Síria, onde foi também cultivada (Viot, 2019). Aparentemente, a domesticação desta espécie ocorreu alguns milenários depois do *G. arboreum*.

No continente americano, os colonizadores espanhóis como Cortés, no século 16, descobriram que as civilizações mexicanas dominavam havia séculos a cultura dessa planta e os processos têxteis, colhendo ou cultivando provavelmente plantas da espécie tetraploide *G. hirsutum* da região central (Figura 2A). As civilizações da América do Sul, nos Andes ou nas baixadas do lado da bacia amazônica ou da bacia do Prata (Baptista, 2016), trabalhavam também a fibra de algodão, porém vinda de outra espécie tetraploide, *G. barbadense* (Figura 2B).



Figura 2. Algodão da Mesoamérica (A) (*G. hirsutum*) e da América do Sul (B) (*G. barbadense*) (Fonte: Jean L. Belot)

Em uma revisão bibliográfica muito completa, Viot e Wendel (2023) apontam que a domesticação do *G. barbadense* é muito antiga, provavelmente de 8.000 anos atrás, na região da costa do norte do Peru ou sul do Equador. Vestígios arqueológicos foram encontrados na região de Ancón-Chillón, no Peru (Stephens & Moseley, 1974), avaliados em 4.500-2.750 anos, ou do vale de Chanduy, no Equador, com marcas da cultura Valdivia datada de 5.500-3.500 anos atrás (Damp & Pearsall, 1994).

A domesticação do *G. hirsutum* é mais recente, ao redor de 5.500 anos atrás, na Mesoamérica, provavelmente na região do Yucatán (Wendel *et al.*, 2010). Os vestígios arqueológicos mais antigos de *G. hirsutum*, sementes e fibras, datam de 5.000-4.000 anos, no vale de Tehuacán, no México (Smith & Stephens, 1971).

Assim, o uso da fibra de algodão é milenário, e foi feito de modo paralelo em diversos continentes, a partir da domesticação de diferentes espécies. Isso implica também dominar o descaroçamento para poder transformar a fibra em produtos têxteis. Deve-se lembrar que, atualmente, ao redor de 97% da fibra mundial de algodão é produzida a partir de *G. hirsutum* (fibras médias), 2% a partir de *G. barbadense* (fibras longas e extra-longas) e o restante a partir das espécies diploides *G. herbaceum* e *G. arboreum* (fibras média-curtas).

As premissas do descaroçamento, até o descaroçamento de rolo

Em todos os continentes, nestas civilizações antigas, o descaroçamento era realizado de início manualmente, ou com ajuda de algumas ferramentas como pedras, rolos de madeira ou metálicos (Figura 3), como registrado em pequenas comunidades que ainda trabalham a fibra de forma muito artesanal, em países como Peru e Índia.



Figura 3. Descaroçamento manual ou com ferramentas rústicas (Fonte: (A) Waymel Hodges Jr., 2020 e (B) Samyuktha Gorrepati, Andhra Pradesh, Índia)

Ao longo dos séculos, apareceu a forma mais comum de descaroçamento mecânico acionado manualmente, com uso de um ou dois rolos de madeira girando em sentido contrário, que agarravam a pluma e a puxavam, separando-a das sementes (Figura 4A). Os dois rolos eram acionados independentemente, ou com uma manivela só depois da invenção da engrenagem (plana ou helicoidal). Esse tipo de descaroçador muito antigo, "manual", é chamado de tipo "Churka" asiática (Figura 4C e D), e até o século 17 era usado em larga escala, porém não permite extrair mais de 2 a 3 quilos de fibra por dia e por operador (Parry, 1982).

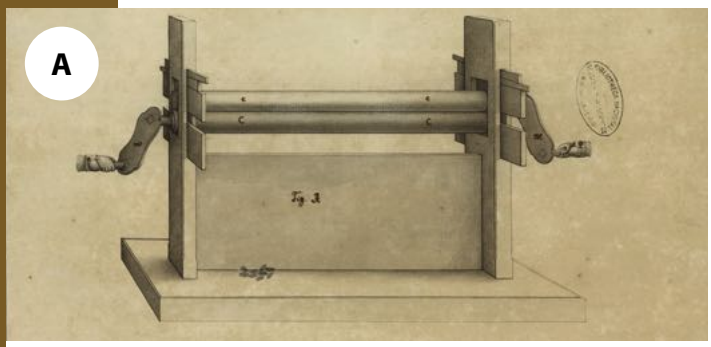


Figura 4A. Rolos independentes

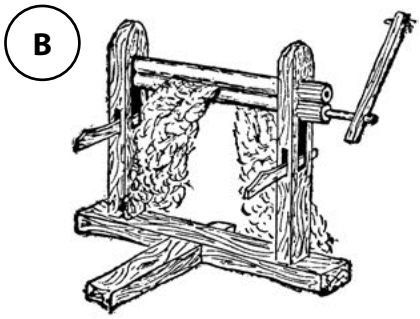


Figura 4B. Rolos com engrenagem plano



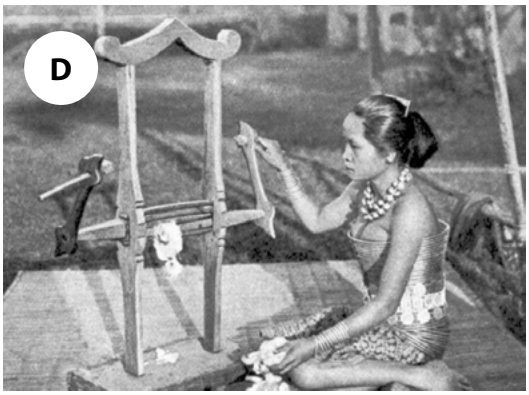


Figura 4C e D. Tipo Churka asiática, com engrenagem plana ou helicoidal

Figura 4. Descaroçadores com rolos de madeira e metálico (Fonte: (A) Engenho de descaroçar o algodão, Joaquim José Codina, 1784; (B) https://etc.usf.edu/clipart; (C) Samyuktha Gorrepati, Andhra Pradesh, Índia e (D) Hose and McDougall, 1912)

Descaroçadores de tipo Churka provavelmente estavam na origem do desenvolvimento de descaroçadores mais elaborados, porém baseados no mesmo princípio, durante o século 18 (Bennett, 1958). Os descaroçadores de rolo permitem chegar a produções de mais de 15kg de fibra por máquina e por dia (Parry, 1982).

A partir de 1840, Fones McCarthy impulsionou ainda mais o descaroçamento de rolo com o desenvolvimento do descaroçador de rolo de couro com faca de movimento alternativo (Figura 5). Essa invenção permitiu duplicar a capacidade desse tipo de descaroçamento, passando de 15kg para 30kg de fibra/máquina/dia. A aparição da faca rotativa com lâminas múltiplas ocorrida no final do século 19 permitiu aumentar a produtividade.

Depois disso, houve relativamente poucas inovações com os sistemas de descaroçamento de rolo, que foram direcionados até hoje especificamente para o beneficiamento das variedades de fibras longas e extralongas, produzidas a partir de *G. barbadense*.

Uma nova era: o descaroçamento de serras

Porém, uma descoberta feita em 1793 nos Estados Unidos foi fundamental para transformar drasticamente essa atividade de descaroçamento e dar início ao crescimento exponencial da cultura desta planta nos EUA e a nível mundial: o descaroçador de serras de Whitney.

A patente de Whitney em 1794 apresentava um protótipo de descaroçador com dentes metálicos inseridos em rolo de madeira (Figura 6A). Dois anos depois, em 1796, Holmes patenteou uma máquina com serras circulares montadas num eixo e girando entre costelas metálicas (Mayfield *et al.*, 1999). O princípio do descaroçamento de serras era inventado.



Figura 5A. Tipo McCarthy



Figura 5B. Tipo Turko

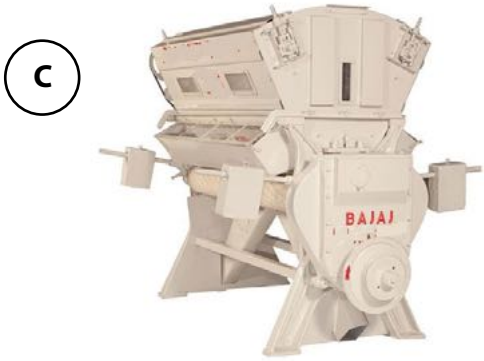


Figura 5C. Tipo Indiano com duplo rolo

Figura 5. Evolução do descaroçamento de rolo para fibras longas e extralongas (Fonte: (A,B) Ibrahim, 2010 e (C) Bajaj, 2024)



Figura 6A. Descaroçador inicial

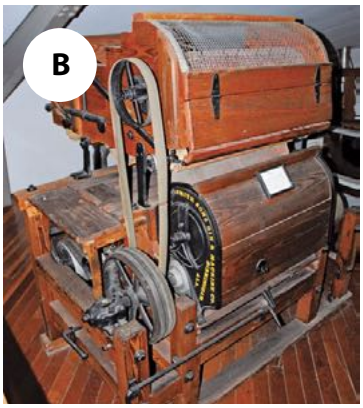


Figura 6B. Máquina de serras, já evoluída

Figura 6. Descaroçador de Whitney e Holmes (Fonte: (A) Cotton Gin Invention (The Complete History), Science4Fun e (B) Eli Whitney's Cotton Gin, Farm Collector)

O século 19 viu um desenvolvimento muito acelerado conjuntamente da cultura e da indústria de beneficiamento nos estados do sul dos Estados Unidos, com marcas famosas como Pratt (que se transformou em Continental Gin a partir de 1901), em Prattville, no estado do Alabama, e Lummus, em Columbus, Georgia (Figura 7).

Alguns museus nos Estados Unidos (Figura 8) resgatam essa história do beneficiamento do algodão, dando para nós uma ideia dos maquinários usados nessas épocas.

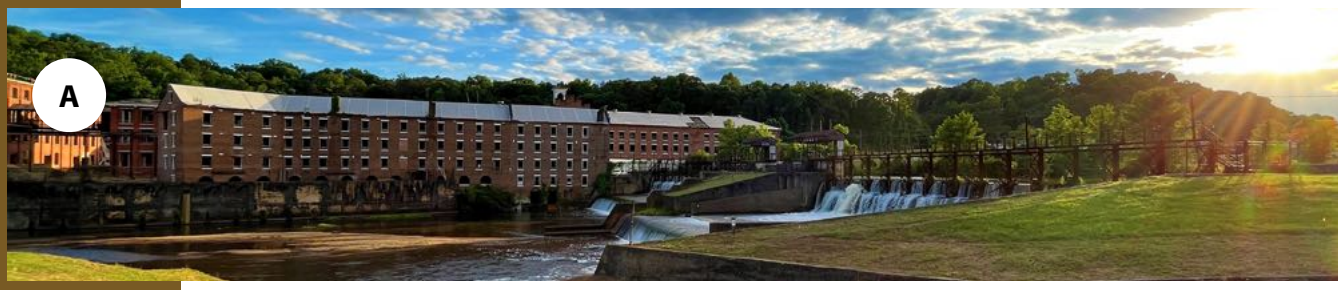


Figura 7A. Usina da Pratt/Continental em Prattville, Alabama

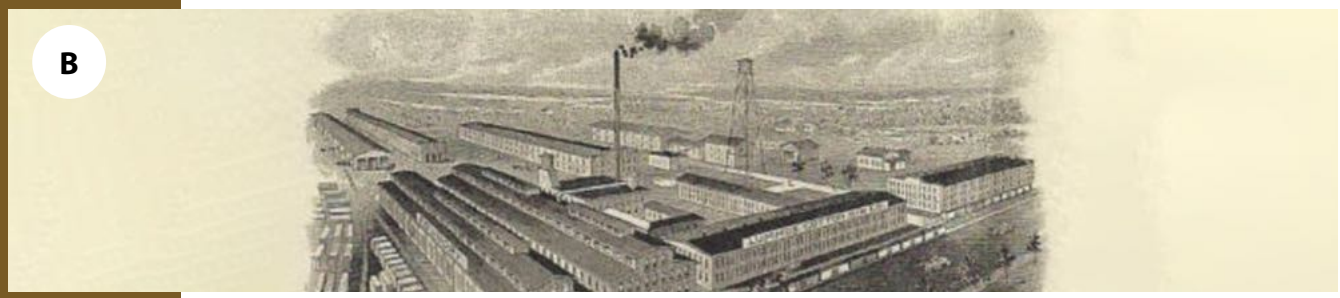


Figura 7B. Usina da Lummus em Columbus, Georgia

Figura 7. Usinas de produção de descaroçadores nos Estados Unidos (Fonte: (A) Pratt History - Own work, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=127566030 e (B) Historic Columbus, 2021)



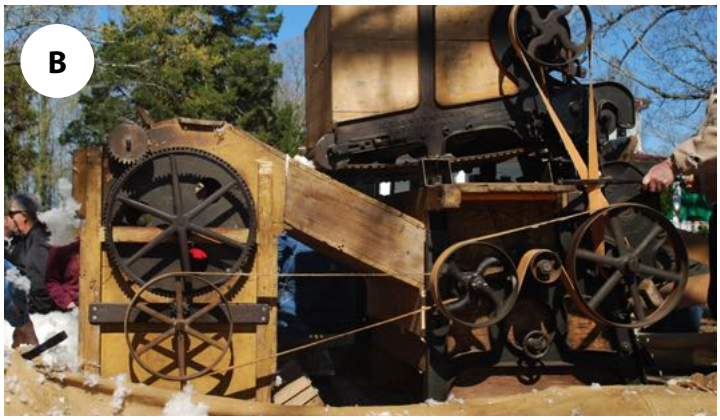






Figura 8. Museus de beneficiamento de algodão nos EUA e maquinário antigo (Fonte: (A, C) Museu de Burton, Texas; (B) Gaertringen, Pixabay e (D) Lauren Anderson)

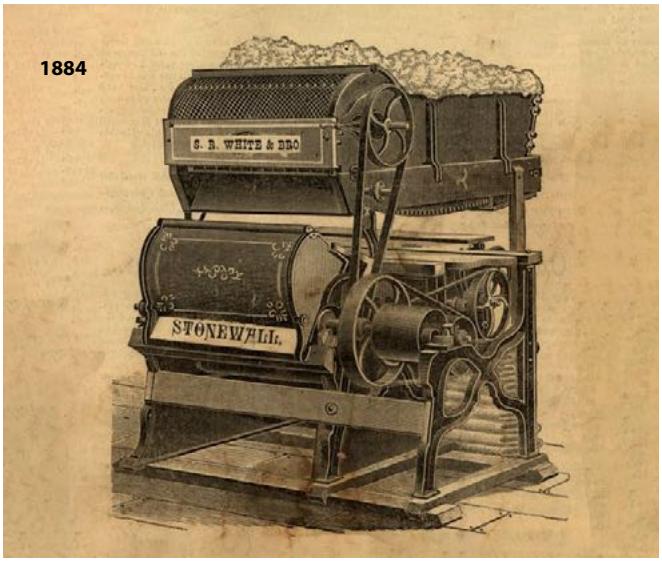
Com este sistema de descaroçamento de serras, a capacidade de cada máquina aumentou tremendamente e se espalhou no mundo inteiro. O sistema era particularmente adaptado ao descaroçamento de algodão de fibras médias, principalmente de *G. hirsutum* tipo Upland. Assim, o beneficiamento do algodão não era mais um freio para a expansão mundial do cultivo dessa planta.

É interessante notar que a evolução do beneficiamento com serras foi também muito ligada ao aumento da disponibilidade e ao tipo de energia usado (humano, animal, água, vapor, diesel ou energia elétrica), permitindo aumentar a capacidade de beneficiamento.

Os descaroçadores sofreram profundas alterações, principalmente referentes a serras e desenho de dentes, costelado, sistema de saída de caroço, etc. As máquinas, inicialmente com 16 serras de 20 cm de diâmetro, passaram para 30 serras de 25 cm, e em seguida 60, 70, 80 e 90 serras de 30 cm (Figura 9). Outras evoluções, para aumentar a produtividade de cada máquina, levaram à adoção de serras de 41 e 46 cm. Atualmente, há máquinas com mais de 290 serras.

Aumentada a capacidade de descaroçamento, foi preciso também desenvolver sistemas de alimentação contínuo dos descaroçadores, ao redor dos anos 1830 (Anthony & Mayfield, 1994). Com o aumento das áreas cultivadas, o algodão era colhido manualmente com mais velocidade e depois mecanicamente. Então ele ficava mais sujo, precisando de desenvolvimento de sistemas de limpeza do algodão em caroço, o que aconteceu ao redor dos anos 1900.

Ao longo dos anos 1950, foram desenvolvidos também sistemas de limpeza da fibra (Anthony & Mayfield, 1994). Ao mesmo tempo, era preciso aprimorar os sistemas de acondicionamento da fibra para seu transporte e comercialização (Figura 10). Os primeiros sistemas de prensagem de rosca foram desenvolvidos entre 1800 e 1900, evoluindo para sistemas hidráulicos, e isso foi fundamental para facilitar o comércio internacional e o transporte da fibra até as indústrias têxteis do mundo inteiro, com a confecção de fardos de fibra adensada, até os fardos de 227kg de alta densidade atualmente usados (Mayfield *et al.*, 1999).



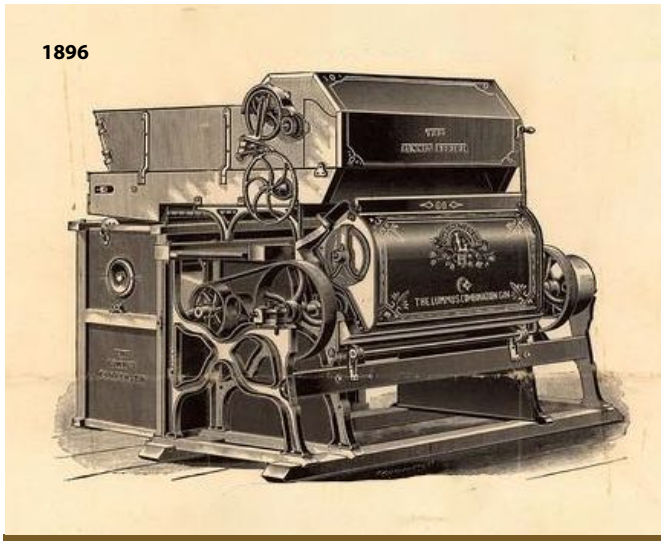


Figura 9. Desenvolvimento da capacidade dos antigos descaroçadores de serras



Figura 10. Prensa antiga e fardos (Fonte: Museu de Burton, Texas)

2. O desenvolvimento do beneficiamento do algodão no Brasil

Para entender as transformações do parque de descaroçamento e de beneficiamento do Brasil, precisamos entender a riqueza e a complexidade das mudanças dessa cultura no país.

Depois da descoberta do Brasil, relatos históricos deixam claro que vários povos indígenas deste continente já usavam fibra de algodão para produção de redes e de tecidos (Baptista, 2016), provavelmente a partir de plantas da espécie *G. barbadense* para os povos do interior das terras, e da espécie *G. hirsutum* para os povos do litoral do Nordeste. O descaroçamento era provavelmente manual ou com ferramentas rudimentares, como mostrado anteriormente.

A cultura e o descaroçamento do algodão no Nordeste

Com a formação das capitanias, houve certas pressões do reinado do Portugal para elas produzirem fibra de algodão para exportação. O ciclo do algodão no Brasil ocorreu entre a segunda metade do século 18 e o começo do século 19.

O incentivo à produção algodoeira no Brasil foi dado pela revolução industrial inglesa no século 18 (Figura 11), e depois pela independência dos Estados Unidos, em 1776, abrindo amplo mercado de fibra de algodão para abastecer a indústria têxtil britânica. Nesse período do ciclo do algodão, a produção era quase toda voltada para o mercado externo, principalmente para a Inglaterra. Dois eventos internacionais tornaram o algodão importante como produto de exportação do Brasil (em relação ao café, cana-de-açúcar, borracha) foram as Guerras Napoleônicas (década 1820-1830) e a Guerra de Secessão nos EUA (1861-1865).



Figura 11. Uma fiação de algodão na Inglaterra na revolução industrial (Fonte: www.conhecimentocientifico.r7.com)

Os estados do Nordeste, principalmente o Maranhão no século 17, se tornaram grandes produtores de algodão, usando inicialmente as variedades nativas de *G. hirsutum* (r. Marie Galante) como o mocó, que pouco a pouco foram selecionadas e cruzadas com variedades importadas. A Companhia Geral do Comércio do Grão-Pará e do Maranhão, criada em 1756, era a principal "empresa" responsável pela produção, obtenção de mão de obra escrava africana e comercialização do produto na Europa. O Maranhão, em 1760, exportou para a Europa suas primeiras sacas do produto (Beltrão, 2003). Depois do

Maranhão, seguiu-se todo o Nordeste, que se tornou a primeira grande região produtora do país, com Rio Grande do Norte, Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Alagoas e Bahia, baseando-se na produção de variedades de algodão perene, em região semiárida (Figura 12).

A partir do começo do século 19 e do aumento da cultura do café, o algodão deixou de ser o produto mais exportado do Brasil. Porém, esse cultivo permaneceu de grande importância econômica para o desenvolvimento do Nordeste até meados do século 20.



Figura 12A. Lavoura tradicional de algodão mocó



Figura 12B. Colheita de algodão mocó



Figura 12C. Colheita de algodão em Caicó, RN

Figura 12. Produção de algodão mocó no Nordeste do Brasil (Fonte: (A) Embrapa, Lucia Ferreira e (B, C) CAICÓ – TOK de HISTÓRIA www.tokdehistoria.com.br)

Fazendo um retrato da "saga" do algodão no Nordeste do Brasil, Mattos *et al.* (2020) descrevem que, inicialmente restrito aos quintais das casas para produção de fibra para confecção de panos grossos destinados a vestir os escravos, o algodão se tornou pouco a pouco um cultivo comercial de grande importância econômica para a área semiárida dessa região. Com apogeu no início do século 20, esse cultivo foi importante até os anos 1970, quando começou a periclitar, até o seu declínio definitivo nos anos 1980.

O modelo de produção, associando um cultivo perene pouco tecnificado com uma pecuária extensiva (Figura 12A), com provavelmente uma repartição assimétrica dos lucros entre proprietários das terras, intermediários, industriais do beneficiamento e os produtores é tão responsável pelo declínio da cultura como a chegada do bicudo (*Anthonomus grandis*) nos anos 1980. Só a partir dos anos 2010 começou uma certa retomada do cultivo nessas regiões, em sistema agroecológico de produção, visando produzir uma fibra com certificações "sustentáveis", de maior valor comercial (Barros *et al.*, 2020; Mattos *et al.*, 2020).

Apesar da dificuldade de encontrar relatos técnicos sobre os descaroçadores dessas épocas e a falta de preservação dos maquinários antigos, podemos pensar que, com a proximidade dos Estados Unidos e a importância dos capitais estrangeiros investidos nessa cadeia, é provável que o parque de descaroçadores usados nessas épocas no Brasil tenha acompanhado as mudanças ocorridas nos EUA: descaroçadores de tipo rolo, permanecendo até início do século 20 para descaroçar o mocó principalmente (Figura 13), e descaroçadores de serras entrando progressivamente a partir do final do século 19.

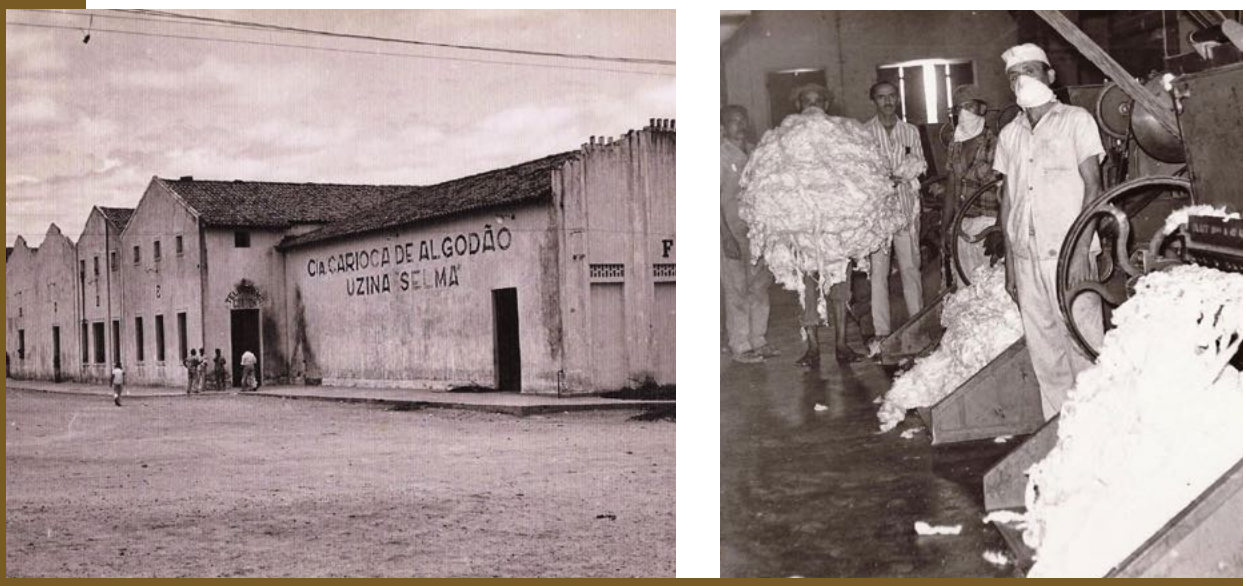


Figura 13. Fotos históricas de unidade de descaroçamento de rolo do algodão mocó no Nordeste (Fonte: @RevistaSãoMamede)

Santos (2019) mostra outro exemplo esclarecedor da importância do algodão (junto com a cana-de-açúcar) no desenvolvimento econômico do Agreste e do Sertão de Alagoas no século 19 e no início do século 20. Além de ser cultivado pelos grandes proprietários latifundiários, ele foi incorporado no sistema de cultivo de plantas alimentícias dos pequenos agricultores, tornando-a uma importante fonte de renda para a família.

A história de Campina Grande (CG), no estado da Paraíba, é muito ilustrativa das mudanças ocorridas nessas regiões. Essa cidade se desenvolveu a partir da segunda metade do século 19 ao redor da pecuária e do algodão, assumindo a função de centro mercantil e de beneficiamento do algodão de toda a região do interior e de exportação para o litoral, principalmente o porto de Recife (Figura 14A).

No Sertão e no Agreste, o transporte de mercadorias (e de algodão) se fazia com comboios de burros dos tropeiros até o final do século 19, e depois, quando elas existiam, com ferrovias. A partir dos anos 1940, o transporte rodoviário tomou muita importância. De1907 a 1957, a estrada de ferro da empresa inglesa Great Western Brasil Railway (GWBR) ligando CG ao porto de Recife consolidou CG como polo de exportação (Aranha, 1991).

Segundo relato desse autor, aproximadamente um terço do algodão vinha do Agreste (produzido com variedades Upland, de fibra curta, com maior dificuldade de beneficiamento, porém mais produtivo), e ⅔, do Sertão (produzidos com variedades mocó, de excelente qualidade de fibra, de fácil beneficiamento por ter sementes seminuas, adaptadas ao semiárido).

A capacidade de prensagem relacionada às velhas "bolandeiras" a vapor espalhadas pelo sertão era bastante reduzida: os fardos aí preparados eram de 64kg no máximo, e transportados por burros até CG. Em 1919, a Wharton Pedrosa e Cia., em parte de capital inglês, instalou em CG a primeira prensa hidráulica para reprensagem de fibra para obtenção de fardos de 195kg ou 200kg.

Porém, só a partir de 1930, com incentivos governamentais, houve uma modernização do setor de beneficiamento, com a instalação de empresas multinacionais como Anderson Clayton (EUA) e Sanbra (Argentina) (Figura 15).

Nessa época, havia mais de 39 firmas exportadoras de algodão instaladas em CG. Junto com algumas firmas paraibanas, elas começaram a monopolizar o comércio do algodão da região.

Porém, apesar de permanecer como grande produtor de algodão do Nordeste por algumas décadas, a Paraíba sofreu a competição do estado de São Paulo. A partir dos anos 1950, com a implantação de usinas de beneficiamento em outros municípios e o desenvolvimento do transporte de cargas por caminhões, a maior parte da produção do sertão da Paraíba não passava mais por CG.

O declínio definitivo do algodão em CG e no Nordeste de modo geral aconteceu nos anos 1980.

A cultura e o descaroçamento do algodão na região meridional: São Paulo e Paraná

Em uma publicação sobre o ciclo do algodão nas regiões meridionais do Brasil, Gonçalvez e Ramos (2008) contam que as primeiras exportações de fibra de São Paulo foram realizadas durante a Guerra de Secessão dos Estados Unidos (1861-1865), em decorrência dos esforços da Manchester Cotton Supply Association para incentivar as importações de fibra para as fiações inglesas. Porém, esse ciclo produtivo foi de curta duração. Depois, após a virada dos anos 1930, os estados de São Paulo e Paraná incentivaram a cultura algodoeira em resposta à crise cafeeira. A cotonicultura de pequenos e médios produtores surgia devido a fazendeiros falidos, e também às companhias colonizadoras que foram responsáveis pela expansão das pequenas e médias propriedades.

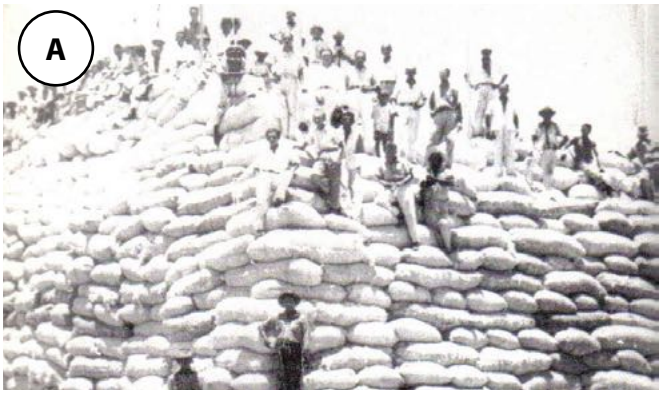


Figura 14A. Sacas de algodão acumulados em Campina Grande, Paraíba



Figura 14B. Carga de algodão em Boa Viagem, Ceará (Sanbra)

Figura 14. Fotos de arquivos mostrando transporte e armazenamento de algodão no Nordeste (Fonte: (A) Acervo Edson Vasconcelos e (B) Prefeitura Boa Viagem)

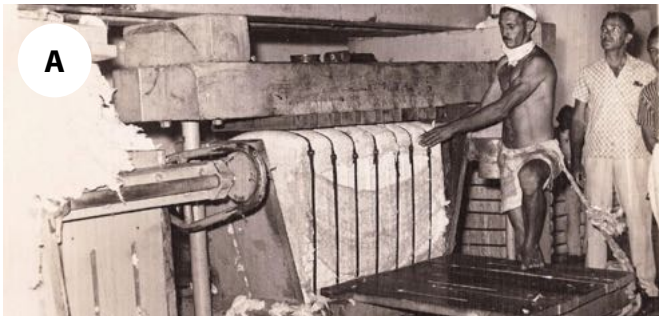


Figura 15A. Prensa em Usina de São Mamede, RN



Figura 15B. Usina da Sanbra em CG

Figura 15. Prensas em usina no Nordeste e sede da Sanbra em CG (Fonte: (A) @RevistaSãoMamede e (B) Prefeitura Municipal de CG)

Outro elemento-chave para sustentar uma produção algodoeira importante foi o ciclo de industrialização do início do século, com a criação de um mercado nacional importante para a fibra de algodão.

A partir dos anos 1930, São Paulo se tornou o maior estado produtor de algodão do Brasil. O polo SP/PR/Sul de MS de produção meridional de algodão foi o maior do Brasil entre os anos 1940 e o fim dos anos 1990, quando começou a sua migração para os cerrados. Essa migração se deu por conta da crise algodoeira na região meridional, gerada em parte pelos baixos preços internacionais da fibra em decorrência parcial da política de subsídios norte-americanos à fibra de algodão, e dos altos custos de produção nestas regiões ligados em parte às dificuldades de mecanização da colheita.

Em São Paulo e Paraná, a atividade de beneficiamento era também (como no Nordeste) baseada no modelo de comercialização do algodão em caroço (AC): o produtor vendia o seu AC para empresas particulares de beneficiamento e de comercialização da fibra, ou para cooperativas. Essas empresas compravam o AC classificado em diferentes tipos, se encarregando do transporte até a algodoeira. Essas indústrias de beneficiamento eram responsáveis por comercializar a fibra com ajuda de traders ligados principalmente à indústria têxtil nacional.



Figura 16. Antigas usinas de beneficiamento do Paraná ou de São Paulo

Boa parte das algodoeiras dessa época era das marcas Continental, importadas dos Estados Unidos, ou Murray/Piratininga, fabricadas em São Paulo, com conjuntos de máquinas de 80 ou 90 serras (Figura 16).

A cultura do algodão e o parque atual de usinas de beneficiamento nos cerrados

A partir dos anos 1990, a cotonicultura iniciou a sua migração para os cerrados (MT, Mapitoba), em um modelo

de produção diferente do modelo tradicional de agricultura familiar existente nestes estados, baseado em grandes unidades produtivas em áreas de cerrados, totalmente mecanizadas do plantio à colheita, com alto nível de insumos.

Em seu livro, Baptista (2016) registrou as principais etapas do desenvolvimento da cotonicultura no Mato Grosso, principal produtor de algodão do Brasil desde a safra de 1997/98. Esse desenvolvimento muito dinâmico foi baseado em dois pilares: incorporação de tecnologia e organização da cadeia produtiva, com associações estaduais e nacional fortes.

Nesse modelo, a fim de agregar valor à cultura, muitas unidades produtivas de grande porte se equiparam de uma unidade de beneficiamento (UBA) própria, tal como algumas empresas de terceirização do serviço de beneficiamento. Porém, mesmo neste caso de terceirização, a fibra é, em maioria, comercializada pelo produtor, sendo a atividade de beneficiamento basicamente uma prestação de serviço.

Desde os anos 2000, os produtores de algodão, além de abastecer a indústria têxtil nacional, começaram a exportar volumes cada vez maiores de fibra, até o Brasil se tornar o maior exportador de fibra do mundo em 2023.

Com a migração da produção algodoeira para os cerrados e a redução drástica dessa cultura na região meridional, grande parte do parque de UBA das empresas de SP e do PR foram levadas para as regiões produtoras dos cerrados (MT, BA, etc.). A partir dos anos 2010 foram realizados muitos investimentos em usinas novas, de alta capacidade, das principais marcas nacionais (Busa) e internacionais (Lummus, Cherokee, Bajaj-Continental Eagle) (Figura 17).

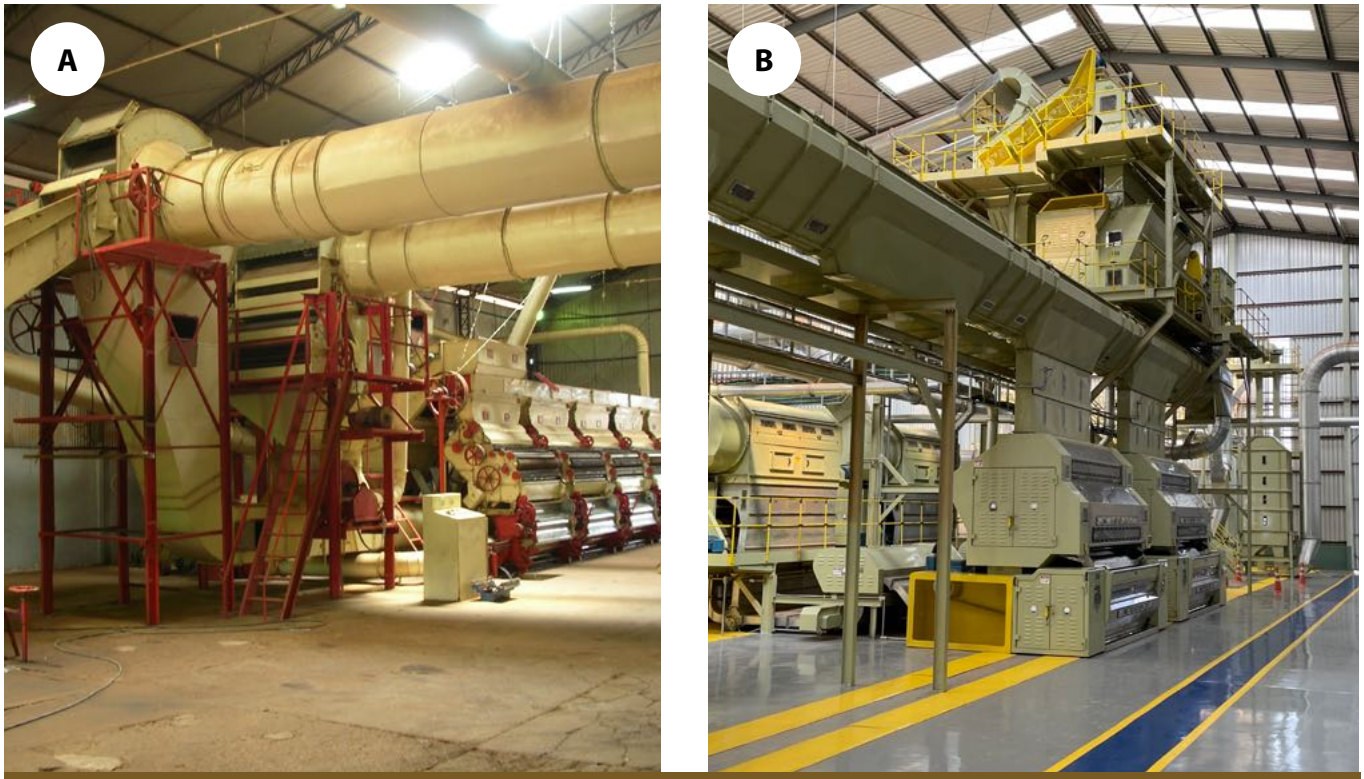


Figura 17. Usina de tipo antigo (A) e recente (B) em Mato Grosso (Fonte: Cotimes do Brasil)

Portanto, atualmente, o parque de UBAs dos cerrados é constituído por uma parte de máquinas antigas (principalmente das marcas Continental, Murray/Piratininga) que foram mantidas conforme os modelos/processos iniciais, ou às vezes transformadas drasticamente (serras, costelas, velocidade e potência dos motores, etc.), e por outra parte de máquinas de alta capacidade, com os mais modernos processos de beneficiamento das empresas atualmente no mercado.

O detalhamento do parque industrial de beneficiamento do Brasil é apresentado na Tabela 1 e nas Figuras 18A e B.

Tabela 1. Relação das indústrias de beneficiamento de algodão do Brasil

Estados	Modelo	Número	Total	%
Mato Grosso	ANTIGA	87	147	59,2
	MODERNA	52		35,4
	INTERMEDIÁRIA	8		5,4
Bahia	ANTIGA	16	45	35,6
	MODERNA	25		55,6
	INTERMEDIÁRIA	2		4,4
	NÃO IDENTIFICADA	2		4,4
Minas Gerais	ANTIGA	12	13	92,3
	MODERNA	1		7,7
Goiás	ANTIGA	10	12	83,3
	MODERNA	1		8,3
	INTERMEDIÁRIA	1		8,3
Mato Grosso do Sul	ANTIGA	3	7	42,9
	MODERNA	3		42,9
	INTERMEDIÁRIA	1		14,3
Piauí	ANTIGA	3	4	75
	MODERNA	1		25
Tocantins	ANTIGA	2	3	66,7
	MODERNA	1		33,3
São Paulo	ANTIGA	1	2	50
	MODERNA	1		50
Rondônia	ANTIGA	1	2	50
	MODERNA	1		50
Maranhão	ANTIGA	1	2	50
	MODERNA	1		50
TOTAL		**237**	**237**	

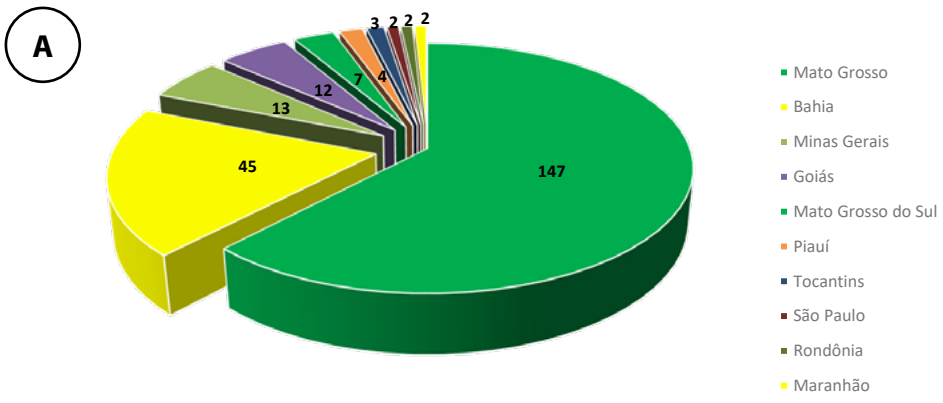


Figura 18A. Repartição das UBAs ativas no Brasil em 2022/2023 (Abrapa)

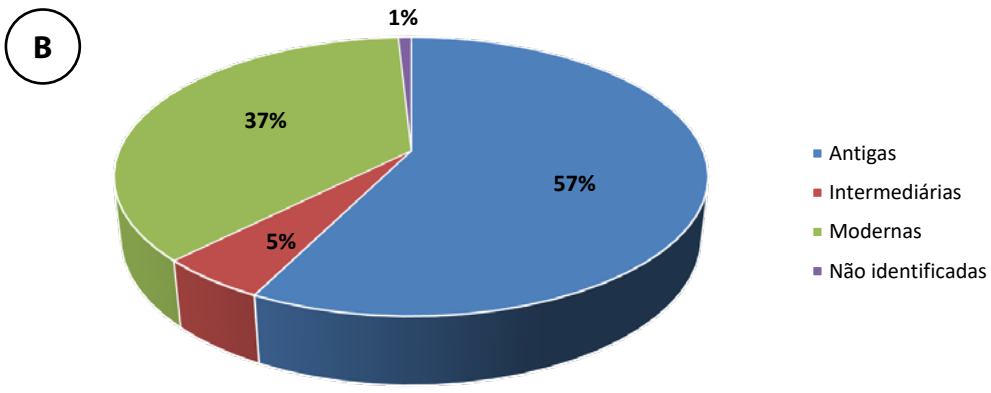


Figura 18B. Tipologia dos processos nas UBAs do Brasil em 2022/2023 (Abrapa)

Figura 18. Síntese sobre o parque de UBAs do Brasil (Fonte: Abrapa, 2022/2023)

Como o parque industrial de UBA é em grande parte dos próprios produtores de algodão de Mato Grosso, a Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (Ampa), desenvolveu diversos projetos para ajudar no bom funcionamento das unidades.

Primeiramente, a Ampa, com uma equipe do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt), conduz há anos trabalhos nessas UBAs a fim de orientá-las sobre a melhoria da segurança do trabalho e prevenção dos incêndios (Capítulo 10 deste MBA). Depois, a Ampa iniciou um sistema de certificação das UBAs que foi posteriormente integrado ao "Programa de Qualidade do Algodão Brasileiro" (certificação voluntária baseada em procedimentos de autocontrole) desenvolvido pela Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa), em parceria com o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa).

A Escola de Beneficiamento

Devido à importância para as UBAs de poder contar com funcionários qualificados para manejar essas unidades, a fim de preservar a qualidade da fibra, em 2016 a Ampa investiu em uma "Escola de Beneficiamento" (Figura 19). Essa escola foi construída no Centro de Treinamento e Difusão Tecnológico do IMAmt de Rondonópolis, MT. Ela é composta de uma miniusina de beneficiamento especialmente desenhada para poder visualizar os fluxos de matérias nos diversos equipamentos, recolher amostras de fibra, sementes e resíduos em diversos locais dos processos, e dotada de sistemas de by-pass, a fim de poder trabalhar em diversas configurações.

A escola de beneficiamento, única na América do Sul, é uma ferramenta indispensável para a realização de treinamentos ou para trabalhos de pesquisa sobre o beneficiamento.

Finalmente, este "Manual de Beneficiamento do Algodão" tem por objetivo ajudar a capacitação dos técnicos destas UBAs de Mato Grosso e de outros estados produtores, para que entendam melhor os embasamentos teóricos do beneficiamento, bem como os aspectos práticos e operacionais da atividade industrial, desde a fase de projeto até a gestão da produtividade e da qualidade para conseguir maximizar o lucro.

O manual tenta tratar de todos os tipos de maquinários que equipam essas UBAs. Agradecemos o apoio de todos os fabricantes e patrocinadores desta edição pela ajuda na sua reedição.



Figura 19. Escola de Beneficiamento do IMAmt em Rondonópolis (Fonte: Jean L. Belot, 2023)

Referências bibliográficas

ANTHONY, W.S.; MAYFIELD, W.D. **Cotton Ginners Handbook**. US Department of Agriculture, Agricultural Handbook 503. 1994. 348pp.

ARANHAS, G.B. Campina Grande no espaço econômico regional: estrada de ferro, tropeiros e empório comercial algodoeiro (1907-1957). **Tese de Mestrado** (Sociologia Rural). UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. CENTRO DE HUMANIDADES. Campina Grande, PB. 1991. 316pp.

BAPTISTA, M. **Algodão: os pioneiros que transformaram Mato Grosso em um grande produtor**. Cuiabá, MT: Entrelinhas. 2016. 183pp.

BARROS, M.A.L.; SILVA, C.R.C. da; LIMA, L.M.; FARIAS, F.J.C.; RAMOS, G.A.; SANTOS, R.C. Review on evolution of cotton in Brazil: Gm, white, and colored cultivars. **Journal of Natural Fibers**, 2020, 13pp. DOI: 10.1080/15440478.2020.1738306

BELTRÃO, N. E. M. **Breve história do algodão no Nordeste do Brasil**. Campina Grande, PB : Embrapa, 2003. 17pp.

BENNETT, C. A. **Roller Cotton Ginning Developments**, AERD/ARS-USDA, 1958. 90pp.

CARVALHO, L.P. O gênero *Gossypium* e suas espécies cultivadas e silvestres. In: Beltrão e Azevedo (Eds). **O agronegócio do algodão no Brasil**. v. 1. cap. 8, 2008. p. 251-270.

DAMP, J.E.; PEARSALL, D.M. Early cotton from coastal Ecuador. **Economic Botany**, v. 48, n. 2, p. 163-165, 1994.

GONÇALVES, J.S.; RAMOS, S.F. Da origem à hegemonia e crise do algodão meridional brasileiro no século XX. **Informações Econômicas**, v. 38, n. 2, p. 25-41, 2008.

IBRAHIM, A. E. I. Impact of roller gin type and seed-cotton level on ginning efficiency and fiber properties. **Alex. J. Agric. Res**, v. 55 (1): 13-19. 2010.

MATTOS, L.C.; MATTOS, J.L.S.; BLACKBURN, R.; SANTIAGO, F.S.; MENEZES NETO, J.B. A saga do algodão no semiárido nordestino: histórico, declínio e as perspectivas de base agroecológica. **DMA**, v 55, p. 556-580, 2020. DOI: 10.5380/dma.v55i0.72576 e-ISSN 2176-9109

MAYFIELD, W.D.; ANTHONY, W.S.; BAKER, R.V.; HUGHS, S.; LALOR, W.F. Ginning. In: Smith & Cothren (Edts). **Cotton: origin, history, technology and production**. Wiley & Sons. 1999. Chap. 4.1; p. 683-708.

MOULHERAT, C.; TENGBERG, M.; HAQUET, J.-F. ; MILLE, B. First evidence of cotton at neolithic Mehrgarh, Pakistan: analysis of mineralized fibres from a copper bead. **Journal of Archaeological Science**, v. 29, p. 1393–1401, 2002. doi:10.1006/jasc.2001.0779, available online at http://www.idealibrary.com

PARRY, G. **Le cotonnier et ses produits**. Maisonneuve et Larose (Edt). Paris. Techniques Agricoles et Productions Tropicales. 1982. 502pp.

SANTOS, E.O. Do fio da memória ao tecido da história: a produção algodoeira no agreste alagoano (1950-1959). ANPUH-Brasil - **30° Simpósio Nacional de História**, Recife, 12pp, 2019.

SMITH, C.E., STEPHENS, S.G. Critical identification of Mexican archaeological cotton remains. **Econ. Bot.,** v. 25, p. 160–168, 1971. https://doi.org/10.1007/BF02860076

STEPHENS, S. G.; MOSELEY, M. E. Early domesticated cottons from archaeological sites in central coastal Peru. **American Antiquity**, v. 39, n.1, p. 109-122, 1974. https://doi.org/10.2307/279225

VIOT, C. Domestication and varietal diversification of Old World cultivated cottons (*Gossypium* sp.) in the Antiquity. **Revue d'ethnoécologie** [Online], v. 15, 2019, Online since 30 June 2019, connection on 29 October 2019. URL: http://journals.openedition.org/ethnoecologie/4404;
DOI: 10.4000/ethnoecologie.4404

VIOT, C.R.; WENDEL, J. F. Evolution of the cotton Genus, *Gossypium*, and its domestication in the americas. **Critical Reviews in Plant Sciences**, 2023. https://doi.org/10.1080/07352689.2022.2156061. Published online: 09 Jan 2023.

WENDEL, J. F.; BRUBAKER, C.L.; SEELANAN, T. The Origin and Evolution of *Gossypium*. In **Physiology of Cotton**, p. 1-18. 2010. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-3195-2_1#citeas



CAPÍTULO 1 E 2
PRODUZIR ALGODÃO NOS CERRADOS BRASILEIROS



Entender como é produzido o algodão em caroço que chega até a algodoeira. Esse é o objetivo dos dois primeiros capítulos, que resumem as principais etapas dos processos produtivos nos cerrados brasileiros. Eles abordam os sistemas de produção de safra única ou de segunda safra realizados no estado de Mato Grosso, em função da quantidade e da distribuição das chuvas; os principais manejos a fim de obter uma fibra de boa qualidade na maioria das posições frutíferas da planta, antes da colheita; o preparo da lavoura com desfolhantes e "maturadores"; e o uso de boas práticas durante a colheita mecanizada. Tudo isso é fundamental para levar para a algodoeira um algodão em caroço fácil de ser beneficiado e obter uma fibra de qualidade.

Jean-Louis Belot

Patricia Vilela

CAPÍTULO I

Cultivo algodoeiro no cerrado brasileiro

Observação: esse capítulo é uma atualização do capítulo 2 do Manual de Beneficiamento versão 2014. O capítulo faz uma síntese dos sistemas de produção usados em Mato Grosso em 2024 para a produção de fibra. Maiores detalhes podem ser encontrados no Manual de Boas Práticas de Manejo do Algodoeiro em Mato Grosso edição 2019/20 ou versão mais recente. Link https://imamt.org.br/manual-de-boas-praticas-de-manejo-do-algodoeiro-em-mato-grosso-4a-edicao/

Introdução

Desde o início do ano 2000, o cultivo do algodoeiro no Brasil vem se deslocando para a região Centro-Oeste (Figura 1), deixando os estados do Paraná e de São Paulo. O cerrado do Brasil Central é caracterizado por uma topografia propícia à mecanização de todas as operações de manejo da cultura, da semeadura à colheita, e por uma distribuição de pluviometria adequada. A vegetação é do tipo savana.

Apesar de apresentarem em geral boas qualidades físicas (teor em argila, porosidade etc.), os solos possuem características químicas deficientes. Os solos ácidos necessitam de correção periódica e apresentam baixa fertilidade natural, com níveis deficientes de potássio e fósforo. Os custos de produção com fertilizantes químicos são muito elevados.

Ademais, devido ao clima tropical úmido, os custos da proteção fitossanitária (pragas, doenças e nematoides) são também muito elevados (Tabela 1). Assim, o manejo do cultivo algodoeiro no cerrado é de grande complexidade, requerendo alto nível de insumos e técnicos de fazenda altamente treinados.

Traçando um comparativo entre os modelos de produção de fibra, em São Paulo e Paraná ela é feita por médios ou pequenos produtores, que comercializam o algodão em caroço para cooperativas ou empresas privadas encarregadas de beneficiar e vender a fibra, enquanto nos cerrados, e em particular em Mato Grosso, é realizada por médios ou grandes produtores, com modelo de **comercialização da fibra pelo próprio produtor.**

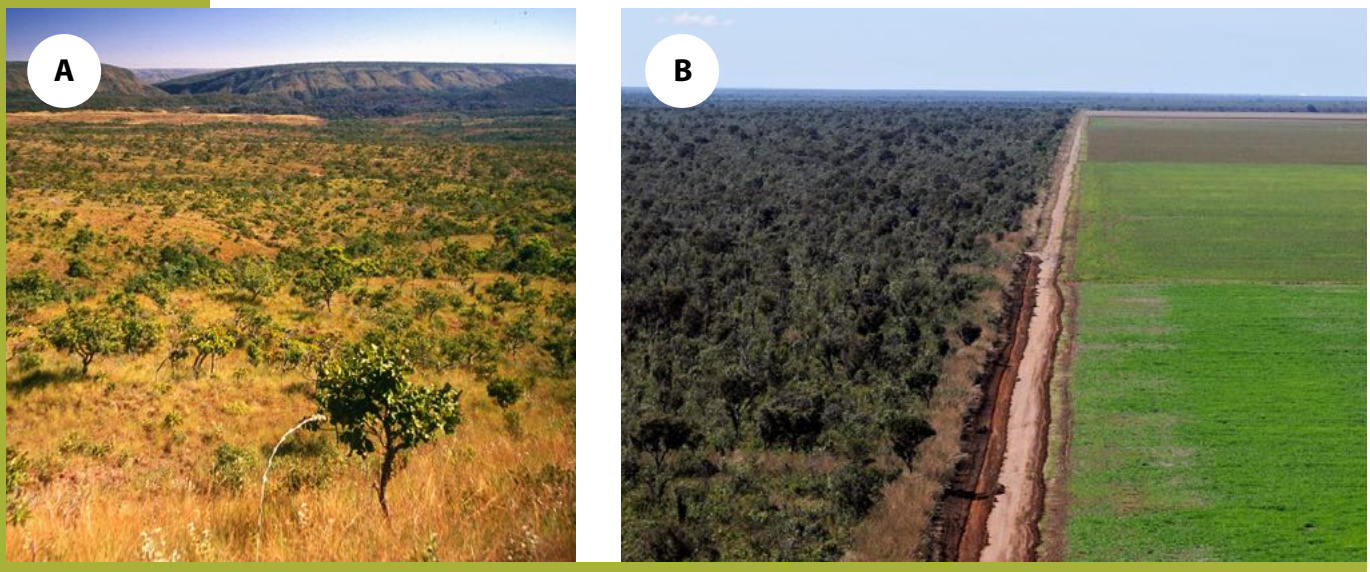


Figura 1. Região dos cerrados do Centro-Oeste do Brasil

Tabela 1. Custos de produção do algodão em Mato Grosso (Fonte: IMEA, 2024)

CUSTO DE PRODUÇÃO MENSAL ALGODÃO MATO GROSSO		Realização: SENAR Mato Grosso / IMEA	
Safra	**2023/24**	**2024/25**	**Porcento**
Ano	**2023**	**2024**	
Mês	**Novembro**	**Janeiro***	
A. CUSTEIO (1+2...+7)	**9.334,63**	**9.956,88**	
1. SEMENTES	**1.050,32**	**981,33**	7,30
Semente de Algodão	1.050,32	981,33	
Semente de Cobertura	-	-	
2. FERTILIZANTES E CORRETIVOS	**3.144,87**	**3.438,39**	25,58
Corretivo de Solo	273,57	262,38	
Macronutriente	2.624,06	2.802,68	
Micronutriente	247,24	373,33	
3. DEFENSIVOS	**4.101,26**	**4.459,96**	33,18
Fungicida	966,46	1.054,66	
Herbicida	654,90	705,83	
Inseticida	1.941,62	2.073,75	
Adjuvante/Outros	538,29	625,73	
5. OPERAÇÕES MECANIZADAS	**607,04**	**547,19**	4,07
Manejo Pré Plantio	34,64	40,87	
Adubação e Plantio	67,77	72,13	
Aplicações com Máquinas	63,82	30,89	
Aplicações com Avião	121,22	125,36	
Colheita	271,28	216,06	
Manejo Pós Colheita	48,31	61,88	
6. SERVIÇOS TERCEIRIZADOS	**88,52**	**52,99**	0,39
7. MÃO DE OBRA	**342,61**	**477,03**	3,55
B. MANUTENÇÃO	**853,07**	**1.042,54**	7,76
Manutenção Máq. Equip. Utilit.	847,93	1.036,05	
Manutenção Benfeitorias	5,13	6,49	
C. IMPOSTOS E TAXAS	**394,69**	**457,49**	3,40
D. FINANCEIRAS	**604,48**	**752,19**	5,60
E. PÓS-PRODUÇÃO	**894,39**	**781,82**	5,82
Classificação e Beneficiamento	814,51	756,62	
F. OUTROS CUSTOS	**134,70**	**191,60**	1,43
G. ARRENDAMENTO	**265,47**	**258,41**	1,92
COE (A + B + ... + F + G)	**12.481,43**	**13.440,94**	100,00
H. DEPRECIAÇÕES	**697,10**	**903,40**	
I. MÃO-DE-OBRA FAMILIAR	**20,24**	**24,14**	
COT (COE + H + I)	**13.198,76**	**14.368,47**	
J. CUSTO DE OPORTUNIDADE	**1.638,13**	**1.721,12**	
CT (COT + J)	**14.836,89**	**16.089,59**	
Produtividade Modal (@ pluma/ha)**	120,90	128,52	
Produtividade Modal (t caroço/ha)**	2,01	2,20	
Dólar compra (R$/US$)	4,898	4,914	
Unidade: R$/ha.	Fonte: Imea.		

(*) Estimativa mensal para a safra 2024/25.
(**) A produtividade modal faz referência ao valor levantado junto aos produtores no dia do painel modal, consequentemente, esta pode apresentar variações em relação a produtividade que consta no boletim do algodão.
Nota: O custo com arrendamento foi calculado com base na saca de soja e na participação da área da cultura.
Nota: O "custo de oportunidade" seria a estimativa da remuneração do capital investido, incluindo terra.

As unidades produtivas vão de algumas centenas de hectares a 3.000 ha para os produtores de tamanho médio, a áreas superiores a 3.000 até 10.000 ha para grandes produtores, ou por grupos agroindustriais muito grandes que manejam mais de 20.000 ha, podendo chegar até a 150 ou 200.000 ha para os maiores (Bom Futuro, SLC Agrícola e AMaggi).

A parte industrial (Unidade de Beneficiamento de Algodão – UBA) é geralmente feita na fazenda em unidades próprias ou, em minoria, por prestadores de serviço. Mesmo nesse último caso, a venda da fibra sempre é realizada pelo produtor. Assim, neste modelo de produção, o produtor fica diretamente impactado pela qualidade da fibra produzida, e a capacidade do produtor em valorizar financeiramente esta "qualidade" pode incidir significativamente sobre a lucratividade da cultura.

1. Os sistemas de cultivo

Os sistemas de cultivo usados em Mato Grosso são a consequência direta da distribuição de pluviometria (Figura 2).

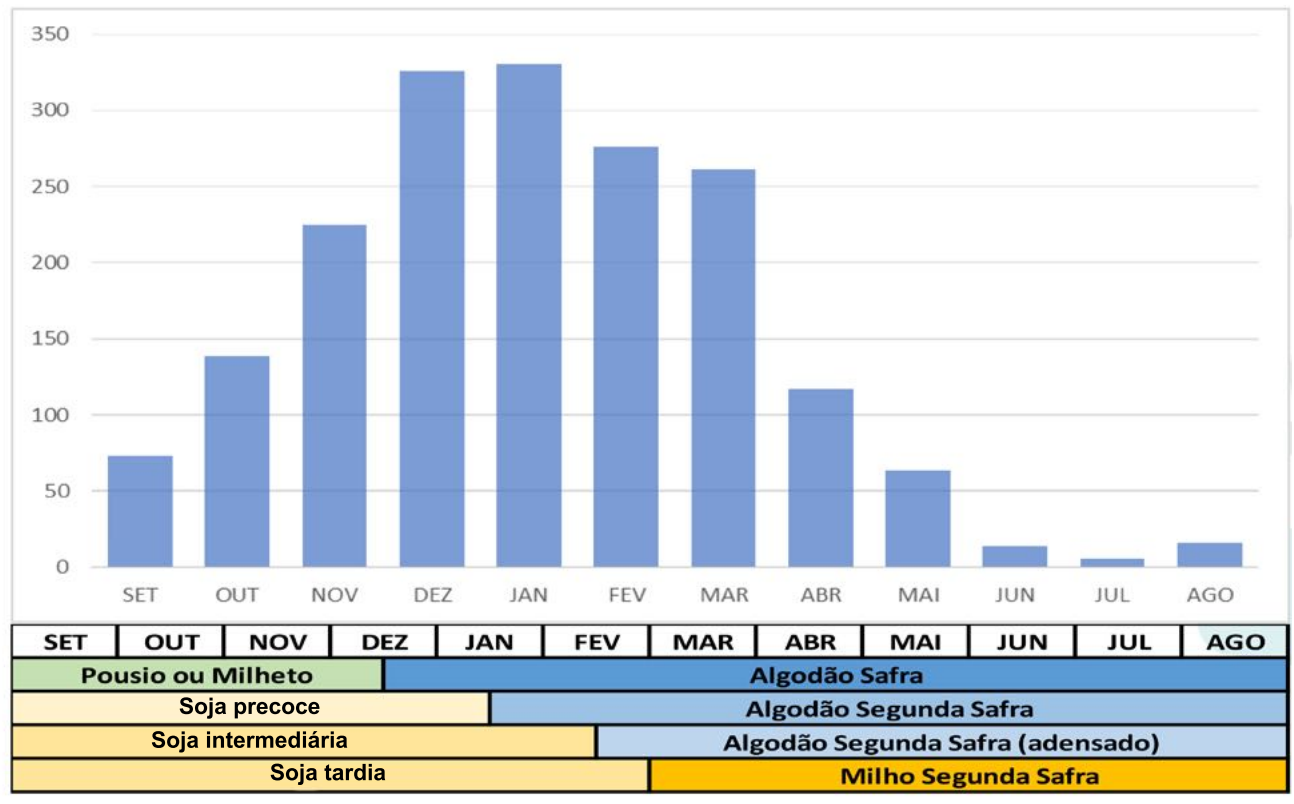


Figura 2. Distribuição de pluviometria média e ciclo das culturas em Mato Grosso (Fonte: IMAmt, 2023)

No sul do estado, onde as chuvas tendem a chegar tarde (final de setembro ou outubro) e finalizam relativamente cedo (ao redor de 15 de abril), o sistema de cultivo de safra única ainda representa mais de 40% das áreas de algodão. Nas demais áreas, principalmente ao **norte da latitude de Cuiabá**, o modelo de produção de algodão de segunda safra, após uma cultura de soja precoce, representa de 80% até 100% das áreas.

Com o aumento da variabilidade climática, cada vez mais os produtores de Mato Grosso vêm investindo em sistemas de irrigação. Neste caso, os sistemas são usados para irrigação de complemento tanto para a soja quanto para o algodão. A cultura irrigada de algodão em MT ainda é marginal, representando menos de 5% das áreas.

Ao longo dos anos, os produtores de algodão de MT trabalharam para mostrar que os sistemas de produção usados nas fazendas algodoeiras respeitam normas ambientais, trabalhistas e de boas práticas de manejo. Como resultado, em 2023, 82% do algodão produzido no Brasil foi certificado ABR/BCI, o que lhe permitiu maior aceitação no mercado.

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 ao início de janeiro, em função da distribuição pluviométrica. Geralmente, 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 milheto, 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" porque não envolve rotações de culturas, e usa o revolvimento do solo, mesmo que parcial (Figura 3).



Figura 3. Algodão "de safra" semeado em cima de cobertura de milheto (Fonte: Jean L. Belot, 2023)

O sistema de plantio direto integral (plantio na palha, com rotações de cultura/plantas de coberturas) enfrenta ainda resistência na sua adoção por parte dos produtores de algodão, em razão de diversos fatores técnico-econômicos. No sistema de plantio direto integral, é indispensável produzir biomassas importantes que serão dessecadas, e nas quais o algodão será semeado. O papel dessas biomassas é fundamental, permitindo aumentar o teor em carbono do solo, a atividade microbiana e da macrobiota.

Geralmente, porém, temos monocultura de algodão de safra. Entre dois ciclos de algodão de safra, é difícil colocar outra cobertura a não ser o milheto. Além do milheto, o ideal seria uma cobertura de *Urochloa ruziziensis* (=*Brachiaria*), para a integração agricultura-pecuária. Mas essa cobertura pode se encaixar unicamente pensando em uma rotação algodão safra/soja + (milho + *Brachiaria* de safrinha) /algodão, pouco praticada.

A adoção do sistema de monocultura de algodão de safra se deve em parte ao fato de que seus produtores precisam se estruturar, investindo em material específico para a cultura (colheitadeiras, usinas de beneficiamento). Assim, as fazendas devem se especializar focando na produção

de algodão, deixando pouco espaço para a soja ou o milho entrarem em rotação. Outro fator importante que pode atrapalhar a implementação de um sistema de plantio direto integral é quando a eliminação dos restos da cultura é realizada mecanicamente.

O sistema de produção de algodão de safra é usado no sul do estado de MT, em regiões de chuvas escassas, e nas regiões de solos mais arenosos. Ele é também usado na maioria dos demais estados produtores de algodão dos cerrados brasileiros, principalmente na Bahia, no Maranhão e no Piauí, estados com pluviometria mais limitada. Esse sistema visa altas produtividades para compensar o fato de ter só uma cultura de renda por ano. Em situação de alongamento do período chuvoso até o final de abril ou maio, esse algodão pode sofrer perdas significativas do baixeiro por apodrecimento, e queda em vários parâmetros de qualidade de fibra da lavoura, devido ao aumento da proporção de capulhos do ponteiro com fibra de menor maturidade.

1.2. Sistema de segunda safra

Esse sistema de cultivo do algodão em segundo ciclo após uma cultura de soja precoce tem crescido muito nos últimos anos em Mato Grosso, tornando-se o sistema de maior rentabilidade e ocupando geralmente 80% das superfícies de algodão no estado. Ele é muito difundido na região norte de Mato Grosso, onde o período de chuvas é mais extenso e as altitudes são 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 no final de dezembro/janeiro e, imediatamente após, o algodão é semeado em plantio direto (Figura 4), geralmente com espaçamentos de 0,76 m. No entanto, o espaçamento de 0,90 m volta a crescer, o que permite maior aeração do dossel e menor pressão de doenças foliares. A população de plantas usadas é geralmente maior do que em sistema de safra.

As variedades usadas são geralmente de ciclo mais precoce, e os



Figura 4. Algodão semeado após a colheita da soja (algodão de segunda safra) (Fonte: Jean L. Belot, 2023)

níveis de produtividade mostram-se menores quando comparados ao sistema de safra. Deve-se destacar, porém, que em 10 anos, o sistema de produção de algodão de segunda safra melhorou muito, alcançando produtividades elevadas e, mais que tudo, alta rentabilidade.

1.3. O algodão irrigado

No estado da Bahia, cerca de 17% a 20% da área algodoeira é conduzida com irrigação. Isso ocorre devido ao maior risco climático, quando consideramos o volume e a repartição das chuvas. Essa porcentagem é muito menor em Mato Grosso, representando não mais que 5% da área (Figura 5), já que os riscos climáticos tendem a ser menores; contudo, nos últimos anos as áreas irrigadas no MT têm tido crescimento significativo.

Em Mato Grosso, essa irrigação é mais um complemento, usada principalmente para implantação da soja em setembro/outubro, permitindo realizar o ciclo de uma soja intermediária e de alta produtividade, colhido no início de fevereiro. O algodão de segunda safra irrigado pode ser implantado em fevereiro; a irrigação assegura uma alimentação hídrica da planta depois do corte das chuvas do final de abril/maio, permitindo altas produtividades de fibra por hectare.



Figura 5. Pivô no oeste da Bahia (A) e na região de Lucas do Rio Verde, MT (B) (Fonte: Google Earth, 2024)

Para todos os sistemas de produção de algodão: safra, segunda safra ou irrigado, só a colheita picker com máquinas de fusos é usada (Figura 6).

É importante salientar que desde os anos 2020, o sistema de produção de algodão com alta densidade (algodão "adensado"), colhido com máquinas stripper ou picker VRS, não existe mais em Mato Grosso. Esse sistema de produção visava a uma produção de fibra de baixo custo, porém não se encaixou nos cerrados, onde existe potencial para produzir uma fibra de alta qualidade, o que seria difícil atingir com colheita de sistema stripper.



Figura 6. Colheita de algodão de safra com máquinas de fusos (Fonte: José Medeiros, 2005)

2. Os principais manejos do algodão e sua incidência sobre a qualidade da fibra

O manejo do algodoeiro no Brasil central é extremamente complexo, e muitas operações podem ter reflexo não unicamente na produtividade, mas também na qualidade da fibra. Na Tabela 2, resumimos os principais manejos do algodão em Mato Grosso.

2.1. Destruição de soqueira – controle de tigueras

A planta de algodão é uma espécie originalmente perene; sendo assim, ela retoma o seu desenvolvimento mesmo após a colheita. Os múltiplos nós da haste aumentam a habilidade da planta em produzir novas estruturas vegetativas e reprodutivas, principalmente em condições favoráveis de temperatura e umidade.

A eliminação dos restos culturais do algodoeiro após a colheita, também conhecida como destruição de soqueira, é recomendada como medida profilática para reduzir a população de pragas e doenças que se desenvolvem nas plantas rebrotadas, como bicudo, ramulária, lagartas, mosca-branca, entre outras. A essencialidade desta medida, e a necessidade de que seja adotada por todos os produtores, tornou essa prática obrigatória por lei. Nesse sentido, existe no estado de Mato Grosso o Vazio Sanitário do Algodoeiro, normatizado pela IN 001/2016 da SEDEC/INDEA-MT, que é um período do ano durante o qual não pode haver plantas de algodoeiro com risco fitossanitário nas propriedades produtoras.

Tabela 2. Cronograma dos principais manejos do algodoeiro em Mato Grosso

		Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Algodão Safra	Destruição soqueira	X	X												
	Correção solo		X	X											
	Milheto/ outro			X	x	x									
	Semeadura algodão					X									
	Proteção Fitosanitária					X	X	X	X	X	X	X			
	Colheita												X	X	
Algodão 2da Safra	Destruição soqueira		X												
	Ciclo soja precoce			x	x	x	x								
	Destruição tigueira			X	x										
	Colh. Soja/ Sem. algodão						x	x							
	Proteção Fitosanitária						X	x	x	x	x	x	x		
	Colheita												x	x	x





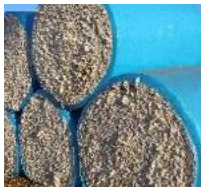












A destruição dos restos culturais pode ser feita mecanicamente, com o uso de equipamentos específicos para esta finalidade, e também quimicamente, com o uso de herbicidas. A destruição química tem sido amplamente utilizada pelos produtores de Mato Grosso. Atualmente, 90% dos restos de cultura do estado são destruídos desta forma, o que permite a continuidade do plantio direto e diminui custos da prática. É importante realçar que atualmente há inviabilidade de destruir mecanicamente toda a extensão de área plantada de algodão, devido à disponibilidade de maquinário nas propriedades e ao tempo hábil entre a colheita/destruição da soqueira e o plantio da soja da safra seguinte.

A destruição química da soqueira é realizada com o uso de herbicidas imediatamente após a roçada da área (Figura 7) e/ou depois que o rebrote seja suficiente para absorção dos herbicidas.

As tigueras (plantas de algodão oriundas de semente) que germinam dentro do cultivo seguinte, cultura da soja, também devem ser controladas a fim de respeitar o vazio sanitário do algodoeiro. Para isso, é importante usar herbicidas no dia do plantio da soja com efeito pré-emergente na tiguera do algodão, assim como monitorar e realizar aplicações com herbicidas pós-emergentes quando houver escapes de tiguera de algodão dentro da cultura da soja (Figura 8).



Figura 7. Destruição química de soqueira, depois da roçada dos caules (Fonte: Edson Andrade, 2017)



Figura 8. Plantas de algodão (tiguera e soqueira) no meio da soja no momento da colheita (Fonte: Jean L. Belot, 2017)

2.2. Escolha da variedade

Em 2023, foram cerca de 50 variedades comerciais ou pré-comerciais ofertadas ao produtor de algodão de Mato Grosso. Desse total, 10 variedades comerciais ocupam ao redor de 85% da área algodoeira do estado.

As variedades diferem muito pelo ciclo, rendimento e qualidade de fibra (Tabela 3). As principais variedades de ciclo tardio são FM 985GLTP, FM 978GLTP, TMG 91WS3; as variedades de ciclo precoce são FM 911GLTP, FM 912GLTP, FM 906GLT; as demais são de ciclo intermediário, como TMG 44B2RF, IMA 5801B2RF, FM 944GL, TMG 31B3RF, TMG 22GLTP e FM 974GLT.

Tabela 3. Principais variedades plantadas em MT (safra 2022/23) e perfil de características de fibra (média de cinco ensaios comparativos; fibra do terço médio da planta; descaroçamento com 10 serras – IMAmt 2023).

Variedades			Ensaios comparativos de cultivares- 5 localidades; MT, safra 2022/23									
	Share %	Cum. %	RF %	LEN mm	UN %	STR g/tex	EL %	MIC	Rd	+b	SFC %	SCI
1 TMG 44B2RF	21,3	21,3	41,1	30,7	83,3	30,2	6,2	4,3	81,0	7,6	7,1	143
2 FM 985GLTP	11,1	32,4	41,0	31,3	83,5	30,2	6,3	4,4	81,5	7,7	6,6	144
3 FM 944GL	10,5	42,9	40,5	31,0	84,7	31,7	6,7	4,5	80,5	7,5	5,8	152
4 FM 978GLTP RM	9,3	52,2	43,2	30,5	84,5	31,3	6,7	4,1	81,0	8,4	6,0	154
5 IMA 5801B2RF	6,9	59,1	38,8	30,4	84,5	30,5	6,4	4,9	79,5	7,7	6,1	142
6 TMG 91WS3	6,5	65,6	40,4	29,5	84,6	31,8	7,2	4,8	80,4	8,3	5,8	146
7 FM 911GLTP	5,8	71,4	41,5	30,2	84,6	31,2	6,6	4,5	79,9	7,6	6,2	148
8 TMG 31B3RF	5,0	76,5	42,8	31,4	85,3	31,1	6,1	4,2	80,8	7,7	5,8	157
9 TMG 22GLTP	4,4	80,9	42,5	30,2	83,7	31,5	6,9	4,6	81,2	7,9	6,5	145
10 FM 974GLT	3,5	84,4	45,2	31,6	84,7	31,9	6,8	4,5	81,5	7,9	5,7	155
11 FM 906GLT	2,1	86,5	41,1	29,8	82,5	29,4	6,6	4,4	79,8	7,6	7,4	133
12 IMA 2106GL	1,7	88,2	41,4	31,4	84,2	30,8	6,8	4,5	80,9	7,8	6,1	149

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 da janela do plantio acarreta riscos elevados de produtividade, mas também de qualidade de fibra. Se o plantio atrasar, o risco de ter Índices Micronaires (IM) baixos devido à falta de maturidade aumentará.

Nos cerrados brasileiros, todas as variedades usadas são transgênicas, conferindo resistência a lagartas e/ou tolerância a herbicidas. As três plataformas transgênicas usadas são: a Bollgard, da Bayer, com as tecnologias B2RF, B3RF, B3XF e RF; a Liberty, da BASF, com as tecnologias GLT, GLTP, STP e GL; e a WideStrike, da Corteva, com as tecnologias WS e WS3.

Deve-se lembrar que todas essas tecnologias são protegidas por patentes, não sendo autorizado o uso próprio delas sem o pagamento de royalties.

A escolha da variedade é fundamental para a definição do potencial de qualidade da fibra no algodão em caroço que irá chegar na algodoeira para os processos de beneficiamento. Mas ela é também fundamental para a qualidade do caroço, principalmente para a fragilidade da casca, elemento principal para a formação de contaminantes como os *Seed Coat Fragments* (SCF). Esses SCF são pedaços de tegumento que se desprendem da semente durante o processo de beneficiamento, mas em certos casos o tegumento já se quebra durante a colheita e o transporte até a algodoeira, ou nos processos de abertura dos fardões e/ou rolinhos. Essa fragilidade tem grande correlação com os esforços feitos pelas empresas de melhoramento genético para aumentar a porcentagem de fibra, ou rendimento de fibra (RF%), nas novas variedades. Para se atingir elevados patamares de RF%, houve redução de tamanho das sementes, e para certos materiais, uma fragilização dos tegumentos.

Os problemas gerados por sementes pequenas (sementes que passam entre as costelas dos descaroçadores) foram em parte resolvido com modificação nos descaroçadores, reduzindo-se o espaço entre as serras. Contudo, o problema de geração de SCF é difícil de solucionar no beneficiamento, mesmo aliviando a carga dos descaroçadores ou eventualmente reduzindo a velocidade das serras.

Algumas metodologias que permitem medir a força necessária para quebrar o tegumento das sementes deslintadas (*crash-test*) apresentadas por Franzon *et al.* (2022) mostram um efeito varietal claro (Tabela 4).

Tabela 4. Força de resistência à compressão de sementes deslintadas de diversas variedades (Fonte: Franzon *et al.*, 2022).



Variedade	Força (kg)	Tukey
IMA 5801B2RF	7.722	a
FM 985GLTP	6.344	bc
BRS 500B2RF	6.310	bc
FM 970GLTPRM	5.643	cde
DP 1866B3RF	4.967	def
FM 974GLT	4.625	ef
FM 978GLTPRM	4.355	fg
TMG 44B2RF	4.294	fg
DP 1857B3RF	4.263	fg
TMG 31B3RF	3.907	fg
TMG 30B3RF	3.366	g

Assim, a escolha da variedade precisa ser realizada com cuidado. Deve-se avaliar não unicamente o potencial produtivo e a adaptabilidade do material às condições da fazenda, mas considerar também a qualidade da fibra e das sementes que serão produzidas, tomando-se em conta o tipo de beneficiamento que será realizado e as opções disponíveis na UBA para amenizar alguns problemas do algodão em caroço que irá entrar na algodoeira. Um cálculo de custo-benefício geral deve integrar todas as etapas da produção, até a comercialização dos produtos.

2.3. Plantio e população de plantas

O plantio é uma das etapas-chave do cultivo. Cada sistema e cada variedade possuem as suas recomendações de densidade final de plantas, em função do espaçamento entre linhas. Além da população final de plantas, a regularidade de distribuição das plantas na linha é importante (Figura 9).

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

A densidade de planta na linha terá que ser definida 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.

Finalmente, a densidade de planta final por hectare e a "arquitetura" de distribuição delas terá muita incidência sobre a posição da carga na planta e o microclima em baixo do dossel, com incidência sobre o desenvolvimento das doenças foliares.



Figura 9. Densidade de plantas na linha e regularidade de distribuição (Fonte: Jean L. Belot, 2023)

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. Por 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 (Belot & Vilela, 2019).

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.

2.5. Controle fitossanitário

O controle das plantas daninhas é um 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 das espécies resistentes. As variedades transgênicas tolerantes a glifosato e glufosinato são atualmente ferramentas muito usadas pelos produtores, mas devem ser acompanhadas pelo uso de herbicidas pré-emergentes, e sempre deve-se pensar em rotacionar os ingredientes ativos a fim de retardar o aparecimento de plantas daninhas resistentes a certos herbicidas.

Um bom controle das pragas e das doenças é indispensável para assegurar um alto nível de produtividade. Nas fazendas, técnicos especializados (os "monitores") fazem levantamentos regulares das pragas e das doenças em todos os talhões. Em função da presença das pragas e de sua dinâmica, são elaboradas as recomendações para o seu controle químico ou biológico.

Uma alta porcentagem da área algodoeira é cultivada com variedades transgênicas com tecnologia Bt, o que facilita o manejo dos lepidópteros. Contudo, ao longo do tempo, algumas dessas tecnologias perderam eficiência sobre certas espécies, necessitando de controle complementar. A praga-chave em MT ainda é o bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*), e os ácaros (*Tetranychus* spp.) começam também a se tornar problemáticos. O perfil de pragas do algodoeiro nos cerrados é muito diversificado (Figura 10).

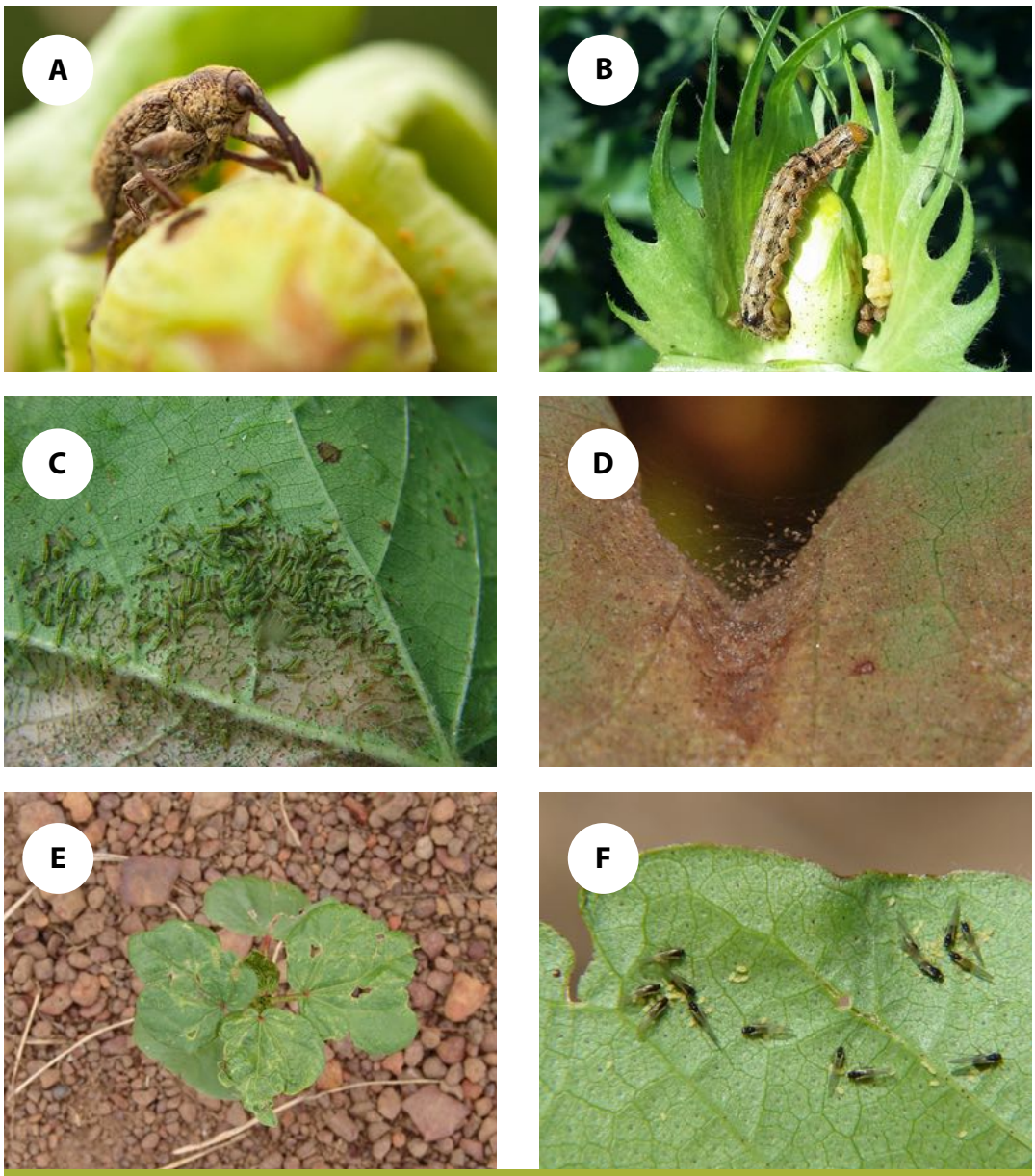


Figura 10. Principais pragas do algodoeiro nos cerrados. A) bicudo; B) complexo *Helicoverpa/Heliothis*; C) *Spodoptera* spp.; D) ácaros; E) trips; F) pulgões (Fonte: IMAmt)

De modo geral, uma boa proteção fitossanitária tem papel importante na elaboração da qualidade da fibra. Essa iniciativa assegura ótima alimentação das maçãs e formação da fibra e evita a contaminação da mesma quando da abertura dos capulhos.

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*). Já foram registradas em MT algumas infestações da cochonilha (*Phenacoccus* spp.) no momento da colheita. Em anos chuvosos durante a 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 se 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 (*ramulária* –

Ramulariopsis pseudoglycines; mancha-alvo – *Corynespora cassiicola*), bactérias e vírus da doença azul (*Cotton leaf roll dwarf vírus*, CLRDV), ou da virose atípica. Ademais, os nematoides vêm se tornando um problema sério nos últimos anos, com *Meloidogyne incognita* e *Rotylenchulus reniformis* (Figura 11). O melhor meio de controle para doenças e nematoides é o uso de variedades resistentes ou tolerantes, mas o controle químico pode ser indispensável.

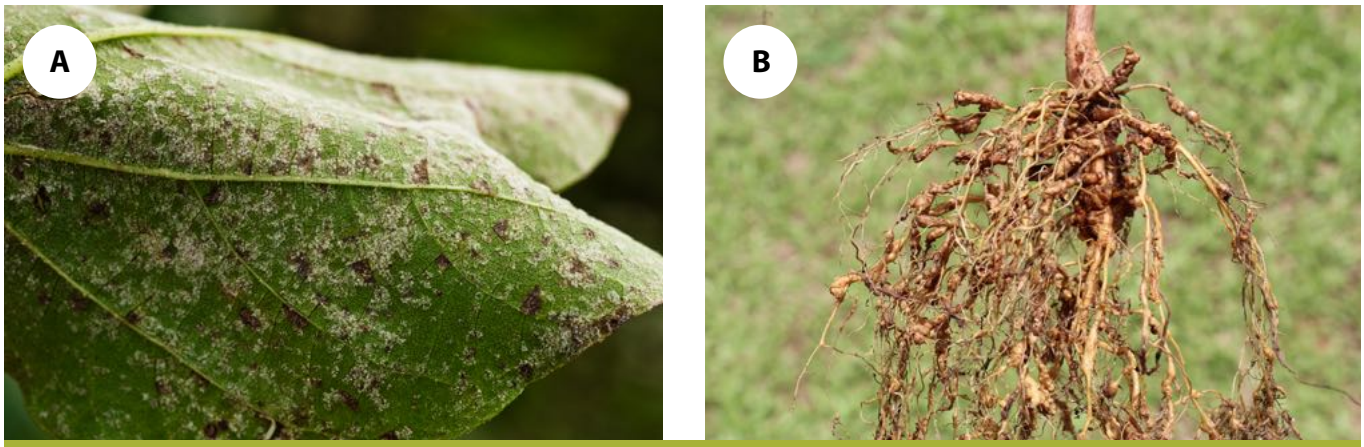


Figura 11. Doenças e nematoides do cultivo algodoeiro no cerrado. A) Ramulária e B) nematoides das galhas (Fonte: Rafael Galbieri, (A) 2011 e (B) 2014)

As aplicações de fungicidas visam principalmente ao controle da ramulária, mas também de outros fungos secundários, como mancha-alvo, alternária, *Stemphylium* ou mirotécio.

Um bom controle das doenças foliares é importante para manter as folhas ativas em termo fotossintético e assegurar o enchimento dos frutos do ponteiro, com boa qualidade de fibra.

2.6. Controle do crescimento das plantas e corte fisiológico

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 produtores 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 segunda safra, 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. Caso o algodão chegue na colheita com altura exagerada, o algodão em caroço obtido poderá ser muito carregado em ramos, e os fusos poderão arrancar pedaços de casca dos caules, gerando contaminação da fibra com *bark*.

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 ocorrem chuvas, de duas a 12 horas após a aplicação. Em todos os casos, estes reguladores não podem ser usados quando a planta está estressada em consequência de aplicação de herbicidas ou em caso de estresse hídrico.

Além do uso periódico desses reguladores de crescimento ao longo do desenvolvimento da planta, eles são de grande importância para a definição do corte fisiológico desse vegetal (chamado também de *cut-out*). O corte é realizado aplicando dosagem elevadas desses produtos a fim de paralisar a emissão de novos nós, e então de novas estruturas frutíferas, que não teriam tempo de se formar adequadamente.

Em função do sistema de cultivo, da data de plantio e do ciclo da cultivar, esse momento de corte fisiológico pode ser definido entre 90 e 120 DAE (Dias Após a Emergência). Um *cut-out* realizado adequadamente permite maximizar a qualidade da fibra, eliminando a produção de maçãs mal formadas no ponteiro.

2.7. Preparação da lavoura para a colheita

Para realizar uma colheita mecanizada de excelente qualidade, a lavoura precisa ser preparada

adequadamente, sem folhas nas plantas e com a maioria dos capulhos abertos (Figura 12). Para isso, a maioria das lavouras de algodão de Mato Grosso é desfolhada antes da colheita, com produtos específicos, e os capulhos abertos com uso de "maturadores".

O principal produto desfolhante usado no cultivo algodoeiro é o tidiazurom. O momento da sua aplicação tem que obedecer a certas regras; caso contrário, podem ocorrer problemas com qualidade de fibra. Geralmente, considera-se que os desfolhantes podem ser aplicados quando, no mínimo, 80% dos capulhos já estão 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 produtos chamados de "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 etefom, cuja eficiência é muito ligada à temperatura ambiente.

Finalmente, com a lavoura limpa e sem plantas daninhas, e a altura da planta regulada, depois de ser preparada com desfolha e abertura da maioria dos capulhos, a colheita poderá ser efetuada nas melhores condições possíveis (cf. Capítulo 2).

3. Produzir um algodão sustentável

A sustentabilidade deve ser abordada do ponto de vista econômico, do respeito ao meio ambiente e da responsabilidade social.

– A rentabilidade da produção de algodão a longo prazo é um



Figura 12. Lavoura adequadamente preparada para a colheita (Fonte: Jean L. Belot, 2023)

assunto complexo. O produtor enfrenta o desafio de produzir uma fibra barata para poder competir com as fibras sintéticas. Para isso, ele deve assegurar altos níveis produtivos, controlando os seus custos de produção. A atividade produtiva fica assim cada vez mais complexa, requerendo técnicos de alto nível para manejar a cultura. O beneficiamento do algodão em caroço, atividade industrial, deve ser perfeitamente integrado com o sistema produtivo, a fim de maximizar os ganhos econômicos.

- O desafio da produção algodoeira nos cerrados é de poder reduzir a carga química da cultura ao longo do tempo. Nem sempre os transgênicos conseguem isso; daí a importância do uso crescente de produtos biológicos para o controle de pragas, doenças e nematoides.
- As fazendas de produção de algodão do cerrado podem ser consideradas um modelo de gerenciamento; a maioria delas respeita as legislações ambientais e trabalhistas.

Em 2005, com a criação do IAS (Instituto Algodão Social), os produtores de algodão de MT começaram a abordar a questão da sustentabilidade nas suas atividades produtivas. No início, o IAS ajudou os produtores a adotar sistemas de gerenciamento das fazendas que estejam em plena conformidade com as legislações ambientais e trabalhistas.

Aos poucos, fez-se necessário ter um sistema de certificação a fim de valorizar os esforços realizados. Diversos sistemas foram desenvolvidos, em MT (Programa de Certificação Algodão Socialmente Correto) e nos outros estados (Programa de Certificação Socioambiental – Psoal), até a criação, em 2012, da certificação ABR (Algodão Brasileiro Responsável), alinhada com a iniciativa BCI (Better Cotton Iniciative) em 2013. Os seus critérios de certificação englobam os três pilares do desenvolvimento sustentável (social, ambiental e econômico), visando produzir uma fibra de algodão de forma socialmente justa, ambientalmente correta e economicamente viável.

A certificação e o selo de conformidade ABR/BCI têm como objetivo informar ao mercado comprador e consumidor que a fibra de algodão foi produzida respeitando todas as legislações em vigor. Essa certificação teve ampla adesão dos produtores brasileiros, a tal ponto que, em 2023, 82% da fibra produzida no Brasil foi certificada ABR/BCI.

Considerações finais

O sistema de produção do algodão nos cerrados brasileiros é altamente complexo, em razão do ambiente tropical úmido; ele apresenta também elevado potencial produtivo e de qualidade de fibra. O sistema anual "soja precoce –algodão de segunda safra" é, em Mato Grosso, o sistema que apresenta maior lucratividade. Nas demais regiões dos cerrados do Brasil, geralmente é usado o sistema de algodão de safra única.

O panorama das variedades comerciais é muito evolutivo, com mudança rápida das biotecnologias inseticidas e herbicidas. Mas a escolha do germoplasma ainda tem peso preponderante, devido à incidência sobre a produtividade e qualidade da fibra. Com esta competição acirrada entre as variedades e a pressão de seleção exercida sobre o rendimento de fibra (RF%), característica esta que se correlaciona negativamente com o tamanho das sementes e, em menor grau, com a fragilidade do tegumento das sementes, surgiu nova preocupação de contaminação da fibra com fragmentos de casca ("*Seed Coat Fragments*").

Vimos também a importância das práticas de cultura e dos manejos pré-colheita para a elaboração de um algodão em caroço de boa qualidade que será enviado para a algodoeira. Esses manejos do cultivo algodoeiro são muito complexos, porém os produtores podem contar com profissionais altamente treinados para gerenciar as fazendas.

Devemos deixar muito clara a importância de haver uma relação estreita entre as equipes de técnicos de campo e a algodoeira, a fim de ela poder gerenciar da melhor forma possível os processos de beneficiamento para a produção de uma fibra de qualidade. Essa interação irá proporcionar ganhos significativos de rentabilidade a essa atividade produtiva.

Como resultado, o algodão brasileiro conduzido principalmente em sequeiro é o mais produtivo do mundo, permitindo ao país se posicionar desde 2023 como o maior exportador de fibra do mundo.

Referências bibliográficas

BELOT, J.L.; VILELA, P.M.C.A. **Manual de Boas Práticas de Manejo do Algodoeiro em Mato Grosso**. Editor Técnico. IMAmt/AMPA (Ed.). Safra 2019/2020. Cuiabá. 2020. Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso – 4ª edição - IMAmt

CHANSELME, J-L. **Manual de Beneficiamento do Algodão**. Editor técnico. 1ª Edição. IMAmt/AMPA (Ed.). Cuiabá. 2014. https://imamt.org.br/manual-de-beneficiamento-do-algodao/

IMEA, 2024. **Custos de produção do algodoeiro em Mato Grosso**.
https://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalhe?c=1&s=696277432068079616
Consulta em 20/02/2024.

FRANZON, R. C.; BELOT, J.L.; VILELA, P.M.C.A.; LEONI, I.; LOPES, D.; RIZZI, U. Estudo de alguns componentes em sementes de cultivares comerciais de algodão. 13CBA. **Livro de resumos**. Abrapa/Embrapa (Editores). p. 167. 2022.



Descaroçadores Lummus: Linha Centurion™

Uma nova era no beneficiamento do algodão

Lummus tem o prazer de apresentar a linha Centurion™ de descaroçadores para a indústria. Após seis décadas de desempenho inigualável em todo o mundo, a linha Lummus Imperial™ agora passa a tocha para a linha Centurion™, uma plataforma totalmente nova de descaroçadores. Esta nova linha usará muitos dos recursos comprovados pelos descaroçadores Lummus e Consolidated. Além disso, uma série de inovações nunca antes vistas são parte do que torna o Centurion™ incomparável. Uma ampla gama de capacidades, juntamente com limpeza de sementes incomparável e desempenho consistente em uma variedade de algodão e tamanhos de sementes tornam o Centurion™ a máquina para inaugurar um novo nível de beneficiamento de algodão - combinando alto rendimento com o máximo em preservação da qualidade da fibra.
Os descaroçadores Centurion™ utilizam as configurações operacionais fundamentais, relação dos componentes e a geometria que foram fundamentais para o sucesso dos descaroçadores Lummus ao longo dos anos.



Centurion 700™ Feeder e Descaroçador Centurion™ 246 Serras

Características Centurion™:

- Disponível nos tamanhos: 10' (3.05 m) e 12' (3.66 m).
- Precisamente usinado e fabricado para serviços pesados.
- Motores independentes para Eixo de Serras, Rolo de Escovas, Rolo Agitador, Picker Roller e Rosca de Piolho.
- Motores duplos no Eixo de Serra acionados por correias dentadas.
- Motores duplos no Rolo Agitador.
- Serras de 12" diâmetro, historicamente comprovado que causa menos danos às sementes do que serras de maior diâmetro.
- Eixo de 6" (15.2 cm) de diâmetro mandrilhado.
- Eixo de serras com rolamentos de rolos duplos de longa-vida.
- Eixo de serras com projeto inovador para evitar oscilação e facilitar montagem.
- Usa costelas usinadas exclusivas Lummus (fabricadas nos EUA) com inserto de carboneto resistente ao desgaste no ponto de descaroçamento.
- A seção superior do costelado apresenta a mais nova seção transversal HDRR (Heavy-Duty Rib Rail), o que evita qualquer flexão do costelado ao descaroçar nas cargas elevadas usadas hoje em dia.
- Tampas com cilindros pneumáticos da caixa do rolo de sementes superior e frontal controladas pela tela touchscreen.
- Abertura do ante-peito por pivôs.
- Opcional para retirada do piolho sem danos à fibra.
- Controles avançados na tela(touchscreen) em cores.
- Painéis perfurados nas proteções do descaroçador para melhorar o resfriamento dos acionamentos.
- Fotocélula para monitorar o algodão na caída da bica.
- Parte inferior da bica com cilindros pneumáticos e controlada pela tela touchscreen anexada ao Centurion.
- Múltiplas patentes pendentes (EUA e internacionais)

Descaroçador Centurion™
Quantidade de Serras

Modelo (Largura)	Costela Padrão	Costela Fina*
10' (3.05 m)	208	248
12' (3.66 m)	246	294

* - Opcional

LUMMUS
AG TECHNOLOGY

Lummus do Brasil
End: Manoel José de Arruda 1055, JD. Califórnia – Cuiabá-MT 78.070-305.
Telefone: +55 (65) 3634-8452
Physical Address: 225 Bourne Boulevard • Savannah, Georgia 31408-9586 USA
Mailing Address: P. O. Box 929 • Pooler, Georgia 31322-0929 USA
Phone: (912) 447-9000 • Fax: (912) 447-9250
Toll Free (USA Only): **1-800-4LUMMUS** (1-800-458-6687)
Web Site: www.lummus.com • E-mail: lummus.sales@lummus.com

Lummus products described or listed in this publication are illustrative only. Application and use of these products must be in accordance with the applicable codes and regulations and must be arranged and/or provided with covers and other guards where necessary to assure the safety of personnel. Lummus engineers continue to make improvements. All designs, specifications, and ratings are subject to change without notice.

©Copyright 2024 Lummus Ag Technology

Jean-Louis Belot

Amândio Pires

Paulo V. Ribas

CAPÍTULO 2

A colheita mecanizada do algodão

Observação: esse capítulo foi atualizado a partir do capítulo escrito por Paulo Ribas (1ª edição do MBA). Maiores detalhes sobre a colheita do algodoeiro podem ser encontrados no "*Manual de Boas Práticas de Manejo do Algodoeiro em MT*", e no "*Manual de Qualidade de Fibra*", ambos editados pelo IMAmt/AMPA. Manuais técnicos - IMAmt: https://imamt.org.br/publicacoes/manuais-tecnicos/

Introdução

Desde que o cultivo algodoeiro foi introduzido nos cerrados brasileiros, a proposta foi de realizar um manejo totalmente mecanizado, do plantio à colheita. Assim, as primeiras colhedeiras foram importadas e testadas em Mato Grosso, a partir das experiências de colheita mecanizada conduzidas antes dos anos 1990 em Mato Grosso do Sul (Fazenda Itamarati, em Ponta Porã) ou em São Paulo/Goiás (Grupo Maeda).

No início dos anos 90, o Sr. Olacyr de Moraes, proprietário da fazenda Itamarati Norte, importou 20 colheitadeiras John Deere de duas linhas e 20 de quatro linhas, para sustentar o projeto de produção algodoeira nesta fazenda (Baptista, 2016). Com o crescimento do cultivo da pluma nos cerrados, máquinas de outras marcas e modelos foram importadas e utilizadas, até chegar aos modelos atuais descritos neste manual.

Entre 1990 e os anos 2024, a cotonicultura de Mato Grosso passou por diversas fases, experimentando também os sistemas de produção de algodão com altas populações de plantas denominados "adensados", usando os sistemas de colheita de tipo stripper. Atualmente, este sistema de colheita desapareceu totalmente. Sobrou apenas a colheita de tipo picker, visando à produção de uma fibra de qualidade, pois ela é menos contaminada por elementos vegetais arrancados da planta.

Introduzir a colheita mecanizada nos cerrados era uma ideia sustentada a partir da análise das dificuldades enfrentadas no modelo de colheita manual até então usado na cotonicultura do sul do Brasil, principalmente no Paraná e em São Paulo. Ademais, o cerrado tem uma topografia plana, que otimiza o trânsito das máquinas. Essas regiões de agricultura recente não apresentavam recursos humanos suficientes para se realizar uma colheita manual em grande escala.



Figura 1. Colheitadeira de rolinho (Fonte: Jean L. Belot, 2014)

Outro ponto importante é que, no sul do país, o custo da colheita manual começou a ser proibitivo, representando em certos anos mais de 20% do valor do produto colhido. Além do mais, os problemas de logística para realizar essa colheita manual eram imensos, acarretando muitos problemas de qualidade do algodão colhido (contaminações de diversa natureza, principalmente por polipropileno).

Com a evolução das máquinas, evoluiu também o sistema de transporte e de armazenamento do algodão em caroço da lavoura até a algodoeira, exigindo ajustes nos sistemas de recebimento das algodoeiras. Agora, a grande maioria das colheitadeiras usadas em Mato Grosso são máquinas que formam fardões em rolos de algodão em caroço compactados (Figura 1), comumente chamados de rolinhos. Por isso, as UBAs precisam se adequar para poder receber e beneficiar algodão acondicionado desta forma.

1. As colheitadeiras de tipo picker

A totalidade das máquinas para colher algodão nos cerrados são de tipo picker, com fusos. Por isso, não será tratado dos outros tipos de colheita mecânica (tipo stripper, com barras de serras, etc.).

1.1. Princípio de funcionamento de uma colheitadeira de tipo picker

O princípio da colheita picker é antigo. As primeiras patentes sobre máquinas de fusos foram concedidas nos Estados Unidos nos anos 1850. Em 1895, Campbell depositou a patente relativa ao fuso dentado, até hoje usado nas colheitadeiras de fusos. Antes dos anos 1930, porém, a totalidade da colheita era realizada manualmente. No final da década de 1930, John Rust apresentou o primeiro protótipo de colheitadeira de tipo picker, porém foram necessárias duas décadas de inovações para que, no início dos anos 1950, máquinas prefigurando as colheitadeiras de fuso atuais fossem construídas. A partir daí, estas máquinas ocuparam espaço muito importante na colheita mecanizada dos EUA (Crawford *et al.*, 2001), e depois chegaram ao Brasil.

Esse tipo de colheita é baseado sobre o princípio de enrolar o algodão em caroço que está aberto do capulho, com um fuso giratório com asperidades, fusos dispostos em diversos eixos em cima de um tambor que também gira. Depois, esse algodão é "desenrolado" e puxado num duto com fluxo de ar até o cesto da máquina. A unidade colhedora e os fluxos de matéria são visualizados nas Figuras 2 e 3.

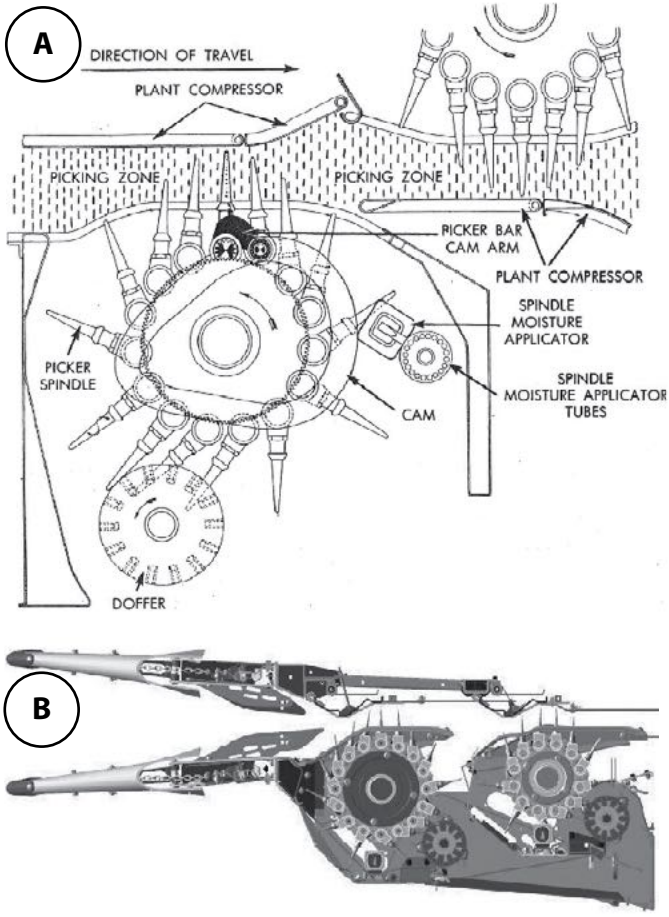


Figura 2. Esquema de funcionamento de uma unidade de colheita com fuso, com tambores alternados (A) ou em linha (B) (Fonte: (A) Cotton Inc. e (B) John Deere)



Figura 3. Tambor de colheita de tipo picker de fusos, com as tampas laterais abertas (Fonte: Jean L. Belot, 2013)

Resumindo, a pluma de algodão da linha vem de encontro à unidade e, quando o algodão entra em contato com os fusos recolhedores, as placas laterais passam a pressionar a planta sobre as barras de grade (costelas), que geram uma divisão de fluxo de algodão. Os tambores são equipados com barras de fusos articulados, que, com movimentos de rotação, extraem o algodão dos capulhos com o mínimo possível de impurezas. Dependendo do modelo da máquina, as barras podem conter entre 18 e 20 fusos. Depois de enrolarem o algodão, e por meio de um sistema de pista (trilho ou came), as barras deslocam os fusos até o eixo desfibrador. O desfibrador de alta rotação faz o giro anti-horário de 180 graus sobre o fuso, retirando a maioria do algodão, mas ainda sobram minúsculos restos de fibrilha, que são retirados pelas escovas (com um sistema umidificador). No sistema em linha da máquina John Deere, os tambores giram no sentido anti-horário, e o fuso, no sentido horário. Após esse processo, o algodão é transportado por dutos por sucção, gerada por uma corrente de ar criada pelo ventilador do sistema de ar (Mion & Belot, 2018 e 2020).

Até alguns anos atrás, as diferenças entre os diversos modelos de fabricantes estavam nos sistemas de armazenamento do algodão na máquina, inicialmente em cestos. Neste caso, o algodão em caroço do cesto era transferido em gaiolas para ser diretamente transportado na UBA, ou para ser prensado em módulos para armazenamento na lavoura ou no pátio da UBA (Figura 4A), com peso aproximado de 10 toneladas de algodão em caroço. O algodão era disposto em camadas sucessivas, prensado, e os "fardões", recobertos por lonas de proteção.

Essas operações de formação de módulos compactados precisavam de uma quantidade significativa de operadores e de uma logística elaborada. O sistema de cesto nas máquinas



Figura 4. Algodão em caroço armazenado em fardões (A) ou rolinhos (B) (Fonte: Jean. L. Belot, (A) 2012 e (B) 2020)

foi substituído por sistemas de compactação do algodão em caroço na própria máquina, em módulos quadrados (Case/IH) ou cilíndricos (rolinhos, da JD) (Figura 5), sistemas que permitem economizar tempo, número de máquinas e equipamentos envolvidos e mão de obra antes ocupada na confecção e proteção dos fardões a campo.

Devido às economias de mão de obra, simplificação do manejo e aumento da eficiência da colheita, do armazenamento e do transporte do algodão até a UBA, o sistema de colheita em Mato Grosso caminha para uma adoção quase total do sistema de colheita picker de rolinho. É por essa razão que iremos focar nele, deixando de lado o sistema de armazenamento em módulos quadrados ou retangulares.

O sistema da Case IH que forma módulos quadrados de aproximadamente cinco toneladas não teve muita aceitação no mercado, principalmente devido ao trabalho de enlonamento suplementar que precisa ser feito depois de o módulo ser ejetado da máquina e pela logística, que exige o uso de caminhão transmódulo para o transporte de um ou dois desses módulos por carga. O manuseio desses módulos a campo e para a algodoeira não é tão fácil como no caso dos rolinhos.

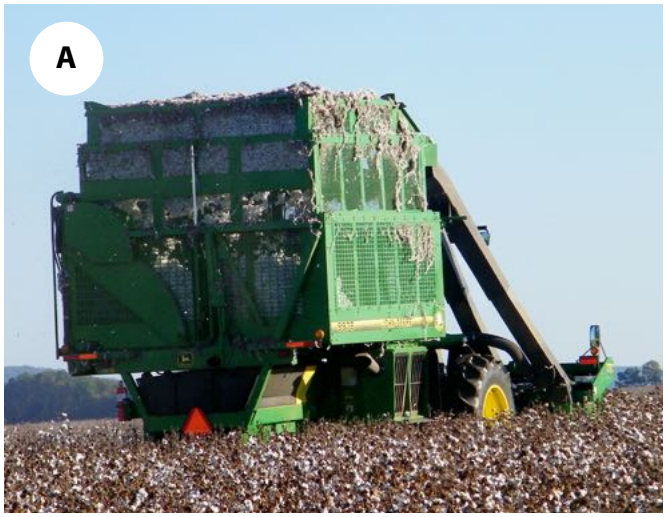






Figura 5. Evolução das colheitadeiras picker, de cesto (A), módulos quadrados (B) e rolinhos (C) (Fonte: (A) Jean L. Belot; (B) Case IH e (C) John Deere)



Figura 6. Sistema de formação de rolinhos nas colheitadeiras JD (Fonte: John Deere/Bennett, 2015)

O sistema das colheitadeiras de rolinhos é ilustrado na Figura 6. Ele permite a formação de rolinhos de algodão em caroço de 2.000 kg a 2.700 kg com um sistema de enlonamento dentro da máquina, antes de o rolinho ser ejetado. Os rolinhos têm largura de 96 polegadas (244 cm) e diâmetro de 90 a 96 polegadas (229 a 244 cm).

A complexidade mecânica desse sistema explica em parte o elevado preço dessas máquinas; o peso líquido elevado, próximo de 30 toneladas, necessita de cuidados quando transita nas lavouras, principalmente em condições de solo úmido a fim de evitar problemas de compactação, com possíveis consequências sobre a produtividade futura dos talhões. Esse ponto é estudado em detalhes por Bennett *et al.* (2015), nas condições da Austrália.

Além do alto preço de aquisição, as manutenções anuais são de alto custo. No entanto, a simplificação do manejo da colheita e sua velocidade explicam a ampla adoção desses equipamentos de colheita.

1.2.2. Planejamento da colheita

Em Mato Grosso, a janela de colheita é relativamente estreita e definida em função do sistema de produção. No sul do estado, onde ainda se pratica o plantio de algodão de safra em dezembro, de ciclo relativamente comprido, podendo chegar a 180 ou até mais de 200 dias, a colheita pode começar no final de junho, indo até meados de agosto. Para o algodão de segunda safra, principalmente no norte do estado, os plantios são geralmente realizados de janeiro até o início de fevereiro, enquanto a colheita é concentrada em julho e agosto, até o início de setembro. Mas a colheita precisa ser finalizada o mais rapidamente possível, devido à possibilidade de ocorrência de chuvas de final de agosto/início de setembro, e pela necessidade de haver tempo suficiente para a realização das operações de destruição das soqueiras antes da implantação da soja que vem em sequência.

Quantidade de máquinas disponíveis e/ou necessárias

Em relação aos primeiros modelos de colheitadeiras de rolinhos JD 7760, os novos modelos CP690 e CP770 apresentam melhoras na potência das máquinas e na eficiência de colheita. Nas condições de Mato Grosso, não é raro colher mais de 1.500 ha por máquina e por safra, mas, para chegar a esses números, parte da colheita é realizada à noite e em condições de umidade elevada do algodão em caroço, o que pode interferir na qualidade da fibra e/ou prejudicar a eficiência e o custo do beneficiamento.

Para a realização de uma colheita de boa qualidade, é indispensável planejar

um número adequado de máquinas disponíveis na fazenda, em função da área plantada (ha), das épocas de plantio, do ciclo das variedades e a fim de evitar as colheitas em condições de umidade alta. O custo alto do investimento dificulta o alcance deste último objetivo.

Manutenção anual das máquinas

Com uma janela de colheita de no máximo três meses, as máquinas precisam estar prontas no início de junho. Portanto, devido à complexidade dessas máquinas, o tempo para a realização de uma manutenção anual é muito maior do que para as máquinas antigas de cesto. Assim, essas revisões anuais devem ser iniciadas logo após o término da colheita, em setembro de cada ano.

Escolha das lonas

De início, havia somente um fornecedor das lonas para as máquinas de rolinhos. Essa empresa, chamada TAMA, de origem israelense, desenvolveu as lonas em parceria com a JD e fornece uma produção totalmente adaptada a esse tipo de máquinas. Dada a demanda, a TAMA instalou uma fábrica de lonas no Brasil.

Nos últimos anos, empresas empresas brasileiras e internacionais como Azul Pack, Cotton Wrap e outras, entraram no mercado, oferecendo lonas alternativas. Para facilitar as explicações, iremos usar documentos baseados na TAMA.

Essas lonas destinadas a envolver o rolinho de algodão em caroço formado na máquina são fabricadas por sistemas complexos, envolvendo: camadas de diversos materiais para ter as devidas propriedades de resistência; parte com superfícies com adesivos para fechar os rolinhos; etiquetas e sistemas de sensores RFIJ para o rastreamento futuro dos rolinhos. A Figura 7 mostra como a lona é enrolada e onde ficam a identificação e a zona recomendada para o corte da lona na algodoeira.

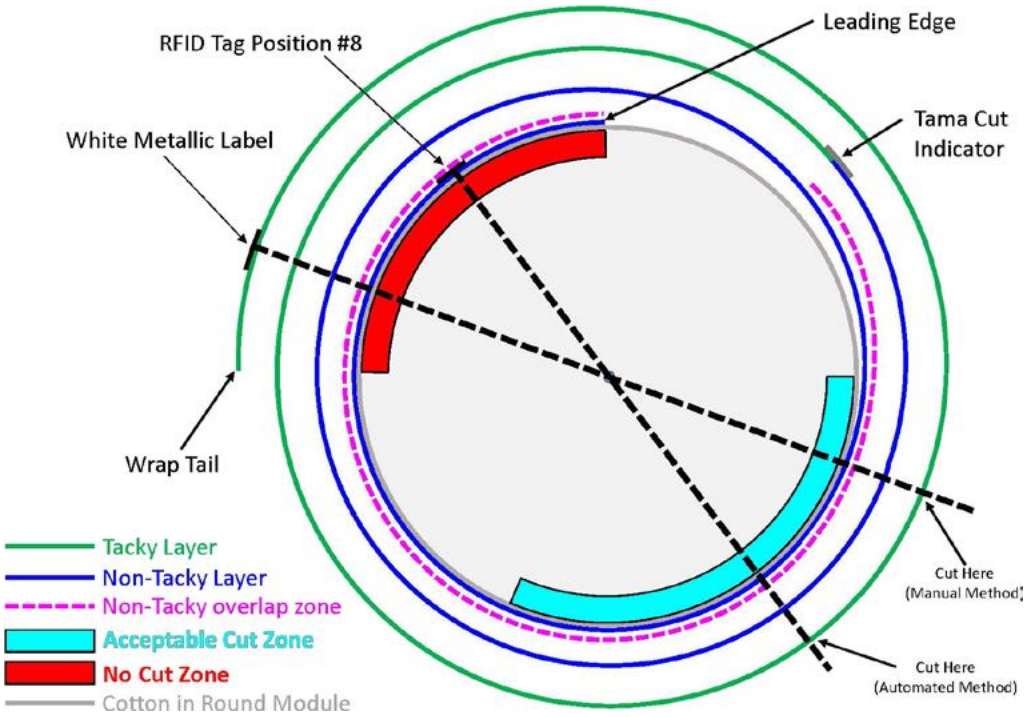


Figura 7. As lonas dos rolinhos (Fonte: Delhom *et al.*, 2023)

Diversos tipos de lonas são comercializados, com cores diferentes, em função da empresa e da qualidade da lona (Figura 8). Para a empresa TAMA, as lonas mais resistentes são as amarelas e cor-de-rosa, lonas Premium "TAMA Wrap", com alta resistência. A TAMA comercializa também lonas de cor azul, de qualidade inferior, que não permitem o armazenamento por muito tempo a campo, porém de custo inferior. Para a empresa Azul Pack, a lona comercializada é a "Sapphire Wrap", de cor azul-

-escura, e para a empresa Cotton Wrap, a lona é de cor verde ("Cotton Wrap") ou amarela ("Cotton Wrap PCR").

A escolha do tipo de lona é de suma importância para a realização de uma colheita de boa qualidade, com rolinhos que não estouram durante o manuseio e que não contaminam o algodão em caroço com pedaços de lona no momento da abertura dos rolinhos na algodoeira. Lonas mais resistentes devem ser usadas caso seja previsto um longo tempo de armazenamento a campo, ou com previsão de muitas operações de transporte, carregamentos e descarregamentos.

É interessante lembrar que nos Estados Unidos, depois que a patente da TAMA sobre as lonas expirou, muitas empresas pasarram a oferecer lonas alternativas. A National Cotton Council (NCC), que representa, entre outros, os produtores, ficou muito preocupada com as contaminações por plásticos oriundas de lonas muito frágeis. Assim, a ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers) publicou em 2022, nas normas ASABE S615.2, um parágrafo especial relativo às características mínimas que as lonas para rolinhos devem atingir. Estas normas foram elaboradas tomando-se em conta as lonas Premium da TAMA. Esse trabalho foi feito para apoiar a campanha realizada pela NCC dedicada a reduzir as contaminações do algodão americano por plásticos (https://www.cotton.org/tech/quality/contamfree.cfm). Atualmente, a NCC publica uma lista de fornecedores americanos de lonas que cumprem as normas ASABE.

Muitos trabalhos foram publicados sobre a importância da qualidade das lonas que protegem os fardos, sobre a umidade do algodão e repercussão sobre a qualidade da fibra, principalmente sobre o tipo (índices Rd e +b da HVI) (Searcy *et al.*, 2010). Esse ponto deve ser tomado em conta no momento da escolha da lona dos rolinhos.

Treinamento dos operadores das colheitadeiras

Como essas máquinas têm custo elevadíssimo (atualmente ao redor de US$ 1,5 milhão para os modelos recentes) e muitos recursos eletrônicos, recomenda-se ter operadores altamente treinados para o manuseio, capacitados para usar todos os recursos disponíveis. Os treinamentos devem abordar os seguintes aspectos:

- Manutenção mecânica, motor e circuitos hidráulicos da máquina.
- Regulagens dos tambores de colheita (igual para todas as máquinas de tipo picker).



Figura 8. Rolinhos de cor diferente a campo (Fonte: Jean L. Belot, 2019)

- Em relação às máquinas de rolinho, treinamentos para as limpezas diárias dos equipamentos e para colocar adequadamente os rolos de lonas dentro da máquina, visando a uma formação/proteção adequada dos rolinhos.
- Proteção contra acidentes e incêndios.

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. Ele deve 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.

2. Realização da colheita para a produção de uma fibra de qualidade

Os princípios gerais de colheita para maximizar a qualidade visam minimizar a quantidade de folhas, carpelos e ramos da planta que serão colhidos junto com os lóculos de algodão do capulho aberto. Em um trabalho realizado pela Cotimes do Brasil em 2009, os resíduos representam ao redor de 7% do peso do algodão colhido com máquinas de fusos. O tipo de sujeira majoritária é a fina (folha e pimentinha), representando tipicamente 48% do peso das impurezas; as casquinhas, 40%; e caule e piolhos, 12%.

Ademais, deve-se evitar o encarneiramento do algodão e qualquer tipo de contaminação, de origem vegetal ou não. Nesse parágrafo, iremos unicamente citar os pontos principais; mais detalhes podem ser encontrados em manuais especializados tratando da colheita do algodoeiro.

2.1. Colher a lavoura devidamente preparada

Como explicado no Capítulo 1, a colheita deve ser realizada apenas numa lavoura que esteja devidamente preparada, ou seja, sem plantas daninhas, sem folhas e com a maioria dos capulhos abertos. Uma vez "preparada" a lavoura, a colheita precisa ser realizada rapidamente. Caso ela atrase muito, as plantas podem começar a rebrotar, emitindo folhas verdes que irão contaminar o algodão em caroço e a fibra (Figura 9).

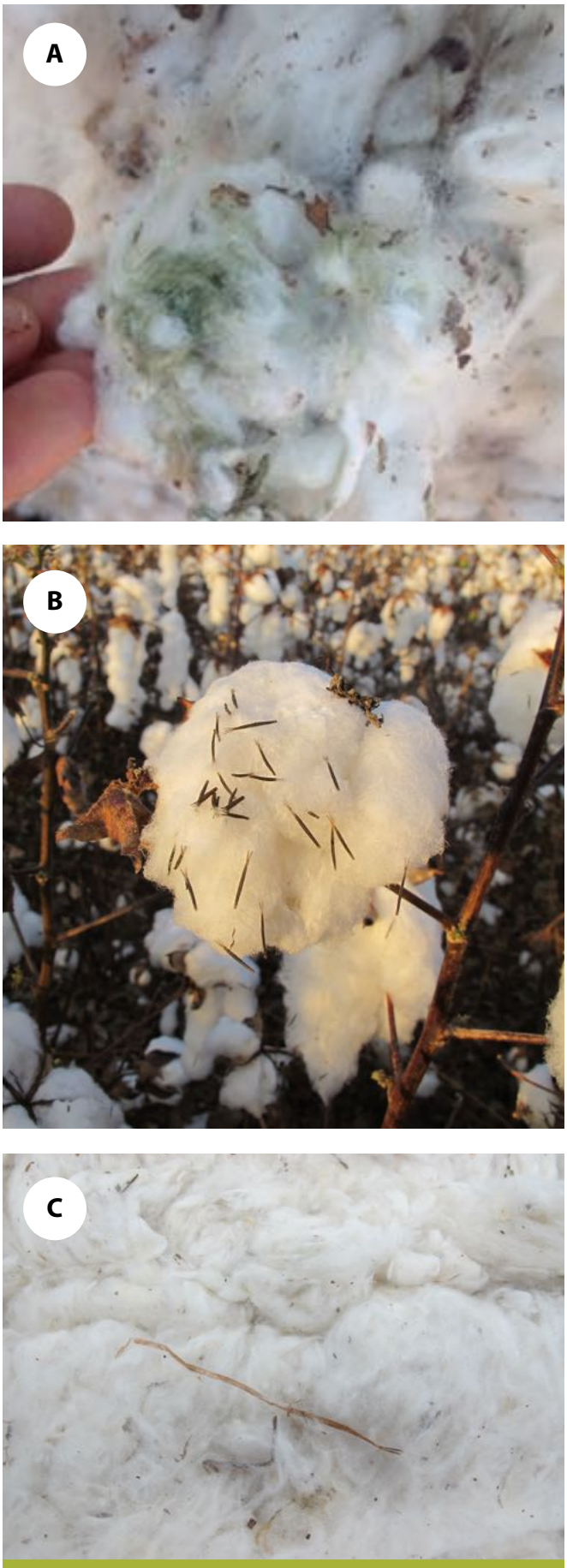


Figura 9. Contaminações diversas do algodão (A: folhas verdes; B: sementes; C: *bark*) (Fonte: Jean L. Belot, 2013)

Uma lavoura (ou as suas bordaduras) infestada por picão-preto ou carrapicho pode contaminar o algodão em caroço com as suas sementes, que serão difíceis de remover ao longo do processo de beneficiamento. Uma lavoura com plantas de altura excessiva, ou com galhos laterais muito desenvolvidos pode levar os fusos da máquina a arrancar pedaços e fibras de casca dos caules, contaminando a fibra por *bark* (Figura 9C).

2.2. Regulagens dos tambores de colheita

Para todas as colheitadeiras de tipo picker de fusos, os mesmos cuidados devem ser tomados:

- Verificar as devidas regulagens de distância entre fusos e desfibradores para evitar embuchamentos, risco de incêndio e as perdas na produtividade; também é preciso verificar várias vezes por dia o ajuste das escovas de limpeza dos fusos. A limpeza adequada dos fusos proporciona alta eficiência de colheita. Produtos umidificantes, limpadores de fusos ou óleos solúveis são geralmente adicionados à água despejada ao nível dessas escovas (Figura 10).
- Verificar o aperto das placas, em função do algodão colhido (Figura 11). A regulagem da pressão das placas pode determinar a entrada ou não de impurezas junto com o algodão e impactar na qualidade e na perda do algodão, deixando-o na lavoura. Geralmente, 75% da colheita é realizada no tambor dianteiro; 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 junto muitas impurezas junto, como cascas, folhas, brácteas, caules, etc. Já uma placa com pouca pressão tem o efeito inverso, porém aumentando as perdas de algodão na lavoura.

Ao longo do dia, a regulagem do aperto das placas poderá ser ajustada, a fim de melhorar a eficiência da colheita. Perdas de até 5% na colheita podem ser consideradas um índice aceitável.

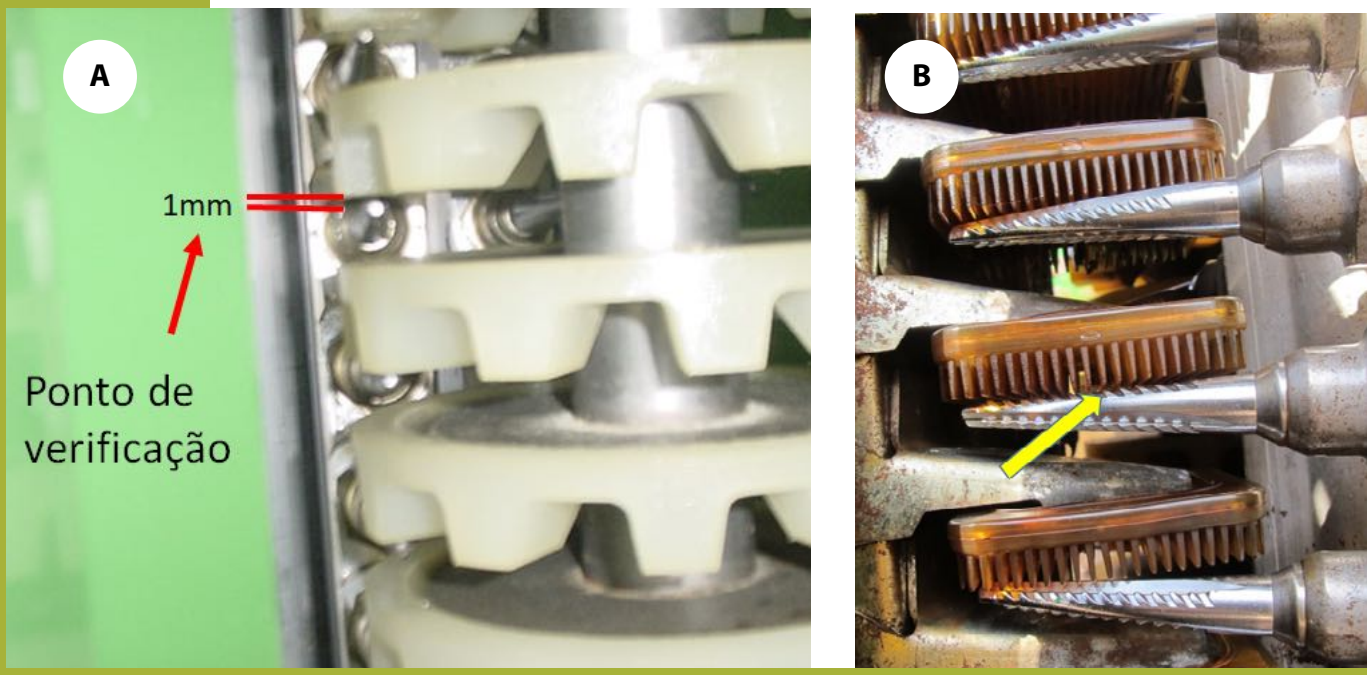


Figura 10. Regulagem dos fusos com desfibradores (A) e escovas de limpeza dos fusos (B) (Fonte: (A) John Deere e (B) Jean L. Belot)

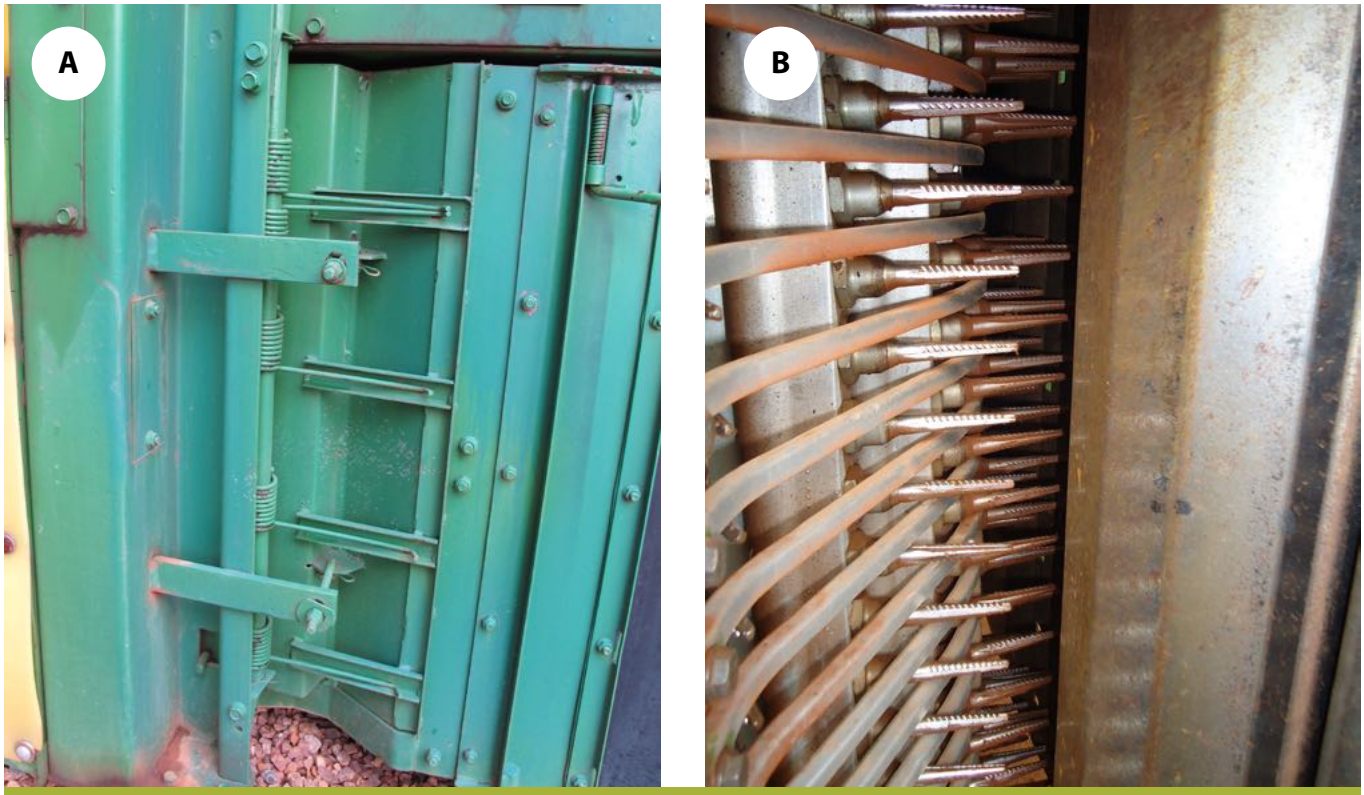


Figura 11. Regulagem do aperto das placas vista externa (A) e interna (B) (Fonte: Jean L. Belot, 2013)

2.3. Regulagens do posicionamento dos rolos de lonas e diâmetro dos rolinhos

Para as máquinas picker de rolinho, é muito importante posicionar corretamente os rolos de lonas no equipamento. Recomendações do construtor devem ser seguidas à risca a fim de não ocorrerem anomalias na proteção dos rolinhos ou contaminações (Figura 12).

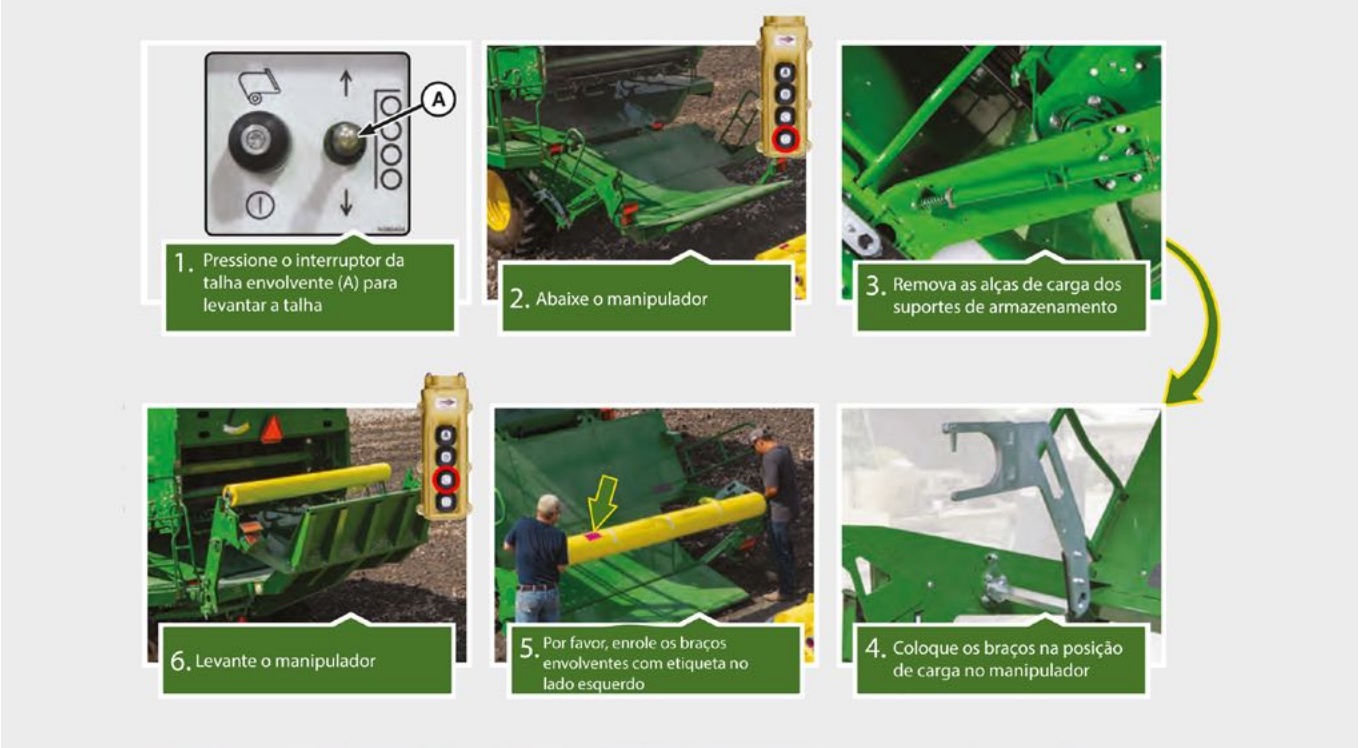


Figura 12. Orientações para posicionamento correto das lonas nas colheitadeiras (Fonte: John Deere)

O operador deverá escolher o diâmetro dos rolinhos a formar entre 90 e 96 polegadas (229 a 244 cm), em função do tipo de lona escolhida, a densidade do algodão em caroço colhido (variedade), e o tipo de transporte, entre outros fatores.

2.4. Limpezas periódicas das máquinas

Iniciar a colheita com os tambores devidamente limpos, removendo qualquer sujeira da colheita do dia anterior (poeira, fibras e sujeira grudada nos fusos, desfibradores e pentes/umidificadores) (Figura 13). Para a lavagem das unidades colhedoras, é recomendada a utilização de água sob pressão, a fim de remover resíduos de terra dos fusos, barras, desfibradores, escovas e outros componentes. O excesso de óleo e graxa deve ser lavado antes de as máquinas irem para o campo.

Durante a colheita, e a cada parada obrigatória, em particular para a troca dos rolos de lonas, uma limpeza das grades e de todas as partes que acumulam resíduos deve ser feita com um soprador, com ar comprimido de alta pressão; no entanto, existem partes sensíveis que devem ser manejadas com a mão, tais como as conexões elétricas. Os dutos condutores do algodão à câmara do rolinho devem ser desobstruídos, para evitar embuchamentos e perda de sucção.

Esses cuidados são importantes para limitar as contaminações do algodão, melhorar a eficiência da colheita e reduzir as probabilidades de princípio de incêndio dos resíduos em contato com partes aquecidas da máquina.

2.5. Realização e monitoramento da colheita do talhão

As máquinas devem **ser operadas com cuidado**. Evitar frenagens bruscas para não danificar os tambores e andar numa velocidade baixa quando o terreno for acidentado. O operador deve suspender bem alto a plataforma quando for manobrar a fim de não bater os tambores no solo.

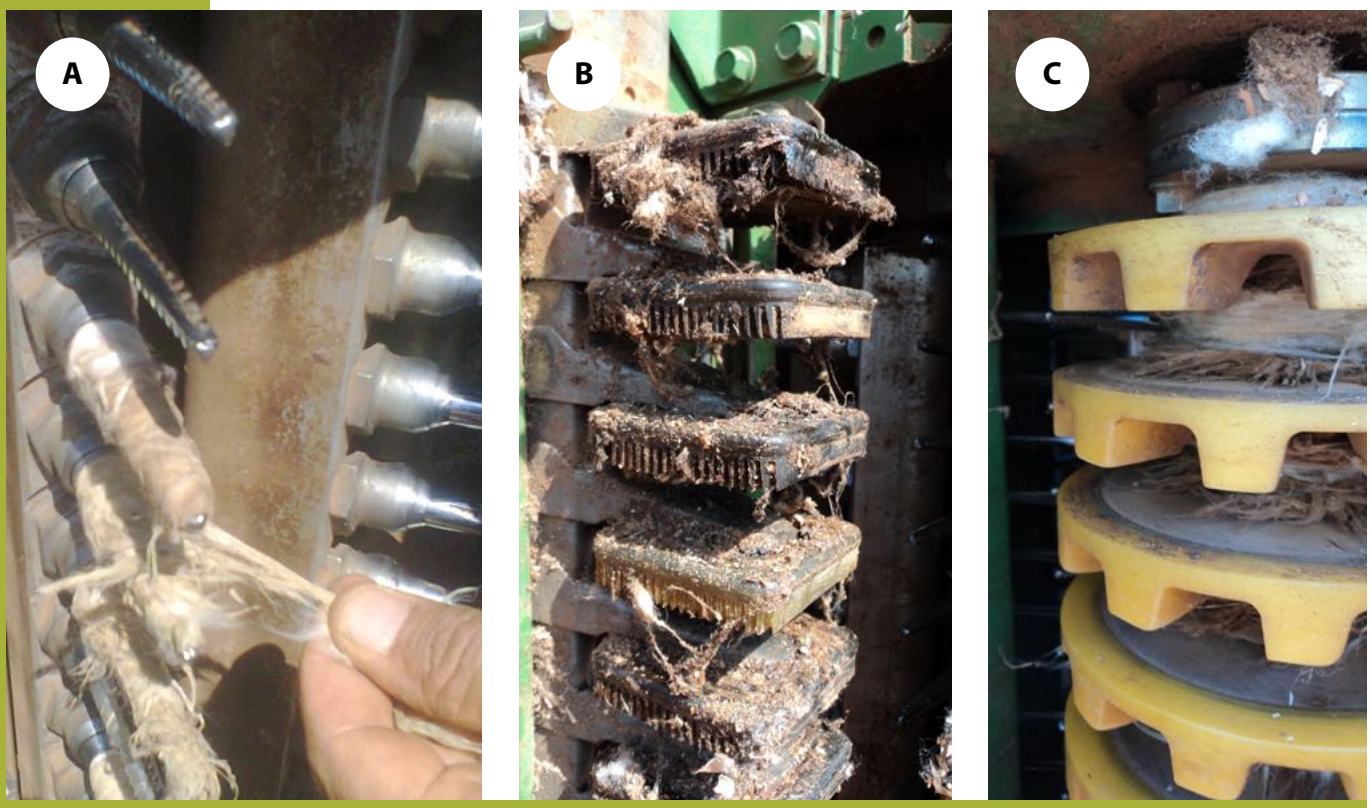


Figura 13. Sujeira acumulada nos fusos (A), escovas (B) e desfibradores (C) (Fonte: R. Mion)

Algumas regras devem ser adotadas para a realização da colheita de cada talhão. Separar e **identificar claramente os rolinhos das bordaduras**, eventualmente contaminados com poeira das estradas de chão. Esses rolinhos de bordadura devem ser beneficiados separadamente, podendo produzir fibra muito "amarela" (Figura 14). O algodão de bordadura será beneficiado de preferência no final da safra, pois pode danificar fortemente os equipamentos e em particular o descaroçador.

Um ponto-chave é o **monitoramento da umidade do algodão em caroço** colhido. A relação entre a umidade do algodão em caroço e a da fibra e do caroço no equilíbrio é mostrada pela Figura 15.



Figura 14. Fibra produzida a partir de rolinhos de bordadura (à direita) muito contaminados com poeira (Fonte: Jean L. Belot, 2024)

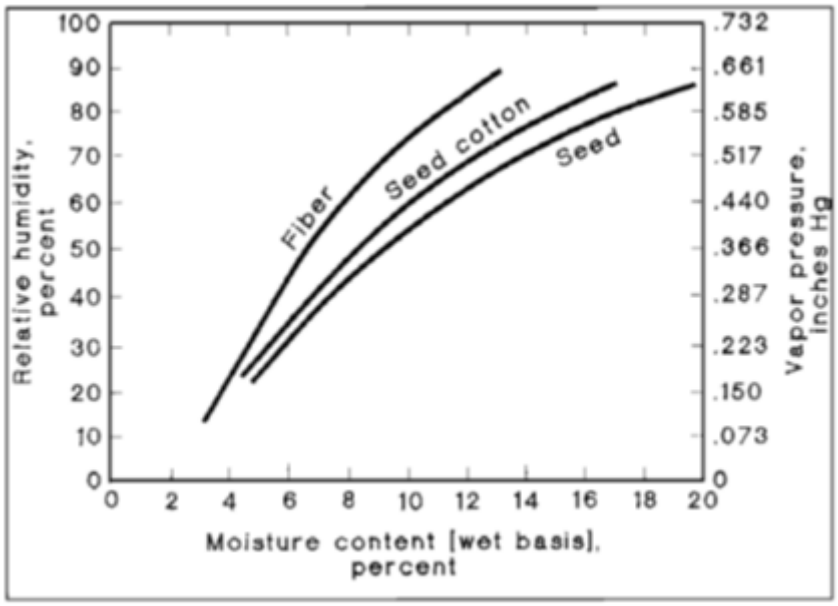


Figura 15. Relação entre a umidade do algodão em caroço, da fibra e do caroço (Fonte: Hugh *et al.*, 1994)

A umidade do algodão em caroço mais indicada para a colheita está entre 5% e 7%. A Figura 16 define a janela de colheita em função da umidade do algodão em caroço, gráfico ajustado para as condições climáticas de Mato Grosso. As recomendações de umidade do algodão em caroço para a colheita e o armazenamento dos rolinhos não são muito diferentes das dos fardões antigos. É recomendado não ultrapassar os 12% de umidade.

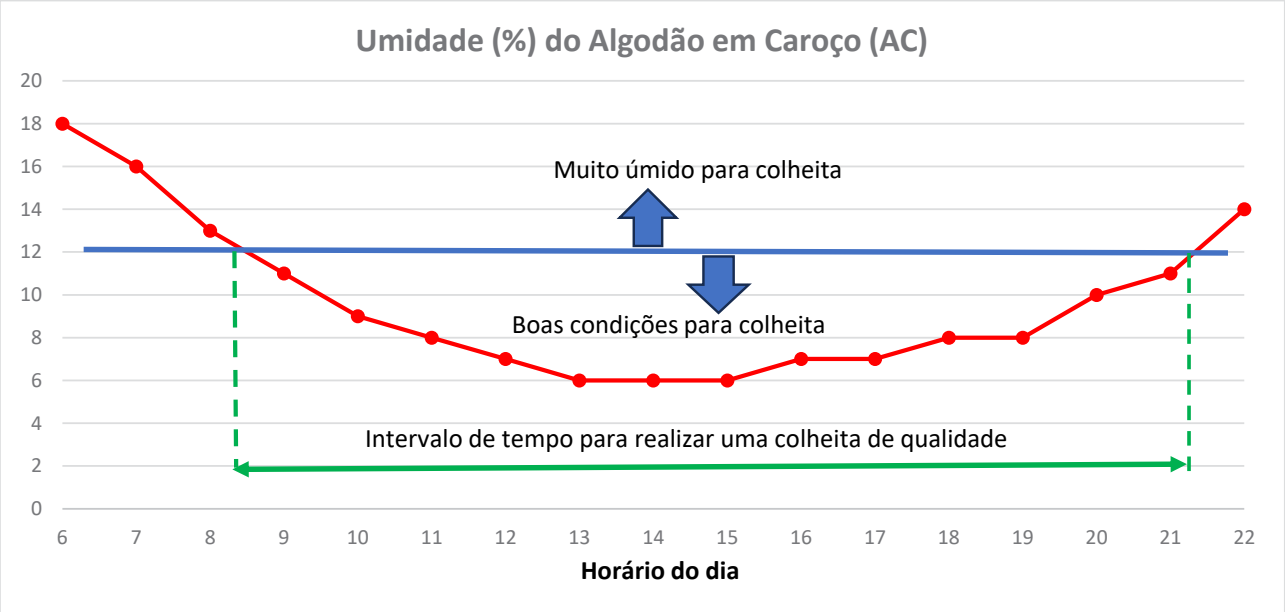


Figura 16. Horário de colheita em função da umidade do algodão em caroço (exemplo de um dia ensolarado em julho de 2013, Mato Grosso)

O controle de umidade do algodão em caroço deve ser feito regularmente em pontos distintos do mesmo talhão, a menos que a colheitadeira tenha sistemas de sensores de umidade do algodão (CP 690 e mais recentes).

A colheita deve começar após a secagem do orvalho ou eliminação de água superficial de chuvas, e quando a umidade relativa do ar estiver abaixo de 70%. Caso os operadores trabalhem com faixas de umidade do algodão em caroço superiores a 12%, existe a possibilidade de embuchamentos e paradas de máquina, com altas probabilidades de encarneiramento do algodão (Figura 17) e aumento de sujeiras.



Figura 17. Algodão encarneirado (Fonte: R. Mion)

Se, por questões operacionais, parte da colheita deve ser realizada à noite, e com umidade superior a 12%, é muito importante identificar os rolinhos a fim de poder levá-los rapidamente para o beneficiamento, que deverá ser manejado de maneira específica. Deve-se lembrar que tais níveis de umidades necessitam de sequência de beneficiamento adaptada e com capacidades de secagem aumentadas (duas etapas). Algodão com mais de 12% de umidade irá ocasionar amarelecimento da fibra, e em caso de armazenamento, aquecimento dos rolinhos por processos de fermentação; portanto, esses rolinhos deverão ser beneficiados imediatamente.

É importante lembrar, porém, que a mudança do sistema de colheita com cesto/formação de fardões pelo sistema de colheita com rolinhos tem afetado a umidade do algodão em caroço que chega na algodoeira. Por terem um quarto do peso dos fardões, os rolinhos tendem a apresentar maior variabilidade de umidade entre eles; ademais, a transferência de umidade dentro do rolinho ao longo do tempo é limitada pelo tipo de lona plástica e porque a densidade do algodão é duas vezes maior que a dos fardões. É preciso então ter muita cautela com a umidade do algodão colhido, considerando a estreita correlação que existe com o tipo de fibra produzido (Southern Cotton Pty Ltd, 2017) (Figura 18).

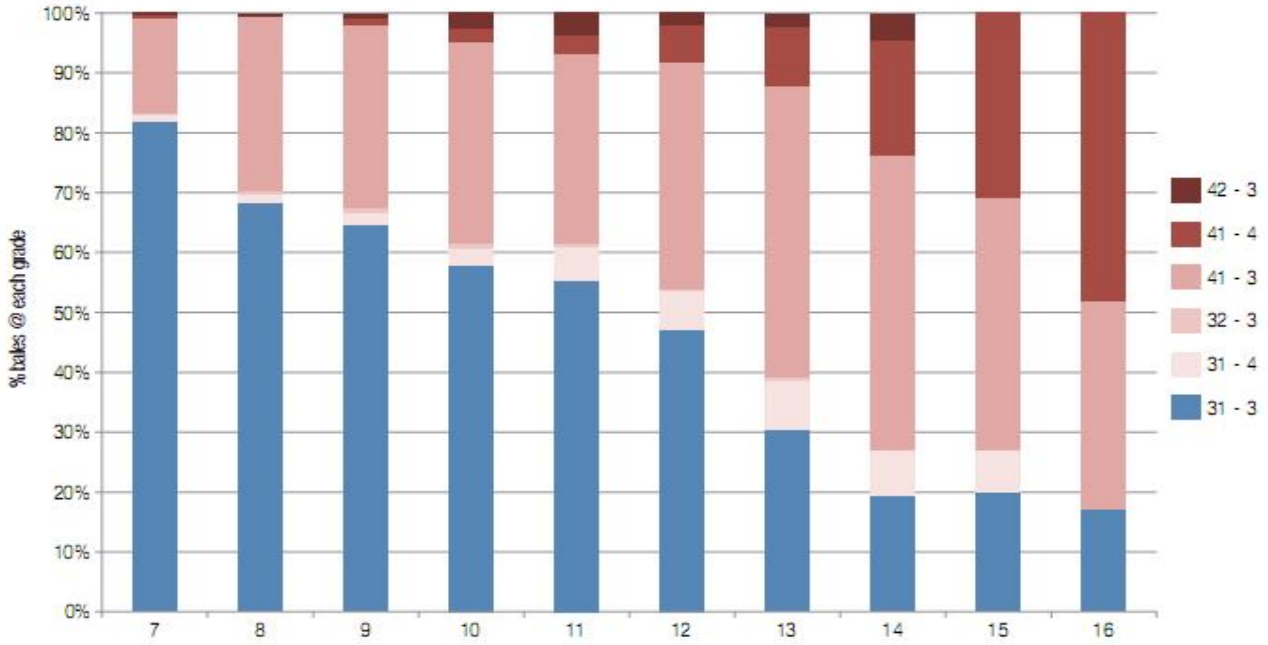


Figura 18. Influência da umidade do algodão em caroço chegando antes dos secadores sobre o tipo de fibra produzido (Southern Cotton Pty Ltd, 2017). Análise de 13.000 fardos produzidos na Austrália na Safra 2010/2011

Da mesma forma, a qualidade das sementes é fortemente afetada pela combinação do tempo de armazenamento e da 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 deverá possuir uma taxa de umidade abaixo de 12%. Quando se pretender preservar as sementes, a taxa de umidade do fardão deverá permanecer abaixo de 10%.

Por fim, o algodão em caroço úmido tem impacto dramático sobre rendimento de pluma, produtividade, custo de beneficiamento e lucro do produtor.

2.6. Segurança dos operadores e prevenção de incêndios

A segurança do operador e da máquina e o desempenho na operação da colheitadeira dependem muito da atenção e da concentração do operador. Essas operações, que envolvem máquinas

de custo elevado e com muita eletrônica embarcada, requerem excelência no treinamento dos operadores e perfeita integração de cada um no processo de colheita, conhecimento de suas funções e dos riscos inerentes às operações e preparo para o combate de princípios de incêndios em máquinas.

2.6.1. Segurança dos operadores

Abordaremos aqui unicamente os riscos relativos à colheita com **máquinas de rolinhos**. Todas as avaliações de exposição ocupacionais nas operações de colheita, indicações de uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e procedimentos devem passar por um processo de avaliação prévia de riscos, que são informações que auxiliam na construção do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), uma exigência da NR 09.

Colheita de algodão é uma operação que envolve atividades de manutenção diária com diversos riscos para os operadores de máquinas e auxiliares de manutenção. Devem ser feitos procedimentos para cada tipo de atividade visando à redução do risco de acidentes, descritos a seguir:

* Quedas em serviços de manutenção, que requerem estar sobre locais mais altos da máquina;
* Cortes e prensamento de membros (manutenção e limpeza de fusos da máquina);
* Impacto de máquinas ou peças;
* Aprisionamento (durante a troca de rolo de lonas, dentro da colheitadeira);
* Ferramentas inadequadas (improviso de ferramentas);
* Queimaduras (manutenção em partes quentes da máquina).

Principais riscos na colheita do algodão e formas de mitigação

Riscos físicos

Ruído de máquinas (o funcionamento do conjunto de máquinas e equipamentos que envolvem a colheita). Manutenções em canos de descarga de gases podem reduzir os níveis de ruídos nas máquinas e a emissão de fagulhas, as quais são fatores que contribuem para o início de incêndios.

Os colaboradores envolvidos diretamente na colheita mecanizada devem utilizar protetor auricular ou abafador de ruídos.

Riscos químicos

Poeiras e fibras de algodão em suspensão: risco que deve ser evitado por meio da utilização de máscaras para poeiras.

Graxas e óleo diesel: geralmente as atividades com esses itens são realizadas por equipes de manutenção, evitando-se o risco para o operador da colheitadeira. De toda forma, esse risco pode ser evitado ou diminuído com o uso de máscaras e luvas de proteção.

Sempre isolar a área e desligar máquinas e equipamentos para executar procedimentos de limpeza ou manutenção.

Riscos ergonômicos

Posturas inadequadas e esforço físico nas operações de limpeza e manutenção das colheitadeiras. Realizar treinamentos com orientação na área de ergonomia.

Prevenção de acidentes na colheita de algodão

Quando se fala em prevenção de acidentes, não se deve pensar somente em orientar e fiscalizar o trabalhador quanto ao uso de EPI. Deve-se priorizar o treinamento do trabalhador, abordando os riscos a que está exposto e, dentro do possível, realizar a capacitação em tudo que estiver relacionado à sua área de atuação na empresa, não se limitando apenas a cumprir normas do Ministério do Trabalho e manter a documentação em dia. Uma equipe

bem treinada e equipamentos em bom funcionamento evitam acidentes e eventuais autuações de fiscalizações.

Para tanto, temos que realizar treinamento de segurança, capacitação na operação de máquinas colheitadeiras, uso de EPI, prática de procedimentos preventivos, como não fumar na operação de colheita, respeito à carga horária de cada trabalhador, capacitação para manutenção de máquinas e equipamentos.

2.6.2. Prevenção de incêndios na colheita

Para iniciar este tema, devemos lembrar que como o próprio nome diz, prevenção é ter todo o aparato para combater o princípio de incêndio, pois quando se passa dessa fase para o incêndio propriamente dito não há muito a fazer, a não ser evitar que o fogo se propague para outros locais. Incêndio significa fogo fora de controle.

Durante a operação de colheita temos diversos pontos a serem levados em consideração com o intuito de prevenir focos de incêndio:

* Acúmulo de fibra sobre a canalização das bombas injetoras, telas do alternador e outras mangueiras;
* Tambor de freio com acúmulo de fibras de algodão;
* Encarneiramento do algodão nos fusos;
* Atrito de peças metálicas dos fusos com outras partes;
* Ausência de limpeza geral da máquina, quanto ao acúmulo de fibras, caules e casquinhas.

Faz-se necessária ação preventiva em relação a esses pontos: limpeza diária, conforme determinam os manuais de procedimentos das máquinas, ou, quando se fizerem necessárias, limpezas extras, que em certas situações podem ocorrer ao longo do dia, antes da parada para limpeza e manutenção.

Outro item imprescindível é o acompanhamento da máquina, durante a operação de colheita, por um carro-tanque de água, com bomba para combate a incêndios.

Um sistema de combate a incêndios instalado na máquina é de fundamental importância (Figura 19). Entretanto, devido ao seu custo, muitos produtores deixam de investir na prevenção e combate a

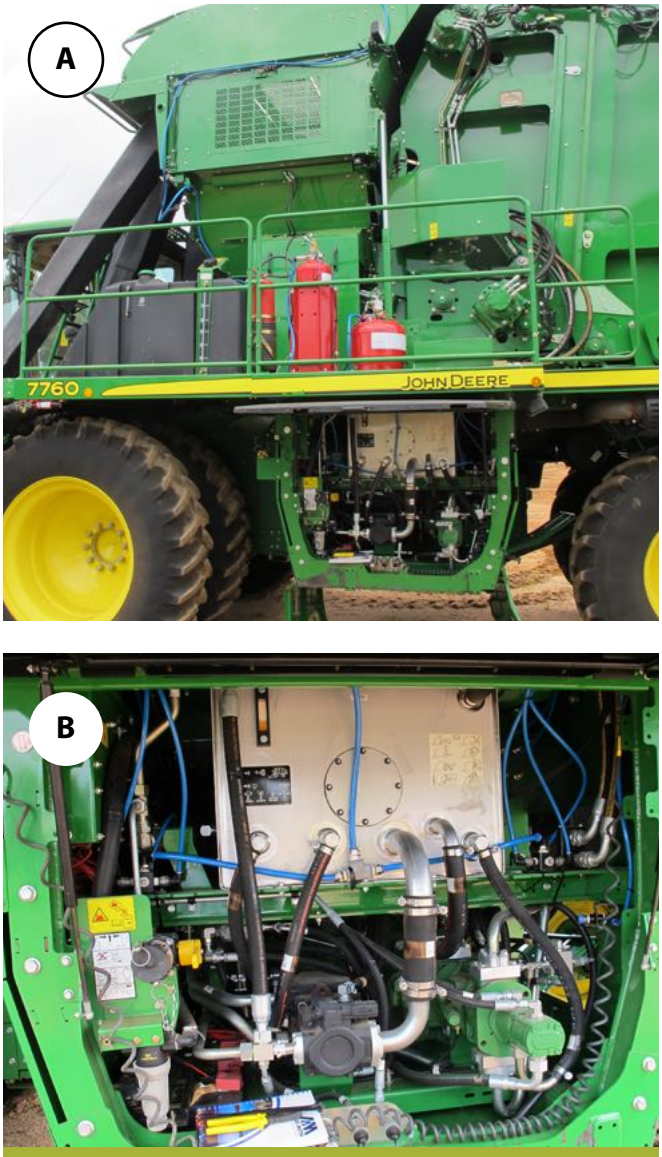


Figura 19. Colheitadeira equipada com um sistema automático de proteção contra incêndios (Fonte: Jean L. Belot, 2016)

incêndios, que podem reduzir muito o risco dessas ocorrências, bem como dos valores a serem pagos na contratação de seguros para máquinas colheitadeiras.

Existem sistemas que possuem três tipos de acionamento:

* Sistema elétrico manual, com acionamento pelo operador dentro da cabine;
* Sistema automático com sensor de calor, em que o cabo de sensor de calor está presente em todos os pontos de risco, na parte inferior da máquina (motor);
* Sistema manual pneumático, com acionamento por cilindro de nitrogênio.

O sistema, quando acionado, entra em ação em todas as partes da máquina (depósito de algodão em caroço, sistema de formação dos rolinhos de algodão, compartimento do motor, tanque de diesel, tanque de óleo hidráulico e bomba hidráulica). O combate é feito por extintor de pó químico na parte inferior da máquina e água na parte superior.

Na prevenção de incêndios, temos de lembrar bem que não adianta possuir os melhores equipamentos para combate a incêndio se não tivermos o pessoal devidamente treinado para fazer uso dos equipamentos e combater o princípio de incêndio com segurança e rapidez.

3. Armazenamento do algodão em caroço a campo

Durante as operações de colheita, a prioridade é identificar os rolinhos a fim de poder segregá-los adequadamente. Nem sempre a colheitadeira consegue descarregar os rolinhos nas beiradas do talhão, e um importante trabalho deverá ser feito para agrupar os rolinhos na lavoura, a fim de serem transportados imediatamente para a UBA, ou para serem armazenados na lavoura.

Manuseio dos rolinhos

Cada rolinho pode ser carregado 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 fixo ou rotativo, acoplado a uma pá carregadeira, como mostra a Figura 20, pegando o fardão através da introdução da lança dentro dele.

Durante todas as etapas de manuseio dos rolinhos, sempre se deve tomar muito cuidado para não rasgar ou perfurar as lonas com os caules do algodão ou os espetos, e posicioná-los em solos que não irão encharcar após uma chuva.

Armazenamento

Os rolinhos devem ser armazenados na beira do talhão a fim de permitir as operações de destruição das soqueiras, aproveitando-se para agrupá-los da melhor forma possível de modo a facilitar o carregamento e o transporte até a algodoeira. É recomendado formar lotes com número de rolinhos correspondente a uma determinada carga (nove unidades, por exemplo) (Figura 21). Tais lotes podem ser posteriormente enlonados para proteção contra chuva.

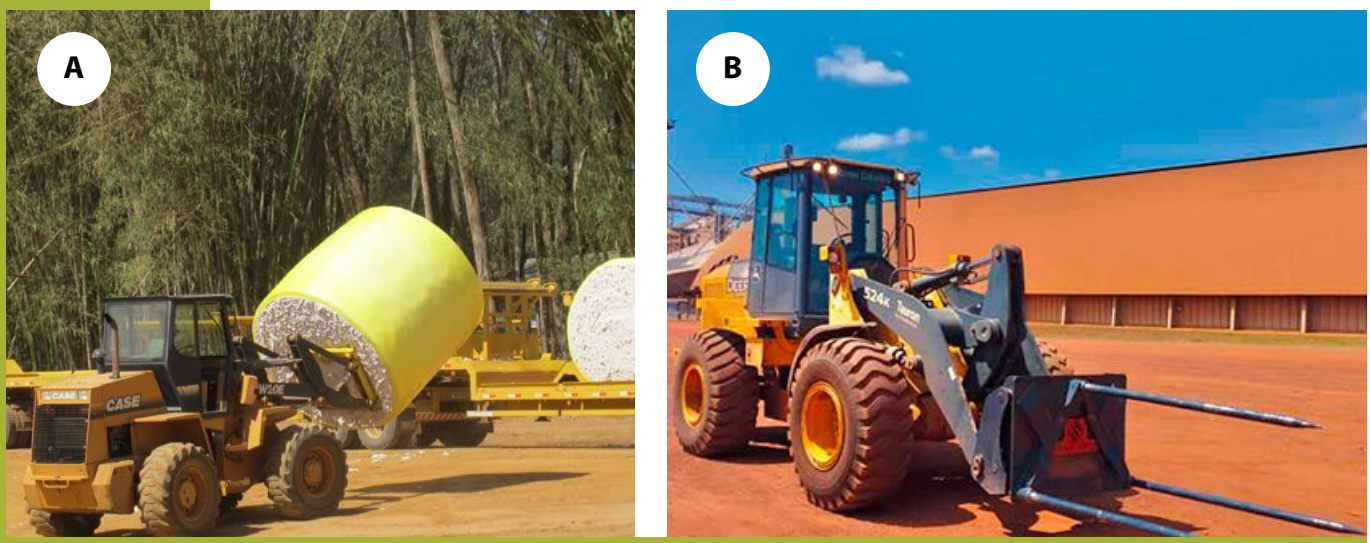


Figura 20. Sistema de carregamento de rolinhos tipo "espeto" (Fonte: (A) Jean L. Belot e (B) Bom Futuro)

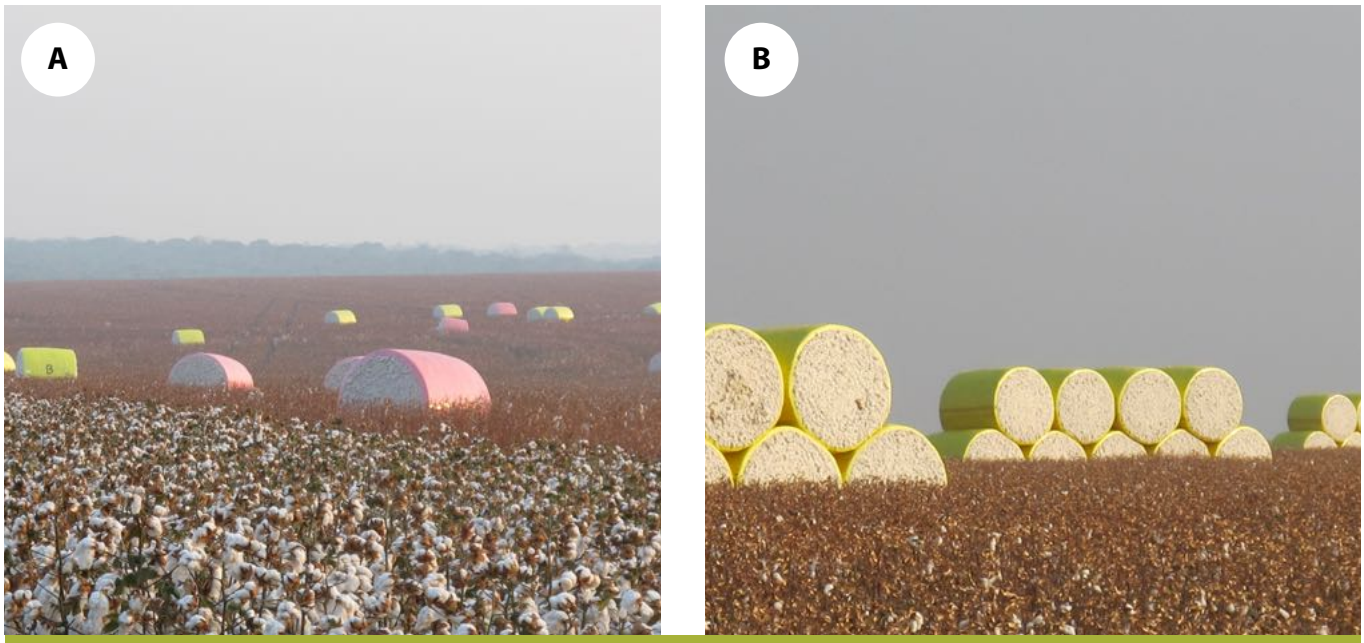


Figura 21. Rolinhos de algodão colhidos e espalhados (A) e armazenados na beira do talhão (B) (Fonte: Jean L. Belot, 2019)

Uma correta identificação irá permitir segregar adequadamente os rolinhos, por variedade, umidade e qualidade (bordadura ou não), colhido de dia ou à noite, etc., a fim de enviar à UBA lotes homogêneos de algodão em caroço para otimizar os processos de beneficiamento e a obtenção de uma fibra de qualidade.

O armazenamento a campo deve ser realizado pensando-se em limitar o máximo possível os riscos de incêndios. Portanto, não se deve armazenar o algodão embaixo de linhas elétricas, pois ele pode receber descargas elétricas ou de raios. Um caso de queima de rolinhos armazenados embaixo de linha elétrica já foi documentado (Figura 22). Ademais, é recomendado que os rolinhos/fardões sejam armazenados em pilhas descontínuas, a fim de limitar a propagação do fogo em caso de incêndio.



Figura 22. Incêndio de rolinhos armazenados embaixo de linha elétrica (Fonte: Internet. Acesso em 24/03/2024)

Um bom armazenamento deve evitar a degradação da qualidade do algodão em caroço. O posicionamento da lona nas bordas do rolinho permite uma certa proteção, impedindo a penetração da água das chuvas na lateral do rolinho. Em caso de chuvas fortes, porém, a base dos rolinhos fica exposta aos respingos de chuva. O enlonamento de lotes de rolinhos impede que a chuva respingue e evita a água escorrendo nas faces de se acumular dentro da base do rolinho. Um bom posicionamento dos rolinhos na beira da lavoura é importante para evitar encharcar a base dos rolinhos (Figura 23).

Quando os rolinhos são posicionados em fila contínua na beira do talão, é importante deixar um espaço de pelo menos 20 cm entre eles (Figura 24) a fim de a água da chuva ser evacuada corretamente, e limitar o apodrecimento do algodão das faces expostas (Searcy *et al.*, 2010).



Figura 23. Lona impedindo a penetração da chuva na lateral por cima do rolinho e protegendo a base (Fonte: TAMA)

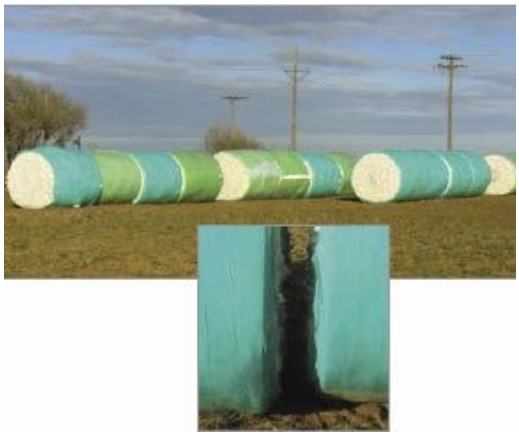


Figura 24. Posicionamento correto dos rolinhos (Fonte: Cotton Inc.)

4. Transporte do algodão em caroço do campo até a algodoeira

Essa etapa é realizada em estreita coordenação com a UBA, a fim de manter um fluxo contínuo de alimentação da usina.

A legislação para o transporte de algodão em caroço não é bem definida no que se refere 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 Portaria nº 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, bem como a Resolução nº 420/04, da ANTT, tratam de itens que abordam diretamente o transporte do algodão em caroço e indicam atenção especial para o assunto.

No Brasil, boa parte do transporte é realizada carregando-se os rolinhos em cima de carretas especialmente preparadas para recebê-los lateralmente, em uma ou duas camadas. A fim de limitar a queda de algodão em caroço ao longo das estradas (e evitar a presença de plantas de algodão hospedeiras de pragas), é recomendado cobrir as cargas de rolinhos com lonas ou telas (Figura 25).

Chegando à algodoeira, o sistema de armazenamento deve respeitar certas normas. O gerenciamento dos pátios da algodoeira será tratado no Capítulo 11.



Figura 25. Carga de rolinhos transportados da lavoura até a algodoeira (A) e para transporte em rodoviária (B) (Fonte: (A) Jean L. Belot e (B) Paulo Ribas)

Segurança no transporte dos rolinhos

Na operação de transporte, a qual trata de uma operação que envolve poucos trabalhadores, os itens principais de segurança são:

* Segurança de auxiliares no momento do carregamento dos rolinhos;
* Segurança do motorista quanto a possível incêndio durante o transporte dos rolinhos;
* Risco de quedas quando da colocação de lonas ou telas para evitar o derramamento do algodão em caroço nas vias a serem percorridas até o pátio da algodoeira.

É muito importante que, antes de cada carregamento dos rolinhos em quaisquer dos veículos, verifique-se a sua limpeza. Sobras de algodão em caroço, pedaços de matérias estranhas, casquinhas, plásticos, cordas e graxa, entre outros itens, devem ser totalmente eliminados. Para uma operação segura e eficiente, seguem-se algumas dicas aos operadores que transportam os rolinhos:

* Verificar as condições de operação e trafegabilidade do veículo;
* Sinalizar visualmente e com alerta sonoro quando em operação;
* Checar o terreno do carregamento.

Riscos de incêndios dos rolinhos: o que se tem visto na maioria das ocorrências é o fogo se manifestando no momento do transporte do rolinho,

que pode ser resultado de uma maior aeração, dando condição favorável para esse evento. Uma possibilidade de início de incêndio são faíscas provocadas pela colheitadeira (atrito nos fusos, encarneiramento do algodão) iniciando combustão do algodão que fica preso no rolinho e que irá desenvolver o fogo mais tarde, no campo, durante o transporte ou no pátio de armazenamento da algodoeira.

Considerações finais

O algodão em caroço e a fibra chegam ao máximo de potencial de qualidade no final do ciclo do cultivo. A partir daí, qualquer manejo inadequado pode ter reflexo na qualidade da fibra. Portanto, a equipe de campo tem que prestar muita atenção aos manejos destinados a preparar a lavoura para a colheita, permitindo adequada desfolha, máxima abertura, e controlando as pragas de final de ciclo até o final.

A colheita mecanizada necessita ser realizada respeitando regras bem definidas, a fim de limitar o máximo possível a contaminação dos rolinhos de algodão em caroço com matérias vegetais ou lonas. Armazenar adequadamente os rolinhos a campo ou no pátio da algodoeira pode influenciar muito também na qualidade do algodão em caroço que irá entrar na usina de beneficiamento.

A equipe da algodoeira deve ser envolvida no gerenciamento da colheita, a fim de conhecer melhor a qualidade e a homogeneidade dos lotes de rolinhos que vão chegar ali e poder processar da melhor forma possível o algodão para preservar as qualidades da fibra. Da mesma forma, a equipe de colheita deve ter um bom conhecimento do impacto das características do algodão em caroço entregue na UBA em termos de qualidade, produtividade e custo do beneficiamento.



Referências bibliográficas

BAPTISTA, M. **Algodão: os pioneiros que transformaram Mato Grosso em um grande produtor**. Cuiabá, MT: Entrelinhas. 183pp. 2016.

BENNETT, J.Mc.; WOODHOUSE, N.P.; KELLER, T.; JENSEN, T.A.; ANTILLE, D.L. Advances in cotton harvesting technology: a review and implications for the John Deere round baler cotton picker. **The Journal of Cotton Science**, 19:225–249, 2015.

CRAWFORD, S.H.; COTHREN, J.T.; SOHAN, D.E.; SUPAK, J.R. A history of cotton harvest aids. In Supak & Snipes (Eds). **Cotton harvest management: Use and Influence of Harvest Aids**. nº 5. THE COTTON FOUNDATION REFERENCE BOOK SERIES. The Cotton Foundation, Publisher Memphis, Tennessee, USA, 2001.

DELHOM, C.D.; VAN DER SLUIJS, M.H.J.; WANJURA, J.D.; THOMAS, J.W. Evaluation of Practices to Unwrap Round Cotton Modules. **The Journal of Cotton Science**, 27:90–101, 2022.

HUGHS, S.E.; MANGIALARDI JR., G.L., JACKSON, S.G. 1994. Moisture Control. In: **Cotton Ginners Handbook**, USDA ARS. nº. 503, pp. 59.

MION, R.; BELOT, J.L. Colheita, armazenamento, transporte e qualidade de fibra. In BELOT J.L. (Ed. Técnico). **Manual de qualidade da fibra da Ampa**. Cuiabá, Ampa. P. 238-268. 2018. Manual de qualidade da fibra - IMAmt

MION, R.; BELOT, J.L. Uso adequado das colheitadeiras. In BELOT, J.L. e VILELA, P.M.C.A. (Ed. Técnico). **Manual de Boas Práticas de Manejo do Algodoeiro em Mato Grosso**. IMAmt/ AMPA (Ed.), Cuiabá. Safra 2019/2020. P. 352-365. 2020. Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso – 4ª edição - IMAmt

SEARCY, S.W.; WILLCUT, M.H.; BUSCHERMOHLE, M.J.; WANJURA, J.D.; BRASHEARS, A.D.; BARNES, E.M. **Seed cotton handling & storage**. Cotton Inc. 30pp. 2010. Seed-Cotton-Handling-and-Storage.pdf (cottoninc.com) Consulta em 27 de março de 2024.

SOUTHERN COTTON PTY Ltd. **Moisture management a must**. 5p. 2017. Microsoft Word - Moisture management - 2017.docx (southerncotton.com.au). Acesso em 24 de março de 2024.



CAPÍTULOS 3, 4, 5, 6 E 7
OS PRINCIPAIS COMPONENTES DE UMA ALGODOEIRA



Quais são as principais partes e equipamentos de uma algodoeira?
Uma Unidade de Beneficiamento de Algodão (UBA), ou algodoeira, é uma indústria complexa cuja função é secar, limpar, descaroçar o algodão em caroço recebido da lavoura e depois acondicionar a fibra em fardos prontos para serem vendidos às indústrias têxteis. O planejamento da indústria deve ser realizado cuidadosamente a fim de se poder gerenciar da melhor forma possível os fluxos de algodão em caroço que chegam da lavoura, juntamente com os diversos produtos da algodoeira, fibra, caroço, etc. que saem para serem comercializados. As diversas etapas do beneficiamento são descritas em detalhes nos capítulos a seguir, assim como os equipamentos disponibilizados pelos principais fabricantes nacionais e internacionais. Isso permite entender o papel exato de cada equipamento na transformação da matéria-prima ao longo dos processos, desde a abertura dos rolinhos de algodão em caroço até a formação dos fardos de fibra.

Giancarlo
Goldoni Jr.

CAPÍTULO 3

Implantação e projeto de unidade de beneficiamento

Introdução

A expansão da área de cultivo de algodão no Brasil prevista para os próximos anos demanda a implantação de novas unidades de beneficiamento de algodão (UBAs) e a modernização de unidades existentes. Atualmente, já existe uma tendência à substituição de processos de modelo antigo por processos modernos, mais adaptados para atender grandes áreas de produção, com tecnologia de ponta, automação integrada e maior segurança para os operadores.

A decisão de implantar uma UBA traz consigo desafios importantes, principalmente pelo alto volume de investimento, a tecnicidade exigida, o respeito às normas, a grande quantidade de empresas envolvidas direta e indiretamente, a complexidade da execução e a responsabilidade sobre a operação. Para se obter êxito em projetos dessa relevância, alguns critérios devem ser considerados e, sobretudo, algumas etapas de engenharia precisam ser cumpridas de maneira organizada e com o profissionalismo que o cenário atual da indústria exige.

1. Etapas de implantação da UBA

1.1. Viabilidade técnica e econômica e projeto conceitual

Como em qualquer projeto industrial, recomenda-se que, antes de se iniciar de maneira concreta a implantação de uma UBA, seja realizado um Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica. Esse tipo de estudo permite avaliar os custos, os riscos e o retorno financeiro do projeto considerando-se os objetivos almejados – afinal, é indispensável saber se o empreendimento é realmente viável. Se usada de maneira adequada e profissional, essa ferramenta permite eventualmente readequar o projeto, adaptando-o à realidade financeira do interessado, mas preservando critérios técnicos fundamentais.

O Projeto Conceitual é o estágio inicial da engenharia e pode ser desenvolvido de maneira paralela, complementar ou posterior ao Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica. Ele pode auxiliar na decisão de avançar ou não com o projeto e/ou alicerçar as etapas seguintes, a partir de um aprofundamento do próprio Estudo.

Na implantação de uma UBA, o Projeto Conceitual pode considerar algumas informações gerais da atividade, como o contexto atual do beneficiamento, a utilização dos subprodutos (caroço, resíduos, fibrilha, etc.), a situação do mercado, as soluções técnicas disponíveis, as necessidades e limitações conhecidas, entre outros. Da mesma forma, ele pode abranger informações gerais internas e diretamente relacionadas ao empreendedor, como a área a ser beneficiada no curto e no longo prazo, o histórico e a expectativa de produtividade no campo, as práticas de colheita (especialmente em relação à umidade) e a duração esperada para a safra de beneficiamento. Também se incluem aí informações relacionadas à qualidade, como os objetivos comerciais, os mercados que pretende atender e as formas de classificação (na própria unidade, por terceiros, etc.) e questões relacionadas ao terreno, acesso, infraestrutura e logística para o transporte e armazenamento de produtos e subprodutos, etc. Em geral, o projeto será a conexão inicial entre as estratégias do produtor rural e a engenharia,

estabelecendo conceitos que poderão nortear e iniciar a próxima etapa: a Engenharia de Base.

1.2. Engenharia de Base: dimensionamento preliminar e definição do *layout*

Como indicado no nome, essa etapa da engenharia serve de base para todo o restante do projeto. O objetivo é estudar individualmente cada setor envolvido, principalmente em relação à localização dentro da área identificada e delimitada para a UBA. Além disso, deve-se desenvolver um dimensionamento preliminar que possa definir diretrizes técnicas importantes para a continuidade do projeto antes de um contato direto com fornecedores e de desembolsar recursos significativos. Dependendo do caso, é possível explorar também as características ou métodos construtivos para cada unidade.

Na implantação de uma UBA, as principais atividades relacionadas à Engenharia de Base são:

- Revisão dos objetivos do projeto em termos de área a ser beneficiada, produtividade e qualidade de fibra;
- Análise completa do contexto e do ambiente externo (localização, área de implantação prevista, eventuais estruturas preexistentes, vento predominante na região, entre outros requisitos importantes);
- Análise preliminar dos impactos ambientais;
- Dimensionamento, definição da sequência de máquinas e localização do processo de beneficiamento;
- Dimensionamento preliminar, definição de diretrizes técnicas e localização das demais estruturas de apoio do setor industrial (caldeira, subestação de gás, fibrilha, briquetadeira, casa de bombas, reserva técnica, etc.) e do setor administrativo quando necessário (balança rodoviária, escritório, refeitório, alojamentos, etc.);
- Dimensionamento preliminar e localização das principais estruturas de armazenagem e transporte (armazém de caroço, pátios, arruamentos, etc.);
- Definição dos equipamentos de armazenagem e transporte (empilhadeiras, pás-carregadeiras, etc.);
- Levantamento das cargas elétricas, estratégias de atendimento ao projeto (energia da concessionária, geradores, transformadores, etc.) e localização das principais estruturas elétricas (subestação de medição, subestação de transformação, rede elétrica, muflas, etc.);
- Por fim, preparação do *layout* do complexo industrial, compilando e apresentando em um único desenho técnico todas as informações mencionadas acima, inclusive prevendo instalações futuras ou ampliações;
- Preparação do cronograma (diagrama de Gantt) resumido do projeto integrando todas as frentes de trabalho.

Para exemplificar: durante o Projeto Conceitual avaliam-se as fontes de energia disponíveis no mercado para fazer a gestão da umidade da algodoeira (secagem e umidificação), considerando as vantagens e desvantagens em termos técnicos e econômicos das soluções existentes. Se a opção escolhida for o vapor de caldeira, durante a Engenharia de Base é possível realizar um dimensionamento preliminar do equipamento e definir alguns parâmetros (capacidade da caldeira, funções, tipos de combustível, instalação aérea ou com fosso, etc.), mas, principalmente, determinar a melhor disposição para o prédio da caldeira no *layout* do complexo industrial em função do combustível (reserva de lenha ou de cavaco) e dos pontos de aplicação de vapor, visando otimizar ao máximo essa operação. Isso vale para todos os outros setores envolvidos.

1.2.1. Escolha do local para implantação da UBA

Como em qualquer indústria, a rentabilidade de uma Unidade de Beneficiamento de Algodão é fortemente impactada pela localização e organização dentro da área escolhida (*layout*). Vários elementos devem ser considerados para a instalação de uma unidade nova ou a realocação de uma existente.

A acessibilidade do local é fundamental para clientes, proprietários, funcionários e prestadores de serviços. No caso do produtor, a algodoeira pode ser instalada na parte central da área de cultivo da fazenda ou do conjunto de fazendas para limitar os custos e o tempo de seu abastecimento (Figura 1).

No caso de uma algodoeira 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 positivo.

Área disponível

É importante dispor de uma área de tamanho suficiente para ter um *layout* que seja funcional e sem limitações. A funcionalidade inclui uma boa movimentação para o abastecimento da algodoeira e o manuseio dos produtos acabados, assim como uma capacidade suficiente de armazenagem, de acordo com as regras de segurança estabelecidas. Obviamente, a área total do complexo industrial dependerá da capacidade de produção da algodoeira. É necessário sempre considerar a possibilidade de expansão da unidade ou dos pátios.

Características físicas locais

As características do solo são importantes. Os terrenos acidentados necessitam de obras mais onerosas para terraplanagem e preparação. A obra civil de uma algodoeira comporta muitas estruturas subterrâneas, como valetas para tubulações e o fosso para torre de regulação (em média, 6 metros de profundidade). Solos rochosos ou mal drenados tornam a construção mais cara e até podem comprometê-la.

Áreas muito baixas estão sujeitas a inundações, o que dificulta o acesso, aumenta o prazo de obra civil e ameaça a qualidade dos produtos armazenados.

É recomendado fazer um levantamento planialtimétrico da área e um relatório de sondagem do solo. Esse material ajudará a identificar características importantes para a tomada de decisão sobre a área e será muito útil nas etapas seguintes, tanto na produção do *layout* de toda a unidade como para os orçamentos das construtoras no momento de avaliar a terraplanagem e a fundação.

As exigências ambientais

A atividade de beneficiamento do



Figura 1. Área escolhida em meio ao campo (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

algodão não gera poluição química, mas produz resíduos sólidos, poeira, ruídos e trânsito. A localização deve evitar áreas protegidas e a proximidade de áreas povoadas. É importante saber dos órgãos competentes se a área escolhida tem algum tipo de restrição ou apresenta algum risco específico ao meio ambiente (ver mais detalhes no Capítulo 14).

A disponibilidade de energia elétrica

A concessionária de energia local deve ser contatada para informar sobre a disponibilidade de energia ou eventuais obras necessárias na rede. Frequentemente, a energia não está disponível no local ou a rede deve ser fortemente modificada para atender a demanda. É importante consultar outras algodoeiras já implantadas na região para informar-se sobre a qualidade da energia disponível durante a safra. Por fim, deve-se avaliar a necessidade de grupos geradores.

1.2.2. *Layout* do complexo industrial

Não existe nenhum *layout* padrão, pois cada lugar tem suas características, como tamanho e forma de área, instalações preexistentes, restrições, etc. No entanto, algumas orientações básicas devem ser aplicadas para um arranjo correto, pensando em eficiência e segurança (Figura 2).

Com o dimensionamento preliminar e a lista de todos os elementos fundamentais do projeto, é possível desenhar o *layout* de toda a unidade industrial. Em geral, esse desenho é realizado sobre o mapa de levantamento planialtimétrico, preparado anteriormente por uma empresa de topografia.

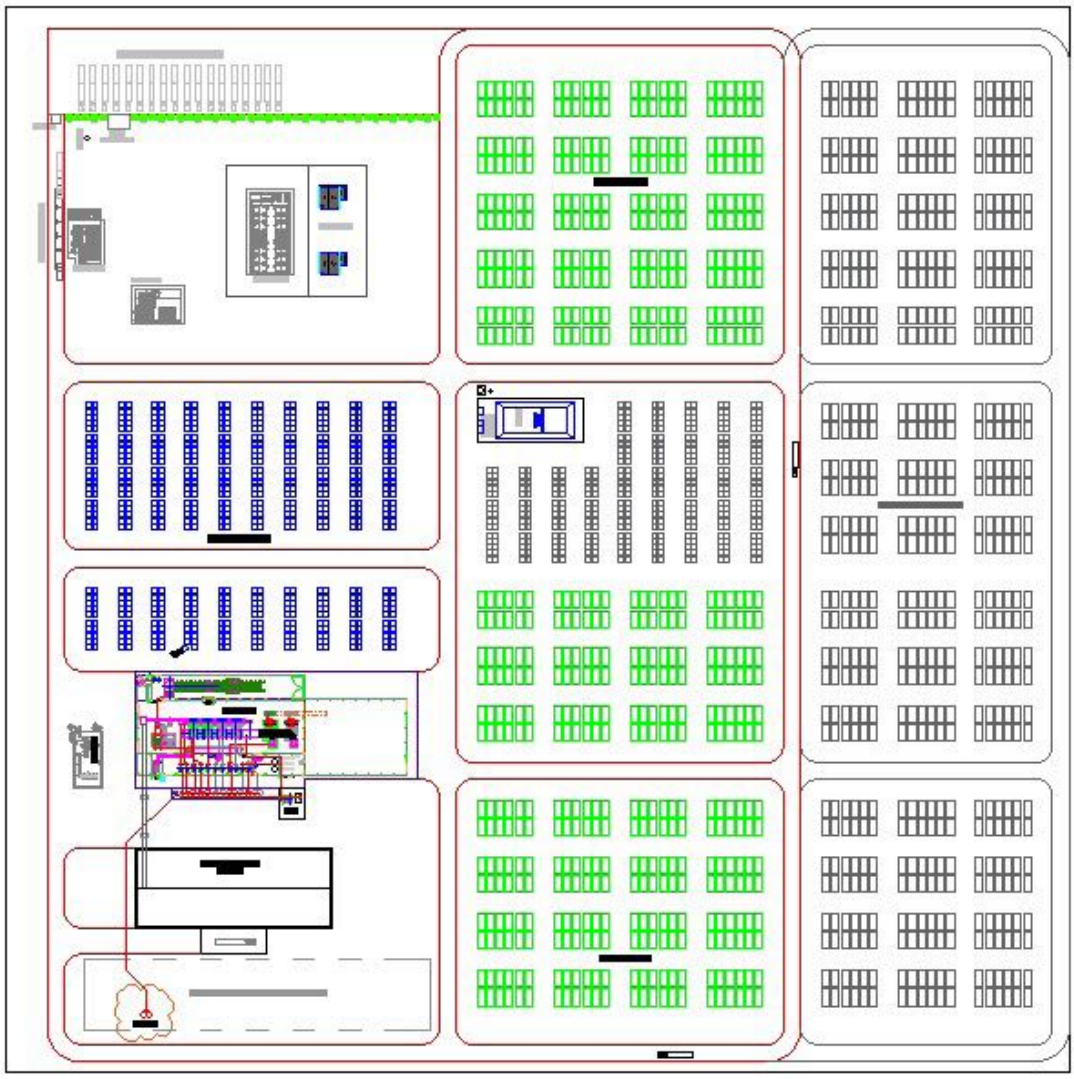


Figura 2. Exemplo de preparação do desenho de *Layout* (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)



Figura 3. Complexo industrial em execução (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

Espaço para movimentação

Um espaço bem dimensionado melhora a produtividade e reduz o risco de acidentes com equipamentos e pessoas. Ruas permanentes e de largura suficiente devem ser delimitadas e materializadas. Quando possível, elas devem ser pavimentadas, para evitar degradação do solo com o tráfego intenso. As ruas são importantes para o movimento do algodão em caroço (módulos redondos) e para o trânsito dos caminhões que transportam caroço, pluma ou resíduos.

Para desenhar os pátios, é fundamental considerar um fluxo otimizado, com a redução da movimentação interna e a facilitação de todos os processos. O espaço deve ser suficiente para uma boa movimentação, mas, principalmente para a redução dos riscos de incêndio.

Alguns espaços devem ser deixados para que visitantes e clientes estacionem perto do escritório, e o entorno 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.

Orientação em relação ao vento predominante

O prédio 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 do próprio prédio de beneficiamento. A quantidade de poeira que entra na algodoeira e no ambiente de trabalho deve ser mínima, para preservar equipamentos e operadores e favorecer a limpeza do algodão processado.

Drenagem e escoamento de água

A inclinação do terreno pode ser considerada para antever o caminho que a água fará no momento das chuvas. É importante considerar isso no desenho para evitar a água em locais indesejados ou melhorar a distribuição da água com obras mais pesadas para a drenagem (Figura 4).

1.2.3. O *layout* do maquinário

O arranjo do maquinário de beneficiamento é parcialmente definido por necessidades funcionais. Por exemplo, a distância entre descaroçadores e limpadores de pluma varia muito pouco, enquanto o comprimento da bica de fibra é determinado pela capacidade de produção. O *layout* ideal dos equipamentos deve ser definido por um estudo de engenharia e garantir o funcionamento e o bom desempenho do processo, preservando espaços suficientes para uma operação com segurança, fácil monitoramento das atividades e completa manutenção, sem onerar o investimento (Figura 5).

No caso das algodoeiras novas, o fornecedor geralmente sugere o dimensionamento e o desenho do prédio, assim como um *layout* dos equipamentos, além de desenhos complementares com todas as dimensões e cargas necessárias à preparação da obra civil (posição e dimensões das valetas, peso dos equipamentos, pontos de carga, cortes, etc.). A configuração inicial da usina é muito importante, pois, devido às construções abaixo do nível do piso de concreto, grandes alterações futuras são complicadas e caras.



Figura 4. Obras de drenagem (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

No Brasil, ainda é comum o deslocamento de usinas antigas de uma região para outra ou dentro da mesma região (ver Introdução) 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. Isso pode acarretar em uma série de consequências negativas no desempenho, na operação e na segurança.

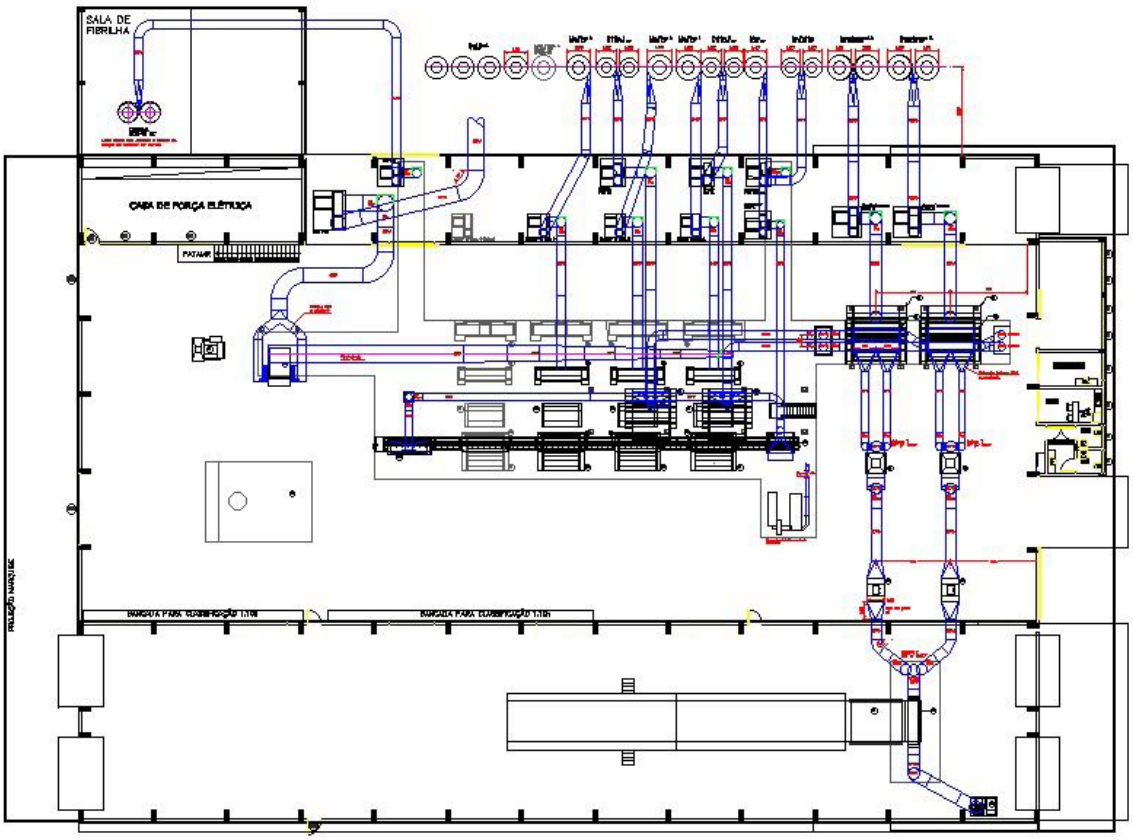


Figura 5. Exemplo de *layout* de algodoeira (Fonte: Cotimes do Brasil, 2018)

No *layout* de uma algodoeira nova, assim como no das antigas, vários aspectos importantes devem ser verificados, tais como:

- O espaço entre as máquinas e na frente dos descaroçadores (Figura 6);
- A localização do(s) desmanchador(es) de fardos, que deve(m) estar isolado(s) da sala de beneficiamento, para evitar contaminação pela poeira;
- A localização dos ventiladores, que devem ser instalados em uma sala apropriada, para reduzir ruídos e riscos;
- O trajeto das tubulações, que deve ser otimizado, evitando curvas e circuitos que prejudiquem o desempenho da máquina e aumentem o consumo de energia;
- A localização da mesa de controle, em área livre na frente do conjunto de descaroçadores, para controlar facilmente o maquinário e os operadores;
- A localização dos armários elétricos, em local específico, fechado e preparado para evitar altas temperaturas e poeira;
- Iluminação adequada e com bastante claridade no ambiente de trabalho (preferencialmente com boa distribuição de telhas translúcidas no teto);
- A localização da coleta de resíduos, para fácil movimentação, redução do risco de incêndio e contaminação;
- O espaço livre dentro da sala de beneficiamento, necessário para a operação e manutenção dos equipamentos, não deve ser aproveitado para o armazenamento de fardos, o que apresenta um alto risco de incêndio.

1.3. Engenharia de Detalhe: especificações detalhadas e projetos executivos

Durante a Engenharia de Detalhe, as informações preliminares abordadas na etapa anterior serão consolidadas pela engenharia responsável pelo projeto com a participação direta dos fornecedores. Nessa fase, serão elaborados e



Figura 6. Espaço de trabalho em volta das linhas de beneficiamento (Fonte: Cotimes do Brasil)

validados todos os projetos e documentos executivos para cada setor da UBA, ou seja, todo o material com o nível de detalhamento apropriado para a fabricação, instalação e operação de cada unidade. Além disso, o engenheiro responsável deverá fazer a compatibilização do material, ou seja, a integração entre os desenhos dos diferentes fornecedores, sempre atento às revisões mais recentes, para evitar divergências no campo.

Ao contrário da Engenharia de Base, a Engenharia de Detalhe, por suas características, se estende ao longo de praticamente todo o projeto e se mistura com outras atividades, pois envolve direta ou indiretamente a contratação de fornecedores, cálculos específicos, a elaboração dos projetos executivos definitivos, a preparação de listas de compras, a aquisição de material e a instalação de cada item. Naturalmente, dependendo do setor envolvido, todos esses processos ocorrem em diferentes estágios, inclusive na parte final da implantação.

Ao lado do engenheiro responsável, o fornecedor tem um papel fundamental, pois, a partir de algumas diretrizes técnicas definidas anteriormente, ele será responsável direto pela elaboração dos projetos executivos referentes à sua área, sendo esse o objetivo principal dessa etapa.

1.3.1. Definição de fornecedores e coordenação da execução

Independentemente da área, a escolha do fornecedor é um passo importante e estratégico. Alguns fatores conhecidos devem ser considerados, como a referência de mercado, a experiência, a garantia e o atendimento pós-venda. No entanto, durante o processo de seleção, é fundamental que as propostas orçamentárias recebidas sejam coerentes, passíveis de comparação e tecnicamente seguras ao empreendedor.

Por isso, o primeiro passo é preparar um descritivo técnico para cada setor, com alguns requisitos, especificações técnicas, desenhos e todo o material conveniente. Os fornecedores elaboram seus orçamentos a partir desse material, com o mesmo nível de informações para todos. Posteriormente, o engenheiro responsável do projeto faz a análise e, uma vez que todos os orçamentos são tecnicamente compatíveis e aceitáveis, pode-se avançar nas negociações. Esse procedimento, além de melhorar a análise dos orçamentos, permite conhecer melhor o fornecedor, seus métodos e reduzir a probabilidade de aditivos no futuro.

Em um projeto de implantação de UBA transitam inúmeros fornecedores distintos. Em média, são entre 15 e 20 empresas com atendimento direto e, por muitos momentos, de forma simultânea. Além disso, em vários casos, há uma dependência entre as empresas, ou seja, a atividade de uma impacta instantaneamente a atividade de outra, de maneira quase cíclica.

Por exemplo, a montagem da máquina de beneficiamento por parte do fornecedor só pode acontecer após a liberação do piso por parte da construtora. Antes de concretar o piso, porém, a empresa que cuida da parte elétrica deve finalizar toda a malha de aterramento. Por sua vez, para executar o projeto de aterramento interno, é necessário estar com o projeto executivo de montagem dos equipamentos finalizado.

Nesse exemplo, temos três empresas interagindo diretamente, com diferentes perspectivas. Essa combinação entre as empresas acontecerá ao longo de todo o projeto, por isso é indispensável uma coordenação de toda a execução para que os prazos possam ser respeitados. Essa coordenação deve ser realizada por um profissional capacitado e experiente, capaz de antever os problemas ou amenizar as consequências.

A principal ferramenta de apoio ao coordenador é o desenvolvimento de um cronograma do tipo Diagrama de Gantt. Com esse dispositivo é possível monitorar todo o processo, desde a fase inicial (Engenharia de Base) até a definição dos projetos executivos (Engenharia de Detalhe) e a implantação direta no campo. É possível definir as atividades predecessoras e sucessoras, ou seja, aquelas que repercutem diretamente sobre outras, entre diferentes fornecedores ou não. Por fim, é possível avaliar o efeito de atrasos pontuais em relação à data de início ou à de término da safra de beneficiamento, analisar os riscos e tomar ações imediatas.

Uma vez que a coordenação está bem estabelecida e há uma boa dinâmica entre os fornecedores, o trabalho deve ser mais voltado ao campo, ou seja, dedicado a conferir a qualidade da execução. Deve-se garantir que o projeto executivo está realmente sendo colocado em prática, conforme os itens contratados e com segurança. Para realizar essa conferência, reuniões periódicas na obra devem ser organizadas

junto aos fornecedores. Durante essas reuniões deve ser preparada uma ata, registrando os eventos importantes discutidos e as decisões deliberadas, o que assegura maior rastreabilidade e responsabilidade sobre os envolvidos (Figura 7).

Para que o projeto caminhe corretamente, recomenda-se que o empreendedor tenha o apoio de uma empresa de engenharia especializada, com profissionais capacitados no ramo, que conheçam na prática como se conduz um projeto, mas, acima de tudo, tenham intimidade com o algodão e o seu entorno. A engenharia responsável pelo projeto deve ser capaz de conduzir todos os processos da Engenharia de Detalhe, preparar os descritivos técnicos, avaliar e compatibilizar tecnicamente as propostas dos fornecedores, apoiar o cliente na contratação das empresas e na escolha dos principais materiais, coordenar e conferir a qualidade da execução no campo. Além disso, ela deve acompanhar e interagir com os fornecedores durante os testes, nas etapas de comissionamento e *startup*.

1.4. Comissionamento, testes e *startup*

Quando se considera que uma instalação está finalizada e em plenas condições de funcionamento com segurança, pode ser iniciada a fase de testes. Os testes devem ser conduzidos pelo fornecedor através de profissionais capacitados e treinados, com acompanhamento do engenheiro responsável do projeto e de colaboradores do contratante que serão encarregados de comandar o processo na safra de beneficiamento.

Normalmente, quando pensamos na fase de testes dentro de uma algodoeira, logo vem à mente o ato de ligar as máquinas de beneficiamento. No entanto, é importante atentar a outros elementos no entorno, principalmente



Figura 7. Reunião de coordenação de projeto (Fonte: Cotimes do Brasil, 2021)

por questão de segurança e para evitar falhas e distorção dos resultados dos testes. Podemos mencionar alguns pontos importantes que devem ser analisados antes de se começar efetivamente os testes iniciais, com ou sem algodão no circuito:

- Finalização dos trâmites com a concessionária de energia ou, se for o caso, com fontes alternativas para alimentação da rede;
- Conferir a operacionalidade do sistema de combate a incêndio;
- Conferir as instalações do conjunto do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) e malhas de aterramento;
- Verificar o sistema de gestão da umidade (vapor ou gás) para um alinhamento em conjunto com o da máquina;
- Recomenda-se que a UBA esteja assistida por uma apólice de seguro;
- Verificar se a parte elétrica de baixa tensão está acionada (quadro geral de baixa tensão, banco de capacitores, no *breaks*, etc.), principalmente para a proteção dos circuitos elétricos, evitando a queima de componentes;
- Conferir o circuito de ar comprimido que atende os equipamentos;
- Certificar-se de que todos os do-

cumentos estão validados pelos órgãos competentes, como a licença ambiental e o certificado dos bombeiros;
- Verificar se todas as máquinas de beneficiamento estão com as suas proteções, correias, correntes e demais elementos de transmissão devidamente alocados;
- Conferir detalhadamente os ventiladores e os circuitos pneumáticos;
- Limpar o interior das máquinas, para evitar resquícios da montagem que possam danificar os equipamentos ou produzir fogo, como parafusos, porcas e arruelas.

O comissionamento é iniciado "em vazio", ou seja, sem matéria e de maneira individualizada. Pode-se, por exemplo, testar o giro e o sentido de rotação de um motor ou ligar somente um equipamento de produção. À medida que cada elemento apresenta desempenho individual satisfatório, inicia-se o acionamento em conjunto, primeiramente em um setor até chegar à totalidade dos equipamentos. É importante deixar os equipamentos ligados "em vazio" por um certo tempo, por exemplo, para alisar as borrachas das válvulas de vácuo, para ouvir se existem ruídos anormais, para testar se a rede elétrica mantém a alimentação sem quedas frequentes e conferir se o desempenho dos circuitos pneumáticos atende às expectativas. Além de confirmar se a instalação foi realizada corretamente, o comissionamento também pode apontar falhas no projeto executivo que devem ser corrigidas antes da safra.

Posteriormente, inicia-se a fase dos testes "em carga", ou seja, com algodão no circuito (Figura 8). O primeiro algodão ajudará a limpar a máquina internamente, retirando, por exemplo, o excesso de grafite ou de talco, utilizados como lubrificantes sólidos. Pela força do atrito, esse algodão ajudará também a alisar algumas chapas internas. Com o tempo, as condições melhoram, cada etapa do processo ganha maior estabilidade e, aos poucos, se prepara a retirada dos primeiros fardos, sem considerar aspectos de produtividade e qualidade.

Uma vez que os processos evoluem e a máquina dá indícios de estar pronta para produzir, iniciam-se os testes de produtividade e de qualidade. É importante que a máquina chegue à sua produtividade nominal, mesmo que esse não seja o objetivo para a safra. Essa marca, porém, demonstra conformidade aos níveis de desempenho com os quais o fornecedor se comprometeu.

Com a produção estabilizada, o foco será na qualidade (Figura 9). Os testes de qualidade devem ser realizados em diferentes condições de forma a simular a safra. É importante que a análise não se limite à qualidade visual, mas que considere também os resultados de classificação instrumental.

De maneira geral, é importante escolher corretamente as variedades e as condições de umidade do algodão em caroço. Deve-se evitar beneficiar algodão de bordadura no início para não danificar alguns elementos como serras e serrilhas. Também



Figura 8. Início de testes em carga (Fonte: Cotimes do Brasil, 2020)

é importante exigir a participação dos fornecedores até o início da safra, principalmente do fornecedor de equipamentos de beneficiamento. Um acompanhamento até a produção de 10.000 fardos parece adequado para processos de alta produção.

O prazo para comissionamento e *startup* caiu nos últimos anos em virtude da melhoria das condições de montagem e da evolução dos equipamentos. Atualmente, pode-se considerar entre 15 e 20 dias como um período suficiente entre o início do comissionamento, a realização dos testes e ajustes e o começo efetivo da safra de beneficiamento. Em alguns casos, dependendo das condições em que o projeto foi realizado, se consegue esse começo num tempo ainda menor.

1.5. Documentação as *built*

O termo as *built* (ou, em português, "como construído") se refere a um conjunto de documentos preparado ao final da implantação de cada setor do projeto, retratando exatamente como a instalação foi entregue, ou seja, com as eventuais alterações realizadas no decorrer da execução, qualquer que seja o motivo ou a origem dessa alteração.

Normalmente, essa documentação é elaborada pela própria empresa responsável pela execução (fornecedor). Por isso, cada parte do empreendimento necessita ter a sua própria documentação as *built*, independentemente da área relacionada ou do volume de investimento. Em um projeto de UBA, podemos mencionar, por exemplo, os projetos de instalação dos equipamentos de beneficiamento, a documentação referente à obra civil, os projetos elétricos de média e baixa tensão, o projeto de proteção contra descargas atmosféricas, o projeto de combate a incêndio, entre outros.

A atualização de toda a documentação é fundamental para evitar maiores transtornos no caso de uma futura ampliação da indústria, necessidade de modificação de alguma instalação ou até mesmo a implantação de outras unidades industriais na mesma área – por exemplo, uma esmagadora de caroço. Além de evitar divergências entre projetos de áreas distintas dentro do complexo, essa atualização garante maior segurança jurídica ao próprio fornecedor, no caso de intervenção posterior de terceiros no local.



Figura 9. Testes de produtividade e qualidade (Fonte: Cotimes do Brasil, 2020)

2. Conclusão

Claramente, a implantação de um projeto de UBA representa uma enorme responsabilidade, recheada de riscos e desafios. A alta competitividade da indústria, o aumento de produtividade e tecnicidade dos equipamentos de beneficiamento, a necessidade de preparar todo o entorno com diversos fornecedores, o alto custo envolvido e o cumprimento dos prazos exige cada vez mais profissionalismo. A engenharia é uma ferramenta essencial para cumprir esse desafio, com etapas e procedimentos conhecidos e utilizados na indústria de todo o mundo, independentemente do setor. Junta-se a isso a necessidade de trabalhar com organização e objetivos claros. Com esse entendimento, a cadeia do algodão poderá prosperar cada vez mais, elevando o nível das algodoeiras e dos profissionais que atuam nesse setor.

Referências bibliográficas

TAMIETTI, R.P. **Engenharia de Projetos Industriais**. Minas Gerais: Unileste, 2009.

CHANSELME, J.L. **Implantação de Algodoeira e Processos de Beneficiamento** – Manual do Beneficiamento de Algodão. Cuiabá: IMAmt, 2013. p. 81-84.







Cherokee

Soluções completas para descaroçamento

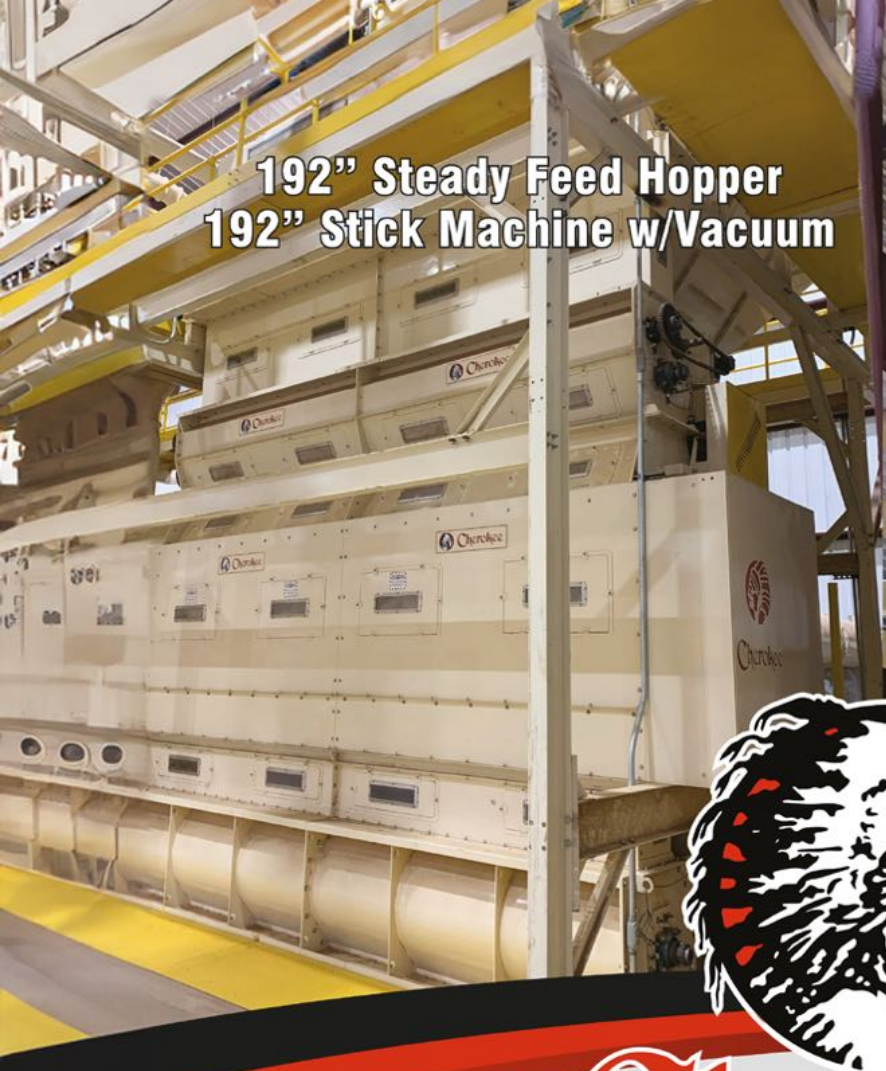
Apresentando as mais recentes inovações da Cherokee, fabricante líder mundial de máquinas de descaroçamento de alta capacidade.

Desempacotador de fardos redondos III

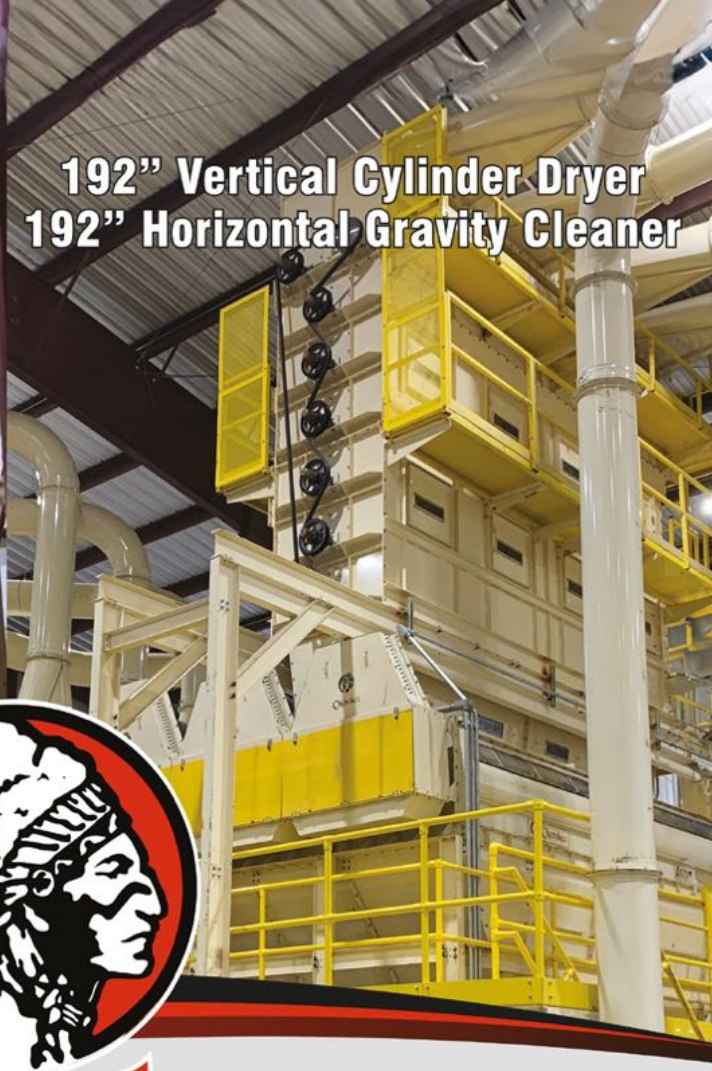
- O plástico é retirado do fardão, e não cortado, resultando em menos possibilidade de contaminação.
- A automação mantém o pessoal afastado do processo de desempacotamento.
- Macacos Mecânicos com fuso de esferas rotativo e paredes laterais fixas tornam o processo mais simples, mais eficiente e mais resistente.
- Adapta-se a desmanchador de fardos com cama fixas de todas as larguras.

Cherokee
COMPLETE GINNING SOLUTIONS

www.cherokeefab.com
13244 Hwy 280 East • Salem, AL 36874



192” Steady Feed Hopper
192” Stick Machine w/Vacuum



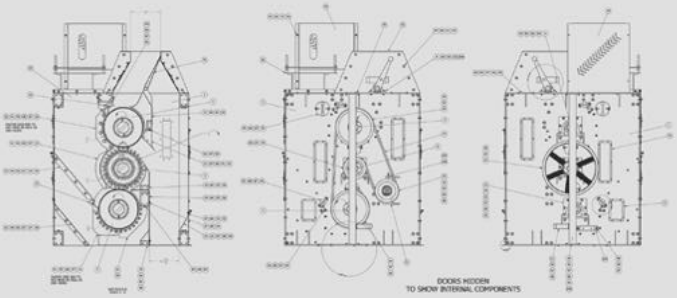
192” Vertical Cylinder Dryer
192” Horizontal Gravity Cleaner

Cherokee

HL de 192” de Largura

Elementos de design:

- Eixos removíveis em todas as serras, escovas e aspiradores
- Design de maquinário aprimorado melhora o fluxo e reduz o estresse na fibra



Limpadores com 192” de Largura

Elementos de design:

- Sistema de eixo removível em todos os eixos.
- Tubulação DOM usinada de 11 ¾” para maior resistência
- Diâmetro total de 17"
  - nos proporciona 33% mais área de superfície da grelha para uma limpeza mais eficiente por eixo
- Configuração de pino de 12 linhas
  - 35,63 pinos a cada 12 polegadas

Cherokee
COMPLETE GINNING SOLUTIONS

Delano M. C. Gondim
Mobile / WhatsApp : + 55 43 99114 1777
Email: codelano@terra.com.br

Jean-Luc
Chanselme

CAPÍTULO 4

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.

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 cabeça dispersora da máquina, também chamada de piranha, utiliza cilindros rotatórios de pinos ou facas para desmontar a massa de algodão.

Os desmanchadores de fardões são de tipo móvel ou fixo. O tipo móvel é encontrado nas unidades de processo antigo ou intermediário, enquanto o tipo fixo equipa hoje sistematicamente as unidades modernas.

1.1.1. Desmanchadores móveis

O desmanchador móvel é localizado em uma área coberta e com um piso de concreto. Os fardões que chegam do campo são descarregados na pista do desmanchador, que se desloca. O comprimento da pista permite, em geral, que se coloquem quatro a seis módulos retangulares encostados pelas pontas, ou 15 a 25 rolinhos. A falta de estrutura lateral impede que se encostem os rolinhos pelas laterais, pois, ao se retirar a lona (manualmente neste caso), os mesmos iriam se espalhar lateralmente, impedindo o deslocamento do desmanchador, A disposição dos rolinhos somente pode ser da forma chamada de "picanha" (Figura 1).

O desmanchador é montado em trilhas de cantoneiras. Um motorredutor move o desmanchador dentro do fardão. Pela velocidade de andamento, controla-se o fluxo de algodão que entra na usina. A estabilidade do fluxo fica limitada pela heterogeneidade de compactação ou variação de altura. Ela deixa ainda mais a desejar no caso dos



Figura 1. Desmanchador móvel e fardões redondos (Fonte: Cotimes do Brasil, (A) 2010 e (B) 2011)

rolinhos, pela variação importante e sistemática da altura do algodão, que chega a provocar frequentes embuchamentos e paradas da cabeça dispersora.

A capacidade do desmanchador móvel é limitada pela patinagem das rodinhas de movimentação nos trilhos. A capacidade nominal de um equipamento de boa fabricação é de 45 FPH.

O motor de tração aciona a cabeça desmanchadora também 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 seis a sete cilindros em rotação é projetado no espaço atrás dos cilindros e bate contra uma chapa traseira antes de cair nas roscas ou fita de saída lateral (Figura 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.

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 pista. Ela recebe o algodão do(s) desmanchador(es) 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 por necessitar de um ventilador a mais.

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 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 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 ela se aproxima do fim da pista.

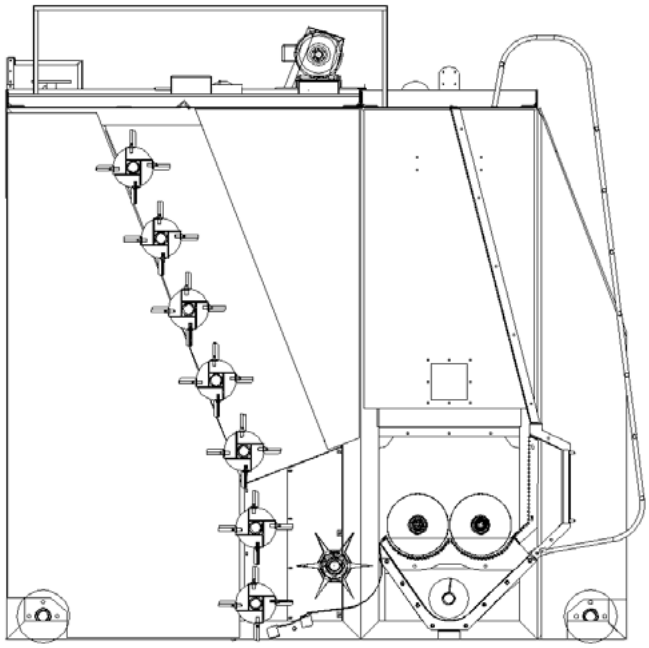


Figura 2. Corte do desmanchador de fardão móvel unidirecional (Fonte: Busa Ltda., 2004)



Figura 3. Poeira gerada pelo desmanchador móvel (Fonte: Cotimes do Brasil, 2008)

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 ela novamente poder ser abastecida. 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 3), 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 se descompactar o algodão em caroço do fardão, os pinos dos rolos desmanchadores arrancam fibra, soltando mechas observáveis no algodão depositado na fita lateral (Figura 4). 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 descaroçadores, onde se encarneiram, reduzindo o tipo da fibra produzida. A velocidade de rotação recomendada para os rolos desmanchadores é de 330 a 360 rotações por minuto (RPM). Velocidades maiores aumentam o beneficiamento pelos pinos e afetam negativamente a apresentação da fibra no caso de fardões com umidade média a alta.

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



Figura 4. Mechas de fibra beneficiada pelo desmanchador (Fonte: Cotimes do Brasil, 2005)

Opções dos desmanchadores móveis

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 5);
- O transporte transversal 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 mm a 12 mm para permitir a separação das casquinhas; devem ser orientadas paralelamente ao eixo das roscas para evitar perdas de algodão; O uso de uma fita para transporte transversal não permite tal limpeza.
- Acréscimo de um batedor inclinado no desmanchador móvel: o batedor recebe o algodão projetado atrás dos cilindros desmanchadores. Acrescido na máquina unidirecional ou aproveitando os cilindros de um lado da máquina bidirecional (que então se torna unidirecional), ele comporta, em geral, sete 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 encarneiramento da fibra e de sua sujeira, que fica mais difícil de separar nas demais etapas

de pré-limpeza, aumentará, no final, as perdas de fibra no limpador de pluma. Este problema se torna menos crítico se o sentido de rotação dos rolos de pinos da parte batedora é invertido, deixando o algodão em caroço passar por cima dos rolos.

- Sistemas de captação por ventilador da poeira emitida dentro da máquina (Figura 6).

Automação dos desmanchadores móveis

Quando não há 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 descaroçadores e o ritmo de beneficiamento dos conjuntos não é estável. Sem torre de regulação, todas essas variações obrigam o operador, frequentemente, a ajustar a velocidade de andamento dos desmanchadores para tentar conseguir uma alimentação fina e regular, suficiente, de todos os descaroçadores ou evitar um exagero de sobra. Em função do longo tempo que o algodão que sai do desmanchador leva para chegar até os descaroçadores (o qual 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, o que acaba em perda de produção significativa.

Neste caso, a automação da regulação da velocidade é impossível. Mas uma melhoria simples e necessária pode ser providenciada: 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 e as fortes variações de altura no caso dos rolinhos. Um paliativo interessante consiste em ajustar a velocidade de andamento em função da amperagem do motor dos rolos desmanchadores.

1.1.2. Desmanchadores fixos

Os desmanchadores fixos aceitam tanto módulos retangulares como redondos. A cabeça dispersora é fixa e os módulos se deslocam em cima de uma plataforma de movimentação constituída de unidades (camas) cujo número depende da capacidade nominal de beneficiamento. O comprimento da plataforma pode chegar a 45 m ou



Figura 5. Troca da chapa traseira por grelha (Fonte: Cotimes do Brasil, 2006)



Figura 6. Sistema de catação de poeira no desmanchador móvel (Fonte: Cotimes do Brasil, 2008)

mais para as UBAs de grande porte (Figura 7). As camas são de rolos sincronizados, de piso móvel (*walking floor*) ou de esteira metálica.

A presença de estrutura lateral de cada lado das camas permite que se encostem os rolinhos pelas suas laterais, constituindo assim uma estrutura cilíndrica contínua (Figura 8) a qual favorece a regularidade do fluxo de algodão em caroço gerado pela cabeça dispersora. A automação da máquina deve acionar as camas (motorredutores ou motores hidráulicos) garantindo o encostamento de cada rolinho no rolinho da frente. Pela velocidade de andamento da última cama (cama alimentadora) controla-se o fluxo de algodão que entra nas demais etapas do processo. A regulação de fluxo pelo desmanchador fixo não é perfeita, pois existe variação de densidade entre rolinhos assim como, às vezes, quebra dos mesmos, impedindo um bom encostamento.

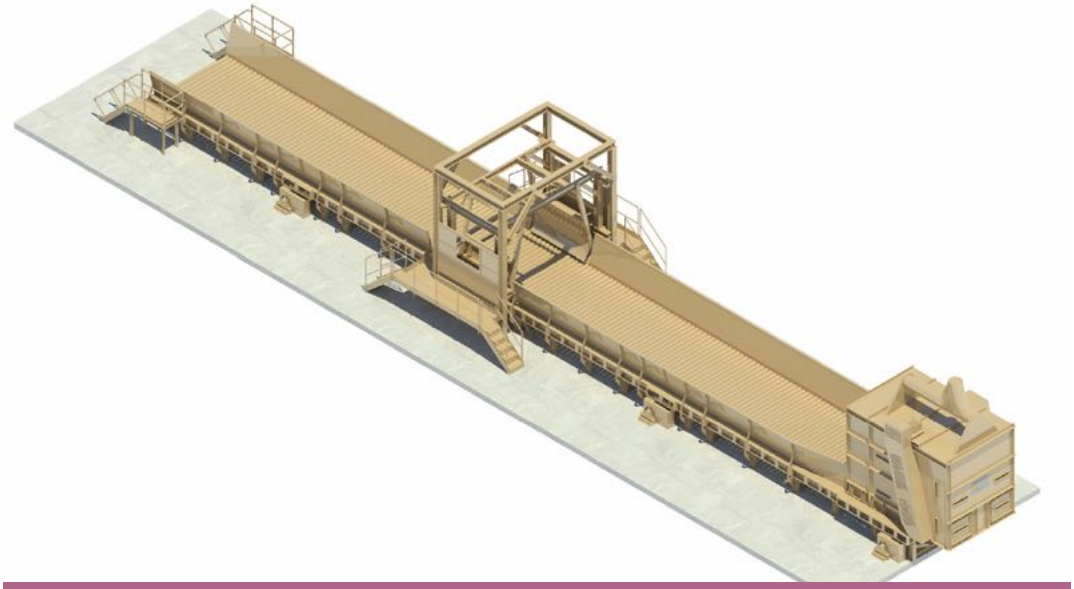


Figura 7. Vista 3D de um desmanchador fixo (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 2024)



Figura 8. Disposição dos rolinhos num desmanchador fixo (Fonte: Cotimes do Brasil, 2019)

A cabeça dispersora é muito similar ao desmanchador fixo quanto à estrutura (Figura 9). O princípio de desmanchamento é idêntico ao do desmanchador móvel, com os mesmos efeitos sobre a qualidade (arrancamento de fibra ou encarneiramento no caso de fardões com umidade média a alta). O algodão descompactado por sete rolos em rotação é projetado para trás e bate contra uma chapa ou uma grade vertical antes de cair acima de uma fita de saída lateral para sucção direta (caixa de ar quente), ou diretamente dentro do pulmão da caixa de regulação instalada num fosso abaixo da cabeça dispersora.

Os rolos desmanchadores têm comprimento de 120" e geralmente operam com rotações de 450 RPM.

Os desmanchadores fixos têm capacidade de até 100 FPH, dependendo do dimensionamento do sistema de sucção ou de regulação de fluxo que for acoplado a eles.

A emissão de poeira é baixa pela utilização de um sistema de aspiração conectado em vários pontos da cabeça dispersora.

O respeito das regras de segurança é fundamental na operação, cujo principal perigo são os rolos desmanchadores em rotação. No entanto, a presença de paredes laterais em todo o comprimento das camas até a cabeça deixa o risco bem menor do que no desmanchador móvel.



Figura 9. Cabeça dispersora do desmanchador fixo (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Abridores de rolinhos

Os abridores têm como função retirar a lona dos rolinhos sem intervenção humana direta. A propósito, o corte e a retirada manuais da lona como no caso dos desmanchadores móveis é incompatível com a disposição normal dos rolinhos na plataforma.

Existem dois tipos de abridores: o que corta a lona antes de levantar o fardão mecanicamente, agarra a lona e deixa cair o rolinho de algodão na cama (tipo Busa); e o que levanta e gira o rolinho, deposita-o numa das faces e retira sem cortar a lona puxando-a para cima, evitando qualquer risco de contaminação por fragmentos de lona (tipo Cherokee) (Figura 10). Neste último caso, os rolinhos ficam dispostos como uma sucessão de cilindros de pé, reproduzindo de alguma maneira a irregularidade da disposição "picanha" dos desmanchadores móveis e tornando imprescindível o uso de uma torre de regulação de fluxo.

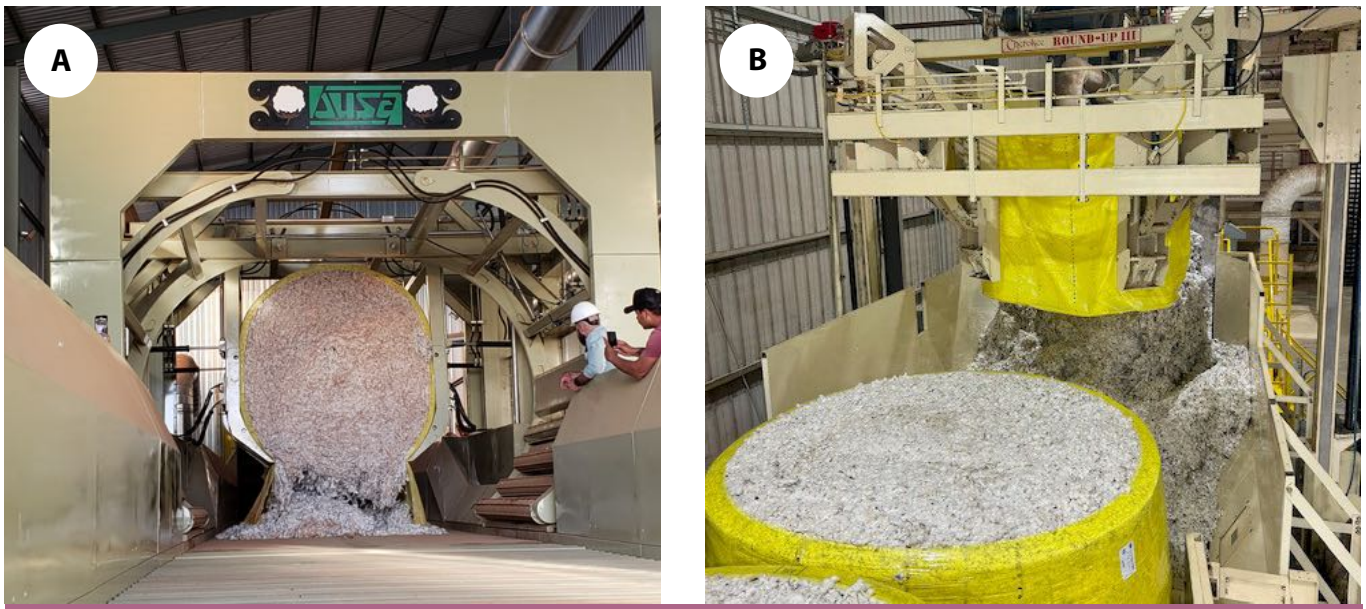


Figura 10. Abridores de módulos (rolinhos) (Fonte: (A) Busa, 2024 e (B) Cherokee, 2024)

O girador de módulos redondos é uma opção (Busa) para posicionar automaticamente o rolinho a fim de que o corte da lona seja efetuado na zona recomendada, como ilustrado no Capítulo 2. O girador detecta com sensores etiquetas fixadas na lona durante o processo de prensagem na colheitadeira e gira automaticamente o rolinho até a etiqueta estar na posição desejada. Essa tecnologia precisa ser afinada, pois ainda fica sensível à cor e à qualidade da lona utilizada.

Além dos dispositivos de segurança NR12, a automação do desmanchador fixo envolve o andamento individual e coordenado das camas, o abridor e a velocidade da cama de alimentação da cabeça desmanchadora. Essa última cama determina o fluxo de algodão entrando no processo e deve ser ajustada permanentemente e de maneira automática a fim de garantir uma alimentação permanente e suficiente dos descaroçadores. Quando o desmanchador despeja a matéria-prima numa torre de regulação, a automação é simples. Mas quando o algodão fica aspirado através de uma caixa de ar quente, essa automação é muito mais complicada, pois a cama de alimentação deve ser pilotada de maneira muito mais fina a partir da torre de sobra.

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 da mão de obra e é inadaptado às usinas de grande porte (30 fardos por hora ou mais). Somente algumas algodoeiras antigas de pequena capacidade ainda utilizam o telescópio manual para descarregar fardões e alimentar o processo (Figura 11).



Figura 11. Descarregamento por telescópio manual (Fonte: Cotimes do Brasil, 2004)

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 intermédio 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 fardões, desmanchadores são muito mais simples de se usar, mais baratos e com manutenção simplificada. No entanto, o descarregamento por telescópios hidráulicos não é mais encontrado nas UBAs do cerrado brasileiro.

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, primeiramente, numa caixa de regulação, para poder providenciar ao processo um fluxo constante de matéria-prima.

1.3. O controle da alimentação em algodão em caroço

Para conseguir um funcionamento e desempenho perfeitamente regulares e ótimos 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. Ele também deve ser automatizado, para evitar as flutuações inevitavelmente geradas pelas intervenções humanas. As máquinas chamadas de "torre de regulação" ou "caixa de alimentação" respondem a estes critérios. Os componentes destas torres são os seguintes (Figura 12):

- Uma tremonha 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 (pulmão). Para calcular o volume da caixa de alimentação, deve-se considerar uma densidade média de algodão de 70 kg/m^3 a 80 kg/m^3. Para não gerar embuchamentos na saída da caixa, a altura de armazenamento não deve ultrapassar 2,5 m 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 m 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^3 dará uma reserva de 1 minuto de beneficiamento, aproximadamente;
- Um dispositivo de dosagem do algodão com motorredutor 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 dispersor, 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. As torres duplas possuem 2 jogos de dosadores e 2 rolos dispersores (Figura 13);
- Uma válvula de vácuo (torre simples) ou duas (torre dupla), para isolar a caixa de armazenamento da caixa de sopro, onde o algodão liberado pela torre é misturado ao ar de retomada.

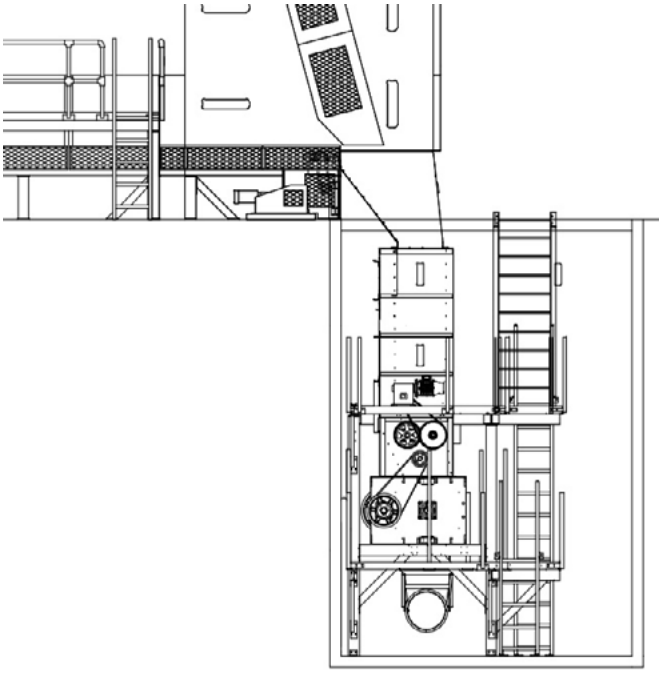


Figura 12. Corte de uma torre de regulação de fluxo em fosso (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 2024)

As torres de regulação têm largura de até 120" (largura da cabeça dispersora do desmanchador fixo) e capacidade de até 60 FPH no caso de uma torre simples ou de 100 FPH ou 120 FPH no caso de saída dupla. Torres duplas foram desenhadas para conseguir fluxos de matéria e pulmão suficientes no caso das altas capacidades. Ultimamente, torres simples de 144" apareceram no mercado para atender também altas capacidades. A fim de conseguirem alimentar tais processos, esses equipamentos têm válvula de vácuo aumentada para 42" ou 48". A capacidade de pulmão é limitada.

A tremonha de armazenagem das torres duplas precisa ser equipada com defletores laterais destinados a orientar o algodão para um dos dois pares de dosadores, caso o outro esteja parado, de modo a evitar que o algodão pare de descer por efeito de "ponte".

A torre de regulação fica alojada num fosso abaixo da cabeça dispersora do desmanchador fixo, ou na ponta da fita dos desmanchadores móveis. Neste caso, recebe o algodão por gravidade. Pode também ser instalada acima do piso (caso de descarregamento por telescópio ou impossibilidade de alojamento num fosso), mas neste caso deve ser equipada com um separador, pois o algodão precisa ser transportado por ar até ela.

Tal disposição necessita de um ventilador adicional somente para esta função. 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. A Lummus propõe uma configuração que permite combinar telescópio e separador, cabeça dispersora do desmanchador e torre de regulação.

A torre de regulação é um elemento essencial da automação do abastecimento do processo. Ela é interligada e interage com o descarregamento, a montante, e com a sobra automática e os descaroçadores, a jusante. Sensores fotoelétricos ou de fim de curso, instalados na caixa de armazenamento, controlam o nível alto (caixa cheia) e o baixo (pouca reserva). Quando a caixa está cheia, o autômato reduz a velocidade do desmanchador e da fita lateral, ou abre uma válvula pneumática de ar falso, no caso de se usarem telescópios. Por outro lado, quando o nível de matéria na torre está baixo, o autômato acelera o desmanchador ou fecha a válvula de ar livre. A jusante, uma caixa de sobra cheia interrompe ou reduz a rotação dos cilindros dosadores. Ao levantar um ou mais peitos de descaroçadores, o autômato reduz a rotação proporcionalmente ou faz os rolos dosadores pararem.

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

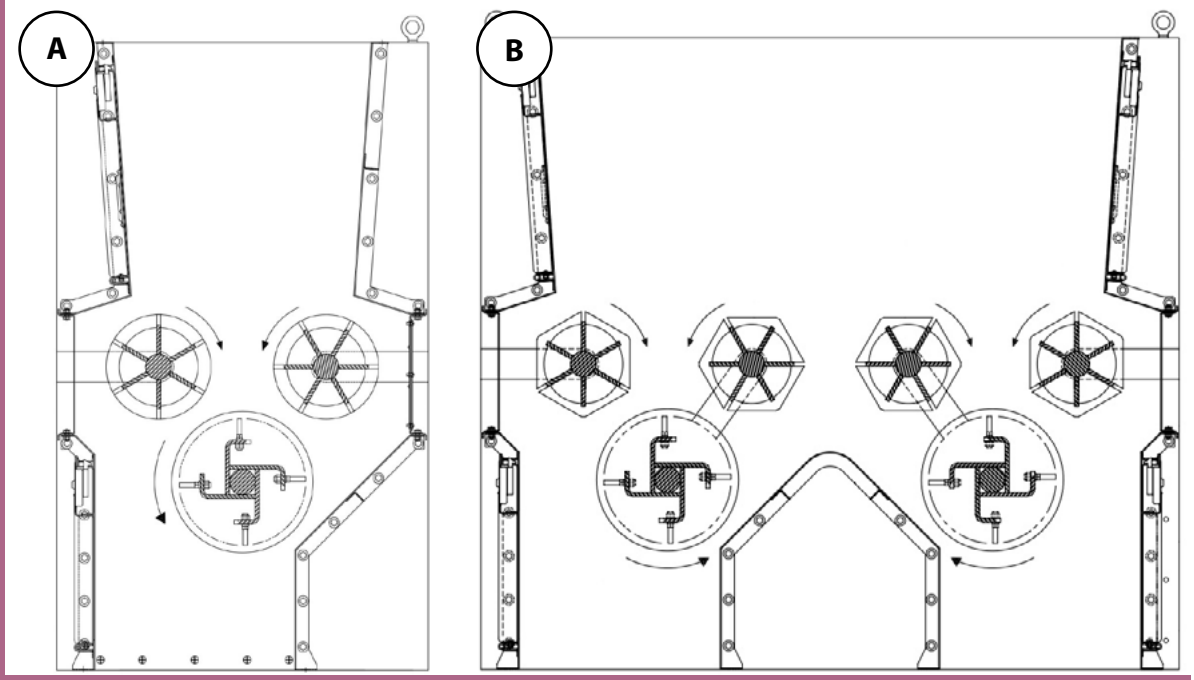


Figura 13. Detalhe da parte dosadora e dispersora em torres simples e torre dupla (Fonte: Lummus, 2020)

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 nos equipamentos, 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-la com bastante facilidade, deixando de aspirá-la quando o algodão é sugado por um fluxo vertical numa fita ou quando é utilizada a força de inércia ou centrífuga com a redução de velocidade do ar para separá-la do fluxo de ar de transporte. Essa segunda técnica é aproveitada pelos cata-pedras, também chamados de "armadilha de maçãs verdes".

No tipo mais eficiente (Figura 14), o ar de transporte e o algodão chegam a uma 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 uma corrente vertical de ar, ajudando a resgatar o algodão em caroço que poderia cair com os resíduos. O defletor deve ser regulado de maneira a conseguir o melhor compromisso entre eliminação de resíduos e perdas de algodão.

O cata-pedra, instalado numa porção do circuito de aspiração com pressão negativa (em geral entre o ponto de sucção inicial e o secador), deve ser dimensionado de acordo com o fluxo de ar no circuito. 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. Ela pode ser obtida por meio de uma válvula de vácuo ou de uma tampa pendular, com um contrapeso instalado na extremidade baixa do tubo.

Existe outro tipo de cata-pedra nas usinas antigas. De tipo tubular e de desenho antigo, 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 abri-lo, ele não pode ser adequadamente limpo), e isso resulta em rendimentos de fibra baixos e fibra de aspecto encarneirado, com graus baixos. O algodão seco demais irá gerar eletricidade estática e em-

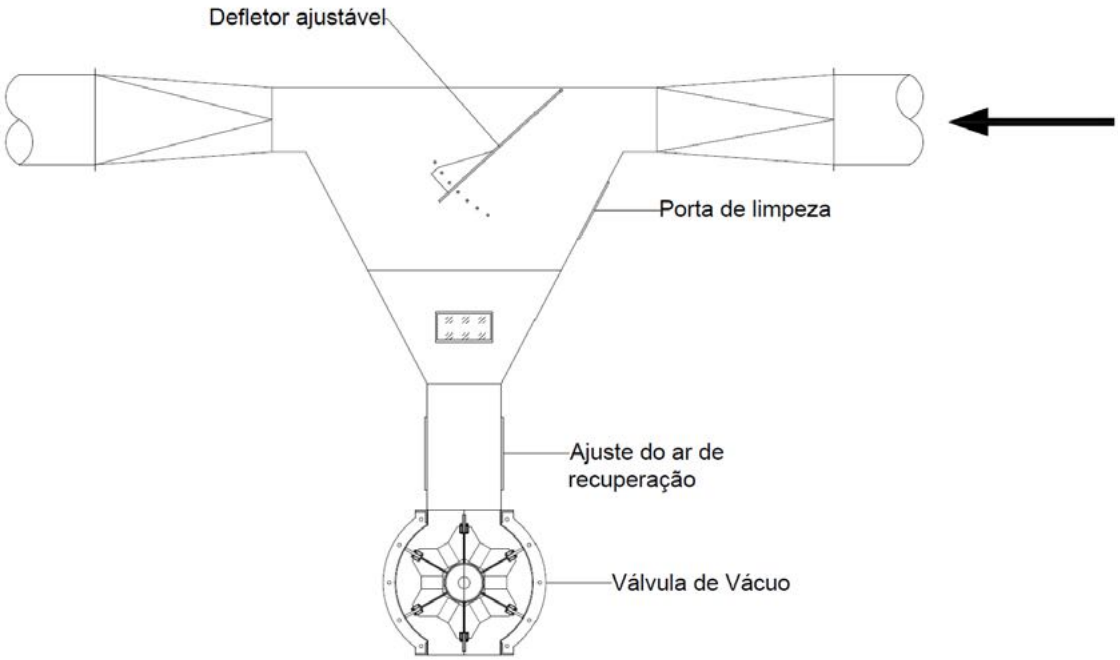


Figura 14. Cata-pedra triangular clássico (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

buchamentos. Ele será limpo facilmente, mas quebras de fibra irão ocorrer sob efeito dos estresses mecânicos violentos no descaroçador 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 algodoeiras 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 a limpeza da fibra. O controle da umidade no decorrer do processo gera lucro significativo, 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 a umidificação da fibra.

A gestão da umidade apresenta um interesse para todos na cadeia algodoeira. 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 com boa produtividade e qualidade de produtos acabados. A falta de controle da umidade do algodão no beneficiamento afeta drasticamente 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 15 mostra o teor de umidade do caroço, da fibra e do algodão em caroço no equilíbrio, em função da umidade relativa.

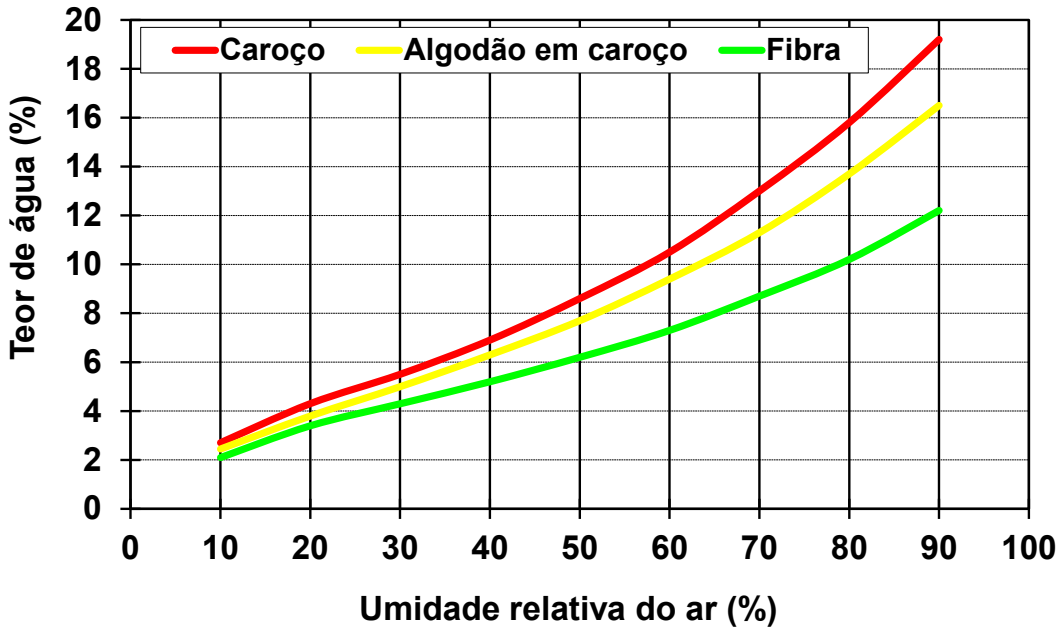


Figura 15. Equilíbrio higroscópico do algodão (Fonte: CIRAD, 1965)

Interpreta-se a figura da seguinte maneira: a fibra deixada no 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%.

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. Uma é 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 por 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, à noite, por exemplo, a umidade relativa do ar aumenta, e vice-versa (Figura 16). 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" à noite. A explicação é que o ar ambiente condiciona a fibra, umidificando-a naturalmente, eliminando os problemas devidos à eletricidade estática, deixando-a mais pronta para o descaroçador 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.

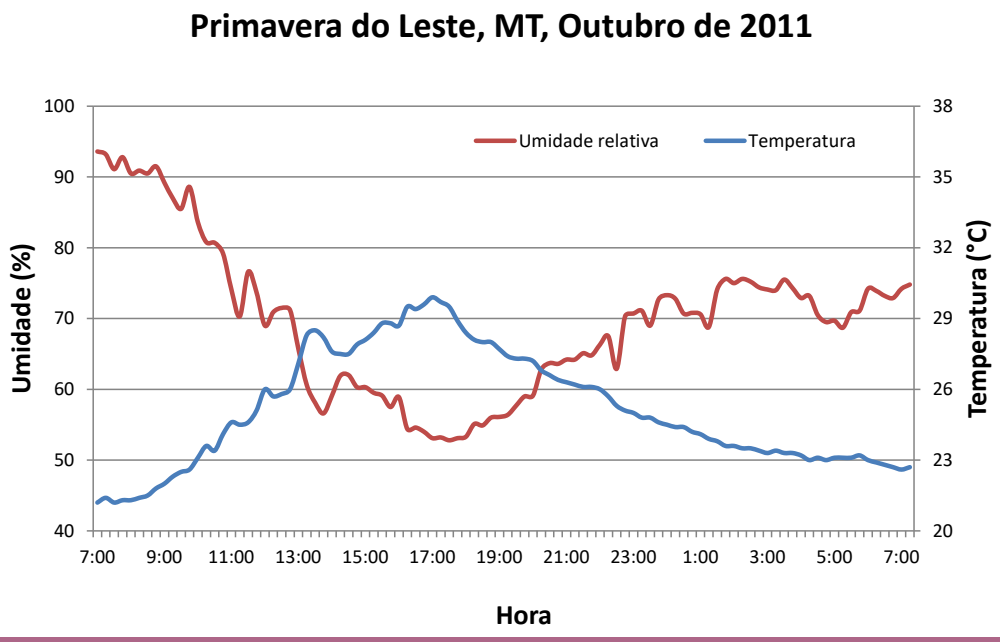


Figura 16. Variações diárias da temperatura e da umidade relativa do ar (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

2.2. A secagem do algodão em caroço

2.2.1. Justificação e princípio

Um sistema de secagem bem desenhado e dimensionado permite combinar os objetivos do produtor, do beneficiador e do fiandeiro. Ele facilita a limpeza e a abertura do algodão em caroço e reduz o encarneiramento; 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 descaroçar uma fibra seca. O sistema de secagem deve ser poderoso o suficiente para poder tratar qualquer tipo de algodão que chega à 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 usadas para tentar compensar desenhos errados 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; para secar, porém, 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 encarneirada na fibra úmida, no batedor.

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 5% a 6%. Considerando que a fibra e o caroço dentro de um fardão estão em equilíbrio, uma umidade de fibra de 6% corresponde a uma umidade de algodão em caroço próxima de 7%. Para conseguir o nível certo para a limpeza do algodão em caroço, a secagem deve, então, ser aplicada a partir de uma umidade de fardão de 7%.

A secagem do algodão em caroço é justificada na maioria das áreas produtoras do Brasil, principalmente no início e no fim da safra de beneficiamento. Por causa das condições climáticas no momento da colheita, fardões podem chegar à 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 d'água determinada pelo teor de umidade e temperatura. Se a pressão de vapor d'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 d'água. Quanto maior esta diferença, mais rápida a secagem. Ao se 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 d'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 for 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 15). 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 d'água por convecção;
- A abertura do algodão: o algodão em caroço aberto seca mais rapidamente.

Para uma determinada instalação de secagem, quanto mais úmido estiver 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: de início e constantemente, durante alguns segundos, ela 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 (AC) 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. Ele 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 177º 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. É preciso 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 aráulicas do sistema, para consumir o mínimo de energia. As matérias estranhas usam uma boa parte da energia calórica e, consequentemente, 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 e temperatura de ar. A velocidade do ar nas tubulações deve ser mantida entre 22 m/s e 25 m/s. Numa torre de gavetas, a velocidade é menor (entre 7,5 m/s 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 m^3/kg e 3,1 m^3/kg). A combinação do fluxo (m^3/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, ele 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 qualidade. Para evitar temperaturas elevadas, 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, eles utilizam apenas 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 sistema.

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 terá de levar em conta o custo de investimento e de uso.

Vale salientar que capacidades de colheita insuficientes, que resultam em geral em colheitas noturnas com umidades altas, têm impacto negativo importante em termos de produtividade e qualidade na algodoeira. Isso não ocorre quando a sequência está adaptada e conta com uma secagem reforçada em duas etapas, com secadores de alta eficiência e altos volumes de ar.

2.2.3. Equipamentos

O sistema de secagem comum usa uma fonte de calor (queimador ou trocador de calor 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.

2.2.3.1. Fontes de calor

A fonte de calor condiciona a eficiência do sistema de secagem. Ela deve ser adaptada a grandes fluxos de ar. Por isso, na secagem com gás, 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:

kcal por hora = 0,29 x (fluxo de ar m^3/h) x (T_2-T_1)

Em que

T_1 = temperatura do ar ambiente (em °C); e
T_2 = 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.

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

Queimadores a gás

No Brasil, o gás utilizado para a secagem do algodão nas algodoeiras é o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), que tem um teor mínimo de calor de 11.000 kcal/kg. Assumindo uma eficiência de combustão de 95%, a quantidade de combustível necessária para gerar 394.400 kcal é de cerca de 38 kg GLP.

Os queimadores devem ter uma combustão eficiente e uma grande amplitude de 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 17). Os queimadores utilizados nas algodoeiras 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.

Trocador de calor e vapor d'água como fluido de aquecimento

Ao se considerarem 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 se generalizou no Brasil (Figura 18). O dimensionamento adequado do trocador de calor é importante para conseguir as temperaturas desejadas e não abafar o fluxo de ar (procurar uma perda de carga de 1 a 1,25" de coluna de água). A pressão estática gerada pelos trocadores de calor, mesmo se bem dimensionados, pode impossibilitar uma secagem com apenas aspiração. Neste caso, um ventilador de empurrar deve ser acrescentado para auxiliar, aspirando ar através do trocador e soprando o ar quente no circuito.

Hoje, encontram-se no Brasil muitas falhas de dimensionamento e cuidados devem ser tomados ao comprar tais sistemas, sempre com especificações técnicas a serem respeitadas pelo fornecedor. 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 usa regulagem manual muito precária (entrada de ar frio por chapa pendular) e apresenta um risco muito alto de secagem excessiva e até acinzentamento da fibra, que leva a recomendar o abandono deste equipamento.

2.2.3.2. Os dispositivos de mistura do algodão com ar quente

Os dispositivos de mistura do algodão em caroço com ar aquecido são usados 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 forte deslizamento do ar sobre o algodão até ele ter atingido a velocidade do ar. Temperaturas excessivas neste local danificam a fibra.

A caixa de ar quente (*hot box*) permite combinar

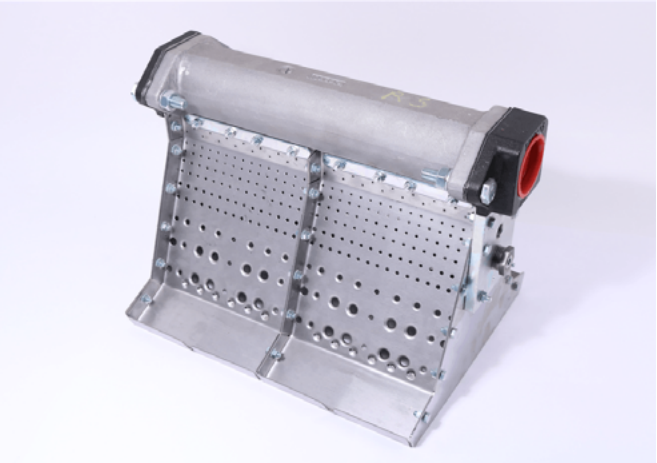


Figura 17. Queimador a gás de cortina (Fonte: Maxon, 2024)



Figura 18. O trocador de calor deve ser dimensionado (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

aspiração na fita do desmanchador com a secagem. É instalada no ponto de sucção, na extremidade da fita do desmanchador de fardões móvel ou na lateral da cabeça dispersora do desmanchador fixo (Figura 19). O ventilador de sucção puxa o algodão que entra na caixa e o ar quente. Este dispositivo é econômico, pois combina sucção, secagem e separação de pedras. 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 o beneficiador a gastar muito mais combustível para conseguir a temperatura de ar de secagem desejada. Tais dispositivos não são adaptados para secagem de algodão de umidade alta.

A caixa de sopro (Figura 20) 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, desenhada e vedada, para não gerar embuchamentos e perdas de produtividade.

2.2.3.3. Os secadores

Os secadores evoluíram muito no decorrer do tempo.

O primeiro secador utilizado em grande escala é o de gavetas, no qual o ar quente e o algodão circulam juntos com algum deslizamento, devido às desacelerações do algodão em cada curva.



Figura 19. Caixas de ar quente com desmanchador móvel (A) e com fixo (B) (Fonte: Cotimes do Brasil, (A) 2007 e (B) 2021)



Figura 20. Caixa de sopro (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

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 de 16 a 24 gavetas, com espaçamento pequeno de 20 cm a 35 cm (Figura 21). 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 fica saturado em umidade e pode até devolver água para a fibra. Sem isolação 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 de eficiência variável estão disponíveis no mercado e sendo utilizados nas algodoeiras modernas do 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 ser utilizada em sistema de secagem por sucção (Figura 22). Ela trabalha com fluxo de ar médio (a taxa ar/algodão é de 1,6 m^3/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.

Existem vários modelos de secadores sem gavetas. Eles 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 23). O algodão movido pelo ar quente entra pela base e é projetado para

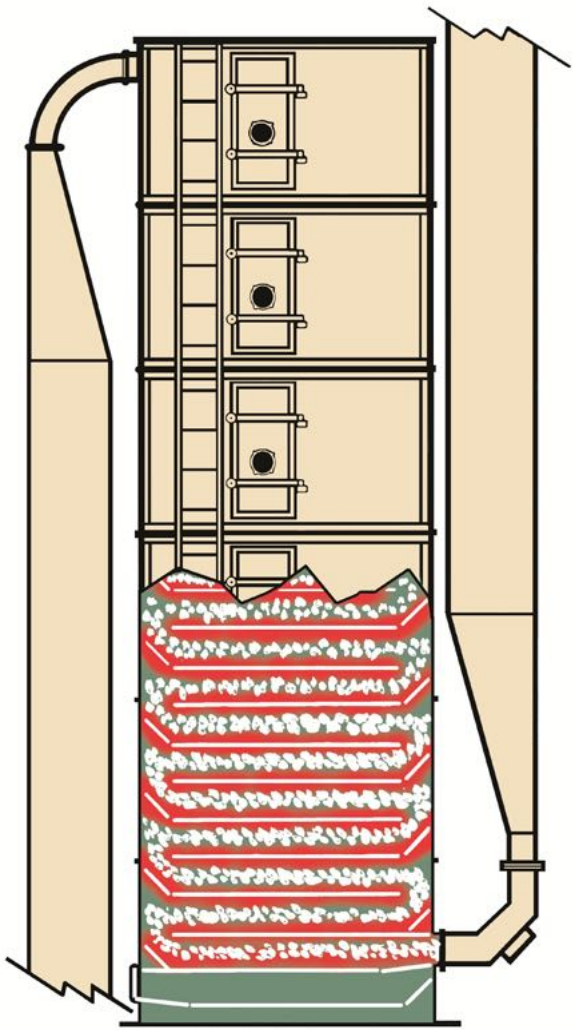


Figura 21. Torre de gavetas convencional (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 19–)

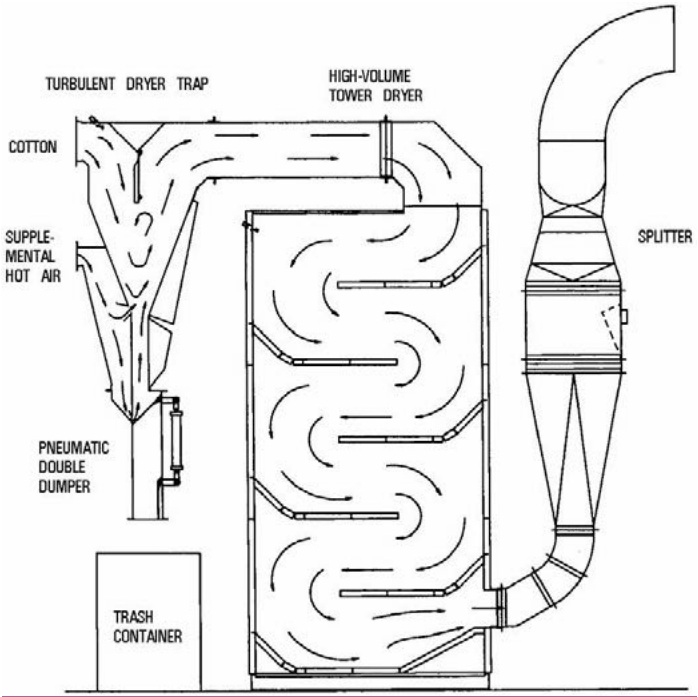


Figura 22. Torre de gavetas de alto volume (Fonte: Lummus Corp., 2003)

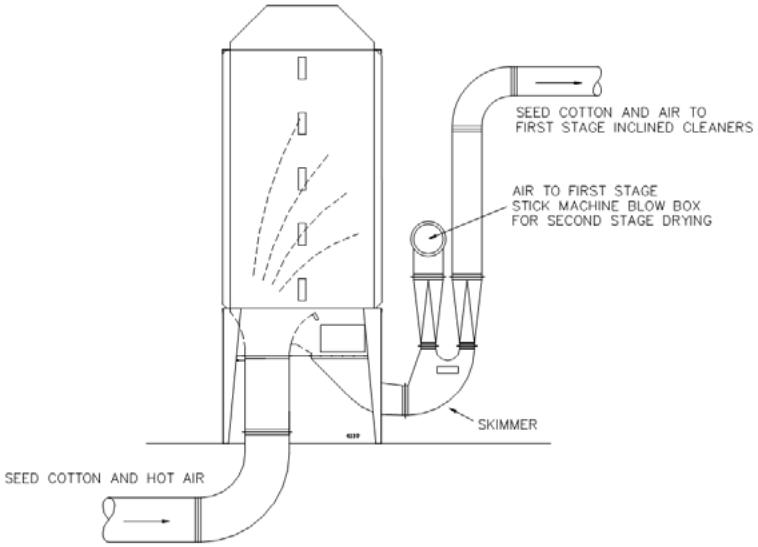


Figura 23. Torre secadora de tipo fonte (Fonte: Samuel Jackson Inc., 2008)

cima. Ele fica flutuando nas turbulências, trocando a água com o ar turbulento, que é continuamente renovado. A eficiência (média) deste tipo de torre é atribuída ao alto volume de ar e deslizamento gerado pelas turbulências e à 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. Ele utiliza a colisão com um ar quente adicional, injetado do lado oposto à entrada do algodão. Uma nova 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^3/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, ou SFV (Figura 24), 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 giram em cima de uma grade de cantoneiras. A fibra afofa-se e se torna muito acessível ao ar quente.

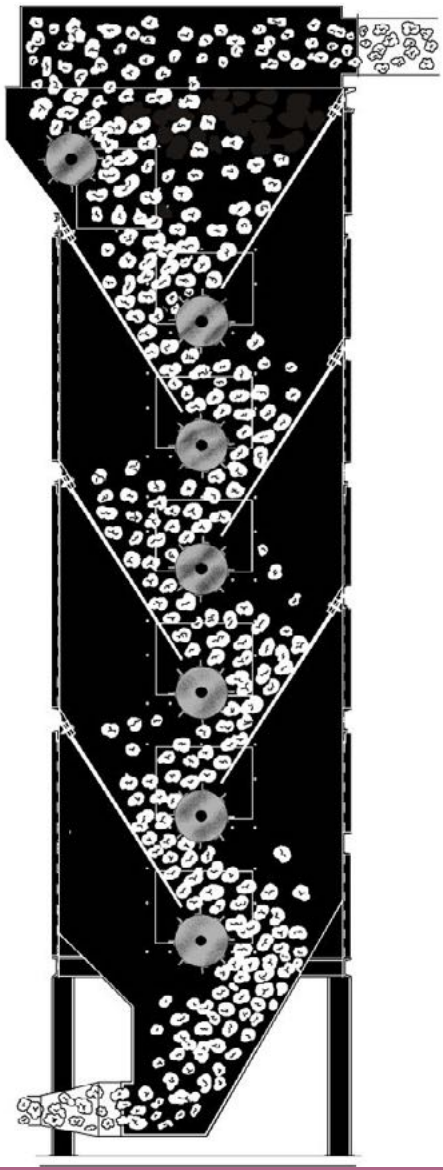


Figura 24. Secador de fluxo vertical (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 2004)

A máquina é muito 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 inclinadas, e grande abertura da massa de algodão. O SFV pode ser montado acima de um batedor horizontal.

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. Com largura máxima de 72" (torres de gaveta) e 192" (secador de fluxo vertical), os secadores têm capacidade individual de até 45 FPH.

2.2.3.4. Dispositivos de separação do algodão e do ar quente

Os dispositivos de separação 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, eles são denominados batedores de ar quente.

2.2.3.5. Circuitos de ar e tubulações

Nas tubulações, pouquíssima secagem acontece, exceto justamente após o ponto de mistura. Nas tubulações, as condições de secagem não são as mesmas. Não há turbulências ou deslizamentos 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 circuito (em particular, quando há aquecimento com radiador/caldeira). No caso do uso de combustível (GLP ou petróleo), a isolação 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 rapidamente.

A secagem de algodões com umidades altas (acima de 12%) precisa ser efetuada em duas etapas sucessivas, mesmo com os secadores mais eficientes. Duas etapas são interessantes também para evitar a retomada de umidade do ar ambiente e conseguir melhor eficiência na 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 é facilitada pela divisão do fluxo de algodão entre duas linhas de pré-limpeza.

Nas UBAs antigas brasileiras, a secagem é originalmente efetuada com 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, custoso em energia (sistema independente da sucção e pressão estática alta) e que gera poeira dentro do prédio de beneficiamento (pressão positiva).

Nas algodoeiras modernas, o sistema consiste de um aquecedor (queimador a gás ou trocador de calor/caldeira), alguns ventiladores (puxa ou empurra-puxa), encanamento, secador do tipo torre e limpador de algodão em caroço inclinado, que separa o ar úmido do algodão, limpando-o (Figura 25). Existe grande variação no *layout* da

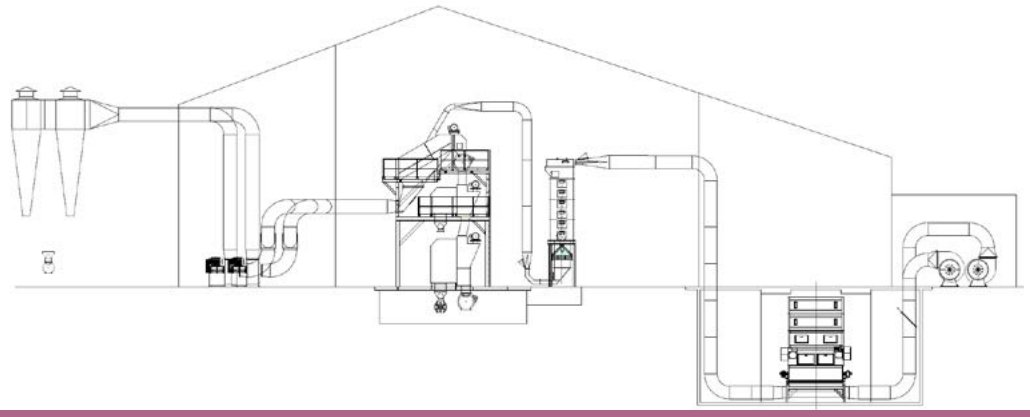


Figura 25. Sistema de secagem em 1 etapa de uma usina moderna (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

secagem e quantidade de ar requerida; a duração da exposição à secagem pode variar bastante entre algodoeiras. Em geral é econômico, pois combina sucção e secagem. A sujeira separada nos batedores é aspirada pelo ventilador de sucção.

Sistemas deste tipo existem em algumas usinas antigas, que foram modernizadas 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 ou uma torre de regulação, torre fonte, batedor trabalhando com sucção e ventilador de sucção/secagem (Figura 26).



Figura 26. Melhoria da secagem em uma usina antiga (Fonte: Cotimes do Brasil, 2005)

2.2.4. Operação e gestão da secagem

A primeira condição para conseguir uma boa operação e gestão da secagem na algodoeira é dispor de um sistema bem dimensionado. As temperaturas utilizadas devem ser razoáveis (70° C a 110° C). Não há 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-se a umidade relativa do ar. A primeira operação a ser providenciada é a medição da umidade do algodão.

2.2.4.1. Gestão manual da secagem

A medição manual (umidímetro) é possível e mais fácil na fita do desmanchador de fardão, onde o algodão é descompactado e parcialmente mexido. O Capítulo 17 trata dos medidores de umidade e apresenta detalhes sobre os equipamentos e sua utilização. A medição manual é lenta, pontual, pouco repetitiva e mobiliza mão de obra. Não permite detectar variações repentinas no caso de núcleos de umidade no fardão. Não permite ajustar a temperatura frequentemente para responder às variações de umidade na matéria-prima. Usualmente, temperaturas exageradas chegam a ser utilizadas para proteção contra 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 secar exageradamente a fibra é grande também pela irregularidade de fluxo de matéria.

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-se as temperaturas que permitem conseguir uma umidade do algodão em caroço seco de 5% a 6% nas várias condições de umidade do algodão e do ar encontradas na algodoeira. Um sensor de temperatura deve ser instalado justamente antes do ponto de mistura para controlar e limitar 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.

2.2.4.2. Gestão automática da secagem

A automação da secagem resulta em economias de energia consideráveis, particularmente no caso do uso do GLP. O consumo de combustível do aquecedor é ajustado para a quantidade realmente necessária e pela redução das chamas do aquecedor quando não há algodão no sistema. O risco de secagem em excesso 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 indispensável. 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.

Vários sistemas de regulação automática são ainda 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 da quantidade do algodão no sistema. O primeiro sensor deve estar localizado o mais próximo possível do ponto de mistura, num lugar onde a velocidade do ar é alta, mas que 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 27). No Brasil, o desenvolvimento de tais sistemas não avançou muito pela falta de disponibilidade de sensores específicos para medição precisa da umidade do algodão em caroço. Fica muito importante então o desenvolvimento de tais sensores localmente e com preço acessível.



Figura 27. Sensor de umidade norte-americano na esteira do desmanchador (Fonte: Cotimes do Brasil, 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. No entanto, 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 necessária para romper a fibra em qualquer lugar fora do seu pé aumenta com a umidade (Figura 28). Pode-se simplesmente dizer que a umidade protege o comprimento da fibra, reduzindo o risco de rompê-la.

Vários estudos conduzidos principalmente nos EUA mostraram de maneira sistemática que, para proteger a fibra nos descaroçadores e limpadores de pluma, conseguir comprimento e reduzir a taxa de fibras curtas, é interessante ter a umidade mais alta possível (Figura 29). Neste exemplo, reduzindo a umidade da fibra de 7,4% para 3,4%, o comprimento comercial 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 apresenta uma umidade de fibra de 3% a 5% ao chegar à algodoeira. A fibra corretamente secada para ser limpa na pré-limpeza também chega ao descaroçador com umidade de cerca de 5%. São umidades baixas, insuficientes ao entrar no descaroçador, 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 levemente a produtividade no descaroçador.

O mercado valoriza cada vez mais as características de comprimento do algodão brasileiro, pois elas impactam a qualidade e rentabilidade da fiação. Uma melhor remuneração do comprimento pelo mercado favorecerá 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 baixa é desfavorável à produtividade e à qualidade, bem como a umidade em excesso, que reduz o tipo (encarneiramentos) e a produtividade (embuchamentos).

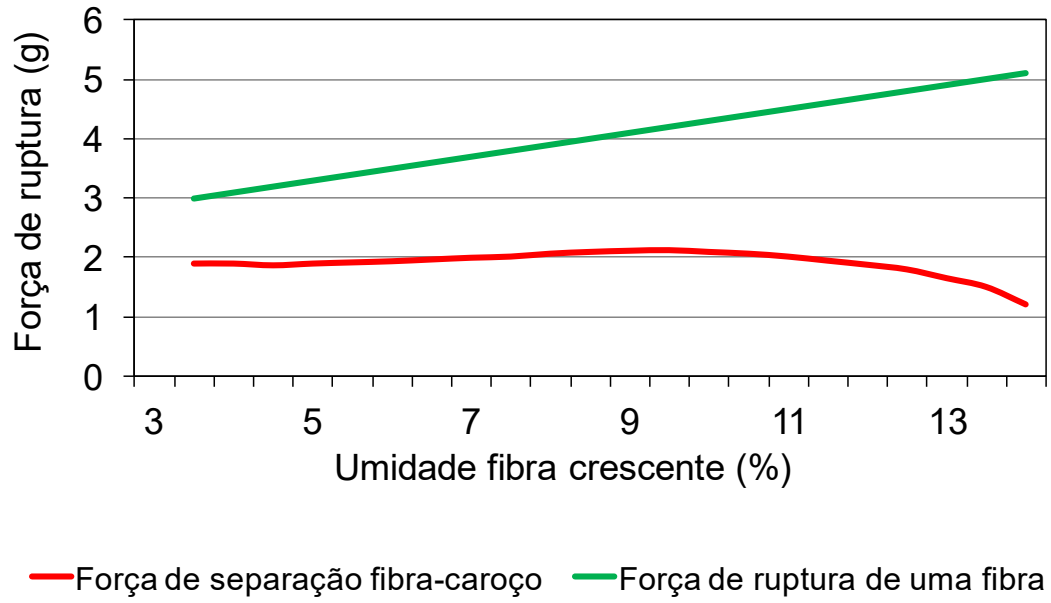


Figura 28. Umidade da fibra e ruptura (Fonte: CIRAD, 2005)

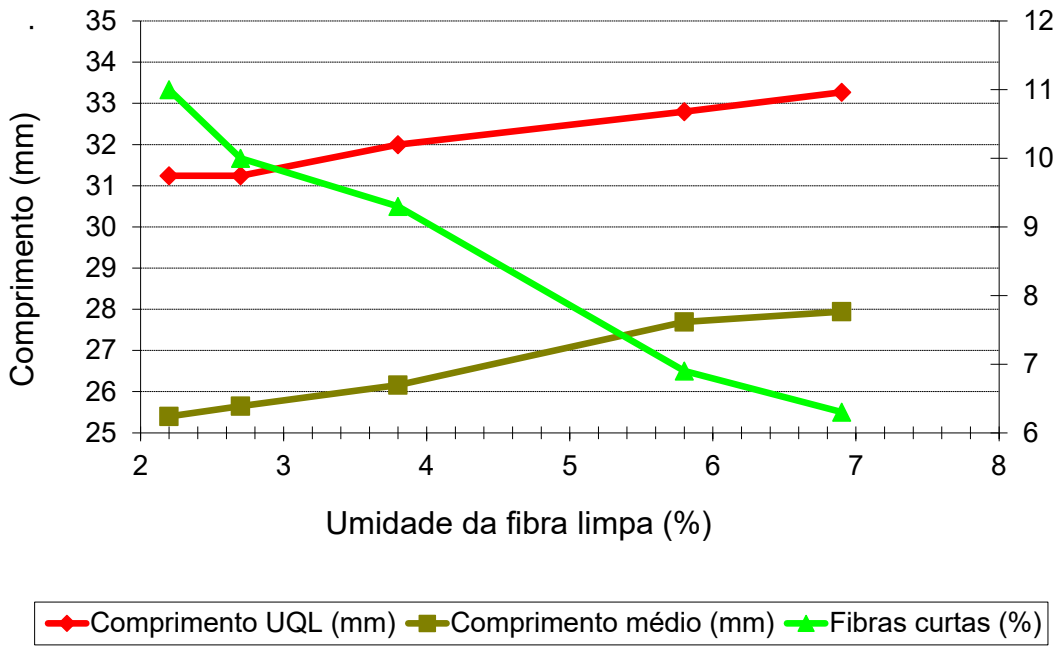


Figura 29. Umidade da fibra e comprimento (Fonte: CIRAD, 2005)

A taxa de umidade da fibra na entrada do descaroçador deve então ser controlada. Ela deve ser mantida numa faixa de 6,5% a 8%.

2.3.3. Equipamentos

A técnica recomendada é 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 d'água alta, a fim de fazer com que a água migre para a fibra. O isolamento térmico das tubulações é importante para a economia de energia, a eficiência, e também para reduzir 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 GLP 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 descaroçadores. 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 descaroçador, a fim de evitar umidificação em excesso (Figura 30). As características de fluxo de ar devem ser ajustadas de maneira a não perturbar a descida da coluna de algodão na caixa. A caixa precisa ser equipada com portas de acesso para limpeza frequente.

A umidificação do algodão em caroço pode também ser realizada utilizando-se vapor d'água como fonte de calor, com o mesmo equipamento de aplicação. O uso direto de vapor de caldeira para saturar o ar em vapor d'água não é recomendado, pois leva o ar a temperaturas excessivas, desfavoráveis à retenção de umidade pela fibra.

Outras técnicas de umidificação do algodão em caroço devem ser desconsideradas, tais como aspersão de água diretamente sobre o algodão na rosca distribuidora ou injeção de ar úmido ou vapor no alimentador de descaroçador. Elas 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 descaroçadores. Devido ao impacto da umidificação do algodão em caroço sobre a produtividade do descaroçador e à qualidade da fibra, qualquer anomalia deve ser detectada muito rapidamente. Por

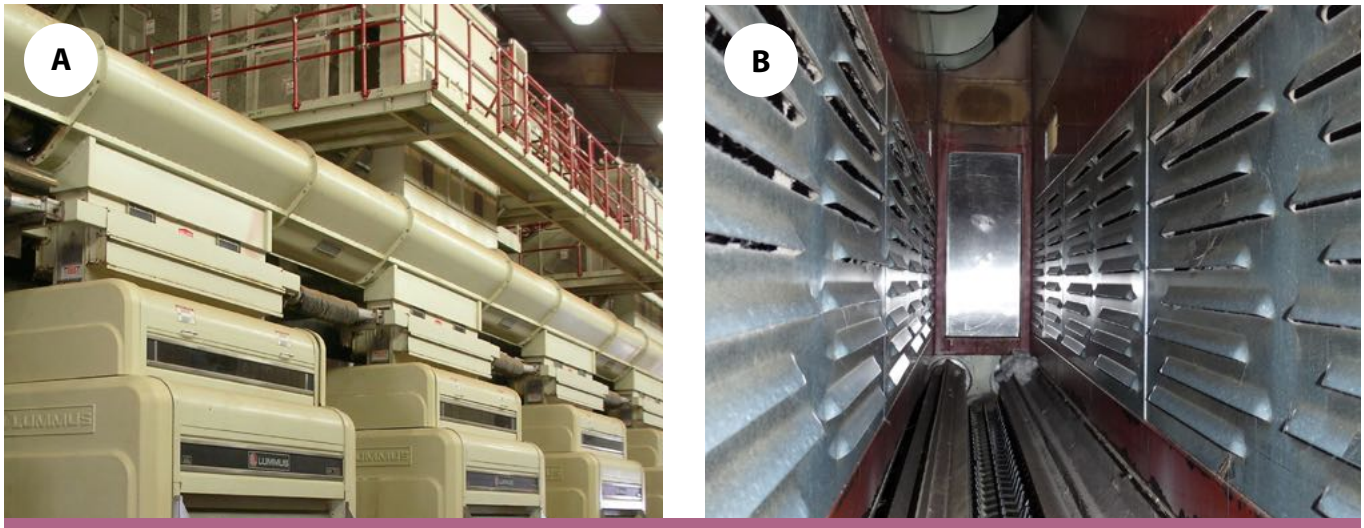


Figura 30. Caixa de umidificação do algodão em caroço: aspecto exterior e interior (Fonte: Cotimes do Brasil, (A) 2009 e (B) 2010)

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 31). 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 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 amarração, 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, 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 dois pontos e um valor da fibra base Cotlook Índice A de R$ 8,6 por quilo, o lucro adicional é de R$ 39 por fardo de 227 kg, ou seja, R$ 1,95 milhão para uma safra de 50.000 fardos, produção média de uma usina antiga de dois 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 ter as umidades de fardos mais altas possíveis para vender água ao preço da fibra. O interesse da indústria têxtil é comprar uma fibra com taxa de umidade suficiente para



Figura 31. Controle manual da umidade do algodão em caroço nos alimentadores (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

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 obter 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, eles utilizam geradores de ar úmido que combinam o aquecimento do ar e a pulverização de água. A fonte de calor é um queimador (GLP ou querosene) ou o vapor de caldeira. O ar quente e saturado em umidade é levado por um ventilador até o ponto de contato com o algodão, num dispositivo de aplicação localizado 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 úmido. A diferença de velocidade entre a fibra e o ar úmido é grande, permitindo uma umidificação significativa em toda a espessura da manta (Figura 32). Todos os fabricantes oferecem esse dispositivo, que pode ser melhorado pelo aquecimento e isolamento térmico da bica.
- Condensador geral umidificador: uma única máquina prepara a manta e a umidifica (Figura 33). Solução MCC da Lummus;

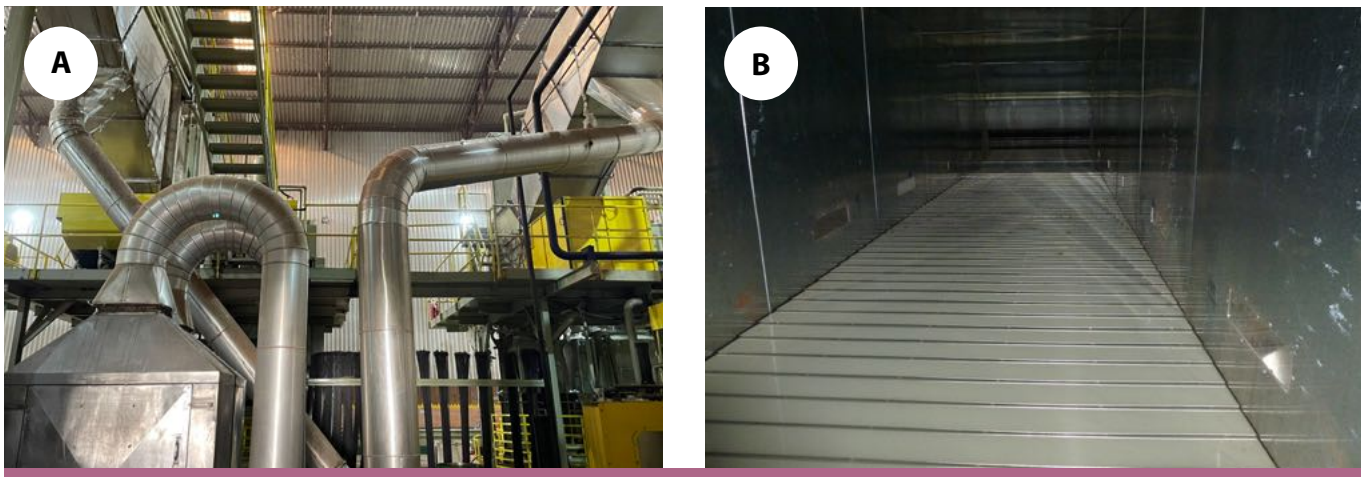


Figura 32. Umidificação pelo fundo da bica (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

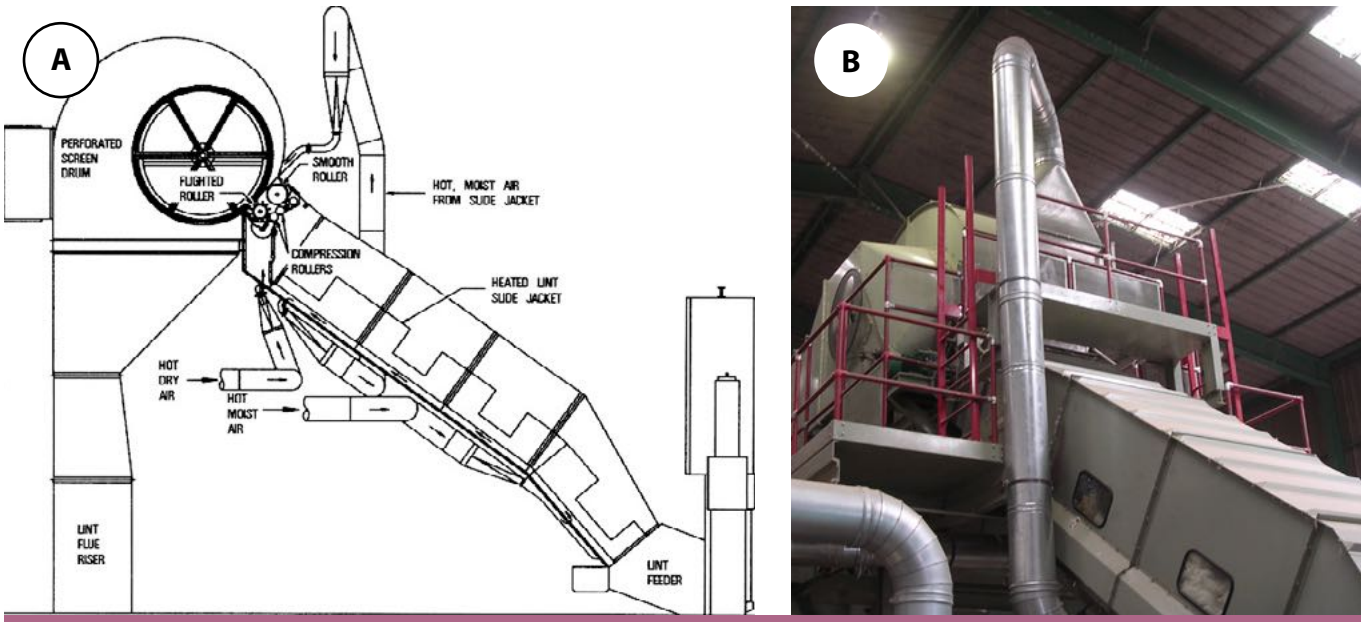


Figura 33. Condensador umidificador: MCC da Lummus (Fonte: (A) Lummus Corp., 2004 e (B) Cotimes, 2005)

- Caixa de umidificação inserida na bica: a passagem do ar úmido numa manta comprimida aumenta a troca de vapor d'água entre o ar quente e a fibra. A umidificação é muito eficiente, chegando a até 3,5 ou 4 pontos, segundo os fabricantes (Figura 34). Encontram-se hoje no mercado o Steam Roller, da Samuel Jackson, o Cirrus, da Cherokee, o Mistral, da Bajaj-Continental Eagle, e o Stratus, da Busa.

Uma técnica de umidificação ainda comum nas UBAs antigas do Brasil, de investimento baixo e operação barata, consiste em jogar água em cima 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 fardos, mas apresenta numerosos inconvenientes:

- Ele molha a fibra em vez de umidificá-la. 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 perdas de produtividade, além da perda dos fardos por degradação da fibra (Figura 35).

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 a sua isolação térmica. Da mesma forma que para o algodão em caroço, o uso direto de vapor de caldeira para saturar o ar em vapor d'água não é recomendado, pois leva o ar a temperaturas excessivas, desfavoráveis à retenção de umidade pela fibra.

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-se um umidímetro de algodão



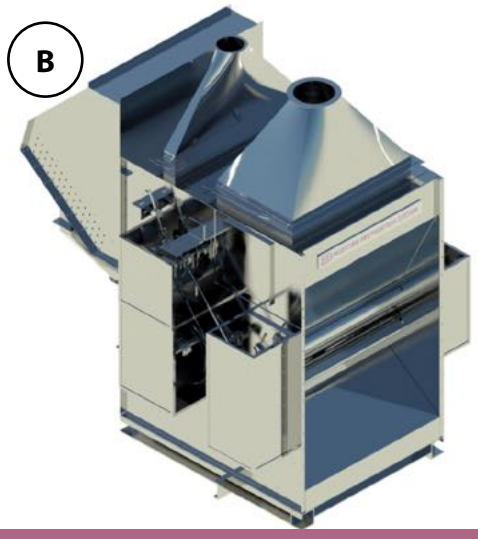


Figura 34. Dispositivo de umidificação forçada inserido na bica (Fonte: (A) Cherokee e (B) Bajaj-Continental, 2024)

portátil (Figura 36) para fazer três 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 levá-la de volta 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, posicionado no braço do empurrador da embaladeira, onde a pressão de aplicação é relativamente constante de um fardo para o outro, permitindo a calibração e relativa precisão. O sinal do sensor é utilizado pelo controlador lógico (CLP) para atuar sobre a produção de ar úmido. Um fabricante propõe 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, conforme 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 kg 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).

Vale lembrar que os medidores e sensores de umidade de resistência têm leitura impactada pela temperatura do algodão, dando valores superestimados quando a fibra está quente na saída da prensa. Por isso, é preciso comparar os valores medidos na embaladeira com os valores medidos após o esfriamento do fardo e assim determinar o setpoint adequado na medição inicial do fardo quente.

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.



Figura 35. Fardo molhado por aspersão (Fonte: Cotimes do Brasil, 2006)

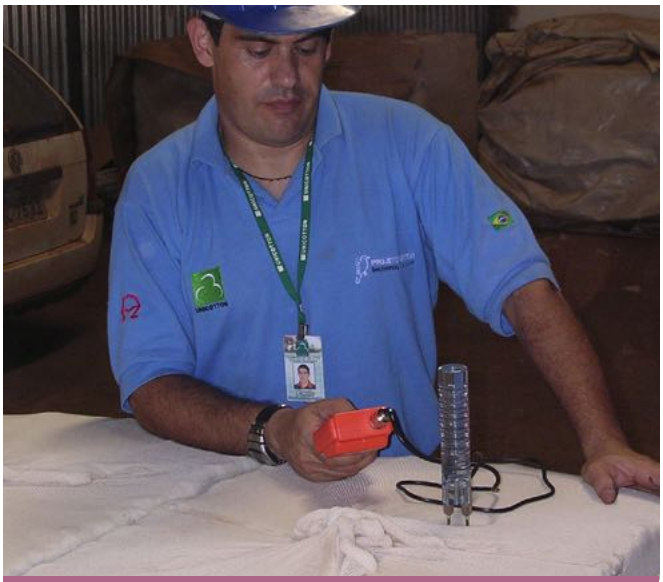


Figura 36. Controle manual da umidade da fibra no fardo (Fonte: Cotimes do Brasil, 2005)

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 descaroçamento (pré-limpeza ou limpeza do algodão em caroço) e depois (limpeza da fibra). A operação de descaroçamento tem como efeito fracionar as matérias estranhas. Quanto menor o tamanho dos contaminantes, mais difícil fica separá-los, por isso é preferível tirar o máximo deles antes de chegar ao

descaroçador. Este é o objetivo principal da limpeza do algodão em caroço, que também ajuda a proteger os descaroçadores e os limpadores de pluma.

A limpeza do algodão em caroço também tem como objetivo abrir e homogeneizar a matéria. 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[1].

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

3.1. Limpadores de cilindros

O limpador de algodão em caroço comporta rolos com pinos de 25 mm a 75 mm, que rodam por cima de uma grelha côncava de barras (Figura 37). A máquina mais comum é o batedor inclinado, presente em todos os processos antigos como modernos. 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.

Os limpadores inclinados 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 11 rolos. Os rolos côncavos, no caso das máquinas antigas (Figura 38), têm eficiência reduzida por causa do número fraco de pinos (quatro fileiras) e do grande comprimento dos pinos (75 mm). As máquinas modernas têm rolos redondos (Figura 39) e pinos menores (25 mm a 50 mm), aumentando assim a agitação e a abertura da matéria. O número de filas (6 a 12) e de pinos por fila é variável. Quanto mais filas houver, mais é possível obter uma forte agitação transversal e abertura, graças ao posicionamento escalonado dos pinos.

As grelhas mais comuns são de barras redondas (Figura 40) ou quadradas, em geral com diâmetro de 9,5 mm, espaçadas de 6,4 mm a 9,5 mm. Nas máquinas

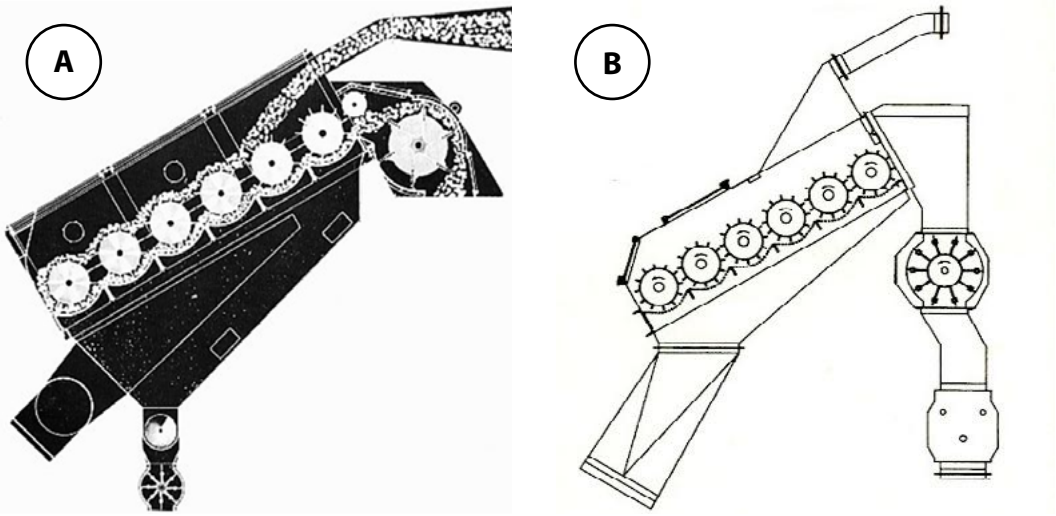


Figura 37. O limpador inclinado de algodão em caroço (Fonte: (A) Bajaj-Continental Eagle, 19– e (B) Lummus Corp., 2007)

[1] Sobre colheita, ver o Capítulo 2 deste Manual.

Trashmaster (Lummus) e Premium Cleaner (Busa), a grelha é mais aberta, permitindo a separação de sujeira grossa. No caso do Impact Cleaner, da Continental ou da Candeloro (Figura 41), a grelha é substituída por cilindros de discos em rotação. Isso gera uma agitação e uma projeção muito fortes do algodão entre os cilindros de pinos e os discos, o que ajuda a extrair a sujeira muito fina.

Nas UBAs modernas, a alimentação dos batedores inclinados se dá principalmente por sucção, na primeira ou na segunda etapa de pré-limpeza; a máquina tem então um papel de separador do ar e do algodão. A alimentação por sucção favorece a eficiência do batedor, com a corrente de ar adicionando-se à gravidade para extrair as impurezas da camada de algodão. A alimentação por gravidade acontece quando o batedor está posicionado abaixo de um separador ou de um outro batedor. A alimentação por ar empurrado ainda existe nas usinas antigas nos circuitos de secagem.

Os batedores horizontais se tornam frequentes no Brasil, em muitas usinas modernas (Figura 42), inseridos entre o secador e o primeiro batedor inclinado. Eles trabalham em linha, ou seja, o ar de transporte e de secagem passa pela parte superior da máquina e segue com o algodão até o batedor inclinado. A separação das impurezas é realizada por gravidade quando o algodão passa entre os rolos de pinos e a grade situados na parte inferior da máquina. O sentido de rotação dos rolos pode ser invertido de maneira a conduzir o algodão acima da camada de rolos



Figura 38. Rolos côncavos (Fonte: Cotimes do Brasil, 2007)



Figura 39. Rolos redondos (Fonte: Cotimes do Brasil, 2010)



Figura 40. Grelhas de barras redondas (Fonte: Cotimes do Brasil, 2007)



Figura 41. Discos do Impact Cleaner (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 20–)

e conseguir, assim, certa limpeza com um tratamento mais suave do algodão.

É importante lembrar que o número de *neps* (pequenas aglomerações de fibra emaranhada) aumenta com o número de rolos de pinos em contato com o algodão. Se a ação de limpeza dos batedores é bem maior nos primeiros rolos, máquinas com muitos rolos podem não trazer muito benefício. É importante considerar isso ao desenhar a sequência de pré-limpeza em termos de número de etapas, modo de alimentação e número de rolos por máquina. A tendência de uma etapa só com máquinas de muitos rolos pode não ter a eficiência da limpeza de duas etapas com batedores inclinados de menos rolos trabalhando com sucção, que também apresentam a vantagem de permitir acrescentar uma segunda etapa de secagem se for necessário.

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 causa 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 420 RPM a 550 RPM e espaçamento entre pinos e grelha de 12,7 mm a 19 mm, em toda a largura da máquina.

A capacidade máxima de funcionamento é limitada ao equivalente a 3,0 fardos de 227 kg/h/30 cm de largura. Existe uma tendência a ultrapassar essa norma para acompanhar o aumento de capacidade dos descaroçadores, mas é preciso lembrar que quanto mais grossa a camada de matéria passando pela máquina, menores a limpeza e abertura. As larguras tradicionais dos batedores são de 183 cm (72″), 244 cm (96″), 305 cm (120″) e 366 cm (144″), ou seja, com capacidades máximas de 18, 24, 30 e 36 fardos de 227 kg de fibra por hora, respectivamente. A largura também tende a aumentar, e batedores inclinados de até 488 cm (192″) já estão sendo disponibilizados no mercado.



Figura 42. Batedor horizontal em linha (Fonte: Cotimes do Brasil, 2009)

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).

As especificações dos limpadores de cilindros disponíveis comercialmente são dadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos batedores utilizados no Brasil (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

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)
Bajaj - Continental Eagle	Batedor horizontal	120/305 e 144/366	9 ou 12	Cilíndrico	12	16	528	60 a 80
	Batedor inclinado	50/128, 72/183, 96/244, 120/305 e 144/366	6	Cilíndrico	12	16	516	5 a 30
	Batedor de impacto	72/183, 96/244, 120/305 e 144/366	5 ou 7	Cilíndrico	12	/	600 - 686	10 a 40
Balkan	Batedor horizontal	96/244, 120/305 e 144/366	9, 12 e 15	Cilíndrico	8	13	460	25 a 60
	Batedor inclinado	96/244, 120/305 e 144/366	6 e 9	Cilíndrico	8 (144") e 12	13	444	20 a 40
	Trashmax	96/244, 120/305 e 144/366	6	Cilíndrico	12	13	444	20 a 30
Busa Ltda	Combo *	120/305	6 a 16	Cilíndrico com chapa dobrada	4 ou 6	14 a 16	450	30 a 60
	CD 12 *	48/122 e 96/244	2 ou 4	Paletas	/	/	290	15 a 30
	Batedor horizontal	116/295 e 144/366	8 a 16	Cilíndrico com chapa dobrada	6 e 8	14 a 16	450	30 a 50
	Batedor inclinado	116/295 e 144/366	7, 9 ou 11	Cilíndrico com chapa dobrada	6 e 8	14 a 16	450	30 a 80
	Batedor Premium	116/295 e 144/366	5	Cilíndrico	6 e 8	14 a 16	450	40/50
Cherokee	Batedor horizontal	120/305 e 144/366	6, 9, 12 e 15	Cilíndrico	6	13	450	30 a 80
	Batedor inclinado	120/305, 144/366 e 192/488	6, 9 e 12	Cilíndrico	6	13	450	30 a 60
Lummus Corp.	Batedor horizontal	120/305 e 144/366	9, 12 ou 15	Cilíndrico	8	16 a 19	550	50 a 60
	Batedor inclinado	96/244, 120/305 e 144/366	6 ou 9	Cilíndrico	12	13	535	15 a 40
	Trashmaster	96/244, 120/305 e 144/366	6	Cilíndrico	12	13 a 16	420	20 a 30
Candeloro	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	20/30
Murray/ Piratininga	Batedor inclinado *	72/183 e 96/244	5 a 7	Poligonal	4	16	450	20 a 30

* Modelo antigo não mais comercializado

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 essencial para melhorar o tipo, dada sua ação direta e seu efeito, que beneficia equipamentos posteriores do processo. Um batedor é indispensável na posição 1 da primeira como da segunda etapa de pré-limpeza. Na segunda etapa, um batedor adicional, de gravidade, pode ser utilizado para as colheitas mecânicas, sobretudo se seu modo de ação é diferente e complementar.

3.2. Extratores de algodão em caroço

3.2.1. 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 na frente das grades de barras (Figura 43). A máquina separa a sujeira grossa (caules e casquinhas), e é chamada de *Stick Machine* (máquina de talos) nos EUA. 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 os caules. Para conseguir eficiência, o extrator deve ser alimentado por um batedor, a fim de receber um 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 de um a dois cilindros extratores de serrilhas e um cilindro de serrilhas de recuperação do algodão em caroço (que cai dos cilindros anteriores com a sujeira) e roda com velocidade inferior, para evitar perdas definitivas. A grade do cilindro extrator 1 pode ser uma grelha de barras relativamente próximas e redonda (Figura 44) ou composta de duas ou três barras independentes quadradas, redondas ou de cantoneiras, em várias máquinas modernas e em todas as antigas HLST ou cópias (Figura 45). O dispositivo rotativo de destacamento dos dentes de cilindros extratores e recuperador pode utilizar canaletas ou escovas (Figura 46). Balkan e Cherokee propõem um extrator com até cinco ou seis cilindros de serrilhas, composto pelo empilhamento vertical de unidades de um ou dois cilindros. Tal extrator, de grande eficiência, é indicado para tratamento de algodão colhido com stripper.

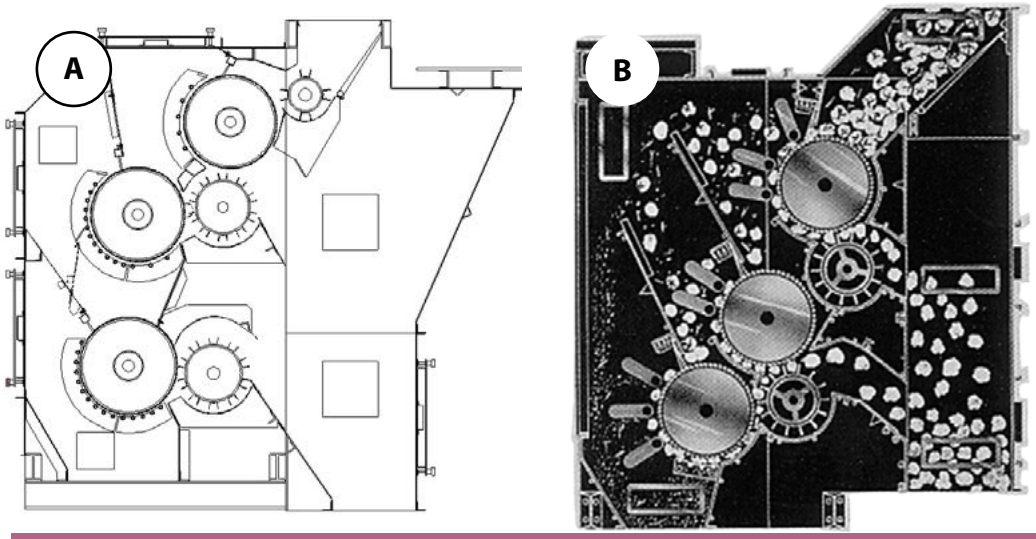


Figura 43. O extrator de algodão em caroço (Fonte: (A) Busa Ltda., 2004 e (B) Bajaj-Continental Eagle, 1997)

O nome HL – usado no Brasil para designar o extrator instalado nos processos antigos – vem de HLST, um extrator de três cilindros introduzido no nosso país pela Continental e a 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 HLST. 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 2,5 fardos de 227 kg/h/30 cm de largura. Da mesma forma do que com batedores, existe uma tendência a ultrapassar essa norma para acompanhar o aumento de capacidade dos descaroçadores, mas é preciso lembrar que quanto maior o fluxo de matéria passando pela máquina, maiores são as perdas de algodão e menor a limpeza. As larguras tradicionais dos extratores são de 183 cm (72”), 244 cm (96”), 305 cm (120”) e 366 cm (144”), ou seja, com capacidades máximas de 15, 20, 25 e 30 fardos de 227 kg de fibra por hora, respectivamente. A largura também tende a aumentar, e extratores de até 488 cm (192”) já estão sendo disponibilizados no mercado.

Nas usinas antigas, os extratores de 183 cm (72”) são corretamente dimensionados para um conjunto de seis descaroçadores 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 2.

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 será máxima se os dentes das serrilhas estiverem bem afiados, se a firmeza e aplicação das escovas fixas for boa e se as barras de batida estiverem em bom estado e com a distância normal das serrilhas.

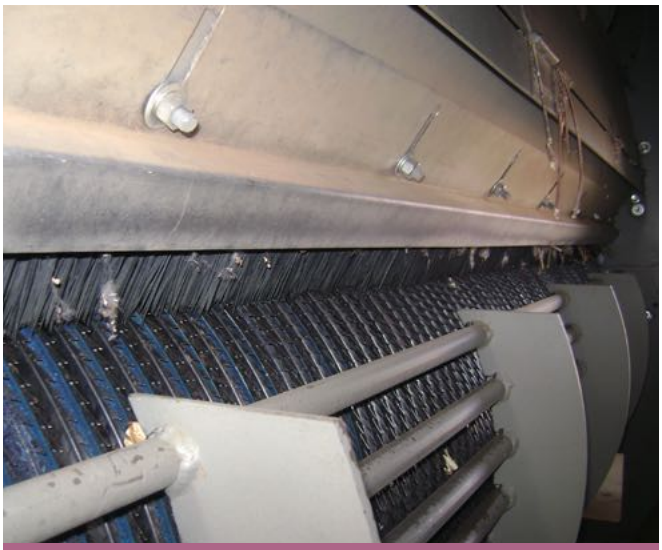


Figura 44. Grade de barras (Fonte: Cotimes do Brasil, 2007)



Figura 45. Barras quadradas (Fonte: Cotimes do Brasil, 2008)



Figura 46. Escovas giratórias (Fonte: Cotimes do Brasil, 2009)

Tabela 2. Características dos extratores utilizados no Brasil (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Fabricante	Nome comercial	Larguras disponíveis (pol./cm)	Número de rolos de serrilhas	Número de barras no rolo 1	Tipos de barras rolo 1	RPM rolos extratores	RPM rolo recuperador	Motor (HP)
Bajaj - Continental Eagle	Super III Stick Machine	96/244, 120/305 e 144/366	3	3	Redondas	362	184	20 a 30
	Stripper Cleaner	96/244, 120/305 e 144/366	1	2	Redondas	122	-	15 a 30
Balkan		96/244, 120/305 e 144/366	2, 3 ou 5	4	Redondas	495	291	20 a 50
Busa Ltda	Limpador Extrator HLST	120/305 e 144/366	3	6	Grade de 1 barra chata e barras redondas	400 e 215	215	25/30
	Limpador Extrator HLST	120/305/ 144/366	2	6	Grade de 1 barra chata e barras redondas	405	215	15/25
Cherokee	Extrator	96/244, 120/305, 144/366 e 192/488	2, 4 ou 6	4	Redondas	331	331	15/20 /25
Lummus Corp.	3 saws Stick-machine	120/305 e 144/366	3	3	Grade de barras cantoneiras	360	215	25
	Little Giant SGLM	96/244 e 144/366	2	4	Grade de barras redondas	325	285	15/25
	S&GH	96/244 e 144/366	1 + 2	2	Chapas dobradas (com raio)	355 e 365	365	30/40
Candeloro	HLST *	72/183 e 96/244	3	3	Quadradas/ cantoneiras	330/350	285	15/20
Murray/ Piratininga	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

* Modelo antigo não mais comercializado

3.2.2. 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 Lummus (S&GH) e Bajaj-Continental Eagle (Stripper–Super III), com a parte da máquina de casquinha instalada em cima do extrator (Figura 47).

Para combinar com o extrator, o desenho da máquina de casquinhas foi

alterado de modo a conseguir uma capacidade maior com largura reduzida, mas ela sempre usa um cilindro de serrilhas grande e 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 244 cm a 366 cm (96" a 144"), 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. Ela não é encontrada nas usinas antigas do Brasil, e raramente nas modernas.

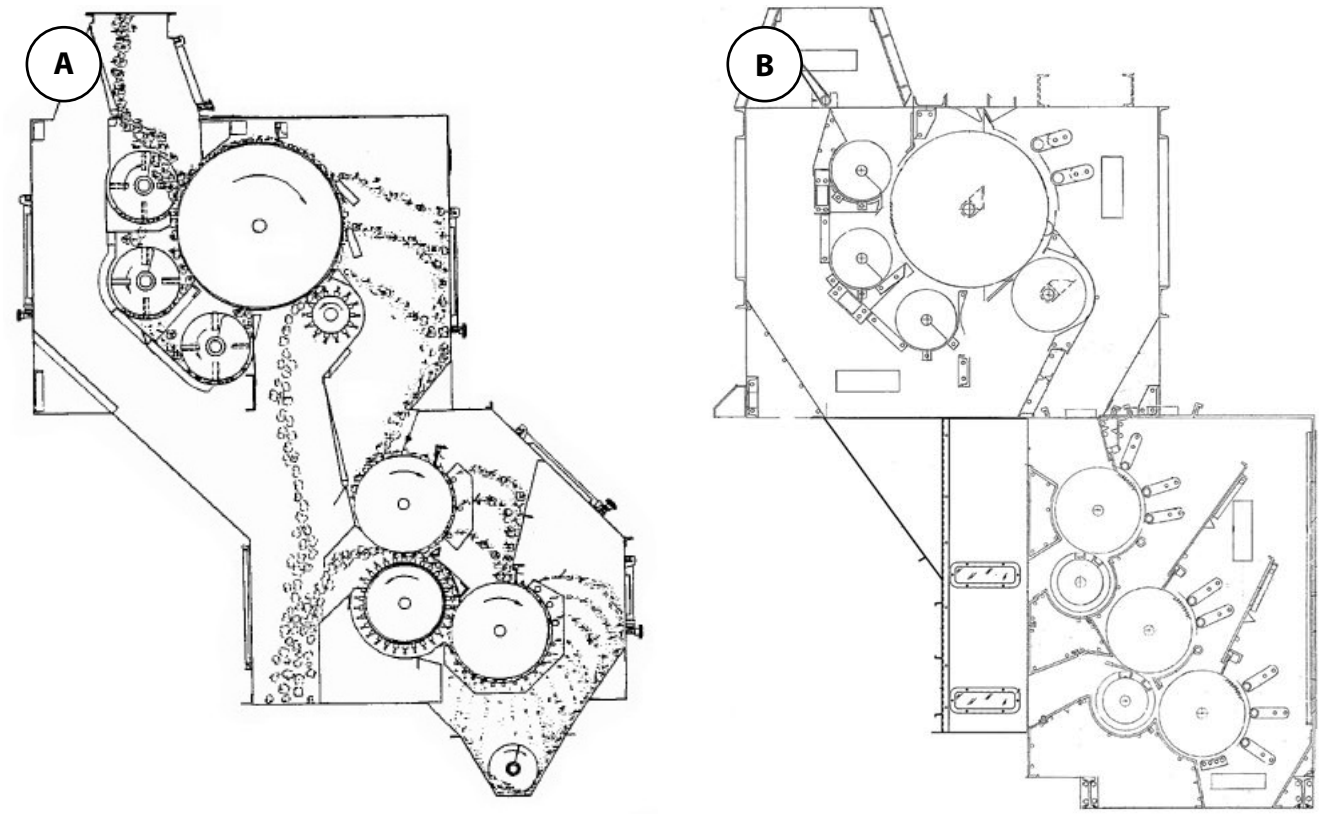


Figura 47. Máquinas S&GH e Stripper–Super III (Fonte: (A) Lummus Corp., 2007 e (B) Bajaj-Continental Eagle, 2020)

3.3. Alimentadores de descaroçador

O alimentador de descaroçador recebe o algodão em caroço da rosca alimentadora. Sua função é alimentar o descaroçador uniformemente e de forma controlada, e com fluxo suficiente para que o descaroçador possa alcançar a sua produção nominal. O alimentador garante uma limpeza e abertura complementares e finais do algodão em caroço. Para conseguir uma alimentação homogênea, a largura de trabalho do alimentador precisa corresponder à largura interna do peito do descaroçador. Os maiores alimentadores do mercado hoje têm largura de 144" (336 cm).

3.3.1. Os alimentadores modernos

Os alimentadores modernos combinam limpeza e extração, e apresentam as seguintes características (Figura 48):

- Possuem dois rolos de alimentação tipo carambola, com motorredutor para a regulação manual ou automática do fluxo de algodão que atravessa a máquina e alimenta o descaroçador;
- Têm regulação automática do fluxo: a automação permite parar o fluxo, no caso de o peito do descaroçador 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 descaroçador;

- Possuem de três a quatro cilindros limpadores de pinos, com tela ou grade de barras;
- Dispõem de um a dois cilindros extratores de serrilhas, com barras de batida e escovas fixas;
- Possuem um dispositivo de recuperação, com um a dois cilindros de serrilhas;
- Têm um 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 descaroçadores modernos.

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

- Espaçamento entre a ponta dos pinos e a grelha (13 mm 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 49):

- Dois rolos de alimentação tipo carambola;
- Ajuste mecânico das rotações e do fluxo primitivo, sem precisão;
- Ausência de rolos de pinos, mas um ou dois cilindros de pás (palhetas) girando na frente de chapas furadas inadaptadas à separação de sujeira grossa;

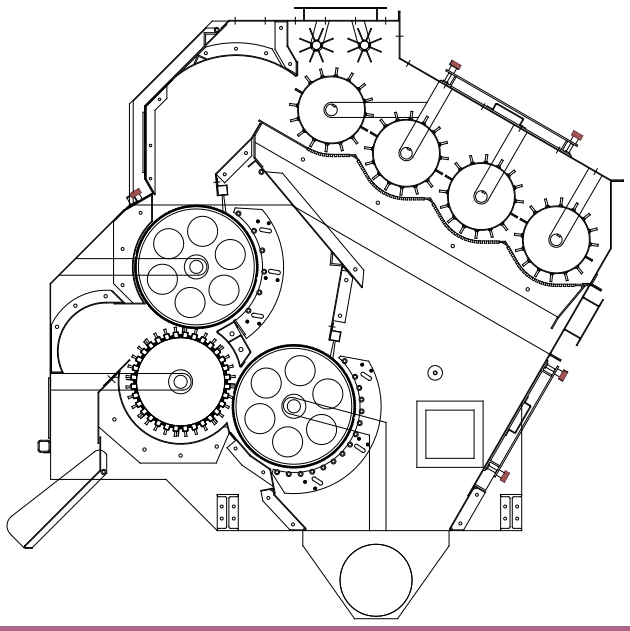


Figura 48. Alimentador de descaroçador moderno típico (Fonte: Busa Ltda., 2004)

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

Nos processos antigos que beneficiam algodões colhidos mecanicamente, o desempenho limitado dos alimentadores Mitchell e Super Mitchell, em termos de limpeza e regularidade da alimentação, deve ser compensado por um reforço das etapas anteriores de pré-limpeza. A instalação de motorredutores 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 mm 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;
- Custo de investimento;
- Perda inevitável de matéria;
- Consumo de energia;
- Custo de manutenção.

A única etapa de limpeza (um batedor + um extrator HLST) 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 produtividade e 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 50):

- Um sistema de cata-pedras;
- Duas etapas de pré-limpeza (cada uma com um extrator, no caso das usinas antigas, para compensar a baixa eficiência dos alimentadores);
- Um 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

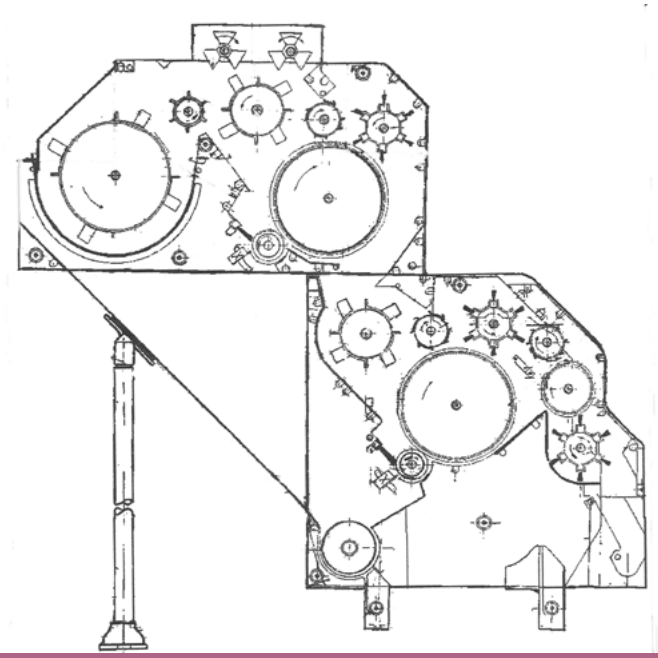


Figura 49. Alimentador de descaroçador de tipo antigo Super Mitchell (Fonte: Murray Piratininga Ltda., 19–)

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 quatro máquinas modernas (um batedor + um extrator + um batedor + um alimentador-extrator) varia entre 40% e 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).

Uma segunda etapa de pré-limpeza com circuito de sucção independente é a condição para a implantação de uma segunda etapa de secagem.

4. 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.

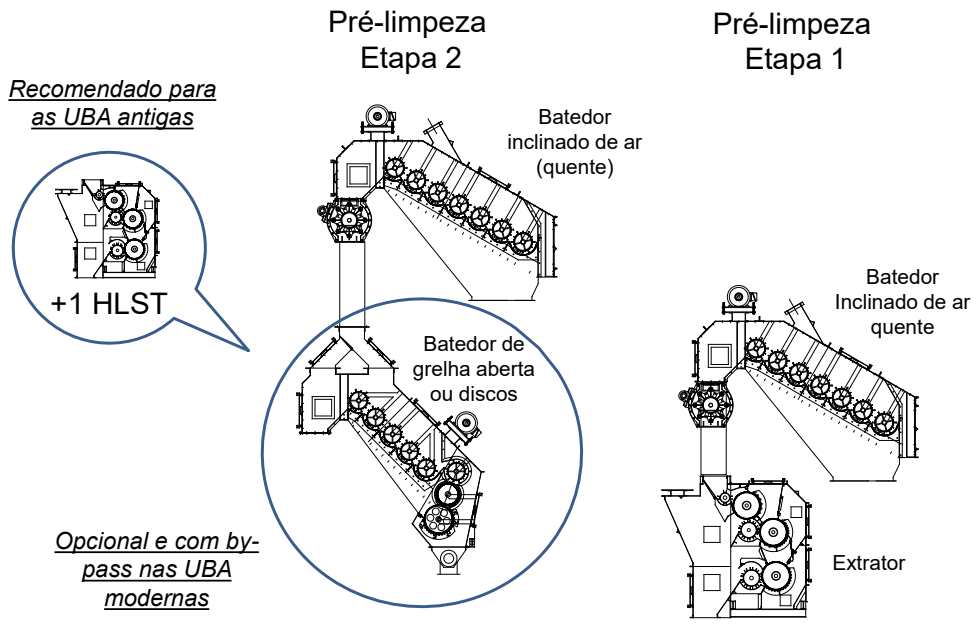


Figura 50. Sequência recomendada para a pré-limpeza – algodão convencional (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

4.1. O princípio de funcionamento

O peito do descaroçador é constituído do antepeito e da câmara de beneficiamento (Figura 51). É a parte móvel do descaroçador. Ele 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 abastece 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, 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 encarneiramentos 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. Modelos de descaroçadores de serras

Os descaroçadores evoluíram muito no decorrer das décadas passadas. Os modelos variam em 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 52). Nos descaroçadores modernos que se aproveitam de uma pré-limpeza eficiente, o antepeito é simplificado, o que permite aumentar a produtividade (Figura 53).

Muitas melhorias no desenho do peito permitiram aumentar a produtividade dos descaroçadores. 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 de-

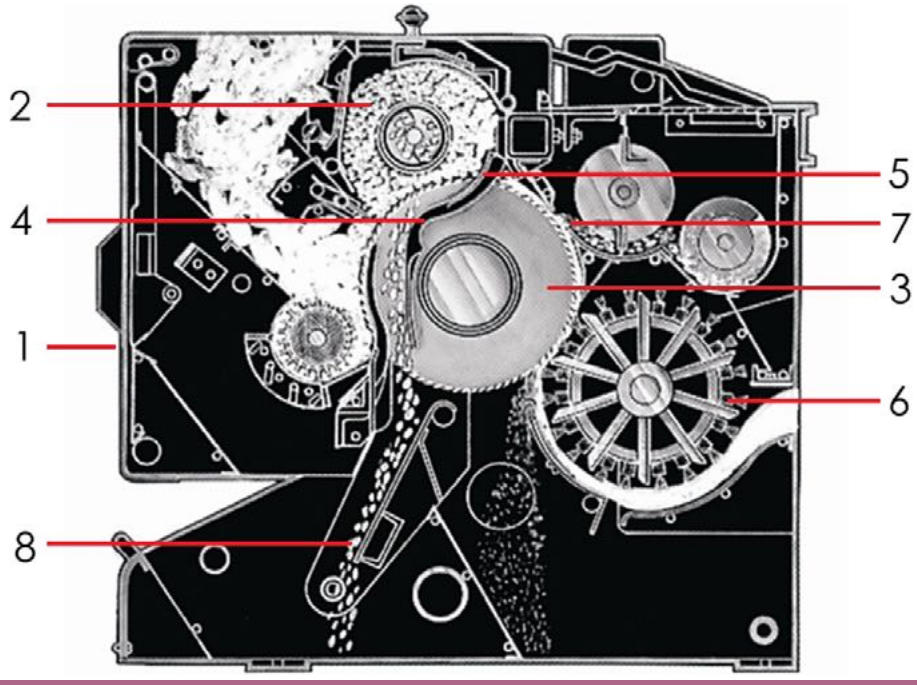


Figura 51. Princípio de funcionamento do descaroçador (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 19–)

formado pela pressão interna e a força centrífuga. O fechamento do peito por rolos (Lummus) ou chapas (Busa, Continental, Lummus, Cherokee, Balkan), que mantém o rolo de caroço mais redondo, é indispensável para conseguir uma alta produtividade.

O atrito do rolo de algodão contra as paredes e costelas do peito é grande, por causa da alta pressão interna. Para contornar este limite, foram acrescentados dispositivos dentro do peito. O tubo rotativo extrator de caroço (Bajaj-Continental Eagle) permite aliviar o rolo de caroço e liberar espaço para mais fibra dentro do peito, o que ajuda a rotação (Figura 54). O rolo agitador (outros fabricantes) ajuda na rotação do rolo e, pelo movimento oscilante lateral, oferece mais fibra para as serras, melhorando o rendimento das mesmas (Figura 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 descaroçadores. Os mais avançados têm 201 serras de 406 mm (Bajaj/Continental), 206 serras de 305 mm (Balkan), 270 serras de 305 mm (Busa), 270 serras de 305 mm (Cherokee)

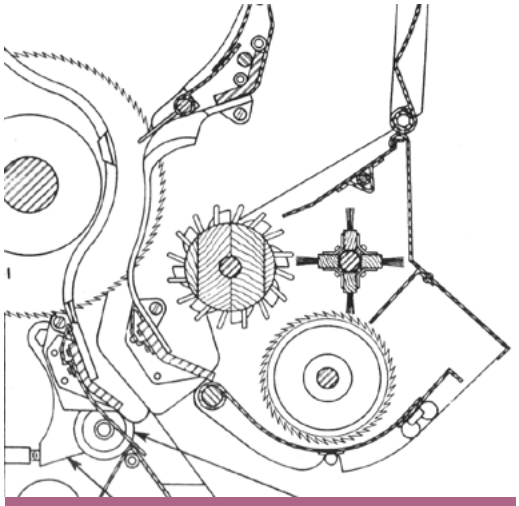


Figura 52. Antepeito de descaroçador antigo (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 1970)

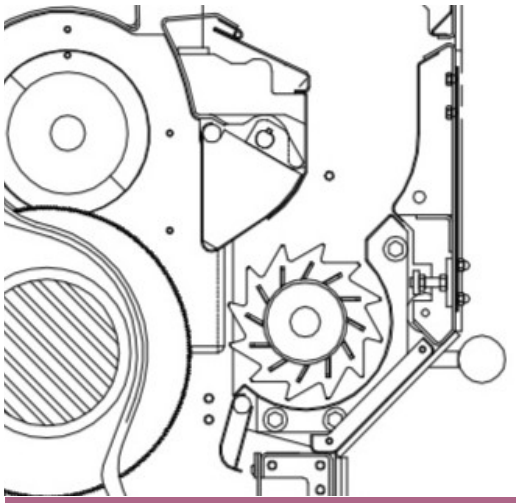


Figura 53. Antepeito típico de descaroçador moderno (Fonte: Cherokee, 2012)



Figura 54. Tubo extrator de caroço no peito (Fonte: Cotimes Afrique, 2008)



Figura 55. Rolo agitador no peito (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

e 294 serras de 305 mm (Lummus). Com as melhorias técnicas desenvolvidas, a capacidade nominal anunciada pelos fabricantes, em 70 anos, passou de dois para mais de 30 fardos de 227 kg por hora por descaroçador. As características e capacidades de várias gerações e modelos de descaroçadores utilizados no Brasil ou disponíveis no mercado são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Características dos descaroçadores utilizados no Brasil (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Fabricante	Nome comercial	Largura (pol./cm)	Número de serras	Diâmetro das serras (pol)	Capacidade (fardos/hora - FPH)		RPM das serras	Tipo de extração da fibra	Motor (HP)
					227	200			
Bajaj - Continental Eagle	Model C*		80	12	1,8	2	até 700	Jato ou escova	15
	Model 521 e 550*	70/178 - (Model 521)	80	12	1,8	2	650		15
			90	12	2	2,3	650		20
	120 serras*	96 / 245	120	12	3	3,4	670		25
	Comet*		119	16	6	6,8	700	Escova	50
	93 serras 1974*	62 / 157	93	16	5	5,7	700	Escova	50
	141 serras 1974*	94 / 239	141	16	7,6	8,6	700	Escova	75
	93 Double Eagle	62 / 157 (64/163)	93	16	7,5	8,5	615	Escova	75
	141 Double Eagle	94 / 239 (95 / 244)	141	16	12	13,6	615	Escova	125
	161 Golden Eagle	96 / 244	161	16	15	17	615	Escova	150
	201 Eagle Max	120 / 305	201	16	25	-	615	Escova	250
Balkan	Atak 116	66 / 168	116	12	10	-	850	Escova	100
	Atak 170	96 / 244	170	12	15	-	850	Escova	150
	Atak 206	120 / 305	206	12	20	-	850	Escova	200
Busa Ltda	Smart 200*	116 / 295	200	12	15	17,00	830	Escova	150
	Smart 200**	116 / 295	200	12	20	22,7	830	Escova	200
	Smart 216**	116 / 295	216	12	20	-	830	Escova	200
	Global 244**	144 / 366	244	12	25	-	830	Escova	250
	Global 270**	144 / 366	270	12	30	-	830	Escova	300
Cherokee	Avenger	100 / 254	174	12	15	-	850	Escova	150
	Magnum	144 / 366	244	12	25	-	850	Escova	300
	Magnum 270	144 / 366	270	12	30	-	850	Escova	300
Lummus Corp.	Imperial 88*	66/168	88	12	5	5,7	830	Escova	60
	108 Imperial*	66/168	108	12	7	7,9	830	Escova	75
	128 Imperial *	96 / 244	128	12	8	9,1	830	Escova	75
	158 Imperial*	96 / 244	158	12	10	11,4	830	Escova	100
	158 Imperial II*	96 / 244	158	12	12	13,6	825	Escova	100
	116 Imperial III	66 / 168	116	12	10	11,4	850	Escova	100
	170 Imperial III	96 / 244	170	12	15	17	850	Escova	150
	203 Imperial III	96 / 244	203	12	18	-	850	Escova	200
	Consolidated	96 / 244	194	12	18	-	850	Escova	200

* Modelo antigo não mais comercializado

Continua ⟶

** Descaroçadores da Busa possivel trabalhar com faixa de RPM nos eixos de serras entre 730 a 930 rpm

Tabela 3. Continuação

Fabricante	Nome comercial	Largura (pol./cm)	Número de serras	Diâmetro das serras (pol)	Capacidade (fardos/hora - FPH)		RPM das serras	Tipo de extração da fibra	Motor (HP)
					227	200			
Lummus Corp.	Consolidated	120 / 305	234	12	25	-	850	Escova	250
	Centurion	120 / 305	208	12	22	-	875	Escova	2 x 150
	Centurion	120 / 305	248	12	26	-	875	Escova	2 x 150
	Centurion	144 / 366	246	12	30	-	875	Escova	2 x 200
	Centurion	144 / 366	294	12	33	-	875	Escova	2 x 200
Candeloro	Descaroçador 90 x 12 *	66 / 168	90	12	-	2	720	Jato de ar	20
	Descaroçador 90 x 12 *	66 / 168	90	12	-	4	720	Escova	30
	Descaroçador 120 x 18 *	96 / 244	120	18	-	8	575	Escova	75
Murray e Murray-Piratininga	80 serras de 12" *	66 / 168	80	12	-	1,8	700	Jato de ar	15
	90 serras de 12" *	66 / 168	90	12	-	2	700	Jato de ar	15 ou 20
	120 serras de 18" *	96 / 244	120	18	6	6,8	456	Jato de ar	60
	142 serras de 18" *	96 / 244	142	18	-	8	545	Escova	75

* Modelo antigo não mais comercializado
** Descaroçadores da Busa possivel trabalhar com faixa de RPM nos eixos de serras entre 730 a 930 rpm

4.3. Operação dos descaroçadores

Quando existe algodão no peito, este não deve ser movimentado, a não ser que as serras estejam funcionando, pois isso poderia danificá-las ou avariar 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 na 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, o rolo 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 nenhum algodão cair.

Na última década, os problemas gerados por vários cultivares com fragilidade do tegumento do caroço levaram os fabricantes (Busa, principalmente) a propor inversores de frequência para poder reduzir as rotações das serras se necessário. Tal equipamento elétrico

pode ser utilizado em qualquer descaroçador de qualquer marca.

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, mas 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 no momento do comissionamento e afinadas no decorrer do *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 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 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 quando tiver (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.

4.4.1. Costelado

Os peitos devem ser identificados, pois não podem ser trocados entre máquinas. O atrito entre

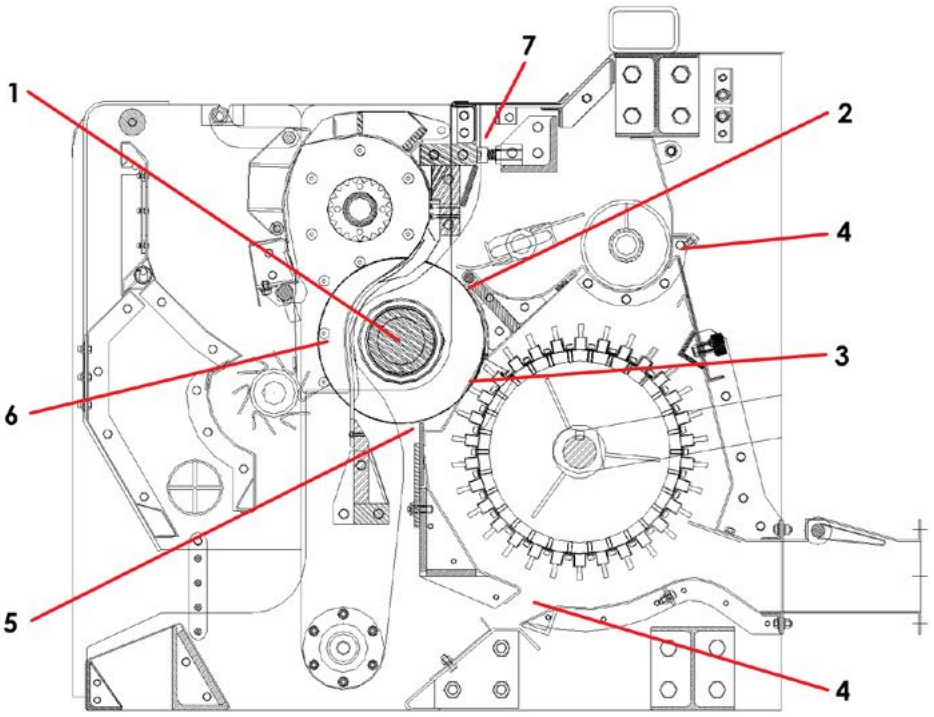


Figura 56. Sequência de regulagem do descaroçador (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

serras e costelas provoca o desgaste de ambas e pode provocar incêndio. Em virtude do grande número de costelas no descaroçador, 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 57). A qualidade da fabricação e a regularidade das costelas são indispensáveis para conseguir um costelado adequado.

A facilidade de montagem e a precisão dos espaçamentos entre costelas são ainda mais críticas no caso dos descaroçadores de grande porte. Por isso, o beneficiador deve comprar unicamente de fabricantes que produzem costelas extremamente regulares e no padrão. As costelas reformadas complicam muito ou até impedem uma boa montagem, por serem em geral muito irregulares (deformação pelo aquecimento e lixação manual). Elas não são compatíveis com os descaroçadores modernos. Nas máquinas antigas, principalmente, calços de papelão devem ser utilizados para conseguir espaçamentos e a disposição correta das costelas.

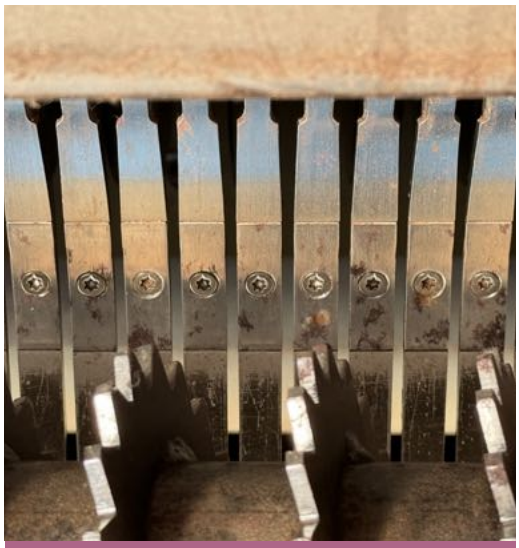


Figura 57. Espaçamento regular entre costelas (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

As costelas se desgastam no ponto de beneficiamento, por causa da abrasão provocada pelas fibras e pelo caroço. O desgaste aumenta a distância entre costelas, com o aumento gradual da passagem de caroço na fibra e quebras de caroço.

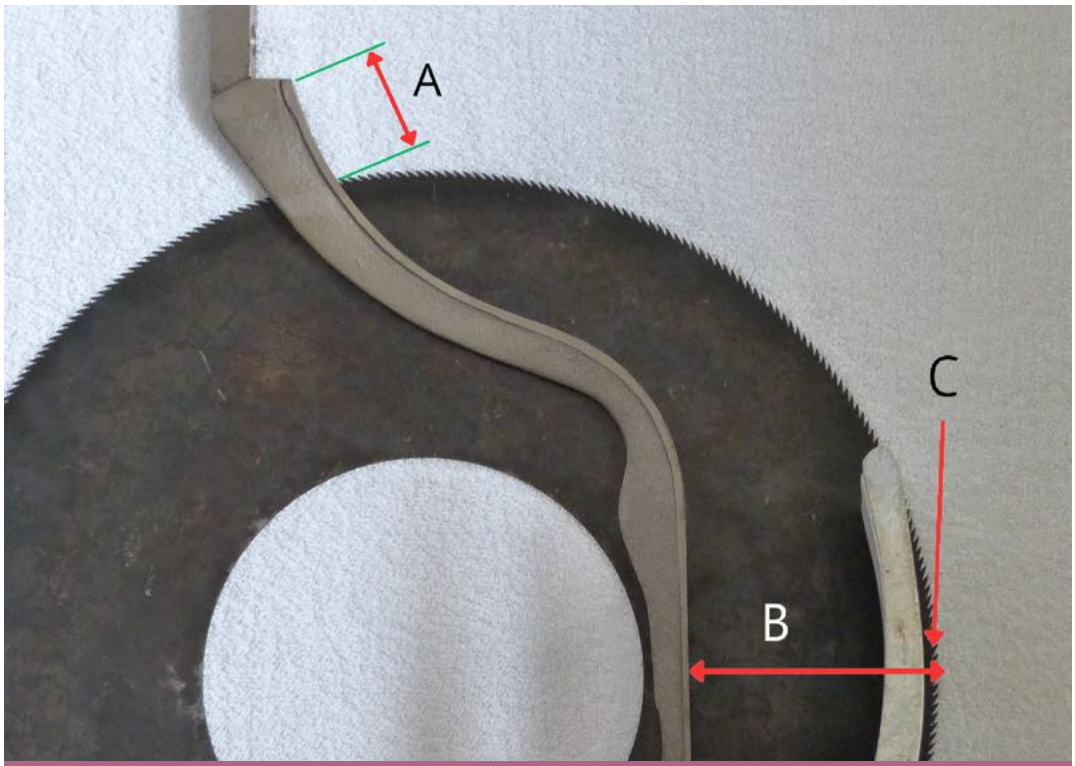


Figura 58. Relação costelas-serras (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

O desgaste é progressivo. É mais rápido com algodões carregados com matéria estranha, particularmente areia. Depende então da eficiência da pré-limpeza e do próprio algodão. Por isso, as normas comunicadas 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 (Figura 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. Enquanto a posição do antepeito no peito é fixa, **B** e **C** variam juntas.

4.4.2. Serras

A maioria das especificações e regulagens referentes às serras tem impacto direto tanto sobre a produtividade como 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.



Figura 59. Dentes corretos (em cima) e errados (embaixo). Caso do descaroçador Murray Piratininga de 90 serras (Fonte: Cotimes do Brasil, 2006)

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 59), que provocam um prejuízo muito alto, pelas perdas de fibra no cata-piolho (a perda pode chegar até a três fardos de pluma por dia para um conjunto de seis descaroçadores 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 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 próprio algodão. Por isso, normas comunicadas pelos construtores para preservá-las devem ser consideradas com cuidado e sempre combinadas 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. Numa safra de beneficiamento de 120 a 150 dias no Brasil, as serras podem precisar ser trocadas uma a duas vezes, ou até três ou quatro 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 e diminui a produtividade. O algodão permanece mais tempo na câmara de beneficiamento, com mais pressão no rolo, volta mais vezes em contato com as serras, e tudo isso provoca perdas na qualidade da fibra, inclusive no tipo.

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

O descaroçador é equipado com dispositivos de extração de resíduos presentes na fibra ao sair da câmara de beneficiamento. Essencialmente dedicado à separação de caroço abortado ou pequeno, ele foi chamado de cata-piolho (*moting*). O descaroçador 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 que as perdas de fibra parem, 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 há limpeza eficiente (Figura 60).



Figura 60. Resíduos de cata-piolho de aspecto normal (Fonte: Cotimes do Brasil, 2005)

No caso de máquinas que trabalham com sucção na saída do cata-piolho, o risco de perder fibras pela aspiração é grande e torna obrigatório 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 também é anormal. Como não há regulagem do cata-piolho, a origem do problema deve ser identificada (em geral desgaste ou qualidade das serras) para se eliminar a perda, mas não se deve acrescentar uma chapa para trancar o cata-piolho.

4.4.4. 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 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 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.

4.4.5. Escovas rotatórias

Utilizada em todos os descaroçadores de geração intermediária e modernos, a escova rotatória é constituída de escovas de base de madeira fixadas num cilindro, paralelamente ao eixo. A distância pequena entre escovas e a elevada velocidade de rotação permitem uma escovação de cada dente. Com as escovas agindo como palhetas, o cilindro de escovas na sua caixa atua como ventilador. Após terem 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 pelo eixo de serras; os dois eixos são movimentados pelas mesmas correias. O diâmetro das polias originais deve ser estritamente respeitado. Para conseguirem as rotações necessárias, as correias devem ser muito bem esticadas. As rotações elevadas impõem um balanceamento muito bom do cilindro de escovas.

A fim de tirarem a fibra eficientemente, as escovas devem ser bem reguladas, com penetração até o fundo dos dentes (Figura 62). Uma penetração maior provoca desgaste rápido das escovas e favorece mechas e perda de tipo. Por outro lado, uma penetração insuficiente deixa fibras nos dentes, com perda de capacidade e risco de embuchamento.

4.4.6. Resumo das principais regulagens dos descaroçadores

Máquina de tipo Murray 80 ou 90 serras (Tabela 4 e Figuras 63 e 64):

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

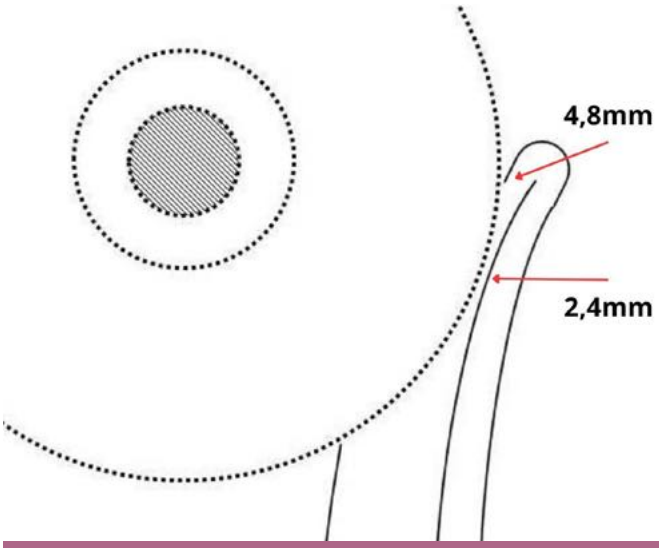


Figura 61. Regulagens do jato de ar da Murray Piratininga 90 serras (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)



Figura 62. Penetração das cerdas nas serras (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

Tabela 4. Principais regulagens dos descaroçadores de baixa capacidade (Fonte: Cotimes do Brasil, 2010)

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

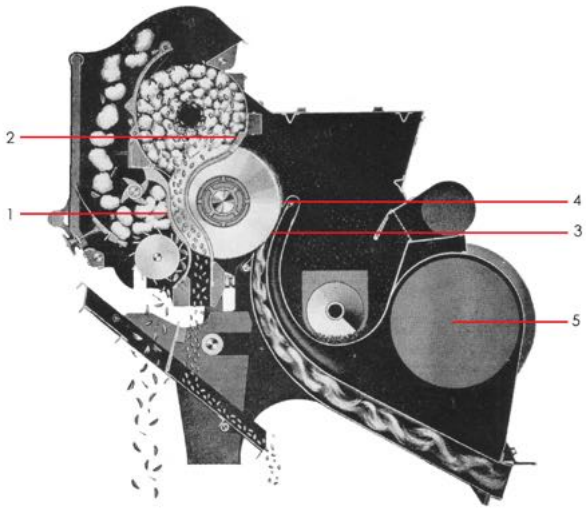


Figura 63. Piratininga 90 a jato de ar (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

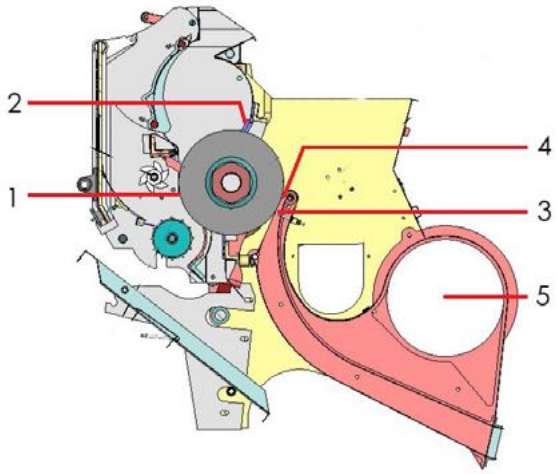


Figura 64. Candeloro 90 a jato de ar (Fonte: Candeloro, 2013)

Máquinas de média e alta capacidade (Tabela 5 e Figuras 65-74):

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);
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 5. Principais regulagens dos descaroçadores de média e alta capacidade (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Descaroçador Regulagem	Bajaj-Continental 161 (mm)	Bajaj-Continental 201 (mm)	Busa 200 (mm)	Busa Global (mm)	Cherokee Avenger (mm)	Cherokee Magnum (mm)	Lummus Imperial III (mm)	Lummus Centurion (mm)	Candeloro 120 (mm)	Murray-P. 142 (mm)
1	9,5	/	/	/	/	/	/	/	6,4 a 7,9	4,8 a 7,9
2	50,8	50,8	/	/	/	/	/	/	50,8	50,8
3	Fundo	Fundo	3,2	3,2	Fundo	Fundo	Fundo	Fundo	3,2	3,2
4	1,6	1,6	3,2	8,0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	2,4
5	3,2	3,2	Luz	Luz	3,2	3,2	3,2	3,2	1,6	1,6
6	50,8	50,8	/	/	/	/	6,4	6,4	/	/
7	6,4	6,4	/	/	6,4	6,4	4,8	4,8	/	/
8	/	/	/	/	6,4	6,4	3,2	3,2	/	/

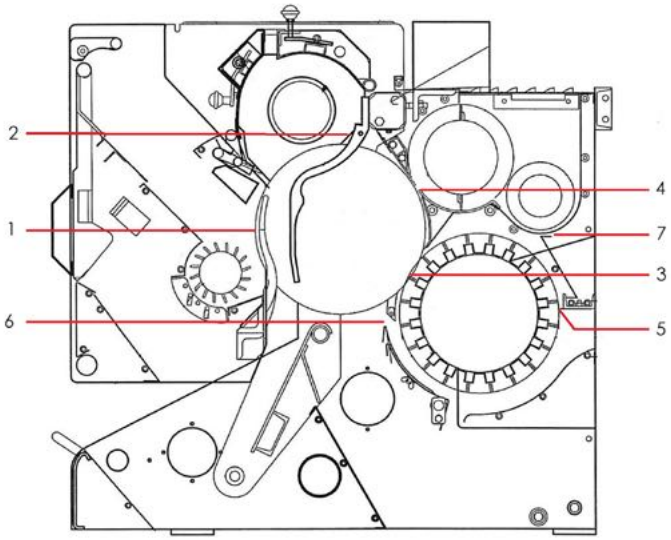


Figura 65. Bajaj-CE 161 (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 1995)

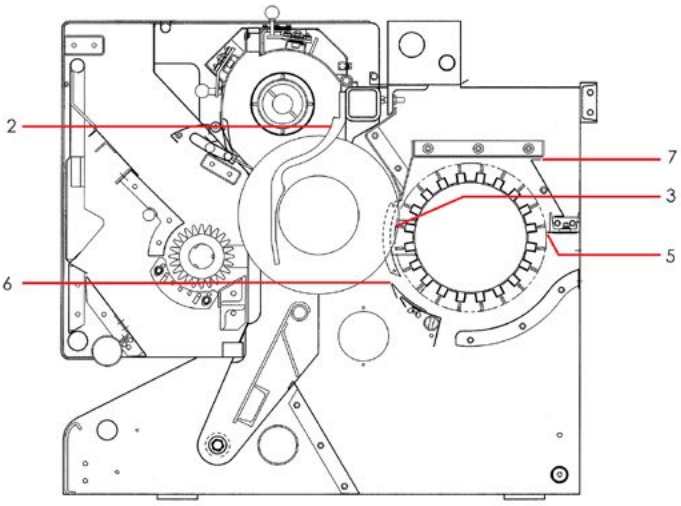


Figura 66. Bajaj-CE 201 (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 2013)

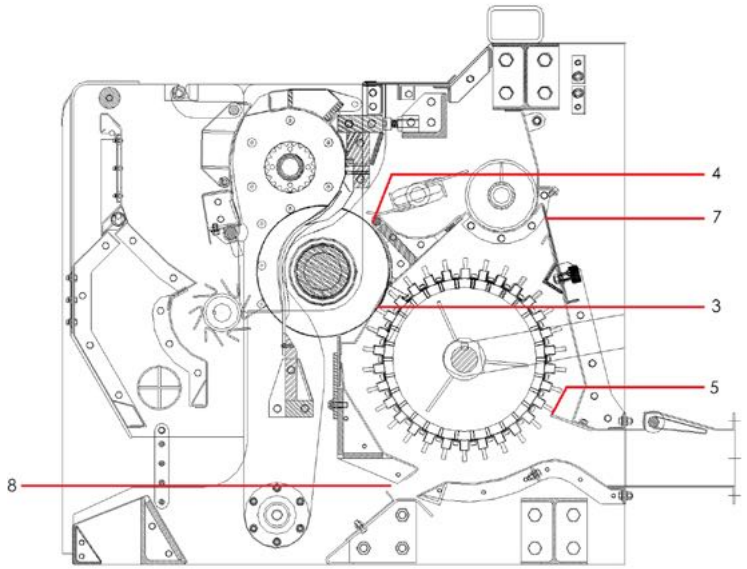


Figura 67. Busa 200 (Fonte: Busa Ltda., 2004)

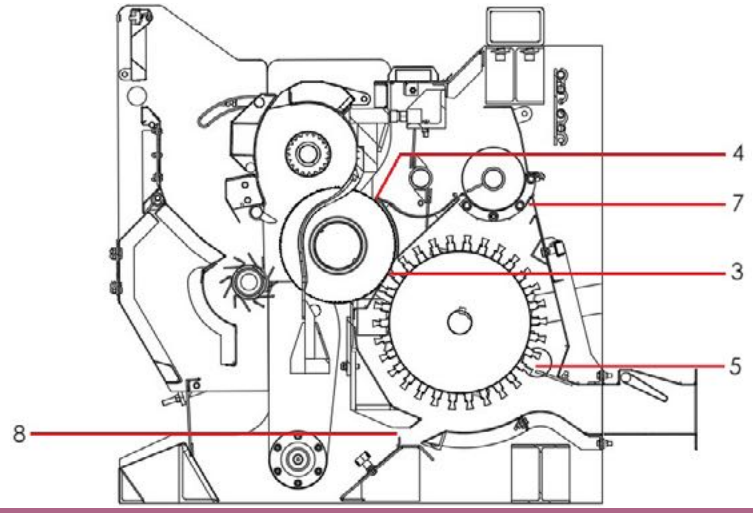


Figura 68. Busa Smart 200 (200 CV) (Fonte: Busa Ltda., 2024)

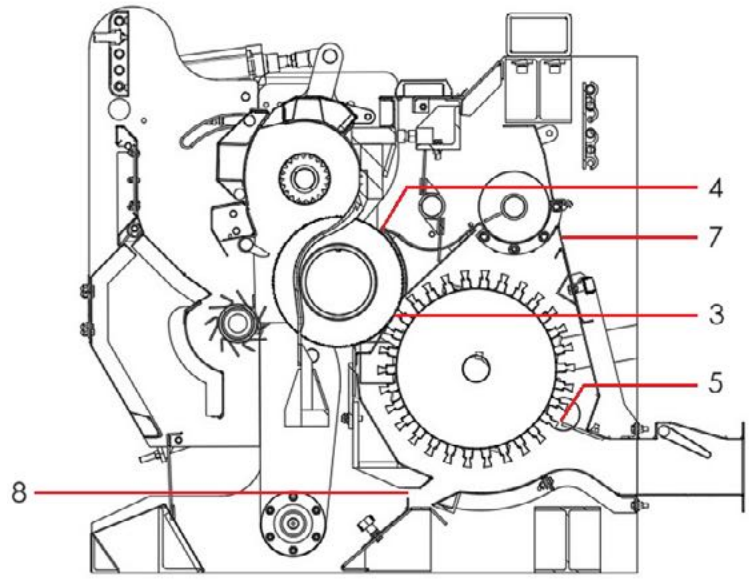


Figura 69. Busa Global (Fonte: Busa Ltda., 2024)

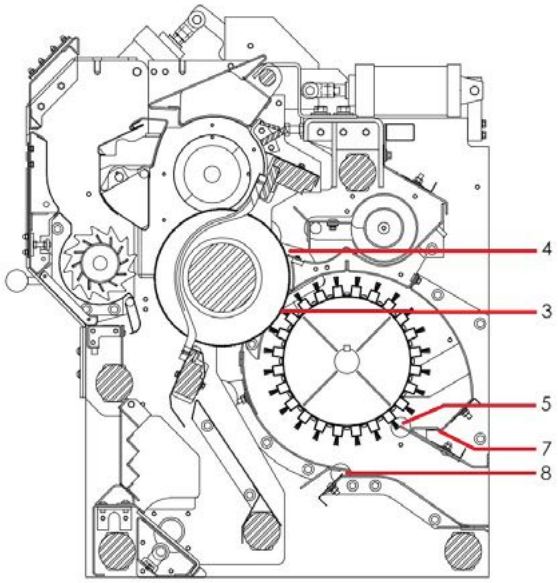


Figura 70. Cherokee Avenger e Magnum (Fonte: Cherokee, 2012)

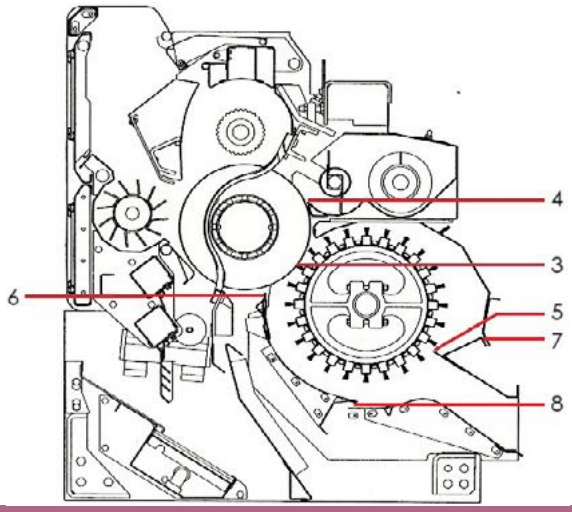


Figura 71. Lummus Imperial III (Fonte: Lummus Corp., 2007)

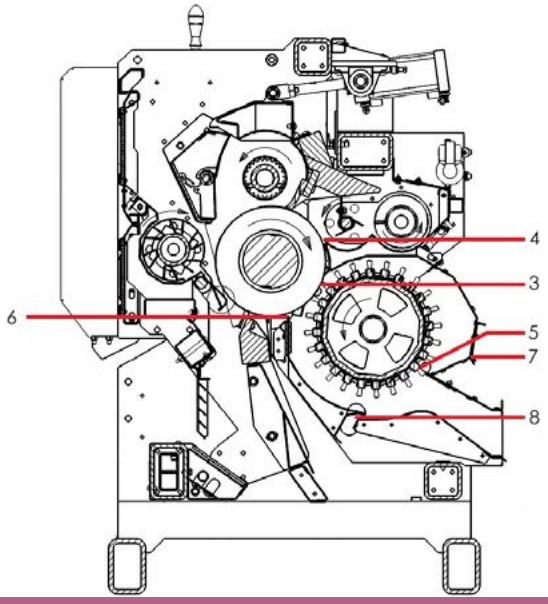


Figura 72. Lummus Centurion (Fonte: Lummus Corp., 2024)

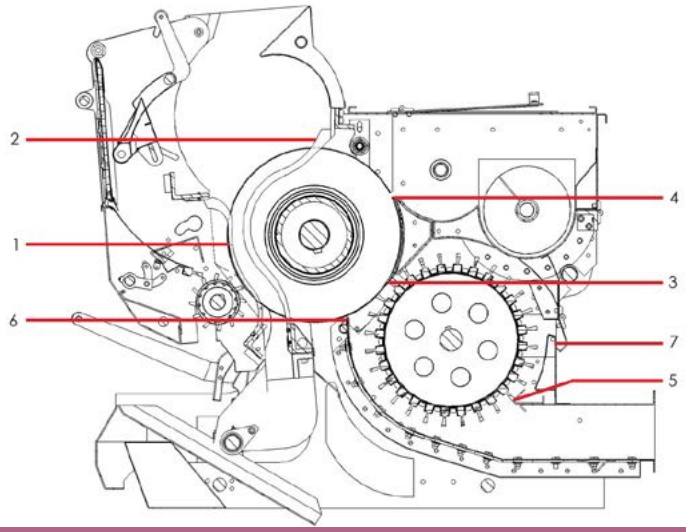


Figura 73. Candeloro 120 (Fonte: Candeloro, 2013)

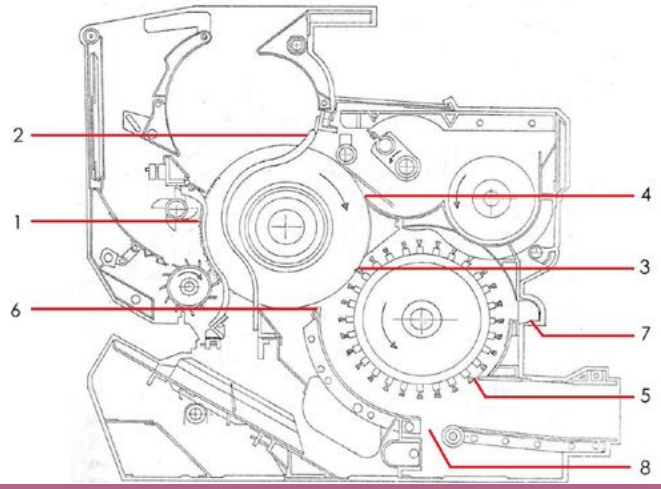


Figura 74. Murray Piratininga 142 x 18 (Fonte: Murray Piratininga, 19–)

5. Limpeza de pluma

Na saída do descaroçador, 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 de aparência, tais como o tipo (regularidade de aspecto), a cor e a folha.

Essa operação 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, ao tirar uma parte dos resíduos antes da sua entrada no limpador de serra, protege este último e evita a fragmentação dos mesmos.

5.1. 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 descaroçador, 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 75).

As máquinas dos vários fabricantes apresentam poucas diferenças. No caso da Busa (Smart Jet), a curva é por baixo, e para cima nas máquinas dos outros concorrentes. A depressão na tubulação de saída da máquina deve ser de 51 mm 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 descaroçador, 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 descaroçador e o limpador, para garantir a saída automática do peito do descaroçador, em caso de embuchamento no condensador do limpador de serra.

O compromisso de regulagem consiste em ejetar o máximo de matérias estranhas, 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 descaroçador. Para aproveitá-la, o beneficiador deve aceitar a perda de um pouco de fibra, neste nível. A regulagem 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 de caroço, mechas de fibra), com 10% de eficácia. Não há nenhuma peça em movimento, ou seja, nenhum desgaste na fibra, mas o equipamento 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 descaroçadores de tipo antigo, em que a fibra produzida por vários descaroçadores é juntada e transportada numa tubulação comum e redonda.

5.2. Limpador de serra (limpa-pluma)

No limpador de tipo convencional, um condensador separa a fibra do ar de transporte e forma uma manta de fibra, que é conservada 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-se as matérias estranhas afrouxadas por centrifugação, batimento, gravidade e circulação de ar. Existem tipos recentes de limpadores desenvolvidos para

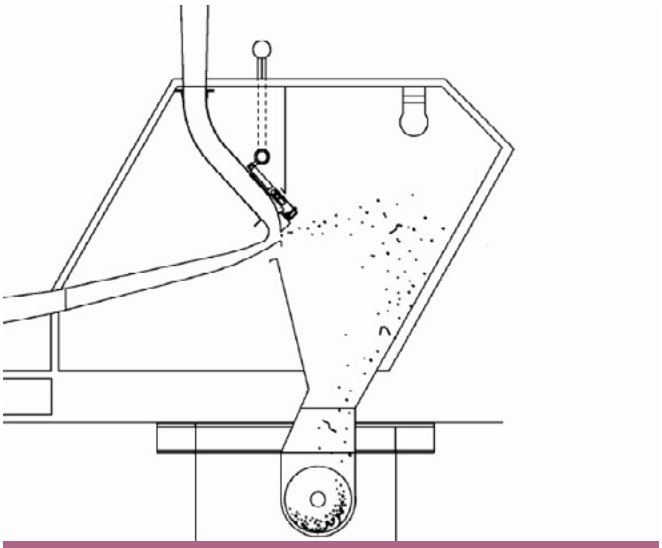


Figura 75. Corte do limpador de fibra centrífugo (Fonte: Lummus Corp., 19–)

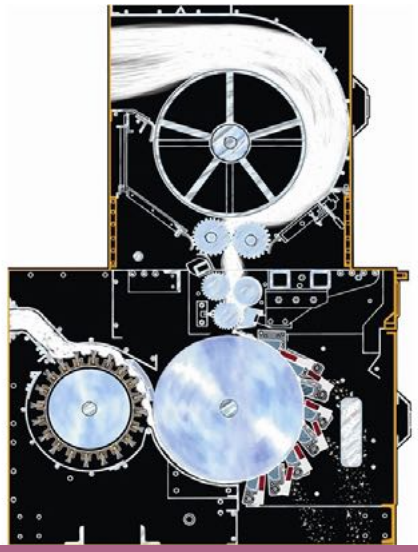


Figura 76. Limpador de fibra de serra convencional (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 19–)

menor agressão da fibra e que não têm dispositivo de pressão da manta; a fibra, nesse caso, é alimentada diretamente nos dentes de serra. Esses equipamentos são chamados de "limpadores de alimentação direta" ou "limpadores sem manta".

5.2.1. Princípio de funcionamento do limpador de pluma de serra convencional

O limpador de serra é geralmente composto de um condensador, um jogo de rolos de alimentação, uma barra de alimentação, um cilindro de serra girando na frente de um conjunto de barras de batida e um tambor de escova, para destacar a manta penteada e soprá-la para fora da máquina (Figura 76).

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 6). Os tambores condensadores de chapa furada ou tela podem ter sucção de um lado só (tipo Moss Constellation e máquinas Busa 1600 e 2000). São condensadores de diâmetro grande e a manta se deposita na parte inferior do condensador. Podem ter sucção pelos dois lados (todos os limpadores modernos e máquina Busa Constelation). 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 fabricante (Figura 77). O cilindro de serra tem diâmetro de 41 cm (Balkan, Cherokee, Lummus, Busa 1600), de 51 cm (Busa 2000) ou 61 cm (Bajaj-Continental Eagle). O número das barras de batida (facas) varia de cinco a oito, dependendo da marca e do modelo.

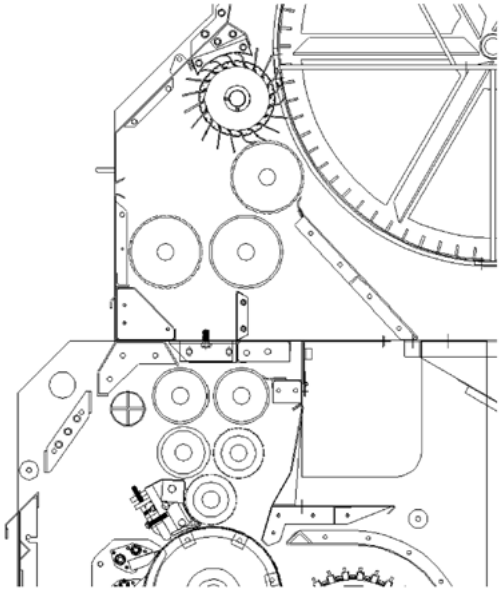


Figura 77. Rolos alimentadores (Fonte: Busa Ltda., 2004)

5.2.2. Limpador de pluma de serra de desenho alternativo

Nos limpadores de pluma de serra Regal, da Cherokee, e Constelation,

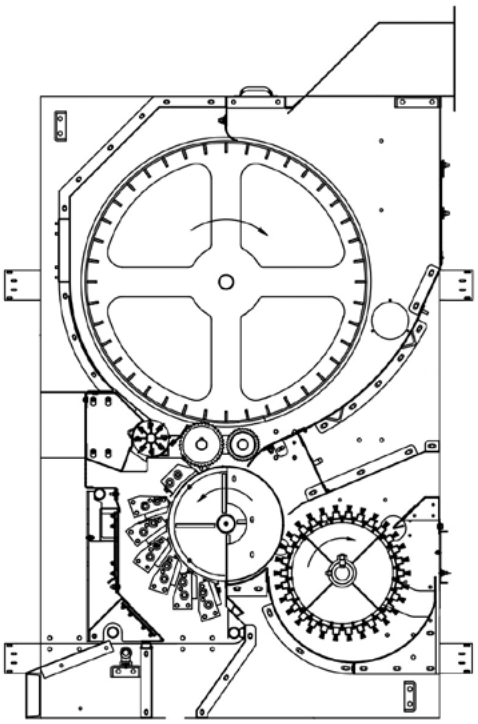


Figura 78. Limpador Regal da Cherokee (Fonte: Cherokee, 2021)

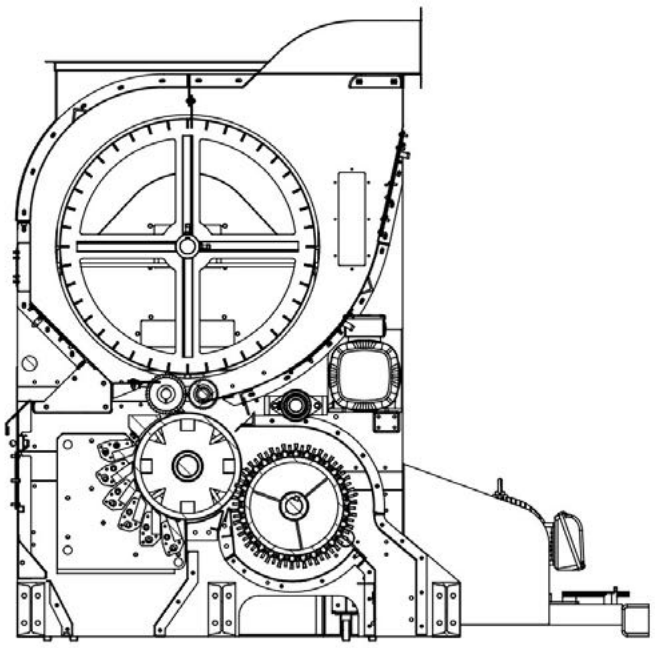


Figura 79. Limpador Constelation da Busa (Fonte: Busa, 2023)

da Busa, uma manta é formada no condensador, mas é alimentada diretamente no cilindro de serra, sem ser antes pressionada entre um rolo flutuante e uma barra de alimentação. O rolo destacador serve de alimentador. Em seguida, a manta passa por baixo de um aplicador para evitar perdas de fibra nas barras de limpeza. Tal máquina é chamada de limpador de pluma de alimentação direta (Figura 78 e 79). Regal e Constellation possuem um aplicador, um cilindro de serra, seis barras de batida e um tambor de escovas.

Nas máquinas Sentinel, da Lummus, não existe formação de manta e não se usam rolos de alimentação. Tufos individuais de plumas são aplicados pelo separador diretamente nas serras, em vez de aglomerar a pluma em uma manta pressionada. Isso evita que as impurezas sejam comprimidas nas fibras, tornando-as mais fácil de remover. O estresse mecânico, as fibras, os *neps* e as fibras curtas são reduzidos, mas a penteagem é menor, podendo resultar numa menor correção do tipo e da cor. O limpador Sentinel possui um aplicador (barra de alimentação), um cilindro de serra, barras de batida e um tambor de escovas (Figura 80).

No limpador Sentinel I, a fibra é desprendida do ar por um tambor separador. Um jato de ar é soprado constantemente na chapa perfurada do tambor para mantê-lo sempre limpo. A limpeza é efetuada por oito barras de batida.

Na máquina Sentinel II, a fibra é separada do ar por uma tela fixa e a aplicação da fibra sobre o cilindro de serra é realizada por um cilindro de escovas de alta velocidade girando com 390 RPM na frente da tela. O número de barras de batida é reduzido a seis.

A capacidade normal de trabalho do limpador de pluma de serra convencional é de 1 a 1,7 FPH (227kg)/ pé de largura, com cilindros de serra de 41 cm, e acima de dois fardos, com serra de 51 cm e 61 cm.

Já os limpadores de alimentação direta ou sem manta oferecem, segundo os fabricantes, capacidades maiores, de até 2,5 FPH/pé de largura.

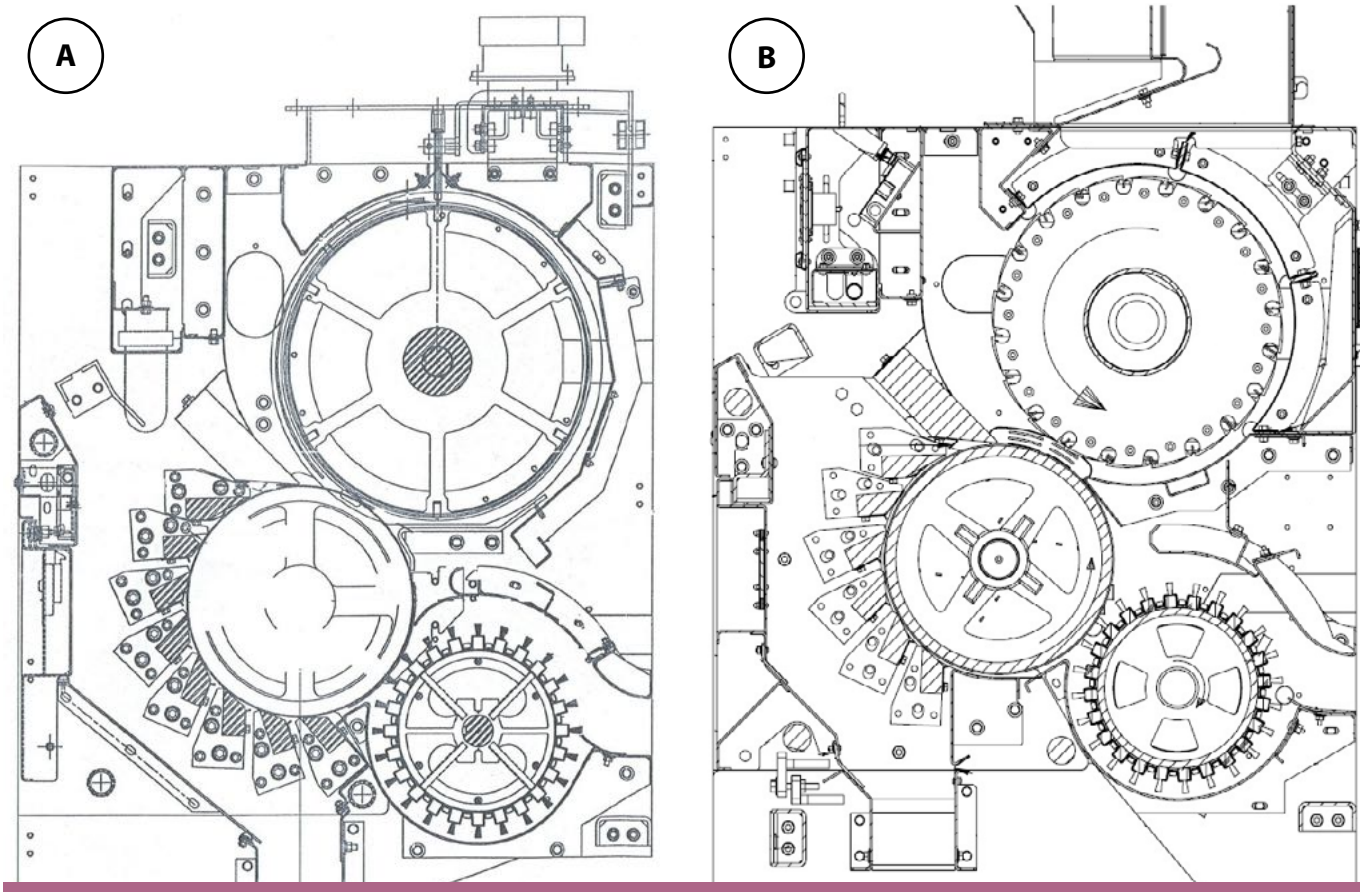


Figura 80. Limpador Sentinel I e limpador Sentinel II (Fonte: (A) Lummus Corp. 2007 e (B) Lummus Corp., 2023)

Tabela 6. Características dos limpadores de pluma utilizados no Brasil (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Fabricante	Nome comercial	Largura (pol./cm)	Diâmetro Condensador (pol./cm)	Diâmetro serra (pol.)	Capacidade (fardos/hora)		Utilisação/ *Layout*	Cilindros alimentadores	Barras de limpeza	RPM serra	Regulagens (mm)		Motor (HP)
					227	200					flutuante--serra	barras--serra	
BAJAJ / Continental Eagle	16-D antigo*	66 / 168	24 / 61	16	8	9	Linha	3	8	866	1,6	1,6	15
	16-D *	66 / 168	24 / 61	16	8	9	Linha	3	5	1.214	0,8	1,6	15
	16-D	94 / 239	24 / 61	16	12	14	Linha	3	5	1.214	0,8	1,6	30
	24-D Golden Eagle	102 / 259	24 / 61	24	25	-	Linha	3	8	855	0,8	1,6	40
	24-D Golden Eagle	120 / 305	24 / 61	24	25+	-	Linha	3	8	855	0,8	1,6	50
Balkan	Raptor I	103 / 262	Pin cylinder /19	16	20	-	Linha	N/A	6	780	N/A	1,6	40 + 10
	Raptor II	103 / 262	36	16	20	-	Linha	5	6	841	0,5	1,6	40 + 7.5
	Raptor II	123 / 312	36	16	25	-	Linha	5	6	841	0,5	1,6	40 + 7.5
Busa Ltda	Smart 1600	103 / 262	50 / 127	16	15	17	Linha	7	6	1.050	2,0	1,2 a 1,6	30 + 7.5
	Smart 2000	116 / 295	50 / 127	20	20	-	Linha	7	8	950	2,0	1,2 a 1,6	50 + 15
	Global Constelation	142 / 360	38 / 97	16	30	-	Linha	2	6	1.050	2,0	1,2 a 1,6	50 + 15
Cherokee	Regal 86	86 / 218	38 / 97	16	12	-	Linha	2	6	1.000	/	3,2	30 + 5
	Regal 112	112 / 284	38 / 97	16	18	-	Linha	2	6	1.000	/	3,2	40 + 5
	Regal 142	142 / 361	38 / 97	16	30	-	Linha	2	6	1.000	/	3,2	50 + 5

Continua ⟶

* Modelo antigo não mais comercializado

Tabela 6. Continuação

Fabricante	Nome comercial	Largura (pol./cm)	Diâmetro Condensador (pol./cm)	Diâmetro serra (pol.)	Capacidade (fardos/hora)		Utilisação/ *Layout*	Cilindros alimentadores	Barras de limpeza	RPM serra	Regulagens (mm)		Motor (HP)
					227	200					flutuante--serra	barras--serra	
Lummus Corp.	86	86 / 218	30 / 76	16	10	11	Linha	2	6	1.000	1,6	0,79	30
	108	108 / 274	30 / 76	16	15	17	Linha	2	6	1.000	1,6	0,79	40
	Sentinel	86 / 218	22 / 56	16	10	-	Linha	0	8	1.000	/	0,79	30
	Sentinel	108 / 274	22 / 56	16	15	-	Linha	0	8	1.000	/	0,79	40
	Sentinel II	108 / 274	Brush cyl.	16	22	-	Linha	0	6	1.000	/	0,79	40
	Sentinel II	144 / 366	Brush cyl.	16	30	-	Linha	0	6	1.000	/	0,79	50
	Guardian	108 / 274	30	/	15	-	Linha	2	8	994	3,2	3,2	30
Candeloro	Tipo Constellation *	66/168	50 / 127	16	6,5	7	Linha/ Bateria	7	6	1.050	3,0	3,2, 2, 1,6	25
	Tipo Constellation *	86/218	50 / 127	16	8,5	10	Linha/ Bateria	7	6	1.050	3,0	3,2, 2, 1,6	30
Moss Gordin	Constellation (original) *	66 / 168	50 / 127	16	6,5	7	Linha/ Bateria	7	5	1.068	1,6	0,6 a 0,9	25
Murray/ Piratininga	Tipo Constellation *	66 / 168	50 / 127	16	6,5	7	Linha/ Bateria	7	5	1.018	1,6	3,2 e 1,6	25
	Tipo Constellation *	86 / 218	50 / 127	16	8,5	10	Linha/ Bateria	7	5	1.018	1,6	3,2 e 1,6	30

* Modelo antigo não mais comercializado

5.2.3. 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 esse 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 descaroçamento 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 motorredutor da parte alimentadora.

O acréscimo da velocidade tangencial ou periférica (Vt) 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). Por isso, a velocidade de rotação recomendada para o cilindro de serra diminui quando aumenta o seu diâmetro. Para cilindros de 41 cm (com Vt de 22 m/s até 25 m/s), são recomendados de 1.000 até 1.200 RPM, ante 900 RPM no caso do cilindro de 61 cm (com Vt de 29 m/s). A Vt 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-se a velocidade da alimentação e, em casos mais raros, a velocidade de rotação do rolo de serra. Quanto 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

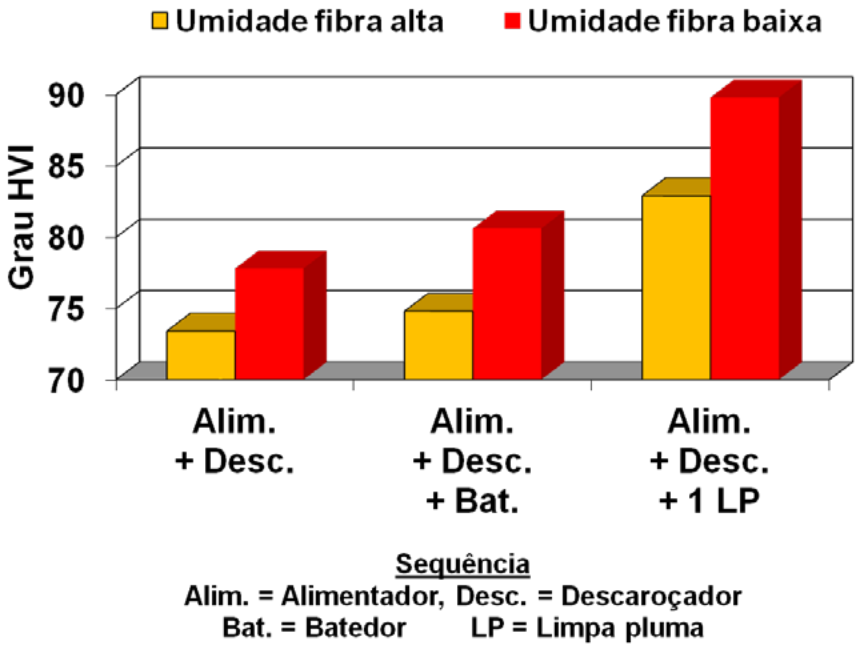


Figura 81. Efeito do limpador de pluma sobre o grau HVI (Fonte: CIRAD, 2005)

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 81). 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 82). 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 descaroçadores antigos de baixa capacidade, uma única máquina atende vários descaroçadores (limpador de pluma "bateria" dos processos de desenho antigo). No caso de usina utilizando descaroçadores de capacidade intermediária e alta (de cinco fardos por hora para cima), cada limpador de pluma atende um descaroçador.

Para aumentar o desempenho da limpeza de pluma, duas máquinas podem ser utilizadas juntas (em bateria ou atrás de cada descaroçador), 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 descaroçadores, 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, assim como 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 (limpeza 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 seis descaroçadores de tipo Murray 90 serras de 30,5 cm colocando duas máquinas de 168 cm encostadas de traseira uma na outra, com fluxo dividido (Figura 83). No caso de limpadores de 168 cm funcionando com fluxo dividido, a altura de

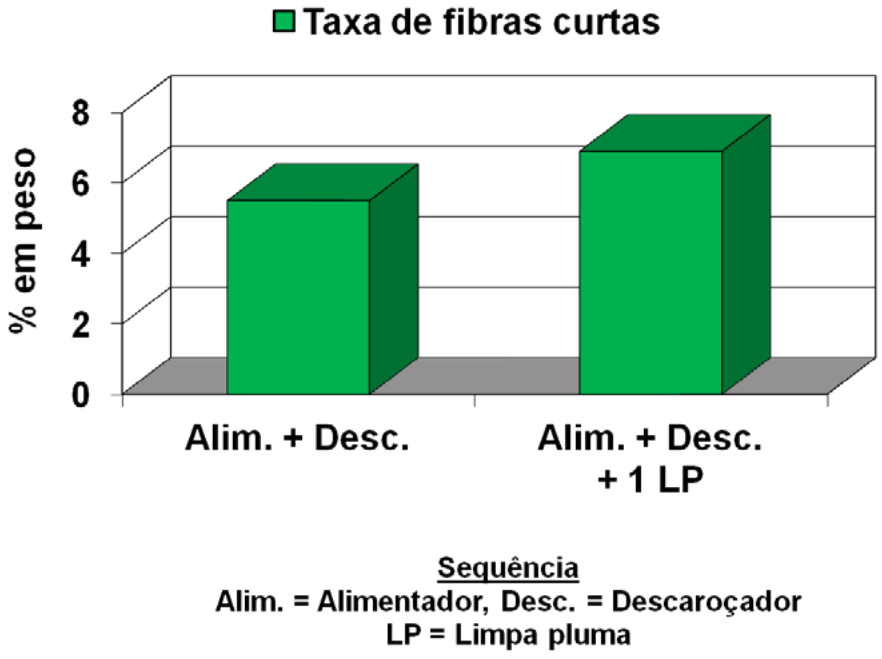


Figura 82. Efeito do limpador de pluma sobre as fibras curtas (Fonte: CIRAD, 2005)

instalação deve ser suficiente (mínimo com a base do condensador a dois ou três metros acima do chão) para permitir uma boa divisão da fibra entre as duas máquinas e a velocidade dos condensadores deve ser reduzida até se obter uma manta sem furos. As máquinas então devem ser equipadas com motorredutor 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 descaroçadores impedem uma alimentação suficiente das duas máquinas, que não podem funcionar normalmente e perdem muita fibra. Para os conjuntos antigos de cinco descaroçadores de 80 ou 90 serras, deve-se utilizar um limpador de 218 cm e, para seis descaroçadores de construção antiga, é preferível instalar uma máquina larga de tipo moderno, que tem largura em torno de 260 cm.

5.2.4. Regulagens e manutenção

É fundamental observar todas as regulagens recomendadas pelos fabricantes (Tabela 6), particularmente os espaçamentos entre rolo de alimentação/barra/serra dos limpadores convencionais (Figura 84). 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 85). A distância entre a barra e a serra também é importante, com valores recomendados geralmente de 1 mm 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 86). 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 mm a 5 mm de comprimento na base. O perfil dos dentes é importante para o desempenho da máquina. A troca da guarnição de dentes do cilindro de serra deve respeitar estritamente as especificações do fabricante. Dentes perfeitamente afiados são fundamentais para



Figura 83. Limpa-pluma duplo de 66", com fluxo dividido (Fonte: Cotimes do Brasil, 2007)

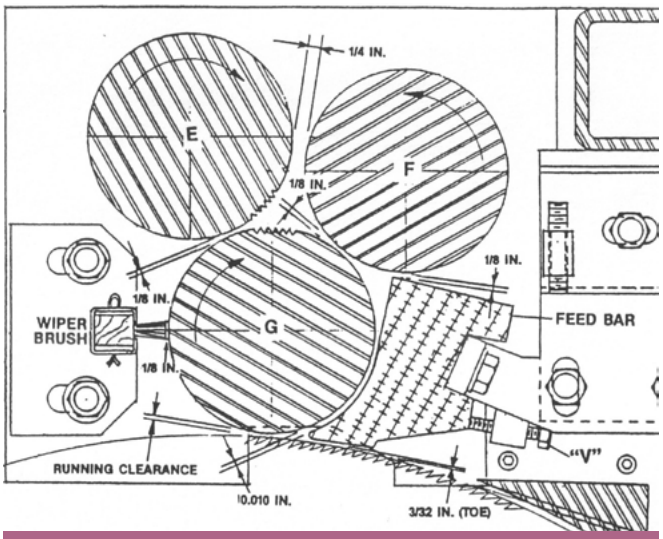


Figura 84. Relação rolo de alimentação/barra/serra no 24D (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 2000)

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 87). É importante observar a folga recomendada entre a ponta das barras e as pontas dos dentes (0,8 mm a 2,4 mm). Um espaçamento muito grande reduz a limpeza, enquanto 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 88).

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



Figura 85. Folga flutuante/barra excessiva (Fonte: Cotimes do Brasil, 2008)



Figura 86. Visor lateral (Fonte: Cotimes do Brasil, 2008)



Figura 87. Batimento da fibra nas barras (Fonte: Cotimes do Brasil, 2010)

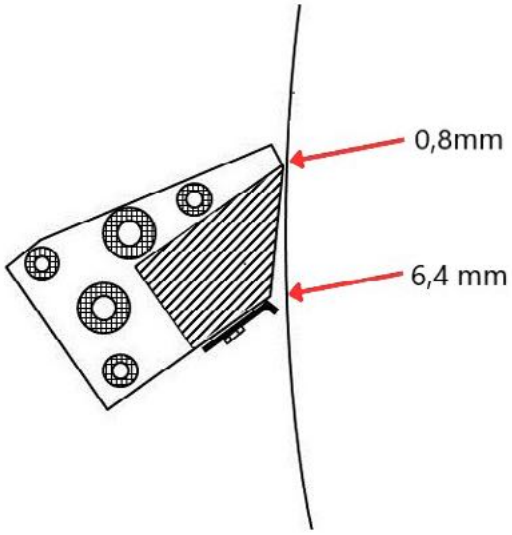


Figura 88. Parâmetros de regulagem de uma barra de limpador Sentinel (Fonte: Lummus Corp., 2007)

Em virtude do 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. É fundamental considerar sempre que o limpador de pluma é uma máquina extremamente perigosa (responsável por 50% dos acidentes na algodoeira nos EUA). 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 de maneira homogênea em toda a largura da máquina. Um motorredutor 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.

5.2.5. Gestão da limpeza de pluma

A limpeza da fibra proporciona uma penteagem. Ela 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 kg 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 ocorrem 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

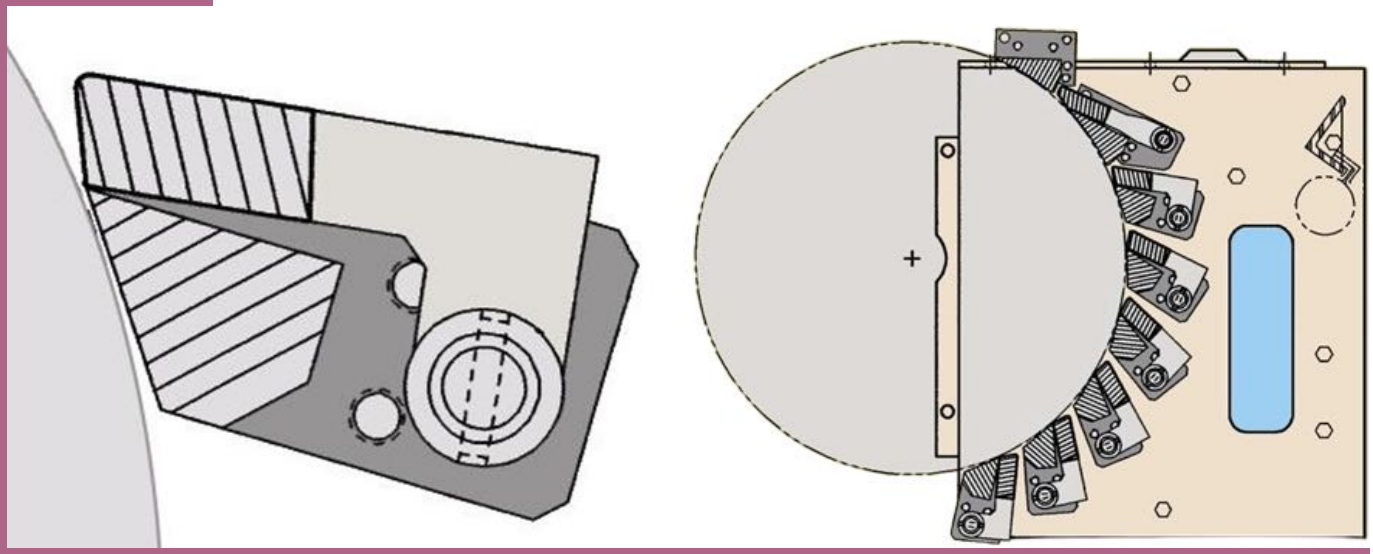


Figura 89. Sistema Louvers, da Bajaj-Continental Eagle (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 2002)

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 abas Louvers) (Figura 89). Neste caso, a penteagem é conservada e as perdas podem ser muito baixas, de 0,2% a 0,3% (a barra 1 permanece sempre ativa), ou até normais (1%), dependendo do número e da posição das barras fechadas.

Os limpadores de alimentação direta ou sem formação de manta reduzem 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 diminuição da penteagem, pode ficar rentável ou não, dependendo da matéria-prima (caso da colheita mecânica) e dos contratos comerciais. Um estudo recente mostrou que a colocação direta da fibra na serra sem passar pela mudança brusca de direção praticada nos limpadores convencionais, formando ou não uma manta, resulta em menos quebras da fibra sem aumentar significativamente o teor de impurezas. Os limpadores de alimentação direta conseguem produzir fibra de excelente uniformidade (Armijo *et al.*, 2023). O peso crescente dos parâmetros determinados pela classificação instrumental na comercialização do algodão deixa cada vez mais interessante a opção dos limpadores de pluma de alimentação direta ou sem formação de manta.

Para os algodões sujos, a melhoria de grau geralmente compensa as perdas de fibra. A limpeza da fibra deve ser aumentada, utilizando-se 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 90), que prejudica menos a fibra (Figura 91), mas 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 ao descaroçador com o mínimo de sujeira.

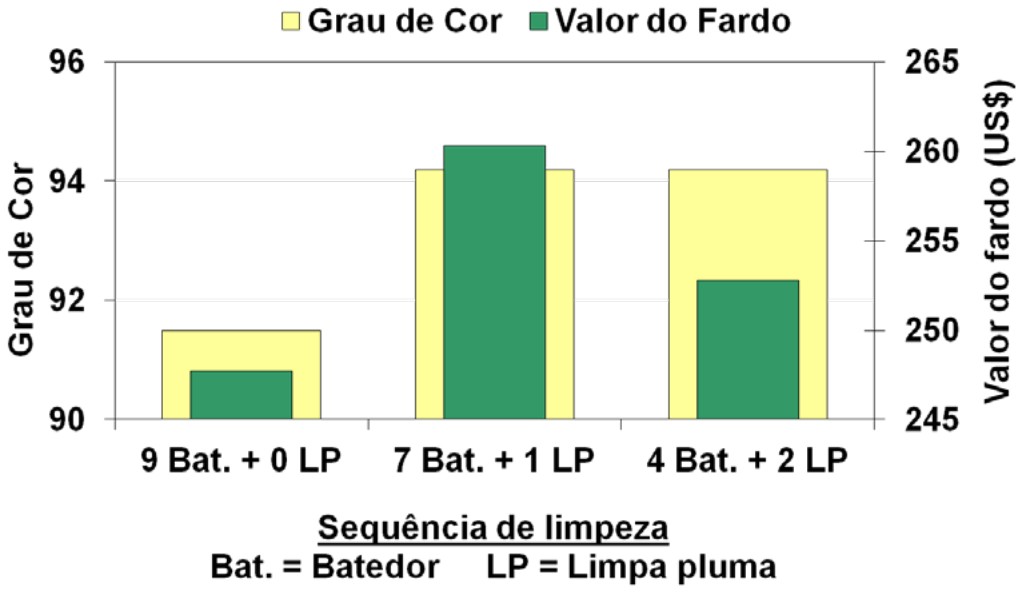


Figura 90. Efeito da limpeza sobre o valor do fardo (Fonte: CIRAD, 2005)

Nas usinas antigas, é possível melhorar a pré-limpeza e a limpeza da fibra para conseguir melhorias 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 a implantação de limpeza de pluma moderna e bem dimensionada (Figura 92) (Chanselme *et al.*, 2007).

Adaptar a limpeza à 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 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

O objetivo do enfardamento da fibra consiste 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. Condensador geral

A máquina funciona com sucção, separa a fibra de seu ar de transporte e a condensa em uma manta (Figura 93). 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 (104 cm ou 137 cm – 41" ou 54", respectivamente) e o seu diâmetro, à capacidade nominal do processo (102 cm a 204 cm – 40" a 80", respectivamente). 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.

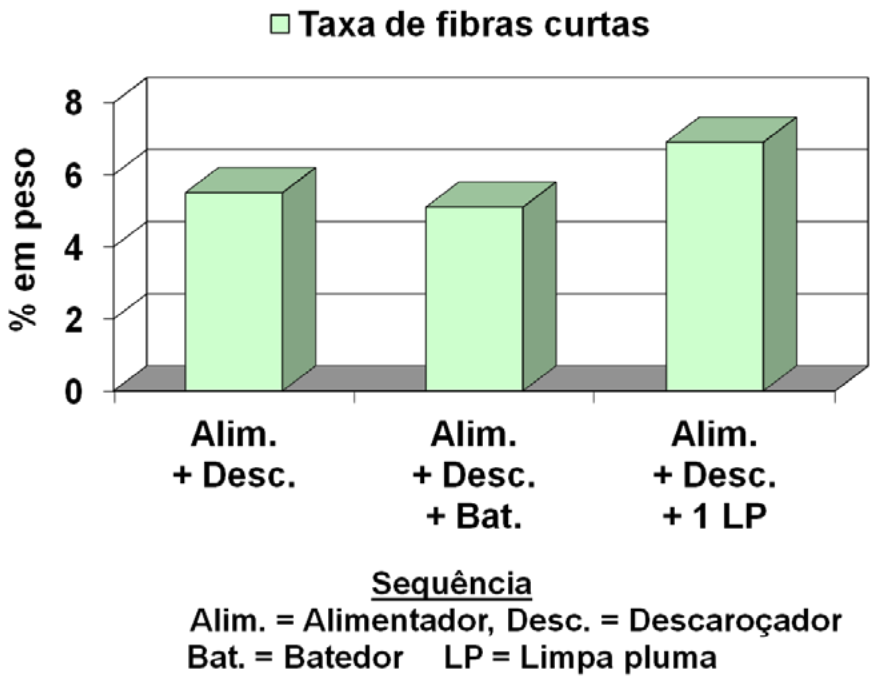


Figura 91. Efeito da limpeza sobre as fibras curtas (Fonte: CIRAD, 2005)

As velocidades de rotação são, em geral, entre 6 RPM e 14 RPM, dependendo do diâmetro do tambor e do fluxo de fibra que chega à máquina. Uma velocidade de rotação muito baixa acarreta embuchamentos e perturba o sistema pneumático, enquanto uma velocidade muita 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 descaroçadores 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, de modo a permitir uma captação de poeira por ciclones.

Para que se garanta um depósito perfeitamente regular da fibra na superfície do condensador e se obtenham 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 levam a mantas de densidade irregular, embuchamentos e perdas de fibra. Telas em mau estado, consertadas ou emendadas com epóxi, provocam furos ou interrupção da manta, a cada volta. Rolos de saída mal regulados ou em mau estado (rolo de borrachas) atrapalham a saída regular da manta, provocam o seu retorno por sucção e embuchamentos (Figura 94). Problemas de funcionamento que resultam em parada do condensador geral são economicamente críticos, pois provocam uma parada geral do processo e da produção.



Figura 92. Limpeza de pluma moderna e dimensionada num processo antigo (Fonte: CIRAD, 2005)

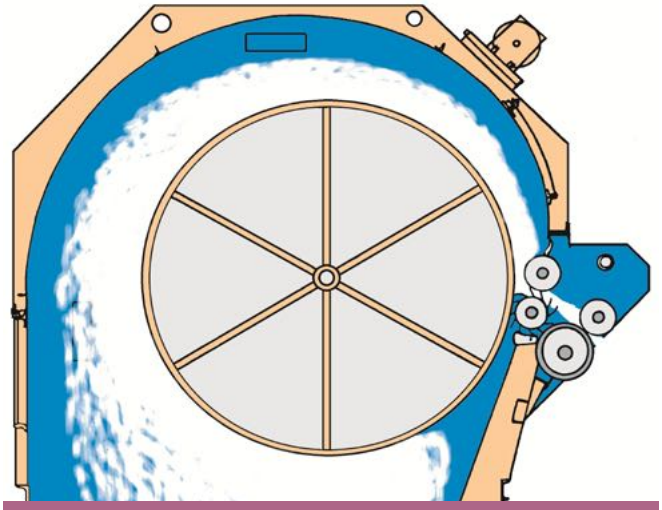


Figura 93. Corte de condensador geral (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 19--])

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.

6.2. Bica de fibra

A bica guia a fibra do condensador até a prensa (Figura 95). A manta liberada pelo condensador desliza por gravidade sobre o fundo metálico liso. As dimensões da bica são determinadas em função da capacidade de produ-

ção 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 12 m ou mais, para 75 fardos de 227 kg por hora (Tabela 7). As prensas de giro rápido permitem comprimentos menores. A largura é de 104 cm ou 137 cm (41" ou 54", respectivamente). A inclinação se situa entre 35° e 50° e deve permitir um deslizamento suficiente para evitar o enrolamento da manta, mas limitado, a fim de não provocar quebra da manta. Muitas vezes, é nela que se dá a umidificação da fibra.

6.3. Alimentação da prensa

Nas unidades modernas, a alimentação da prensa é feita por um conjunto alimentador/empurrador (Figura 96). O alimentador de fibra fica localizado na ponta inferior da bica. Constituído de um tambor de palhetas, ou de uma esteira ou de ambos, ele joga rapidamente a manta em espera para dentro do empurrador. Também serve para reter a manta no momento certo, a fim de que ela não interfira no bom funcionamento do empurrador.

O empurrador, situado entre a bica e o calcador, é usado para encher rapidamente a câmara do calcador antes de



Figura 94. Perturbação da saída da manta (Fonte: Cotimes do Brasil, 201-)



Figura 95. Bica do condensador (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Tabela 7. Norma de comprimento da bica (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

Produção (fardos/hora)		Comprimento da bica (m)
227 kg	200 kg	
	10	3,2
	15	4,0
15	17	4,1
20	23	5,0
25	28	5,8
30		6,4
36		7,3
45		8,7
60		11,0
75		12,5

cada compactação. Nas prensas de capacidade média ou alta, o empurrador é acionado por um cilindro hidráulico horizontal. O dimensionamento 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.

Nas algodoeiras antigas com produtividade baixa, o empurrador movido por um pistão pneumático é suficiente para alimentar corretamente a prensa (Figura 97).

6.4. 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 98). A fibra introduzida a cada calcada fica retida na caixa por dispositivos mecânicos chamados "cachorros" (Figura 99), que devem ter uma penetração suficiente (aproximadamente 10 cm) para ser eficientes e ajudar na disposição correta das camadas de fibra na caixa.

Quando uma quantidade predeterminada de fibra está na caixa de pré-compressão, as caixas giram 180° e a compressão pode começar. 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. 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 do calcador. O controle manual da pré-compressão leva a certa irregularidade no peso dos fardos.

A capacidade da usina determina a velocidade, ou seja, o número de movimentos 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 resulta em mais calcadas por fardos e fardos mais pesados. Isto acontece porque se reduz a força necessária para a compressão.



Figura 96. Conjunto alimentador/empurrador (Fonte: Cherokee, 2024)



Figura 97. Empurrador pneumático (Fonte: Cotimes do Brasil, 2006)



Figura 98. Calcador hidráulico (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

6.5. Prensa

A prensa hidráulica é responsável pela prensagem da fibra e formação do fardo. Seus 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 controlado 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, de 15 fardos/h a 80 fardos/h ou mais.

É possível distinguir diferentes tipos de prensas, principalmente conforme a densidade dos fardos produzidos, sua direção de prensagem e o tipo de caixa (com ou sem portas, caixas fixas ou suspensas, etc.).

Todas as prensas utilizadas no Brasil produzem fardos de densidade universal (DU de 450 kg/m^3). A direção de prensagem pode ser de baixo para cima (prensas de tipo up-*packing*). As caixas e o pistão de prensagem ficam embaixo do chão e exigem a construção de um fosso, além de um poço profundo. O investimento em obra civil é alto (Figura 100). As prensas antigas ou de pequena capacidade utilizadas no Brasil (12 a 15 fardos por hora) pertencem a esta categoria (Figura 101).

As prensas antigas de tipo up-*packing* sempre têm portas movimentadas manualmente. As prensas modernas deste tipo possuem alta capacidade (até 80 fardos/hora, ou mais). Pelo pouco tempo disponível para o ciclo, não podem ter portas (Figura 102). Neste caso, o fardo é formado na parte alta das caixas e sai delas preso entre o pistão principal e um contrapistão superior, o tempo necessário para a aramação.

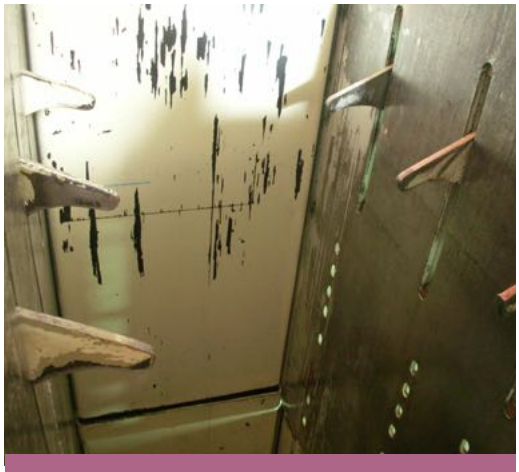


Figura 99. Cachorros de prensa (Fonte: Cotimes do Brasil, 2009)

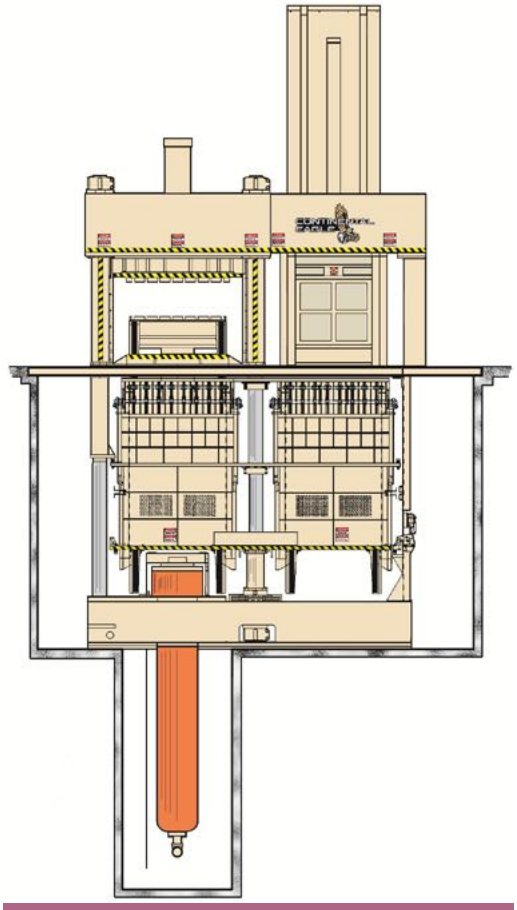


Figura 100. Implantação de prensa up-*packing* (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 199-)

Nas prensas de baixo para cima, o único pistão tem um diâmetro entre 30,5 cm 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 uma base de resistência adequada (Figura 103). São prensas de capacidade de até 60 fardos por hora, as quais usam geralmente caixas suspensas que se levantam rapidamente, liberando o fardo para aramação (Figura 104). 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 cm e 34,2 cm. Os pistões são de tipo duplo efeito, para poder retornar até a posição alta.



Figura 101. Prensa up-*packing* antiga (Fonte: Cotimes do Brasil, 2006)



Figura 102. Prensa up-packing de alta capacidade (Fonte: Lummus Corp., 2024)

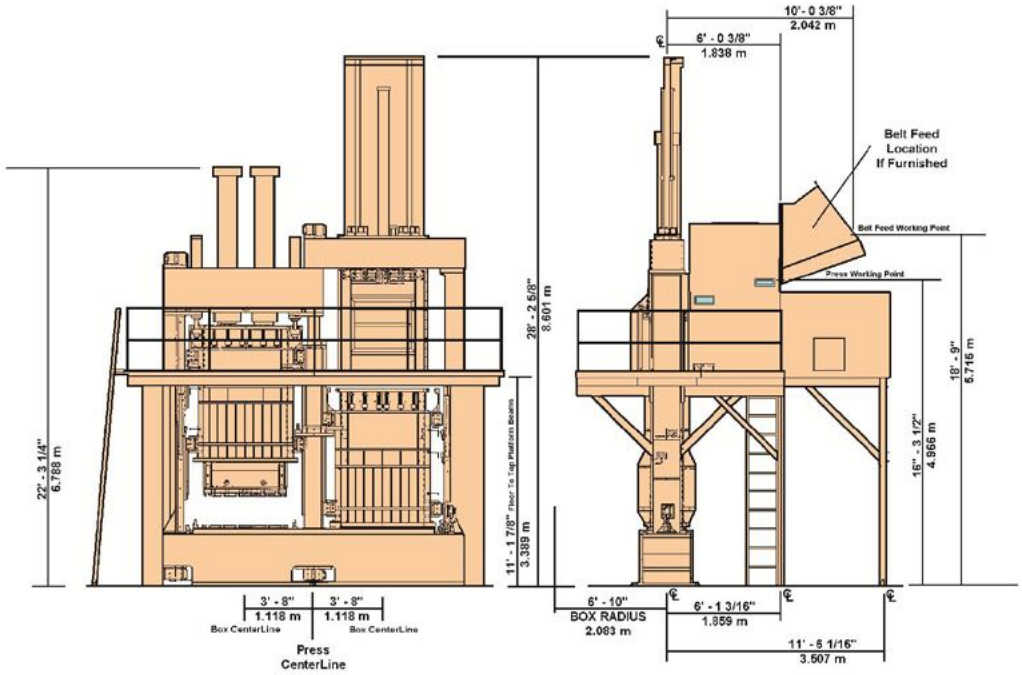


Figura 103. Prensa down-packing (Fonte: Bajaj-Continental Eagle, 199-)

Existem variações entre fabricantes conforme os tipos de prensagem, densidade do fardo, capacidade, características de pistões, potência instalada e outros parâmetros (Tabela 8).

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 acoplada a um motor elétrico. 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 muito mais complexo, em função do número de atuadores. Assim como todos os sistemas hidráulicos industriais, ele 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 o motor hidráulico do alimentador, dos pistões do empurrador, do calcador, da prensagem, do levantamento e travas de caixas, da ejeção do fardo e do 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. Por esses motivos, o óleo sempre deve ser filtrado antes da primeira utilização (óleo novo) e a cada entressafra, junto à limpeza completa dos reservatórios.

A automação da prensa apareceu com o aumento de capacidades, sistemas hidráulicos mais complexos e disponibilidade de tecnologia (sensores e autômatos). Ela 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 se trata realmente de uma automação quando o giro tem que ser iniciado pelo operador, mas o sistema merece

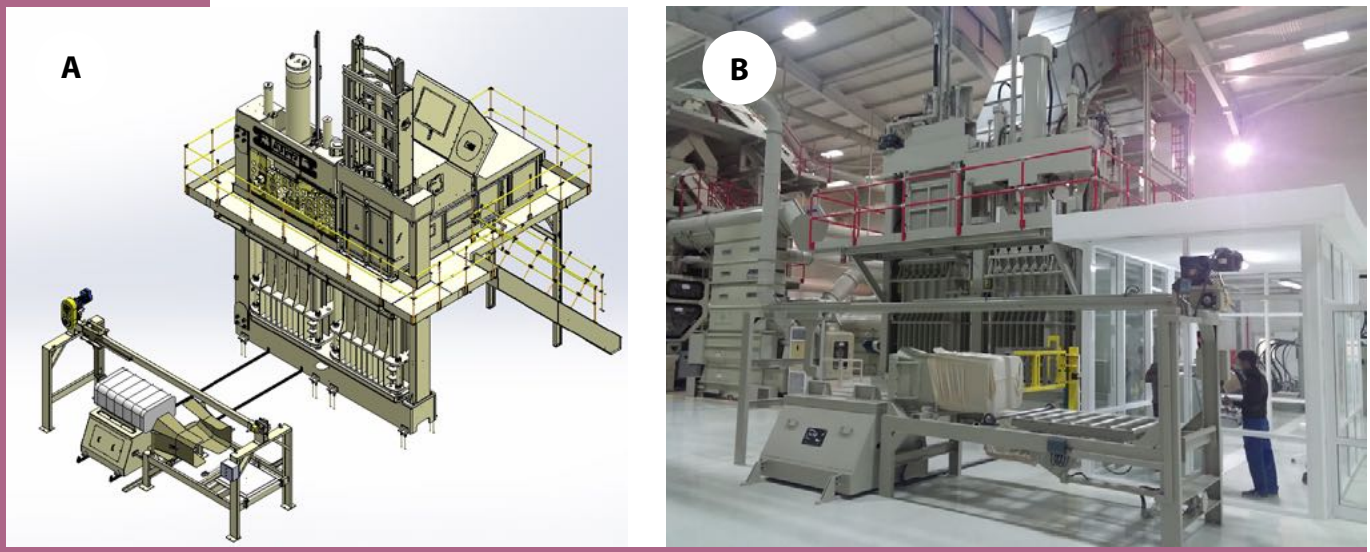


Figura 104. Prensas de caixas suspensas (Fonte: (A) Busa, 2024 e (B) Balkan, 2024)

Tabela 8. Características das prensas de fardos utilizadas no Brasil

Fabricante	Nome comercial	Tipo de prensagem e densidade	Caixa e portas	Area da caixa	Capacidade (fardos/hora)		Empurrador	Calcador	Diâmetro pistão (pol.)	Potência instalada (HP)
				(pol. x pol.)	227	200				
BAJAJ / Continental Eagle	1900	Down-packing UD	Lift-box	20 x 54	25 to 30	-	Hidráulico	Hidráulico	2 x 13.4"	167
	2300	Down-packing UD	Lift-box	20 x 54	20 to 25		Hidráulico	Hidráulico	2 x 13.4"	122
	86 Bespress *	Down-packing UD	Portas	20 x 54	24 to 30	27 to 34	Pneumatico	Hidráulico	3 x 8.5	105
	9500	Down-packing UD/ HiD	Lift-box	20 x 54 ou 20 x 41	45 to 60	-	Hidráulico	Hidráulico	2 x 10	315 to 415
	9300	Up-packing UD/HiD	Sem portas	20 x 54 ou 20 x 41	50 to 80	-	Hidráulico	Hidráulico	18 + 12	305 to 823
Balkan	Lift-Box Door-Less	Down Packing UD	Lift-box	20 x 54	30, 45, 60, 75	-	Hidráulico	Hidráulico	16"	209, 367, 410, 448
	Intimidator 6518	Up Packing UD	Sem portas	20 x 54	80	-	Hidráulico	Hidráulico	16" + 12"	390
Busa Ltda	Smart Box Chinesa 30	Down-packing UD	Lift-box	20 X 54	15 - 45	17 to 51	Hidráulico	Hidráulico	2 X 10"	200
	Smart Box Chinesa 45	Down-packing UD	Lift-box	20 X 54	15 - 45	17 to 51	Hidráulico	Hidráulico	2 X 10"	215
	Smart Box 45	Down-packing UD	Lift-box	20 X 54 ou 20 X 41	15 - 45	17 to 51	Hidráulico	Hidráulico	14"	200
	Smart Box 60	Down-packing UD	Lift-box	20 X 54	60	-	Hidráulico	Hidráulico	14"	325
	Smart Box 75	Down-packing UD	Lift-box	20 X 54	75	-	Hidráulico	Hidráulico	14"	500
Cherokee	Chieftain	Down-packing UD	Lift-box	20 x 54	45 to 60	-	Hidráulico	Hidráulico	16"	245 to 545
	No-Door Elite Press	Up-packing UD	Sem portas	20 x 54	45 to 75	-	Hidráulico	Hidráulico	16 + 10	445 to 670
Lummus Corp.	Lift-Box Dor-Les®	Down-packing UD/ HiD	Lift-box	20 x 54 ou 20 x 41	20 to 50	23 to 57	Hidráulico	Hidráulico	14 ou 19	167 to 380
	Lift-Box Dor-Les®	Down-packing UD/ HiD	Lift-box	20 x 54	60	-	Hidráulico	Hidráulico	14	255 to 330
	Premier™ III Dor-Les®	Up-packing UD/HiD	Sem portas	20 x 54 ou 20 x 41	60 to 70	-	Hidráulico	Hidráulico	18 ou 21	600 to 900
	Premier™ III Dor-Les® HS/VS™	Up-packing UD/HiD	Sem portas	20 x 54	80+	-	Hidráulico HS/VS	Hidráulico HS/VS	18	1150
Candeloro	Prensa 20 x 41 *	Up-packing UD	Com portas	20 x 41	-	20	Pneumático	Mecanico	n.d.	n.d.
	Millenium *	Down-packing UD	Sem portas	20 x 54	45	-	Hidráulico	Hidráulico	n.d.	n.d.
Murray/ Piratininga	P.84-200 *	Up-packing UD	Com portas	20 x 41	-	15	Pneumático	Mecanico	12"	80

* Modelo antigo não comercializado (no more available)
UD = Densidade universal
HiD = Densidade alta

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), que administra:

- 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 manejar, de maneira lógica e com segurança, os sistemas hidráulico, elétrico e mecânico. Além do CLP, outros equipamentos clássicos para automação são necessários[2]. 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.



Figura 105. Sistema de filtração portátil (Fonte: Parker, 200-)

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 qualificado e treinado para operar o equipamento em condições adequadas. Também é imprescindível o conhecimento técnico referente aos sistemas hidráulicos e à automação, para

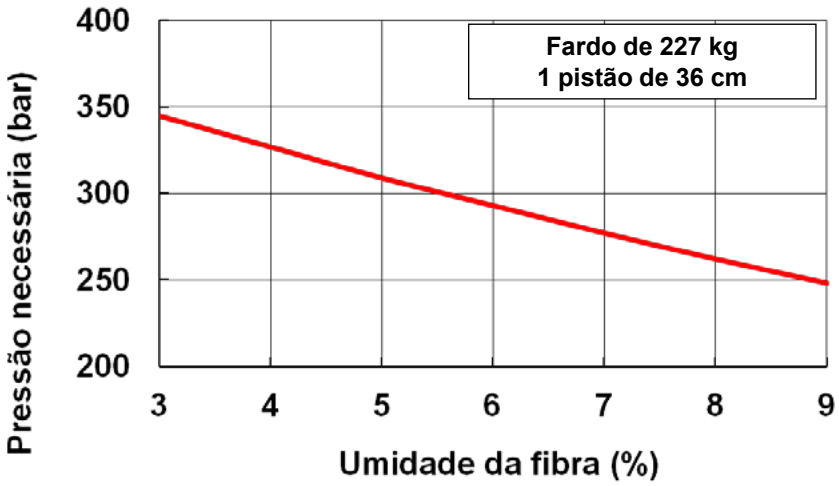


Figura 106. Força de prensagem e umidade da fibra (Fonte: Anthony e Mayfield, 1994)

[2] Ver a Capítulo 7 deste Manual.

fazer uma manutenção preventiva rígida e evitar práticas erradas e intervenções empíricas e perigosas como, por exemplo, alterações de regulagens de pressão ou enganação de sensores. É indispensável possuir um diagrama hidráulico e um mínimo de equipamentos específicos tais como conjuntos de manômetros com tomadores de pressão e o utilíssimo sistema portátil de filtração (Figura 105).

6.6. Fardos

6.6.1. Características e normas

Historicamente, as 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 utilizadas no Brasil são fabricadas de forma a produzir fardos de densidade universal DU (450 kg/m^3) e de peso de 227 kg. A alta densidade (acima de 500 kg/m^3), que necessita de equipamentos mecânicos e hidráulicos reforçados, não é encontrada hoje no Brasil. Densidades elevadas de fardos são interessantes, pois têm mais peso por um mesmo volume, o que traz redução de custo na embalagem, na armazenagem e no transporte. Para não se 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 esforços grandes do equipamento.

A USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) mostrou que a umidade da fibra na prensagem traz reduções enormes da força necessária para a prensagem final do fardo (Figura 106). No caso descrito (um pistão de 35,6 cm e fardo de densidade universal de 227 kg com base 140 cm x 53 cm), a força de prensagem é reduzida de 14% a 17% quando a umidade aumenta três 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 d'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 EUA e em todas as UBA recentes do Brasil, a seção-padrão das caixas é de 137 cm x 51 cm. Nas primeiras prensas modernas construídas no Brasil e nas prensas antigas, a secção das caixas é de 104 cm x 51 cm. A altura do fardo depende da força de compressão aplicada e do comprimento dos arames. A padronização progride e, hoje, a maioria dos fardos corresponde ao padrão internacional ISO 8115/1986 (Tabela 9 e Figura 107). A densidade recomendada é de 450 kg/m3, o que corresponde à densidade universal nos EUA.

No Brasil, as características dos fardos, determinadas pela norma NBR 12959/1993, são idênticas às da norma ISO 8115/1986. Uma boa parte dos fardos permanece com padrão de dimensões transversais de 106 cm x 53 cm, devido às dimensões das caixas de prensas antigas. A altura média é de 95 cm a 100 cm. Com uma densidade de 430 kg/m^3 a 450 kg/m^3 dentro da norma ISO 8115/1986 (densidade universal), o fardo antigamente chamado de "fardo brasileiro" tem um peso médio de 200 kg (Figura 108).

Tabela 9. Dimensões padrão de fardos DU (Fonte: Norma ISO 8115/1986)

Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Densidade (kg/m^3)
1060	530	780-950	360-500
1400	530	700-900	360-500



Figura 107. Fardo padrão EUA (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

6.6.2. Aramação

Os fardos são formados por alta compressão. Deve ser utilizado material de amarração de alta resistência para mantê-los nas dimensões desejadas. O material deve ser suficientemente resistente a fim de 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 quilogramas-força (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. No Brasil, o dispositivo mais empregado ainda é o arame de aço-carbono. As bitolas de diâmetro variam entre 3,4 mm e 4,2 mm, de acordo com a dimensão e o peso do fardinho. O mais usado é o de 3,5 mm, com 253 cm de comprimento, já com as dobras (Figura 109). Os fardinhos de padrão americano são amarrados com oito ou seis arames, enquanto os fardos de antigo padrão brasileiros em geral têm amarração com seis arames.

Nas usinas antigas, a colocação dos arames se faz em geral manualmente e, apesar do baixo ritmo de produção (oito a 14 fardos por hora), ocupa duas pessoas. 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 trajar devidamente EPIs específicos, tais como avental, luvas de couro e máscara de proteção do rosto.



Figura 108. Fardo antigo padrão Brasil (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)



Figura 109. Arames de aço (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)



Figura 110. Dispositivo guia para arames (Fonte: Cotimes do Brasil, 2009)

Usinas de maior produção (até 45 fardos por hora) conseguem aramação manual com duas pessoas se dispuserem de sistemas de chapas curvas de retorno de arames (Figura 110). Os operadores ficam de um lado do fardo, onde introduzem os arames e, no retorno, fazem a conexão.

Com produção alta (acima de 45 fardos por hora), o tempo disponível para a aramação é incompatível com a aramação manual. Em alguns casos, sistemas semiautomáticos rápidos e mais sofisticados devem ser utilizados para que a aramação não limite a produção. A ação do operador é restrita a colocar os arames no sistema na posição aberta. Todas as demais operações são feitas pelo sistema mecânico e pneumático (Figura 111).

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 semiautomáticos deixam o nó na coroa do fardo, onde a força é menor, reduzindo assim o risco de quebra do arame.

Sistemas de amarração com fitas de plástico hoje são sistematicamente utilizados nas UBAs de capacidade média e alta (Figura 112). Cada vez mais confiáveis, eles representam um investimento alto justificado pela necessidade de a amarração não limitar a produtividade do processo e pela redução de mão de obra e risco de acidentes. Fitas de plástico 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 mm ou 1,4 mm é composta de plástico normalmente aproveitado de reciclagem de Polietileno Tereftalato (PET). Nas prensas antigas, é possível colocar e soldar a fita manualmente.



Figura 111. Sistema de amarração automática com arames (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

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, por mesa de correntes ou por carrinho automatizado, até a estação de embalagem.

6.6.3. Embalagem

O objetivo da embalagem é proteger a fibra da contaminação e de vetores de fogo e melhorar sua aparência e comercialização. As embalagens dos fardos devem cobri-los completamente.

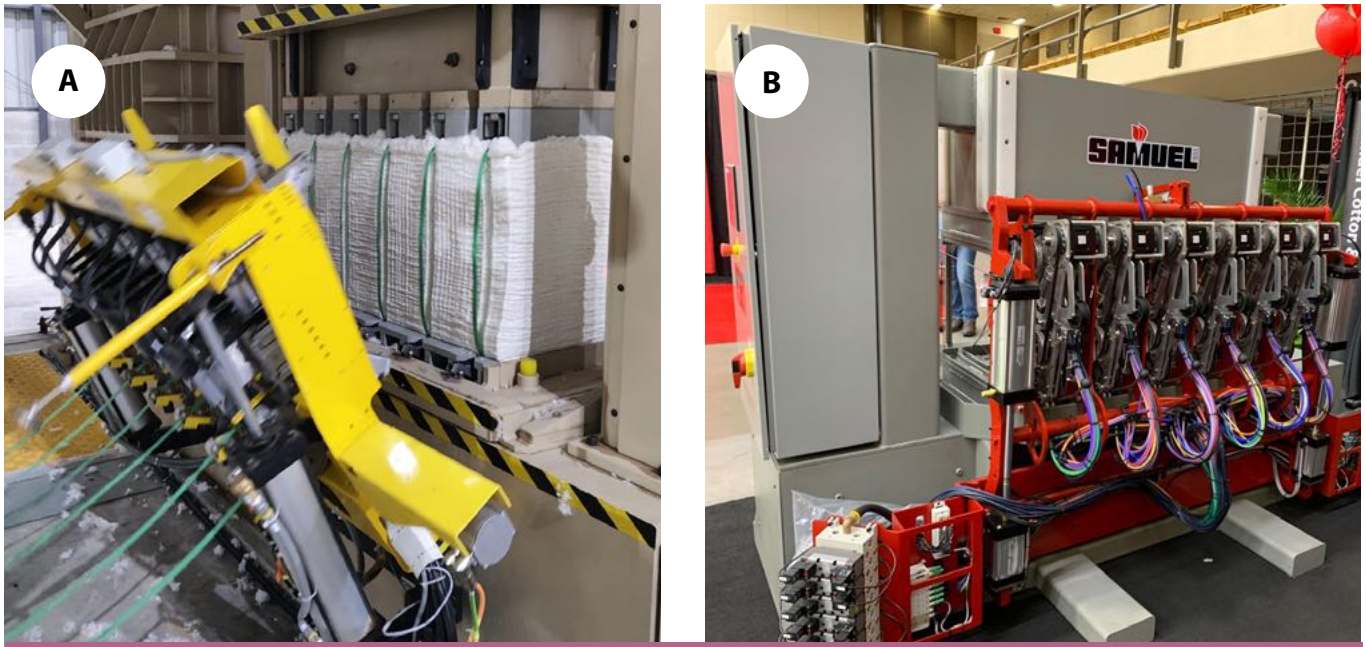


Figura 112. Sistema de amarração automática com fita (Fonte: (A) Signode, 2024 e (B) Samuel Strapping, 2024)



Figura 113. Embalagem com saco de algodão (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

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 cadências de produção aumentando, automação das prensas e exigência das indústrias têxteis quanto à contaminação e segurança, a utilização de sacos que cobrem o fardo já amarrado é generalizada.

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 de boa espessura garantem uma boa proteção, mas o custo é um fator limitante. Nos EUA, existem padrões precisos para sacos de algodão, sendo fixado, em primeiro lugar, um peso mínimo por unidade de superfície de 261 g/m^2 e também características de tecido ou malha, tais como número de fios, resistência a tração, ruptura e alongamento. A resistência à ruptura (rasgar) para sacos de malha deve ser,



Figura 114. Fragilidade das embalagens de malha de algodão (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

no mínimo, de 34 kgf e o alongamento entre 15 e 30% (National Cotton Council of America, 2024).

No Brasil, somente a tela de algodão de primeiro uso pode ser empregada para cobrir os fardos (NBR 12959/1993) (Figura 113). 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 já nas primeiras movimentações por empilhadeiras (Figura 114).

O saco em filme de polietileno é interessante pela transparência (observação de danos à fibra), proteção contra poeira e umidade, além da possibilidade de reciclagem (Figura 115).

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 EUA, o polipropileno é aceito com especificações estritas, inclusive uma camada de laminação, um inibidor de UV e um marcador químico. Já estão sendo utilizados sistemas totalmente automatizados instalados na frente da prensa, para retirada e ensacamento das amostras pré-cortadas, e posterior embalagem de fardos em sacos de polietileno (Figura 116). Tais sistemas não funcionam com sacos de algodão.



Figura 115. Embalagem do fardo em saco de plástico (Fonte: Sérgio Brentano, 2023)

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



Figura 116. Ensacadeira automatizada nos EUA (Fonte: Cotimes do Brasil, 2014)

(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 descaroçadores) 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 meio dela, a fim de acompanhar a amostra para a classificação visual e HVI, emblocamento, expedição, etc. (Figura 117) (Abrapa, 2011).

Procurando estabilidade e segurança em sala de espera ou armazéns, os fardos deveriam normalmente ser empilhados deitados (Figura 118). Por razão principal de eficiência de transporte por empilhadeiras, o empilhamento



Figura 117. Etiqueta do sistema SAI, da Abrapa (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

de pé é o mais frequente no Brasil, mas é menos estável e então limitado em altura. Acidentes com queda de fardos são frequentemente fatais.

6.7. Segurança na prensa

Em virtude do peso das partes mecânicas e da força dos atuadores hidráulicos, a prensa é uma máquina perigosa, que pode provocar acidentes sérios ou fatais. Recomendações de segurança gerais valem para prensas[3], mas regras específicas de prevenção nesse equipamento devem ser respeitadas (NR12) tanto nas algodoeiras modernas como nas antigas.



Figura 118. Excelente empilhamento de fardos (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

[3] Ver o capítulo 10 deste Manual.

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.; GOURLOT J.-P. Préservation des caractéristiques technologiques des fibres de coton pendant les opérations 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 2024 Specifications**. Disponível em: <http://www.cotton.org/tech/bale/specs/bagging.cfm>. Acesso em: 28/04/2024.

PILETTE, M. ; **La technique de l'égrenage du coton**. [s.l.] : Compagnie Cotonnière Congolaise, 1959. 213 p.

Jean-Luc Chanselme

Eduardo Moraes Couto

CAPÍTULO 5

Transporte de matérias na algodoeira

1. Transporte pneumático

O transporte pneumático é muito utilizado nas algodoeiras, 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, tudo isso 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 mmCA = 0,04 pol. CA = 9,807 Pa (Pascal).

A pressão estática *Pe* 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 1 e 2). A *Pe* é positiva quando é superior à pressão atmosférica. Neste caso, se as paredes do duto fossem elásticas, elas se dilatariam. A *Pe* é negativa quando é inferior à pressão atmosférica. Como dutos e máquinas exercem uma resistência ao deslocamento de ar, o ar movimentado gera uma *Pe* positiva no circuito pneumático de sopro e uma *Pe* negativa no circuito de sucção.

A pressão dinâmica *Pd* resulta do movimento de ar, manifesta-se na mesma direção que ele e varia de acordo com a sua velocidade. É sempre positiva.

Numa tubulação com ar em movimento, existem *Pe* e *Pd*. A pressão total do ar em movimento é a soma das pressões estática e dinâmica: *Pt* = *Pe* + *Pd*.

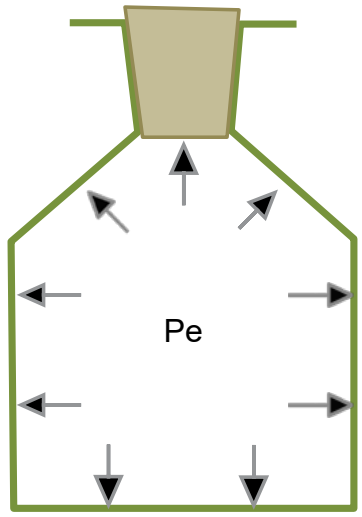


Figura 1. Pressão estática no ar em repouso (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

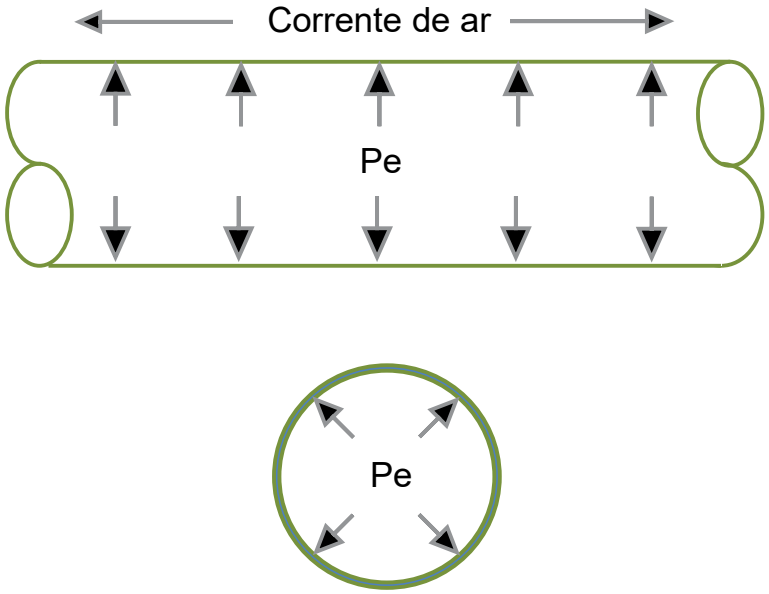


Figura 2. Pressão estática no ar em movimento (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

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^2):

Fluxo = Velocidade x Secção

Os fluxos deveriam se expressar em metros cúbicos por segundo, mas o habitual é usar a unidade de m^3/h: *Fluxo (m^3/h) = Fluxo (m^3/s) x 3.600*.

1.1.3. Medições

As pressões numa tubulação podem ser medidas observando-se o deslocamento de uma coluna d'água numa mangueira em U. A pressão estática é medida perpendicularmente à parede (Figura 3). A pressão total é medida orientando-se o dispositivo contra a corrente de ar em movimento. A pressão dinâmica é calculada com a fórmula *Pd = Pt – Pe*. Ela pode ser medida diretamente, conectando-se a tomada de pressão total de um lado e a da pressão estática do outro.

Na algodoeira, as pressões de ar são medidas com mangueira em U com água (podem ser fabricadas no local com mangueira transparente e altura de 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 algodoeira, é recomendado ter dois manômetros: um de escala de 0 mm a 100 mm (0 a 4 polegadas) CA para *Pd* e um de escala de 0 mm a 750 mm (0 a 30 polegadas) CA para a *Pe* (Figura 4).

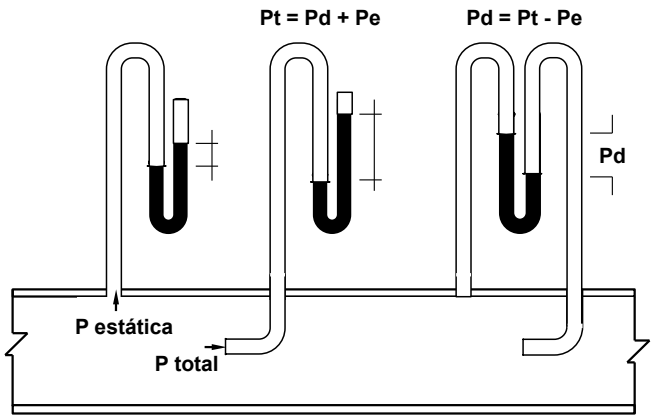


Figura 3. Medição das pressões estática, total e dinâmica (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

O uso do tubo de Pitot simplifica muito as medições, pois permite avaliar, com um mesmo dispositivo e simultaneamente, a pressão estática e a pressão total (Figura 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 (Figura 6). O manômetro conectado na saída dos dois tubos indica a diferença entre as duas pressões, ou seja, a pressão dinâmica. Para medir e ler a pressão estática, basta desconectar o tubo interno (Figura 7).

Por causa do 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,



Figura 4. Manômetro de agulha (Fonte: Cotimes Afrique, 2011)



Figura 5. Detalhes do tubo de Pitot (Fonte: Cotimes do Brasil, 2012)

a uma distância mínima de 8,5 vezes o diâmetro depois de uma curva ou deformação, e de 1,5 vez o diâmetro antes de uma curva ou deformação (Figura 8), onde o fluxo de ar tem um perfil de velocidade estável e normal (Figura 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).

A velocidade do ar nas tubulações é calculada a partir da pressão dinâmica no centro da tubulação, utilizando-se a fórmula:

$$Velocidade\ (m/s) = 3.68 \times Pd\ (mmCA)^{0.5}$$



Figura 6. Medição de *Pd* com tubo de Pitot (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)



Figura 7. Medição de *Pe* com tubo de Pitot (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

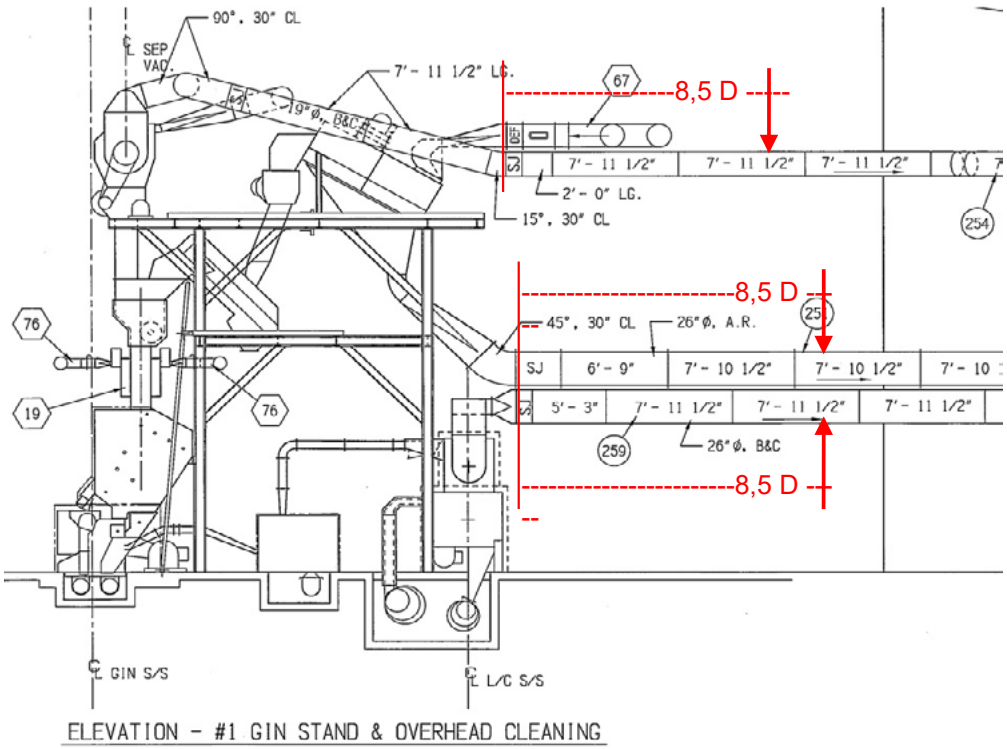


Figura 8. Localização da medição de ar (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

A curva da Figura 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 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 mover o material adequadamente. Existem normas para o transporte pneumático na algodoeira referentes à velocidade de transporte (Tabela 1), considerando-se uma relação entre volume de ar e massa de matéria de 1 a 1,3 m^3 de ar por quilo (15 a 20 pés cúbicos por libra-peso) de matéria transportada. Vale lembrar que, para transportar o algodão em caroço no circuito de secagem, essa relação sobe de 1,6 m^3 até 2,5 m^3 de ar por quilo (25 a 40 pés cúbicos por libra-peso), a fim de conseguir um bom potencial de secagem, mas as velocidades ficam as mesmas.

Tabela 1. Normas de velocidades para transporte de matérias (Fonte: Anthony e Mayfield, 1994)

Matéria/local	Velocidade do ar (m/s)	Velocidade do ar (pés/min)
Algodão em caroço no telescópio	28,0 a 30,5	5.500 a 6.000
Algodão em caroço nas tubulações	17,8 a 25,4	3.500 a 5.000
Algodão em caroço nas torres de gavetas	10,2 a 12,7	2.000 a 2.500
Fibra	7,6 a 10,2	1.500 a 2.000
Caroço em pequenas tubulações	20,3 a 25,4	4.000 a 5.000
Casca e resíduos	20,3 a 25,4	4.000 a 5.000

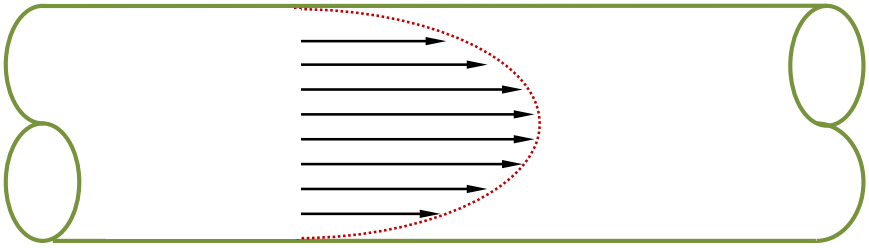


Figura 9. Perfil de velocidade normal (Fonte: Continental Eagle Corp., 2008)

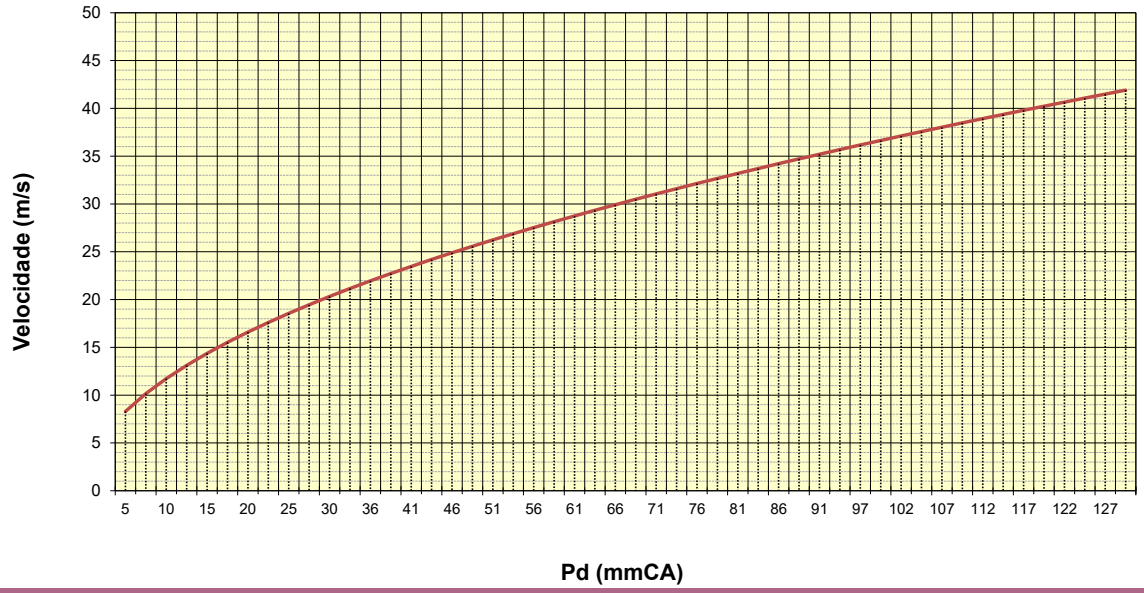


Figura 10. Velocidade de ar associada à pressão dinâmica (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

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 11).

Os modelos utilizados nas algodoeiras variam pelas dimensões (profundidade, altura e largura da caixa). A entrada de ar, circular, é de um lado. A saída, quadrada ou retangular, pode ser posicionada diferentemente (opção de fabricação) para ser diretamente conectada em tubulações horizontais ou verticais, ou eventualmente inclinadas.

As dimensões utilizadas pelos fabricantes para nomear os modelos são principalmente a profundidade da caixa em polegadas (40, 45, 50, etc.), ou o diâmetro do rotor em polegadas vezes 10 (BC 330, BC 402, etc.), ou em milímetros.

Diferentes parâmetros influem no desempenho dos ventiladores centrífugos: as dimensões externas, 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.

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.



Figura 11. Ventilador centrífugo (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

- A vazão (m^3/h) varia na mesma proporção que as rotações do eixo do rotor:

$$Vazão\ final = \frac{Vazão\ inicial \times RPM\ final}{RPM\ inicial}$$

- A *Pe* (mmCA) 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 m^3/h, uma pressão estática de 76 mmCA 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 m^3/h, uma pressão estática de 171 mmCA, 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 determinadas a demanda em vazão e a pressão estática num determinado circuito, 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 e imperativamente baseada em características de desempenho específicas de cada modelo, que devem ser disponibilizadas pelo fabricante. Tais características são geralmente fornecidas na forma de uma tabela de performance, que apresenta para cada situação de vazão e pressão estática, as rotações e a potência consumida (Tabela 2).

Vale anotar que tais curvas registram valores obtidos durante testes específicos, e para condições-padrão de temperatura e pressão do ar.

Tabela 2. Tabela de desempenho de ventilador centrífugo (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

Fluxo	Ps em mm H2O																			
	254		279,4		304,8		330,2		355,6		381		406,4		457,2		508			
m³/h	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV	RPM	CV		
7.150	1.353	10,5	1.416	11,7	1.477	12,9	1.536	14,1	1.592	15,4	1.620	16,1	1.647	16,7	1.701	17,9	1.901	23,4		
7.795	1.362	11,4	1.424	12,6	1.484	13,9	1.543	15,1	1.598	16,5	1.631	17,3	1.663	18,1	1.725	19,7	1.904	24,8		
8.440	1.370	12,2	1.432	13,5	1.492	14,8	1.550	16,1	1.605	17,5	1.642	18,6	1.678	19,5	1.748	21,5	1.907	26,2		
9.085	1.379	13,1	1.440	14,4	1.499	15,8	1.556	17,2	1.611	18,6	1.652	19,8	1.694	21	1.772	23,4	1.910	27,6		
9.731	1.387	13,9	1.449	15,3	1.507	16,8	1.563	18,2	1.617	19,6	1.663	21	1.709	22,4	1.796	25,2	1.913	28,9		
10.376	1.396	14,8	1.457	16,2	1.514	17,7	1.570	19,2	1.623	20,7	1.674	22,3	1.725	23,8	1.819	27	1.916	30,3		
11.021	1.408	15,9	1.469	17,4	1.525	18,9	1.581	20,5	1.633	22	1.685	23,6	1.736	25,3	1.833	28,7	1.924	32		
11.666	1.423	17	1.482	18,6	1.538	20,2	1.593	21,8	1.644	23,4	1.696	25,1	1.747	26,8	1.842	30,3	1.933	33,7		
12.311	1.437	18,2	1.495	19,8	1.550	21,5	1.604	23,1	1.656	24,8	1.706	26,5	1.757	28,3	1.852	31,8	1.942	35,5		
12.957	1.451	19,4	1.509	21	1.563	22,7	1.616	24,4	1.667	26,1	1.717	27,9	1.767	29,7	1.861	33,4	1.951	37,2		
13.600	1.466	20,6	1.522	22,3	1.575	24	1.628	25,8	1.678	27,5	1.728	29,4	1.778	31,2	1.871	35	1.960	38,9		
14.245	1.480	21,7	1.536	23,5	1.588	25,3	1.640	27,1	1.689	28,9	1.739	30,8	1.788	32,7	1.880	36,6	1.970	40,7		
14.891	1.494	22,9	1.549	24,7	1.601	26,6	1.652	28,4	1.701	30,3	1.750	32,2	1.798	34,2	1.890	38,2	1.979	42,4		
15.536	1.510	24,3	1.564	26,1	1.615	28	1.666	29,9	1.714	31,8	1.762	33,9	1.810	35,9	1.901	40	1.989	44,3		
16.181	1.530	26	1.583	27,9	1.633	29,9	1.683	31,8	1.731	33,8	1.778	35,8	1.826	37,9	1.915	42,1	2.002	46,5		
16.826	1.549	27,8	1.601	29,7	1.651	31,7	1.701	33,7	1.747	35,7	1.795	37,8	1.841	40	1.930	44,2	2.015	48,6		
17.471	1.569	29,5	1.620	31,5	1.670	33,6	1.718	35,6	1.764	37,7	1.811	39,8	1.857	42	1.944	46,4	2.027	50,7		
18.116	1.588	31,3	1.638	33,3	1.688	35,4	1.735	37,5	1.781	39,6	1.827	41,8	1.872	44	1.958	48,5	2.040	52,9		
18.762	1.608	33	1.657	35,1	1.706	37,3	1.753	39,4	1.798	41,6	1.843	43,7	1.888	46,1	1.973	50,6				
19.407	1.627	34,8	1.675	36,9	1.724	39,1	1.770	41,3	1.815	43,5	1.859	45,7	1.903	48,1	1.987	52,7				

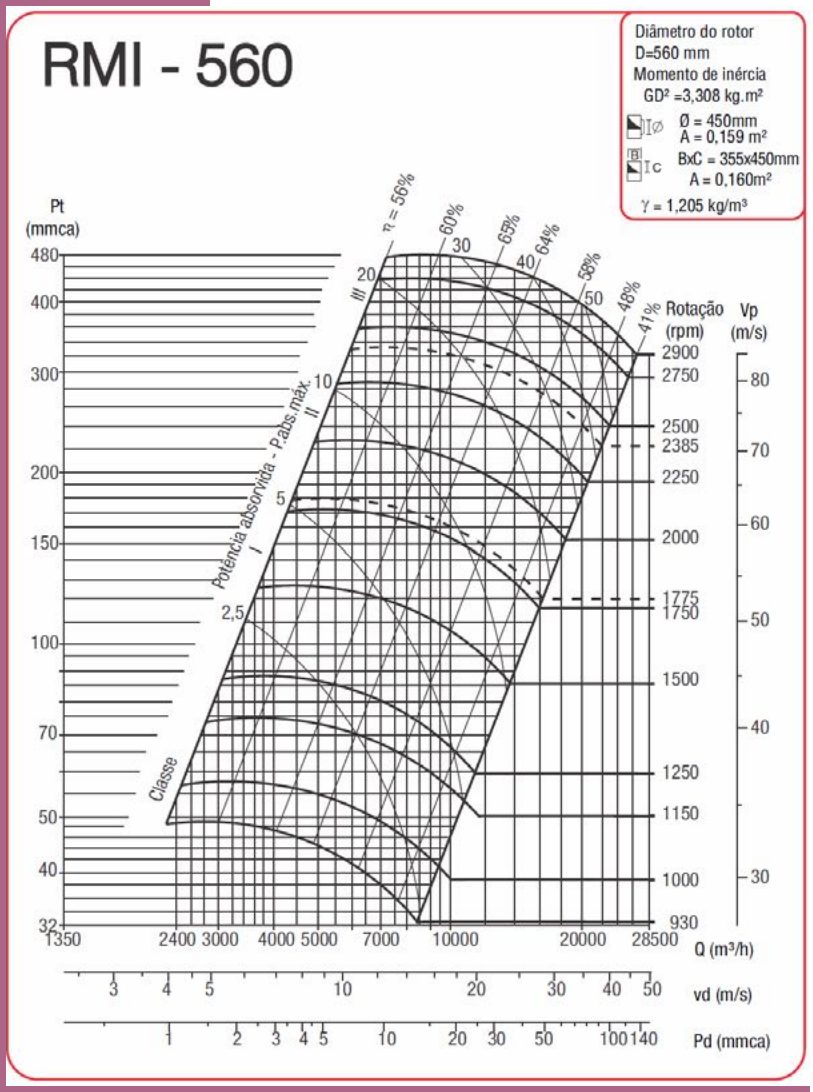


Figura 12. Curva de desempenho de ventilador centrífugo (Fonte: OTAM, S&P, 2018)

O ventilador da Tabela 2 tem as seguintes características:

- Ventilador centrífugo de tamanho 45;
- Rotor de 10 palhetas retas e diâmetro de 760 mm;
- Entrada circular de diâmetro 500 mm;
- Saída quadrada de 0,17 m².

Considerando-se 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 consumida será de 26 CV (20 kW).

Dependendo do fabricante, e mais raramente, as características de performance são apresentadas na forma de curvas (Figura 12).

No Brasil, utilizam-se 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 (baixo desempenho) ou por superdimensionamento.

Ventiladores novos não deveriam ser comprados sem as suas respectivas tabelas ou curvas de desempenho.

Existem muitas algodoeiras 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 em algumas UBAs antigas não consegue puxar um fluxo de algodão em caroço regular e suficiente, pela flutuação e importância da pressão estática total nas tubulações. O ventilador de sucção utilizado para puxar os resíduos em algumas UBAs antigas ou modernas pode se tornar ineficiente na sua função principal se o fluxo de resíduos é alto, deixando, em tal caso, os descaroçadores 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 relativamente alta (até 800 ou 1.000 mmCA).

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 600 mm pode girar até 3.000 RPM, enquanto um rotor de 1.000 mm não deverá ultrapassar 1.760 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*.

Há 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 13)

Os rotores abertos de palhetas retas (IRO, em geral, de seis a 10 palhetas) são de construção robusta e bem adaptados ao ar sujo carregado de abrasivos granulares. Apesar de terem desempenho limitado, são utilizados na sucção inicial, na sucção de fundo de batedor e transporte de resíduos. O ventilador pode ser construído com aço resistente a abrasão ou revestido interiormente de borracha para limitar o desgaste pelas matérias abrasivas, em particular areia na sucção de descarregamento, de pré-limpeza e até de sobra. Altas pressões podem ser alcançadas com estes rotores no caso de palhetas compridas e estreitas, o que explica o uso para sopro de caroço em algumas das primeiras UBAs modernas.

O reforço de rotor com disco lateral permite velocidade periférica maior, mas sempre respeitando-se os limites de RPM mencionados pelo fabricante.

Rotor de palhetas curvas radialmente (Figura 14)

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, e recomendados para sucção dos condensadores gerais ou de limpadores de pluma, com catação de poeira por ciclones. O desenho deste tipo de rotor não deixa acumular material fibroso.

Considerando-se o exemplo de um circuito pneumático de condensador geral com 380 mmCA de *Pe* e 53.500 m^3/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.



Figura 13. Rotor aberto de palhetas retas (Fonte: Cotimes do Brasil, 2009)



Figura 14. Rotor de palhetas curvas radialmente (Fonte: Cotimes do Brasil, 2009)

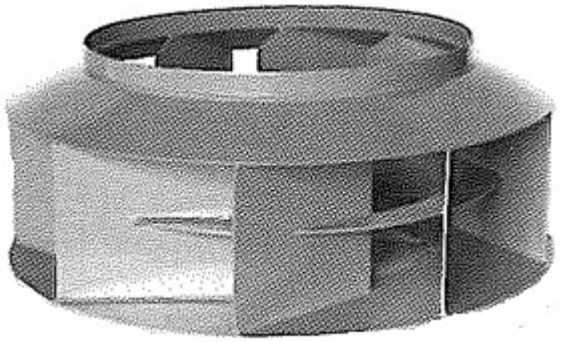


Figura 15. Rotor de palhetas inclinadas para trás (Fonte: Continental Eagle Corp., 2008)

Rotor de palhetas inclinadas para trás (Figura 15)

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 no caso do ar limpo (com poucas partículas pequenas ou nenhuma delas). São indicados para o ar empurrado nos circuitos de tipo empurre-puxe, utilizados principalmente para secagem.

Considerando-se o exemplo de um circuito pneumático de secagem com torre de gavetas com 380 mmCA de *Pe* e 53.500 m^3/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.

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, esses ventiladores são chamados de exaustores e utilizados para sucção nos condensadores. São montados de um lado, no caso dos condensadores de grande diâmetro (Figura 16). 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 *Pe* no sistema é maior que 170 mmCA. 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 17). Consegue operar contra pressões de até 75 mmCA. No ventilador axial de palhetas (vane-axial), às vezes chamado de exaustor turbinado, a hélice tem cone largo e pás mais curtas (Figura 18). A carcaça tubular é equipada de várias chapas guias, fixadas radialmente e destinadas a endireitar o fluxo de ar paralelamente às paredes do cano. Graças a este dispositivo de guias, o ventilador aguenta *Pe* maiores, até 175 mmCA.



Figura 16. Ventilador axial de condensador (Fonte: Cotimes, 2007)



Figura 17. Ventilador axial simples (Fonte: Cotimes do Brasil, 2012)



Figura 18. Ventilador axial de palhetas (Fonte: Cotimes do Brasil, 2012)

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 no caso de *Pe* médias, a tela do condensador, que tende a entupir, deve ser mantida limpa (limpeza a cada turno) para 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 se conseguir a velocidade de ar desejada neste ponto. Os diâmetros utilizados estão entre 20 cm e 106 cm.

Nos circuitos de secagem que utilizam grandes vazões, os diâmetros raramente ultrapassam 86 cm. Se 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 duas linhas ou na entrada de um batedor para espalhar a matéria), a divisão deve ser feita por um calção quadrado e regulável com defletores internos (Figura 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 forem as tubulações, mais alta será a demanda em *Pe* 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.

Existe 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 terem desenho empírico e excesso de tubulação. Os funileiros devem seguir e aplicar o desenho calculado por um estudo de engenharia.

1.5. Separação dos resíduos

Uma grande proporção dos resíduos do processo de beneficiamento é separada, transportada por ar e finalmente soprada pelos ventiladores. Faz-se necessário separá-la eficientemente do ar soprado para que o mínimo possível desses resíduos chegue a contaminar o ar ambiente.

A grande quantidade de resíduos gerada pelo processo de beneficiamento (aproximadamente 30 toneladas por dia em um processo de 60 FPH no caso do algodão colhido com fusos) necessita de um sistema de separação e coleta adaptado a grandes volumes de ar. Um processo moderno de beneficiamento no Brasil usa de 5.000 m^3/h a 8.500 m^3/h por fardo. A tecnologia dos ciclones atende a esses critérios, além de apresentar baixo custo de investimento e manutenção. Dependendo da vazão no circuito, um ventilador pode ser atendido por um a quatro ciclones.

Atrás da sala dos ventiladores, os ciclones são implantados em bateria em uma estrutura metálica montada sobre uma base de concreto (Figura 20). Os resíduos são coletados por uma tubulação (coleta por aspiração), por uma rosca ou um transportador de corrente, e depois soprados para um único ciclone distante, onde serão carregados e levados para fora do complexo.

Definição e funcionamento dos ciclones

Um ciclone consiste em um corpo superior cilíndrico, uma seção inferior cônica e um cilindro interno menor que se estende do topo até logo abaixo da base do corpo cilíndrico. O ar carregado de resíduos entra tangencialmente perto do topo. A força centrífuga causada pela

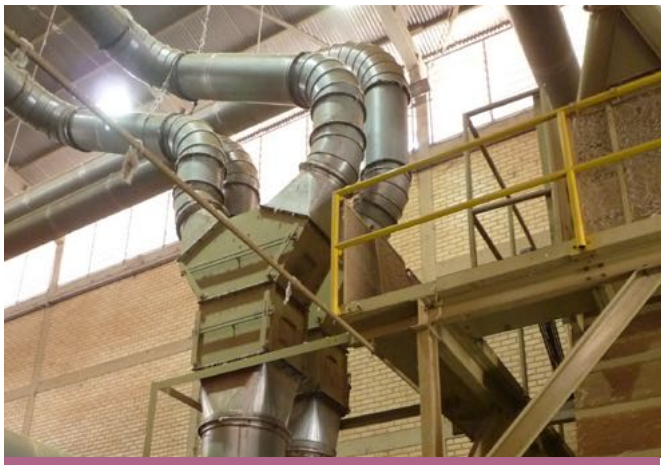


Figura 19. Calção de divisão de fluxo regulável (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)



Figura 20. Bateria de ciclones em uma UBA moderna (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

ação giratória do ar e dos resíduos empurra os mesmos para a parede e para baixo através da seção cônica, até um ponto de coleta abaixo do ciclone. O ar sobe através de um vórtice central e sai pelo cilindro central.

Ciclones de alta eficiência, quando corretamente desenhados e dimensionados, conseguem separar e coletar praticamente 100% dos resíduos de tamanho superior a 20 micrômetros (Wesley *et al.*, 1970).

Tipos de ciclone

No processo de beneficiamento, os dois desenhos de ciclone de alta eficiência para poeira fina e resíduos grandes mais utilizados foram o 2D-2D e o 1D-3D. O desenho 1D-3D se tornou de longe o mais frequente (Figura 21). Ele gera uma pressão estática de 100 a 125 mmCA que impacta negativamente o consumo de energia e fica incompatível com o uso dos ventiladores axiais ou vane-axiais.

Além disso, a eficiência do tipo 1D-3D é muito afetada pela presença de fibra no ar, o que resulta em aumento das emissões, principalmente de poeira (Wang *et al.*, 1999).

Um outro desenho 1D-2D (Figura 21), menos afetado por presença de fibra no ar e resíduos, e gerando menos contrapressão (abaixo de 50 mmCA), fica mais adaptado aos circuitos de sucção de limpadores de pluma e condensador geral. Enquanto alguns anos atrás diversas algodoeiras modernas utilizavam quase que exclusivamente o desenho 1D-3D, os projetos mais recentes no Brasil utilizam frequentemente o desenho 1D-2D.

O desenho 1D-3D é recomendado para os circuitos de transporte de algodão em caroço e resíduos, enquanto ciclones 1D-2D são utilizados nos circuitos de transporte de fibra.

As dimensões relativas dos ciclones em geral não devem ser mudadas.

Dimensionamento dos ciclones

O dimensionamento dos ciclones deve ser feito com precisão para garantir a eficiência. O subdimensionamento acrescenta a pressão estática no sopro e resulta em emissão de resíduos no ar

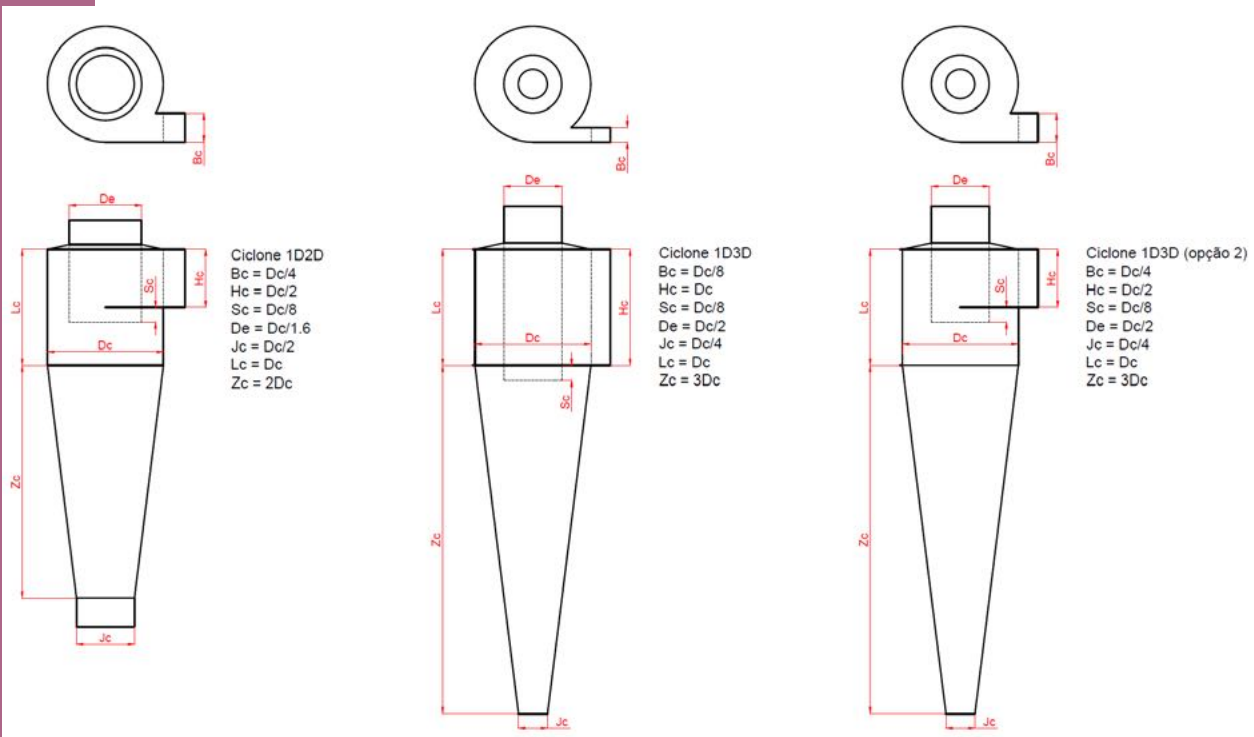


Figura 21. Dimensões relativas dos ciclones 1D-2D e 1D-3D (Fonte: Anthony e Mayfield, 1994, Simpson e Parnell, 2008)

ambiente, desgaste acelerado, perda de desempenho na sucção do circuito e gasto energético maior. Em razão da padronização, no sistema imperial (polegadas), quando o resultado é um número ímpar, é comum o arredondamento para o primeiro número par acima, da mesma forma para o sistema métrico (milímetros), em que o arredondamento é feito para a primeira centena acima.

O princípio do dimensionamento é o mesmo para os desenhos 1D-3D e 1D-2D. O parâmetro principal é a vazão de ar soprado pelo ventilador. O segundo é a velocidade-padrão do ar na entrada do ciclone (16,3 m/s para 1D-3D e 12,2 m/s para 1D-2D).

Os diâmetros recomendados para ciclones 1D-3D e 1D-2D são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Em geral se procura limitar o número de ciclones por ventilador. A escolha do número de ciclones é feita em função da altura total disponível para instalação, procurando se manter certa homogeneidade de altura da bateria de ciclones.

Tabela 3. Diâmetros recomendados para ciclones 1D-3D (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Vazão (m^3/h)	Diâmetro 1D-3D (mm)				Vazão (CFM)	Diâmetro 1D-3D (pol.)			
	1 ciclone	2 ciclones	3 ciclones	4 ciclones		1 ciclone	2 ciclones	3 ciclones	4 ciclones
8.500	1.078		-	-	5.000	42			
10.200	1.180		-	-	6.000	46			
11.900	1.275		-	-	7.000	50			
13.600	1.363		-	-	8.000	54			
15.300	1.446		-	-	9.000	57			
17.000	1.524	1.078	-	-	10.000	60	42		
18.700	-	1.130	-	-	11.000		44		
20.400	-	1.180	-	-	12.000		46		
22.100	-	1.229	-	-	13.000		48		
23.800	-	1.275	-	-	14.000		50		
25.500	-	1.320	1.078	-	15.000		52	42	
27.200	-	1.363	1.113	-	16.000		54	44	
28.900	-	1.405	1.147	-	17.000		55	45	
30.600	-	1.446	1.180	-	18.000		57	46	
32.300	-	1.485	1.213	-	19.000		58	48	
34.000	-	1.524	1.244	1.078	20.000		60	49	42
35.700	-	-	1.275	1.104	21.000			50	43
37.400	-	-	1.305	1.130	22.000			51	44
39.100	-	-	1.334	1.156	23.000			53	45
40.800	-	-	1.363	1.180	24.000			54	46
42.500	-	-	1.391	1.205	25.000			55	47

Tabela 4. Diâmetros recomendados para ciclones 1D-2D (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Vazão (m^3/h)	Diâmetro 1D-2D (mm)				Vazão (CFM)	Diâmetro 1D-2D (pol.)			
	1 ciclone	2 ciclones	3 ciclones	4 ciclones		1 ciclone	2 ciclones	3 ciclones	4 ciclones
17.000	1.760	1.244	-	-	10.000	69	49		
18.700	1.846	1.305	-	-	11.000	73	51		
20.400	1.928	1.363	-	-	12.000	76	54		
22.100	2.006	1.419	-	-	13.000	79	56		
23.800	-	1.472	-	-	14.000		58		
25.500	-	1.524	1.244	-	15.000		60	49	

Continua ⟶

Tabela 4. Continuação

Vazão (m^3/h)	Diâmetro 1D-2D (mm)				Vazão (CFM)	Diâmetro 1D-2D (pol.)			
	1 ciclone	2 ciclones	3 ciclones	4 ciclones		1 ciclone	2 ciclones	3 ciclones	4 ciclones
27.200	-	1.574	1.285	-	16.000		62	51	
28.900	-	1.622	1.325	-	17.000		64	52	
30.600	-	1.669	1.363	-	18.000		66	54	
32.300	-	1.715	1.400	-	19.000		68	55	
34.000	-	1.760	1.437	1.244	20.000		69	57	49
35.700	-	1.803	1.472	1.275	21.000		71	58	50
37.400	-	1.846	1.507	1.305	22.000		73	59	51
39.100	-	1.887	1.541	1.334	23.000		74	61	53
40.800	-	1.928	1.574	1.363	24.000		76	62	54
42.500	-	1.967	1.606	1.391	25.000		77	63	55
44.200	-	2.006	1.638	1.419	26.000		79	64	56
45.900	-	-	1.669	1.446	27.000			66	57
47.600	-	-	1.700	1.472	28.000			67	58
49.300	-	-	1.730	1.498	29.000			68	59
51.000	-	-	1.760	1.524	30.000			69	60

1.6. Engenharia pneumática na algodoeira

O primeiro critério a ser considerado é o potencial de produção do processo, em termos de fardos por hora. Conhecendo-se o rendimento de fibra esperado, é possível determinar o fluxo de algodão em caroço e fibra no sistema (kg/h).

Com base 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). Uma vez determinados o fluxo e a velocidade (Tabela 1), será possível calcular a secção e o diâmetro da tubulação, assim como a largura de uma torre de secagem de gavetas, sabendo-se a distância entre elas. Um coeficiente de 1,2 a 1,25, levando-se em conta perdas de ar no sistema, deve ser aplicado para determinar a vazão na entrada ou na saída do ventilador nos circuitos de transporte de algodão em caroço.

A pressão estática total no circuito será estimada levando-se em conta os equipamentos instalados no circuito e as características da tubulação na aspiração e no sopro (diâmetro, comprimento e curvas, registros), assim como o tipo de ciclone instalado. A escolha do ventilador será feita baseado na vazão, na *Pe* total e no tipo de matéria transportada. RPM e motor serão determinados com base nas curvas de desempenho, rendimento do motor e correção por deslizamento de correias.

Todos os projetos de algodoeiras devem ser apresentados com um fluxograma e projeto pneumático, apresentando:

- O trajeto e as dimensões das tubulações, válvulas e calções;
- As dimensões e as localizações das transições entre tubulações e máquinas;
- O tipo e o diâmetro dos ciclones;
- As vazões e as pressões de ar em cada circuito;
- O tamanho e a localização dos ventiladores;
- RPM e potência dos motores de ventiladores;
- Lista dos elementos de funilaria, com dimensões, tipo e espessura de chapas metálicas.

O projeto pneumático (Figura 22) é

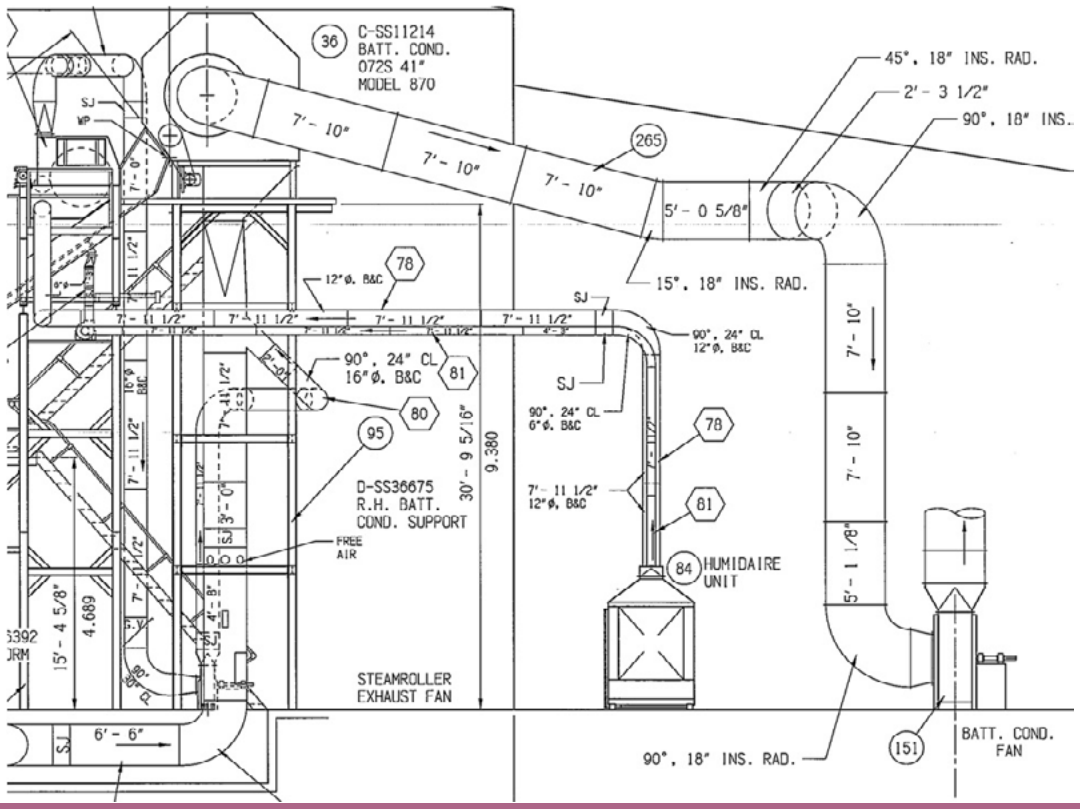


Figura 22. Projeto pneumático para algodoeira (Fonte: Continental Eagle Corp., 2008)

indispensável para o funileiro, que deve seguir as especificações do fabricante para produzir e montar os elementos da funilaria, e para a equipe da usina, encarregada de monitorar as características de fluxo e velocidades no sistema.

2. Transporte mecânico

2.1. Rosca transportadora

A rosca transportadora é um dos mais antigos e simples métodos para movimentação de material a granel. Consiste de um helicoide rotativo dentro de uma calha estacionária. O material colocado na calha é movido ao longo de seu comprimento pela rotação do helicoide (Figura 23).

Na algodoeira, roscas transportadoras são bastante utilizadas para transporte horizontal do algodão em caroço (saída dos desmanchadores e distribuição entre descaroçadores), do caroço (coleta embaixo dos descaroçadores e transporte) e dos resíduos (piolho embaixo dos descaroçadores, resíduos de alimentadores, batedores e extratores, por exemplo).

Roscas em tubos são bastante raras nas algodoeiras do Brasil. São utilizadas apenas para transportar verticalmente o caroço ao lado do último descaroçador do conjunto, em algumas algodoeiras antigas.



Figura 23. Helicoide e matéria movimentada na rosca (Fonte: Cotimes do Brasil, 2012)

2.1.1. Descrição geral das roscas em calhas

A rosca é constituída por um eixo sobre o qual é soldado o helicoide (2), como visto na Figura 24. 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 de 3 m a 4 m de comprimento. Para transporte horizontal ou levemente inclinado na algodoeira, o helicoide tem uma distância-padrão entre as duas cristas consecutivas, igual ao diâmetro do helicoide.

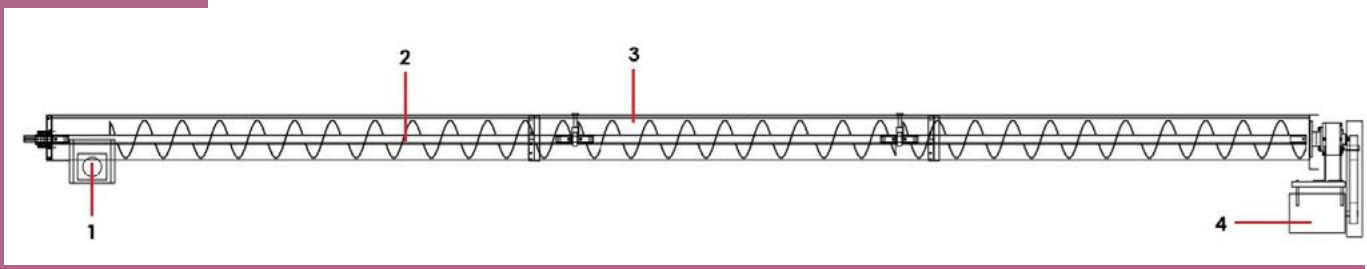


Figura 24. Rosca distribuidora (Fonte: Bajaj, 2024)

A rosca, acionada por um motorredutor (4) na cabeceira do equipamento, gira dentro de uma calha (3), geralmente em forma de U, movimentando o produto recebido através de uma calha de entrada. 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 helicoide em relação ao eixo, o produto transportado é empurrado lateralmente contra uma das paredes até uma transição de saída (4). 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 descaroçadores (Figura 25).

Transportadores de rosca com calha em U podem ser utilizados com inclinação de 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 línter facilita o transporte.

Mancais com rolamentos devem ser perfeitamente alinhados e distantes de 3 m a 4 m, a fim de 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 26).

Fora das partes que não recebem material, os transportadores de rosca são facilmente tampados e selados,



Figura 25. Calha de rosca distribuidora (Fonte: Cotimes do Brasil, 2009)



Figura 26. Mancais e suportes (Fonte: Cotimes do Brasil, 2012)

para evitar o vazamento de poeiras ou a contaminação do material por sujeiras ou umidade, e para a prevenção de acidentes. A tampa pode ser chata (interior) ou convexa, no caso de transporte exposto à chuva, e, de acordo com a necessidade, possui uma transição de entrada para a recepção do produto em seu interior.

Dependendo do tamanho da rosca, seu acionamento é feito por motorredutor 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 RPM 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

Capacidade

A capacidade das roscas em calhas U está associada ao diâmetro e à velocidade de rotação. É um fluxo em volume (m^3/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 à fluidez distinta 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 (carga = 30% da secção):

Capacidade em peso (t/h) = 0,0133 x Diâmetro³ (dm) x RPM x Densidade (t/m³).

As densidades consideradas para os cálculos são:

- Caroço: 0,45 tonelada por metro cúbico;
- Resíduos: 0,18 tonelada por metro cúbico.

Para dimensionar um transportador de rosca:

1. Considerar primeiro o fluxo de matéria a ser atendido (t/h);
2. Calcular o fluxo a transportar em volume, pela seguinte fórmula:

Fluxo em volume (m^3/h) = Fluxo em peso (t/h) / Densidade (t/m^3).

3. Escolher o diâmetro de rosca adequado, para poder atender o fluxo em volume (capacidade máxima em m^3/h na Tabela 5).
4. Determinar a velocidade mínima de rotação a ser aplicada à rosca, dividindo o fluxo de matéria a ser atendido (em volume) pela capacidade de transporte para 1 RPM.

Potência

A potência absorvida varia com o diâmetro, o comprimento da rosca e a densidade do produto transportado. Para os transportadores dispostos horizontalmente, a potência pode ser calculada pela seguinte fórmula simplificada:

Potência (CV) = k / 101 x Fluxo de matéria (t/h) x Comprimento (m)

Com k = 0,9 para o caroço de algodão e 1,5 para os resíduos.

2.1.3. Vantagens e desvantagens

Vantagens

- O investimento é menor do que com transportadores de correia ou corrente;
- É conveniente para fluxos de até 30 t/h e para comprimento de até 25 m;
- O espaço ocupado é 2,5 vezes menor do que o espaço de uma fita transportadora.

Desvantagens

- Há o risco de quebras do caroço;
- A potência consumida é três vezes maior do que a potência de uma fita e 2,5 vezes maior do que a potência de um transportador de corrente;
- É difícil de limpar, ou seja, é pouco compatível com a produção de sementes.

2.1.4. Regulagens, operação e segurança

Antes da operação, faz-se necessário examinar

Tabela 5. Capacidade de roscas transportadoras com calha (carga = 30% da secção)

Diâmetro da rosca (pol.)	Diâmetro da rosca (dm)	Rotação máxima (RPM)	Capacidade para 1 RPM (m^3/h)	Capacidade máxima (m^3/h)	Capacidade máxima de caroço (t/h)	Capacidade máxima de resíduos (t/h)
10	2,54	100	0,22	21,8	9,8	3,9
12	3,05	90	0,38	34,0	15,3	6,1
14	3,56	85	0,60	51,0	22,9	9,2
16	4,06	80	0,89	71,6	32,1	/
18	4,57	76	1,27	96,8	43,5	/

o equipamento a fim de mitigar quaisquer inconvenientes. Os mancais devem estar alinhados, e com isso o helicoide deve girar livremente quando movido manualmente. Em período de uso, deve-se engraxar regularmente os mancais e reapertar os parafusos de fixação das partes do transportador.

Na entressafra, caso haja necessidade, deve-se retirar o helicoide para a limpeza do fundo da calha. Para tal, o uso dos EPIs é fundamental. Utilize uma chave de segurança para evitar uma partida acidental.



Figura 27. Fita transportadora (Fonte: Cotimes do Brasil, 2012)

2.2. Fita transportadora (esteira)

A correia 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 em algodoeiras – ver Figura 27). O custo inicial de aquisição é significativo, mas a longa vida útil e o baixo consumo de energia compensam o investimento.



Figura 28. Fita de coleta e transporte de caroço (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

Na algodoeira, as fitas transportadoras podem ser planas com calhas de paredes de até 25 cm de altura ou côncavas, apoiadas em eixos com roletes inclinados. Essas fitas foram muito utilizadas para transportar algodão em caroço do desmanchador de fardões móvel em usinas antigas e agora são empregadas no transporte de caroço (Figura 28) e na distribuição dentro do armazém de caroço (Figura 29). O melhor rendimento energético da fita, comparado com a ventilação, explica o desenvolvimento do transporte por fita nas algodoeiras.

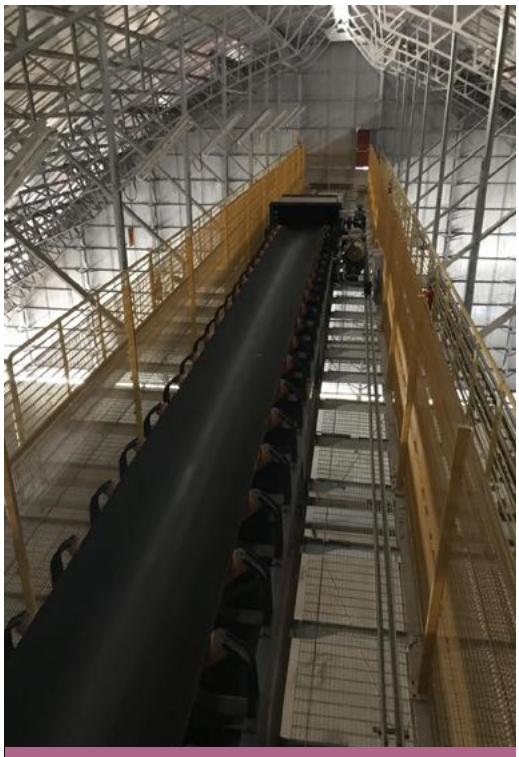


Figura 29. Fita distribuidora no armazém de caroço (Fonte: GS, 2023)

As fitas transportadoras podem ser aplicadas na algodoeira aos seguintes níveis e funções:

1. Transporte de algodão caroço:

- Desmanchador móvel;
- Desmanchador fixo, ao lado ou na cabeça dispersora.

2. Transporte de caroço de algodão:
- Coleta do caroço abaixo dos descaroçadores;
- Elevação entre o prédio de beneficiamento e o armazém de caroço;
- Distribuição uniforme ao longo do armazém de caroço.

3. Transporte de resíduos:
- Resíduos de pré-limpeza e alimentadores de descaroçadores (opção Busa);
- Resíduos dos limpadores de pluma centrífugos;
- Mais raramente, resíduos do desmanchador de fardões e resíduos de antepeito e piolho de descaroçadores 90 serras antigos.

2.2.1. Descrição geral

A estrutura da fita transportadora é composta de uma base reforçada em aço com cavaletes de apoio para os roletes de carga, por onde circula a correia, alinhada através dos roletes-guia quando no circuito de carga e através de roletes de retorno na parte inferior quando no circuito de retorno. A correia circula entre dois tambores nas extremidades, o primeiro tambor de acionamento acoplado a um motorredutor e o outro tambor esticador. A matéria é transportada ao longo da fita e depositada através de um carro de descarga ou por um tripper, com exceção na fita de elevação de caroço (Figura 30). O tripper (Figura 31) tem a função de um elevador de descarga, deslocando-se ao longo de todo o armazém de caroço quando móvel (caso do armazém de caroço) com o objetivo de realizar a descarga em mais de um ponto.

A fita é o componente mais caro do transportador, representando em geral 50% do custo do equipamento. 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 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-padrão de serviço são de 50 N/mm 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 frequentes, pelas melhores características disponibilizadas:

- Melhor aderência aos revestimentos de borracha;
- Fitas de menor espessura, com maior vida útil;



Figura 30. Fita para elevação de caroço
(Fonte: Cotimes do Brasil, 2021)

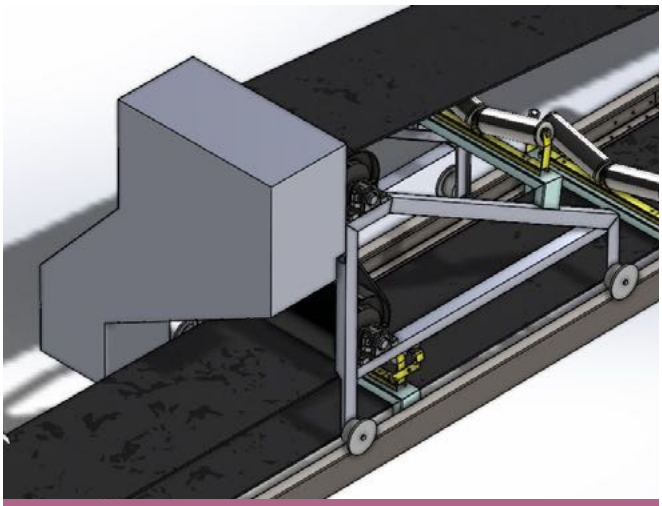


Figura 31. Carro de descarga móvel (tripper)
(Fonte: Grupo Mancal, 2021)

- Melhor resistência à flexão, quando a fita passa nos tambores de extremidade;
- Características constantes, independentemente das condições de umidade e temperatura.

Em geral, os fios de urdume são de poliéster, e os de trama, de poliamida, mais adaptada à compressão existente nas fitas de laterais inclinadas. O revestimento é uma mistura de borracha natural (resistência à 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 100% eficiente (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 enroscamentos.

A parte superior do suporte das fitas chatas é uma mesa de aço polido. No caso das fitas côncavas (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 patinagem da esteira e o 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. A regulagem da tensão é feita por barras roscadas solidárias do eixo do esticador.

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 m/s a 4 m/s.

Capacidade

A capacidade das fitas transportadoras é função da largura (m) e da altura da calha, e proporcional à velocidade de andamento (m/s). É um fluxo em volume (m^3/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 tonelada por metro cúbico):

Capacidade (t/h) = Largura (m) x Altura calha (m) x Velocidade (m/s) x 692

Para dimensionar um transportador de fita:

1. Considerar primeiramente o fluxo em peso de matéria a ser atendido (t/h);
2. Escolher, na Tabela 6, a largura e a velocidade mínima de andamento a serem aplicadas à fita.

Potência absorvida

A potência absorvida varia com o comprimento da fita, o fluxo de matéria transportada, a velocidade de andamento, o desnível e a densidade do produto transportado. Para os transportadores dispostos horizontalmente, a potência pode ser calculada pela seguinte fórmula simplificada (Cruz *et al.*, 1988):

$$Potência\ (CV) = 1{,}69 \times [a \times r \times C / 367 \times (3{,}6 \times P \times V + F) + F \times D / 367]$$

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 móveis (kg/m);

Largura da fita (mm)	300	400	500	600	800	1.000
Peso (kg/m)	11	13	17	26	40	56

V = Velocidade de andamento (m/s);

F = Fluxo de matéria (t/h);

D = Desnível (m).

Tabela 6. 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

2.2.3. Vantagens e desvantagens

Vantagens

- Apresenta baixo consumo de energia;
- Sua capacidade é elevada;
- Seu manuseio é suave e adaptado a produtos frágeis;
- Possibilita uma limpeza total. O equipamento é adaptado à produção de sementes.

Desvantagens

- Custo de investimento;
- Ocupa bastante espaço;
- Emite poeira;
- Possui eletricidade estática.

2.2.4. Regulagens, operação e segurança

Os dois tambores devem ser paralelos e alinhados e a tensão regulada e avaliada em função da importância da flexão entre dois rolos de retorno na parte inferior.

O caroço deve ser depositado no centro da fita, para reduzir o risco de ele se alojar entre a fita e o suporte. Pela mesma razão, a fita não deve ser estreita demais.

O transportador de fita exige pouca manutenção. No final da safra, deve-se limpar e soltar a fita. Com regulagens e manutenção adequadas, 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 (redler) ou de fundo côncavo (drag), dependendo da granulometria do produto, 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



Figura 32. Transportador de corrente embaixo de ciclones (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

a ser transportada, alimentada pela parte superior do transportador, cai no fundo da calha. Essa matéria é empurrada pelos raspadores até o ponto de descarga. A carga e a descarga podem ocorrer em qualquer ponto do transportador. As capacidades variam de 20 t/h a 200 t/h.

Nas algodoeiras brasileiras, transportadores de corrente são pouco utilizados. Eles aparecem somente nas usinas modernas, onde são empregados para a movimentação de resíduos abaixo da bateria de ciclones (Figura 32).

2.3.1. Descrição geral

A calha (1) do transportador de corrente (Figura 33) é feita em aço de várias espessuras. A chapa do fundo, que suporta forte abrasão, deve ser mais grossa (até 6 mm) e pode ser de aço especial. Entre as chapas de fechamento lateral e a chapa de fundo, geralmente é utilizada uma prancheta com as mesmas dimensões da chapa de fundo para o apoio da corrente, fabricada em

aço SAE 8620, o qual confere maior resistência. Os elos da corrente sem fim (2) são fabricados em aço carbono. Os raspadores, quando fabricados em aço carbono, são soldados perpendicularmente à corrente ou aparafusados, em caso de raspadores fabricados em UHMW (polímero de alta densidade), e apresentam-se geralmente retos, mas podem ter formas variadas.

A entrada de matéria no sistema pode ser feita a partir de qualquer ponto nas calhas centrais através de uma transição ajustada (3). A movimentação se faz por um pinhão montado num eixo girando em rolamentos e mancais montados nas laterais, fixados a um motorredutor na então "cabeça" do transportador (4), por onde será descarregada a matéria. O pinhão de retorno é montado num eixo móvel no "pé" do equipamento (5), para poder regular a tensão da corrente (esticador). O motorredutor elétrico movimenta a corrente, com velocidade de 0,2 m/s a 1 m/s, tendo como parâmetro de segurança a velocidade de 0,6 m/s.

2.3.2. Vantagens e desvantagens

Vantagens

- Ocupa um espaço reduzido (sete vezes menor do que uma esteira de mesma vazão);
- É totalmente fechado, proporcionando um uso externo e sem emissão de poeira (caso da coleta embaixo de ciclones);
- A alimentação e a descarga se dão em vários pontos;
- É de fácil manutenção.

Desvantagens

- A potência absorvida é duas a três vezes maior do que uma fita;
- É caro e de desgaste rápido com produtos abrasivos (é o caso no uso na algodoeira);
- Faz bastante barulho.

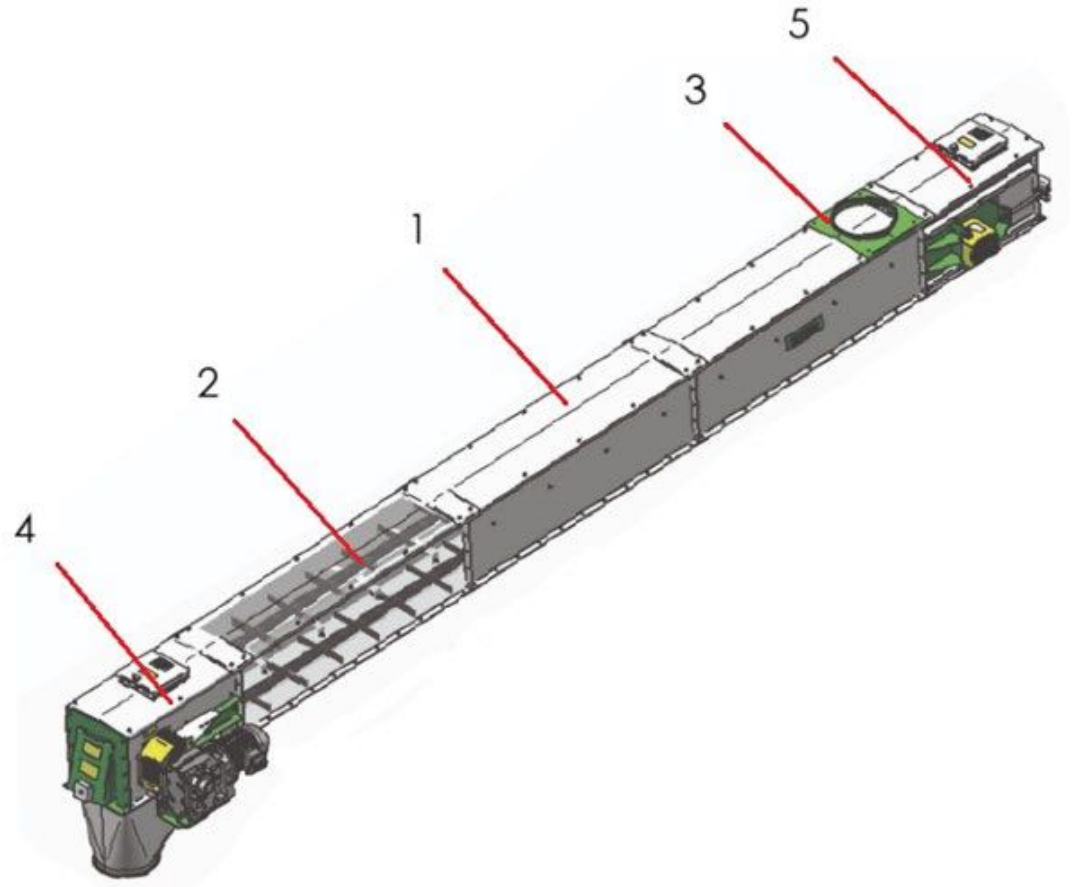


Figura 33. Composição do transportador de corrente (Fonte: Agriaço, 2021)

2.4. Elevador de canecas

O elevador de canecas, também conhecido como elevador de caçambas, é um equipamento composto por um conjunto de canecas estrategicamente fixadas a uma correia que circula internamente em um conjunto de calhas. Através do transporte vertical de matéria, é possível conduzir produtos de maneira constante para um nível superior e descarregá-los em uma calha de descarga.

Na algodoeira, o elevador de canecas é utilizado para transportar verticalmente o caroço de algodão (Figura 34) originário da separação da fibra nos descaroçadores até a fita elevadora entre o prédio de beneficiamento e o armazém de caroço. Para isso, a matéria é conduzida através de uma esteira de caroço situada abaixo dos descaroçadores até a moega (calha de alimentação) de recebimento no pé do elevador, onde é elevada verticalmente e, pela força centrífuga, na cabeça do equipamento é lançada para a esteira transportadora, que a conduz ao armazém de caroço.



Figura 34. Elevador de canecas (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

2.4.1. Descrição geral

O elevador de caçambas é constituído de uma série de componentes, como visto na Figura 35. As caçambas ou canecas (1), elementos modulares que podem ser fabricados em aço carbono ou PEAD (polietileno de alta densidade), são fixadas no elemento impulsionador movido. Este elemento pode ser constituído de correntes ou correias (este último componente é o mais usual) e é responsável pela coleta e transporte da matéria.

A coleta é realizada no fundo do equipamento, conhecido como "pé" do elevador (2), através de uma calha de alimentação ou moega (3) que deposita o produto proveniente de uma esteira de transporte. Geralmente, o pé é projetado em aço carbono de maior espessura devido ao peso do equipamento e serve de abrigo ao conjunto esticador. O esticador é habitualmente composto de uma polia gaiola fabricada em ferro fundido fixa sobre um eixo móvel apoiado sobre dois mancais nas laterais, onde é possível ajustar a tensão da correia.

As caçambas são impulsionadas pela correia, ascendendo na vertical e atingindo velocidades de até 3,6 m/s. Elas conduzem a matéria dentro das calhas (4) e descarregam o produto por gravidade, lançando-o para uma transição de saída ou

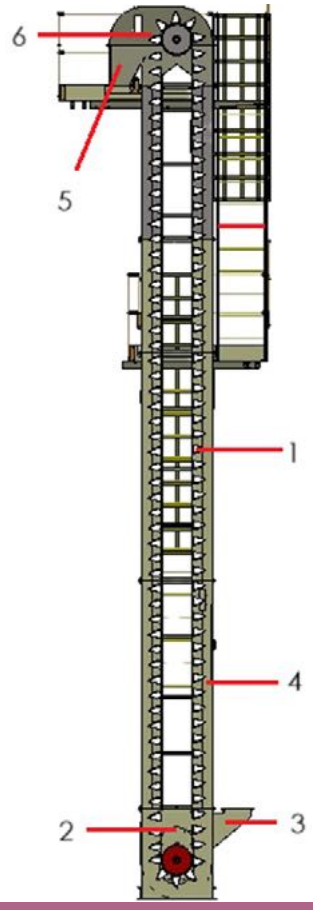


Figura 35. Composição do elevador de canecas (Fonte: Busa, 2024)

calha de descarga (5) na então "cabeça de acionamento" (6) do elevador, que também é responsável por abrigar o conjunto de acionamento e do motor-redutor. As caçambas vazias então retornam para o ponto de carregamento e iniciam um novo ciclo.

2.4.2. Elementos de cálculo

Para o cálculo da capacidade nominal do elevador (t/h), deve-se conhecer a altura necessária do elevador (m), o raio da polia (m) e o peso específico do produto a ser transportado (t/m^3), considerando-se um fator de segurança de 15%. Determina-se a capacidade, em toneladas/hora a partir da seguinte fórmula:

Capacidade (t/h) = Vel. (m/s) x Caçambas/metro x Volume da caçamba (L) x 3,6

Para determinar a potência do motor (kW), a seguinte fórmula é empregada:

$$Potência\ (kW) = [(Capacidade\ (t/h) \times (H_0 + H_s)] / 310 \times Fs$$

Onde:

Altura entre eixos H0 (m) = Altura do elevador - 1

$$Altura\ em\ função\ da\ velocidade\ H_s\ (m) = (0{,}15 \times V^2) + (1{,}2 \times V)$$

$$Fs = 1{,}15\ (15\%)$$

Para efeitos de análise, a potência em CV é obtida após multiplicar-se o valor da potência, até então em kilowatt (kW), por 1,36.

Para determinar o comprimento da correia, é possível aplicar a seguinte fórmula:

$$Comprimento\ da\ correia\ (m) = (2 \times H_0) + (2 \times \pi \times raio\ da\ polia)$$

2.4.3. Vantagens e desvantagens

Vantagens

- Desempenho: transporte rápido e contínuo de grandes volumes;
- Baixa emissão de ruído, comparado ao transporte pneumático;
- Robustez e durabilidade, reduzindo os índices de manutenção corretiva;
- Operação segura.

Desvantagens

- Custo inicial elevado, comparado ao transporte pneumático;
- Limpezas constantes;
- Manutenção preventiva frequente;
- Menor eficiência energética, comparado a outros sistemas dedicados ao transporte de caroço.

2.4.4. Regulagens, operação e segurança

A polia de acionamento e a polia gaiola de esticamento devem estar perfeitamente alinhadas e niveladas. Caso contrário, haverá desgaste excessivo da correia, dos rolamentos, vibração e demais consequências na sua eficiência.

Deve-se inspecionar todos esses componentes com regularidade: canecas, rolamentos, mancais e correia. A limpeza no pé do equipamento deve ser frequente por causa do acúmulo de matéria nas regiões de não alcance das canecas.

É preciso realizar o reaperto de parafusos para garantir a integridade das proteções, tampas, canecas e demais elementos aparafusados. Em caso de trocas, deve-se utilizar sempre elementos novos.

A inspeção constante e manutenções regulares garantirão um funcionamento satisfatório e maior longevidade do equipamento.

Referências bibliográficas

ANTHONY, W. S.; MAYFIELD, W. D. Cotton Ginners Handbook, rev. U.S. Department of Agriculture, **Agricultural Handbook** 503, 1994. 348 p.

CRUZ, J.F.; TROUDE, F.; GRIFFON, D.; HEBERT, J.P. **Conservation des grains en régions chaudes**. Paris-France: Ministère de la Coopération et du Développement, 1988. 545 p.

MILMAN, M.J. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas: Editora Universitária. Universidade Federal de Pelotas, 2002. 206p.

SIMPSON, S. L.; PARNELL, C.B. 2008. **Proceedings of the Beltwide Cotton Production Conferences**. National Cotton Council. Nashville, Tennessee

WANG, L.; PARNELL, C.B. ; SHAW, B.W. 1999. **Performance Characteristics for the 1D2D, 2D2D, 1D3D and Barrel Cyclones**. ASAE Paper No. 994195. St. Joseph, Mich.: ASAE

WESLEY, R. A.; MCCASKILL, O. L. ; COLUMBUS, E. P. 1970. **A Comparison and Evaluation of Performance of Two Small-diameter Cyclones for Collecting Cotton Gin Waste**. USDA/ARS 42-167.

Wataru Onoué

Bruno Avila

Rodrigo Sperotto

CAPÍTULO 6

Aplicações elétricas na algodoeira

1. Generalidades

A indústria do algodão desempenha um papel crucial na economia de muitos países, e as algodoeiras são o coração desse setor. Para garantir uma operação eficiente e segura, é essencial compreender as aplicações elétricas envolvidas no processo de beneficiamento do algodão. Este capítulo apresenta os conceitos básicos de tensão elétrica e as normas e regulamentações específicas do setor, assim como as melhores práticas e tecnologias disponíveis para otimizar o desempenho e a segurança das instalações.

No Brasil, toda instalação elétrica tem que atender as seguintes normas:

- NR-10 – *"Esta Norma Regulamentadora – NR estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade".*
- NBR 5410 – *"Esta Norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens".* Sua aplicação é obrigatória em todas as instalações elétricas de baixa tensão no Brasil, incluindo as algodoeiras.
- NBR 14039:2003 – . "*Ela estabelece requisitos mínimos para a elaboração de projetos, incluindo condições gerais, documentação necessária, proteção contra choques elétricos, aterramento, proteção contra sobrecorrentes e sobretensões, seleção e instalação de equipamentos, inspeção e manutenção*". Está NBR 14039:2003 é específica para instalações elétricas de média tensão (1,0 kV a 36,2 kV)

Sabe-se da deficiência energética que atrasa o desenvolvimento maior e mais rápido nas regiões que têm grande potencial de expansão da cotonicultura em nosso país. Por isso, é necessário otimizar os projetos e processos para chegar à maior eficiência energética possível, utilizando os motores mais eficientes (motores de alto rendimento) e deixando os projetos enxutos para o menor consumo de energia sem comprometer a necessidade do cliente. Esse conceito norteia a oferta de alguns fabricantes de processo.

2. Alimentação em alta ou média tensão

2.1. Etapas de um projeto elétrico de uma algodoeira

Levantamento da demanda de energia

O primeiro passo para o projeto elétrico de uma algodoeira é realizar um levantamento detalhado da demanda de energia do complexo industrial e de todos os equipamentos e sistemas utilizados no processo de beneficiamento do algodão, como descaroçadores, prensas, motores, iluminação, sistemas de controle e automação. É importante prever possíveis expansões futuras e o crescimento da produção, a fim de dimensionar adequadamente o sistema elétrico.

Conexão com a concessionária de energia

Após o levantamento da demanda, é necessário entrar em contato com a concessionária de energia elétrica local para solicitar a conexão da algodoeira

à rede de distribuição. A concessionária fornecerá informações sobre os requisitos técnicos, procedimentos e prazos envolvidos, além de orientar sobre a melhor alternativa de tensão de fornecimento (média ou alta tensão) e a necessidade de se instalar uma subestação própria.

Dimensionamento dos transformadores

Os transformadores são equipamentos essenciais para adequar a tensão de fornecimento da concessionária à tensão utilizada nos equipamentos da algodoeira. O dimensionamento dos transformadores deve levar em conta a demanda total de energia, as perdas elétricas, a regulação de tensão e a possibilidade de expansão futura. É recomendável utilizar transformadores de alta eficiência e baixas perdas, a fim de reduzir os custos operacionais e aumentar a sustentabilidade do empreendimento.

Seleção e especificação dos equipamentos elétricos

A seleção e especificação dos equipamentos elétricos, como disjuntores, chaves seccionadoras, fusíveis, relés de proteção, cabos e barramentos, devem seguir as normas técnicas aplicáveis, como a NBR 14039:2003, e considerar as condições específicas de operação da algodoeira, como a presença de poeira, umidade e variações de temperatura. É importante optar por equipamentos de qualidade, com certificações e garantias, a fim de assegurar a confiabilidade e a segurança do sistema elétrico.

Sistema de aterramento e proteção contra descargas atmosféricas SPDA

O sistema de aterramento das subestações de medição e de transformação é fundamental para garantir a segurança das pessoas e equipamentos, além de proteger a instalação contra sobretensões e descargas atmosféricas. O projeto do sistema de aterramento deve seguir as normas técnicas aplicáveis, como a NBR 5419 (Proteção contra descargas atmosféricas) e a NBR 15751 (Sistemas de aterramento de subestações), e considerar as características do solo e a configuração da algodoeira. É recomendável utilizar materiais de alta qualidade, como hastes de cobre e cabos de cobre nu, e realizar medições periódicas da resistência de aterramento para garantir a eficácia do sistema.

2.2. Tipos de ligações em média tensão

As ligações em média tensão podem ser realizadas de diferentes formas, dependendo das características do sistema elétrico e dos requisitos da instalação. A seguir, são apresentados os principais tipos de ligações abordados pela norma.

Ligação em paralelo

Os transformadores devem ter a mesma relação de transformação, com uma tolerância de ± 0,5%. A diferença entre as impedâncias percentuais dos transformadores não deve ser superior a 10%, e a potência nominal dos transformadores não deve diferir mais de 1/3 da potência do maior transformador.

Ligação em delta (Δ)

A ligação em delta é abordada pela NBR 14039:2003 como uma das configurações possíveis para a conexão de transformadores trifásicos. A norma ressalta que, em sistemas com neutro aterrado, deve-se atentar para a possibilidade de circulação de correntes de sequência zero nos enrolamentos em delta, o que pode requerer a utilização de transformadores com enrolamentos terciários ou de impedância de aterramento adequada.

Ligação em estrela (Y)

A ligação em estrela permite a conexão direta do neutro à terra, facilitando a detecção e a eliminação de falhas fase-terra. Além disso, a norma estabelece que o condutor neutro deve ter seção adequada para conduzir a corrente de desequilíbrio do sistema.

2.3. Infraestrutura elétrica: rede de média tensão, subestação de medição e subestação de transformação

Rede de Média Tensão (MT) dentro do complexo da UBA

A rede de média tensão dentro da UBA é responsável por distribuir a energia elétrica recebida da concessionária para os diversos setores e equipamentos da algodoeira. Ela pode ser composta por trechos aéreos e subterrâneos, utilizando cabos de média tensão isolados e protegidos. Os componentes principais da rede de MT incluem:

- *Postes* – Estruturas que sustentam os cabos aéreos de média tensão (Figura 1);

- *Cabos de média tensão* – Condutores isolados que transportam a energia elétrica;
- *Muflas* – Acessórios utilizados para fazer a transição entre os cabos aéreos e os subterrâneos (Figura 2);
- *Caixas de passagem* – Utilizadas para inspeção e manutenção dos cabos subterrâneos;
- *Chaves seccionadoras* – Permitem isolar trechos da rede para manutenção ou em caso de falhas (Figura 3).



Figura 1. Postes da rede de MT (Fonte: Jean L. Belot, 2024)

Subestação de medição

A subestação de medição é o ponto de entrega da energia elétrica da concessionária para a algodoeira (Figura 4). Ela deve ser instalada em local de fácil acesso, seguindo as exigências da concessionária local. Os principais componentes da estação de medição são:

- *Transformadores de potencial (TP) e de corrente (TC)* – Utilizados para reduzir os níveis de tensão e corrente para os equipamentos de medição;



Figura 2. Mufla (Fonte: Wataru Onoué, 2024)

Subestação de transformação

A subestação de transformação é responsável por reduzir a tensão de média para baixa, adequada para a utilização nos equipamentos da algodoeira (Figura 5). Os principais componentes da subestação de transformação incluem:

- *Transformadores de potência* – Realizam a redução da tensão de média para baixa. Podem ser a seco ou a óleo, com potências variadas;
- *Disjuntores de média tensão* – Proteção contra curtos-circuitos e sobrecargas na entrada da estação;
- *Disjuntores de baixa tensão* – Proteção dos circuitos de baixa tensão que alimentam os equipamentos;
- *Barramentos* – Utilizados para distribuir a energia elétrica para os diversos setores da algodoeira.



Figura 3. Chaves seccionadoras (Fonte: Wataru Onoué, 2024)

Em algodoeiras, é comum a utilização de transformadores de safra e de entressafra. Os transformadores de safra são dimensionados para atender a demanda de pico durante o período de beneficiamento do algodão, enquanto os transformadores de entressafra são utilizados para suprir a demanda reduzida durante os períodos de manutenção e preparação para a próxima safra. Essa estratégia permite otimizar o uso dos transformadores e reduzir os custos com energia elétrica.



Figura 4. Subestação de medição de MT (Fonte: Elepar, 2024)



Figura 5. Subestação de transformação (Fonte: Elepar, 2024)

3. Alimentação de baixa tensão

3.1. Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)

Necessário para controle e proteção dos sistemas, o QGBT tem a função de receber a energia do transformador e distribuí-la entre os demais sistemas, fazendo seu controle, medição e principalmente proteção; é o ponto de entrada geral da energia. Ele é composto por um disjuntor de entrada geral e disjuntores de saídas, conforme a demanda de cada sistema interligado. Utilizam-se também multimedidores com TCs (transmissores de corrente) para a realização de medição e controle.

3.2. Quadro de Correção de Fator de Potência – Banco de Capacitores (QCFP-BC)

Junto do QGBT, o QCFP-BC é projetado conforme a necessidade da usina de beneficiamento para corrigir o fator de potência, melhorando a eficiência e reduzindo as perdas de energia no sistema, que também podem gerar multas da concessionária. Sua estrutura é composta por células capacitivas e um controle que monitora e dimensiona a quantidade de células que irão auxiliar na correção da defasagem entre a corrente e a tensão em um sistema elétrico.

3.3. Centro de Controle de Motores (CCM)

O CCM é a unidade de controle que centraliza os acionamentos de todos os motores, facilitando o gerenciamento e comando dos mesmos. O fato de ele estar em um único ponto também ajuda na manutenção. Entre os acionamentos que existem no CCM (Figura 6) está a partida direta, com e sem reversão para motores de menor porte como esteiras e válvulas, em que o esforço é menor, mantendo assim a eficiência com custo reduzido.

Para motores de grande porte, ou onde o motor precisa fazer um esforço maior para vencer a inércia de seu movimento, como os ventiladores



Figura 6. Painel de acionamentos (Fonte: Busa Indústria e Comércio, 2023)

de sucção, utiliza-se soft-starter. Esse acionamento faz um controle na partida do motor, começando com uma rampa de tensão que ajuda a partida, fazendo seu movimento começar mais devagar e suave. Em motores onde é necessário um controle mais preciso, utilizam-se inversores de frequência, que contêm, por exemplo, os controles de velocidade do motor, normalmente utilizados para administrar a alimentação do processo.

Para todos esses equipamentos, reserva-se na usina de beneficiamento uma sala, dimensionada de acordo com o tamanho dos painéis, que em alguns casos considera espaço para ampliações (Figura 7). Essa sala é construída em um ponto estratégico o mais próximo possível dos motores, e deve ser um local visível. Na sua construção, deve-se considerar um espaço hábil para manutenções. A sala normalmente possui uma abertura como uma janela, fechada apenas com vidro, para visualização dos painéis do lado externo da sala; o acesso ao seu interior só pode ser feito por pessoal autorizado e capacitado dentro da norma NR-10. A sala também deve ser feita com vedações para que não entre sujeira e não haja perdas na sua climatização.

Manter a sala limpa e bem climatizada é de extrema importância para garantir eficiência e durabilidade dos componentes dos painéis. Recomenda-se conservar a temperatura abaixo de 35°C para climatização interna dos componentes dos painéis elétricos durante a operação, verificando-se cada equipamento conforme orientação do fabricante.

Toda a parte de cabeamento e infraestrutura é desenvolvida de acordo com a planta, pois a localidade, a distância e a forma de construção influenciam a bitola e o tipo de cabeamento utilizado. As infraestruturas elétricas mais comuns utilizam leitos



Figura 7. Local QGBT + QCFP-BC + CCM (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

e eletrodutos. Os leitos aéreos trazem mais facilidade e eficiência e ficam visíveis, o que permite uma fácil manutenção e uma boa circulação de ar, que ajuda na dissipação de calor. A infraestrutura em eletrodutos dispostos abaixo do piso deixa a instalação mais discreta e menos sujeita à contaminação por poeira e fibra. Várias algodoeiras têm infraestrutura mista.

Malha de aterramento e SPDA

Para toda a usina, é de extrema importância a utilização de uma malha de aterramento interligada, que inclua as estruturas dos prédios, os maquinários e os componentes elétricos principais. Essa aplicação tem muitas funções, como proteger as pessoas que têm contato com os equipamentos, proteger os maquinários e até mesmo evitar interferências de comunicação entre os equipamentos.

4. Motores elétricos

"Onde quer que haja progresso, a presença do motor elétrico é imprescindível. Desempenhando um importante papel para a sociedade, os motores são o coração das máquinas modernas [...]" (Guia de especificações de motores WEG, 2023).

Os motores elétricos de indução trifásicos são amplamente utilizados em aplicações industriais devido à sua robustez, eficiência e simplicidade. Eles

são motores elétricos que operam com corrente alternada (CA) trifásica e funcionam com base no princípio da indução eletromagnética.

4.1. Princípio de funcionamento

- *Estator* – A parte fixa do motor, composta por enrolamentos trifásicos dispostos em um núcleo de ferro laminado. Quando alimentado com corrente trifásica, o estator gera um campo magnético rotativo.
- *Rotor* – A parte móvel do motor, geralmente constituída por barras condutoras conectadas por anéis de curto-circuito (rotor gaiola de esquilo) ou enrolamentos (rotor bobinado). O campo magnético rotativo do estator induz uma corrente no rotor, criando seu próprio campo magnético.
- *Indução eletromagnética* – A interação entre o campo magnético do estator e o campo magnético induzido no rotor gera uma força que faz o rotor girar, acompanhando o campo do estator.

4.2. Características principais

Os motores elétricos apresentam características que proporcionam robustez, durabilidade, eficiência, bom custo-benefício e confiabilidade. Sua construção simples e resistente, com poucas peças móveis, resulta em baixa necessidade de manutenção. Além disso, esses motores são altamente eficientes energeticamente, sobretudo em aplicações de carga constante. Em termos de custo-benefício, possuem um baixo custo de aquisição e operação quando comparados a outros tipos de motores. Por fim, esses motores garantem um desempenho confiável e estável em diversas condições operacionais.

4.3. Tipos de motores de indução trifásicos

4.3.1. Rotor gaiola de esquilo

O rotor gaiola de esquilo é um rotor sólido composto por barras de alumínio ou cobre. Essa configuração simples e robusta oferece um custo baixo. O rotor gaiola de esquilo é comumente utilizado em diversas aplicações, como ventiladores, bombas, compressores e máquinas-ferramenta.

4.3.2. Rotor bobinado

O rotor bobinado é caracterizado por ter enrolamentos conectados a resistências externas através de anéis coletores. Essa configuração permite um controle preciso de velocidade e torque. O rotor bobinado é amplamente utilizado em aplicações como guinchos, elevadores e outras situações que demandam controle de torque específico.

4.4. Vantagens dos motores de indução trifásicos

Os motores de indução trifásicos apresentam várias vantagens significativas. Em primeiro lugar, eles possuem alta eficiência, com menores perdas de energia, especialmente em modelos modernos com design otimizado. Isso resulta em um melhor aproveitamento da energia elétrica e redução nos custos de operação. Esses motores também requerem baixa manutenção devido à ausência de comutadores e escovas, o que contribui para uma maior confiabilidade e disponibilidade do sistema.

Outra vantagem é a operação suave, com menos vibrações e um funcionamento mais silencioso, proporcionando um ambiente de trabalho mais confortável. Além disso, a velocidade dos motores de indução trifásicos pode ser facilmente controlada utilizando-se inversores de frequência (VFDs), o que permite uma adaptação flexível às necessidades de diferentes aplicações. Essas vantagens tornam os motores de indução trifásicos uma escolha popular e eficiente para diversas aplicações industriais.

4.5. Desvantagens

Embora os motores de indução trifásicos possuam várias vantagens, é importante mencionar algumas desvantagens também. Uma delas é a corrente de partida alta, que pode exigir o uso de dispositivos de partida suave ou inversores de frequência para reduzir o impacto inicial, uma medida necessária para evitar sobrecargas no sistema elétrico. Além disso, o controle de velocidade dos motores de indução trifásicos é mais limitado em comparação aos motores de corrente contínua (DC). Portanto, em aplicações que requerem variações frequentes de velocidade, os motores de corrente contínua podem ser mais flexíveis. É importante considerar esses aspectos ao escolher o tipo de motor mais adequado para cada aplicação específica.

4.6. Considerações na seleção

- *Potência e torque* – Escolha um motor que atenda aos requisitos de potência e torque da aplicação específica.

- *Eficiência energética* – Motores de alta eficiência podem reduzir custos operacionais em longo prazo.
- *Condições ambientais* – Certifique-se de que o motor é adequado para as condições ambientais, como temperatura, umidade e presença de poeira ou gases corrosivos.
- *Método de partida* – Considere o uso de dispositivos de partida suave ou inversores de frequência para reduzir a corrente de partida e melhorar o controle de velocidade.

Os motores de indução possuem características diversas, como o número de polos. Dependendo da forma como as bobinas do estator são dispostas, podem-se formar apenas dois polos, um norte e um sul, ou quatro, seis, oito, para citar os mais comuns. 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 dois polos dá 60 voltas; no de quatro polos, 30 voltas; no de seis, 20 voltas – o que corresponde, respectivamente, a 3.600, 1.800 e 1.200 RPM (rotações por minuto). E assim por diante.

Dentro do padrão de mercado industrial brasileiro, utilizam-se motores com tensão 380 VAC/60Hz. Sua gama de potência pode variar de motores de 0,5 CV a 300 CV. Normalmente, os motores de maior potência são os dos descaroçadores, dos ventiladores de sucção e das bombas hidráulicas.

Recomenda-se a utilização de motores de alta performance. São motores que promovem uma redução de consumo sem perder a alta performance, reduzindo os custos de operação da usina (Figura 8).

O devido dimensionamento dos motores, assim como sua qualidade, também tem importância na redução dos custos. Motores superdimensionados elevam os gastos na sua compra e na sua manutenção, pois utilizam peças mais caras. Motores subdimensionados, por sua vez, são muito piores, pois comprometem a produção da usina, além de apresentar problemas após menor tempo de uso.

A manutenção preventiva dos motores envolve lubrificação, rolamentos, isolação elétrica e sistema de autorrefrigeração. A limpeza constante do sistema de refrigeração é fundamental, já que a presença de muita pluma no ambiente de funcionamento facilita a obstrução da tampa de ventilação.



Figura 8. Motor de alto rendimento W22 Premium da WEG (Fonte: WEG, 2023)

5. Painéis de comando

Em relação aos painéis, sua elaboração tem que atender a norma NBR IEC 61439-1: *"Esta Parte da série ABNT NBR IEC 61439 estabelece definições e indica as condições de utilização, requisitos de construção, características técnicas e requisitos de verificação para conjuntos de manobra e comando de baixa tensão"*.

Em algodoeiras, existem os painéis de acionamento (CCM) e os painéis de controle. Estes últimos normalmente estão integrados aos equipamentos ou separados, com disposição similar a uma mesa, onde os operadores podem controlar as máquinas.

Nas antigas unidades de beneficiamento, é comum ver painéis com muitos cabos de comando e uma enorme quantidade de botoeiras para acionamento, além de muitos cabos de interligação entre componentes. Tal configuração, pouco prática e menos segura, não é mais utilizada nas UBAs modernas.

A arquitetura atual consiste em comando 24 VDC, que traz segurança a quem tem um contato próximo com os painéis. A parte de comandos elétricos é utilizada apenas para energizar o sistema e acionar alguns botões de grande importância como os de segurança, acesso rápido, controle manual ou automático de pontos críticos e outras exceções. Os demais acionamentos e controles são via tela sensível ao toque da IHM, trazendo um conceito mais intuitivo e reduzindo custos com botoeiras sobressalentes.

Os demais equipamentos da algodoeira são conectados em uma arquitetura de rede ethernet IP, que comunica e sincroniza informação entre todos os sistemas, como os de segurança, controle, sensores e acesso (IHM). Na parte de acionamento, é utilizado um sistema de comunicação CAN que faz todo o controle das soft-starters e dos inversores de frequência e partidas diretas através de sensores e outras unidades remotas. Essas arquiteturas em rede que basicamente dispensa ligações tornam um painel mais limpo, mantendo-se apenas o necessário para funcionamento, e reduzem custos de instalação e manutenção. Além disso, uma estrutura em rede que se autodiagnostica ajuda a localizar falhas para facilitar a manutenção. Trata-se de uma solução inteligente, que reduz a complexidade de fiação a apenas um cabo e coloca o sistema dentro dos princípios da indústria 4.0.



Figura 9. Mesa de comando do processo (Fonte: Busa Indústria e Comércio, 2023)



Figura 10. Quadro de tomadas industriais (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

A qualidade dos paineis elétricos evoluiu, com inovações e melhorias, tais como o compartimento do barramento isolado, disposição back-to-back, que otimiza espaço, ventiladores de teto radial que têm o dobro da vazão de ar dos antigos ventiladores axiais de porta e maior área de grelhas para entrada de ar, ajudando assim na dissipação de calor.

É recomendada, e já aplicada sistematicamente por vários fornecedores, uma documentação técnica atualizada após a fabricação do painel (As Built), contendo a identificação de cabos e componentes com um padrão de fácil compreensão e uma lista de motores na porta pelo lado de fora do painel para fácil e rápida identificação da localização do acionamento.

6. Iluminação e tomadas de energia

O Quadro de Distribuição de Luz e Força (QDFL) se encontra em vários pontos da algodoeira e tem

basicamente disjuntores para controle de iluminação, refrigeração e tomadas (Figura 10). Quando houver necessidade de uso de tomadas, recomenda-se instalá-las em pontos estratégicos perto dos equipamentos, para que, em caso de manutenção com ferramentas elétricas, se tenha um ponto de energia próximo, facilitando o trabalho. Também é importante a devida identificação e separação das tomadas de acordo com seu uso e potência/tensão.

Outro ponto importante é a iluminação, que deve atender as normas de iluminação de ambiente. Isso influencia bastante no trabalho operacional dentro da usina. A boa visualização dos equipamentos auxilia no monitoramento visual, e com isso o operador terá facilidade em identificar falhas/problemas no processo, como possíveis contaminações por plástico, princípio de fogo no equipamento, erros de segurança, entre outras possibilidades. Cada vez mais se usa iluminação de LED, que ajuda na questão de eficiência energética e, instalada nas laterais da usina, facilita o acesso para manutenção, sempre respeitando-se o que a norma rege (Figura 11).

7. Conclusão

Uma UBA tem demanda de energia elevada, que representa uma parte importante do investimento e custo de produção. São de muita importância os investimentos em equipamentos modernos e otimizados. Os mesmos devem atender requisitos como normas, dimensionamento adequado dos motores e painéis, um sistema com arquitetura moderna e segura para acionamentos de motores e controles inteligentes da usina, a fim de garantir flexibilidade, rentabilidade e segurança.



Figura 11. Refletor de LED em parede (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Referências bibliográficas

Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10), 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-10-nr-10>. Acesso em 15 de março de 2024.

ABNT NBR IEC 61439-1:2016 Versão Corrigida:2017, 2017. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=MnN4eWJRUU1pQ2xJV2I2ejQ0NHR5MFkzeFNqREpmTFRJTGVkMXRLeGRMWT0=>. Acesso em 15 de março de 2024.

ABNT NBR 5410:2004 Versão Corrigida:2008, 2008. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=bWl2M29BSEtyWlYyVWxxRkN4ZUVHbW5hS3dSRUlsRzFEc3Q5R2NiVWZ3WT0=>. Acesso em 15 de março de 2024.

ABNT NBR 14039:2003 – Instalações Elétricas de Média Tensão, da ABNT.

ABNT NBR 5419 – Proteção contra Descargas Atmosféricas, da ABNT.

ABNT NBR 15751 – Sistemas de Aterramento de Subestações, da ABNT.

Guia de especificações de motores WEG, Cod: 50032749 | Rev: 26 | Date (m/a): 06/2023.

Rodrigo
Sperotto

CAPÍTULO 7

Automação na algodoeira

A modernização da indústria, que torna seus processos cada vez mais produtivos, é algo indispensável na atualidade. O agro, por sua vez, não fica de fora e busca, cada vez mais, recursos para se modernizar e entrar na indústria 4.0. Criada em 2012, na Alemanha, a Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial é uma expressão que engloba algumas tecnologias para automação e troca de dados e utiliza conceitos de Sistemas ciber-físicos, Internet das Coisas e Computação em Nuvem. O foco da Quarta Revolução Industrial é a melhoria da eficiência e produtividade dos processos" (Wikipédia, 2024).

Tecnologias da indústria 4.0 já estão sendo disponibilizadas no mercado dos processos de beneficiamento do algodão. Pelo potencial que oferecem em conectar máquinas, sistemas e aplicativos à rede de computadores, essas tecnologias permitem que as máquinas interajam entre si na produção, gerenciando e formando um banco de dados que podem ser integrados com os sistemas da empresa e armazenados em nuvem. Com essas informações geradas, o sistema auxiliará nas tomadas de decisões para buscar os melhores ajustes para cada situação do beneficiamento de algodão.

Com a produção de algodão ganhando destaque no país e buscando liderança internacional, esses sistemas auxiliam no alcance desse objetivo. Comparado com os antigos sistemas, podemos notar que nos últimos anos o setor deu um salto na evolução. Os processos se tornaram automáticos, com melhoria sistemática do desempenho em termos de produtividade e homogeneidade da qualidade dos produtos. O principal avanço é a geração de informações em tempo real, com sistemas que monitoram e coletam dados para auxiliar nas tomadas de decisões do beneficiamento. As algodoeiras antigas eram limitadas pela falta de dados e ajuda à decisão.

Para alavancar ainda mais o setor, fabricantes estão preparando novos desenvolvimentos, para, em breve, entregar sistemas mais inteligentes, que monitoram a mecânica dos equipamentos, prevendo eventos como falhas antes mesmo que aconteçam, evitando a parada da máquina e focalizando na manutenção preventiva. Será um sistema capaz de tomar decisões de forma mais autônoma, com mais recursos para facilitar o controle e gerenciamento da usina.

Nesse novo sistema, será possível o gerenciamento da vida útil dos componentes de acordo com as recomendações dos fabricantes, evitando que aconteçam trocas e reparos antes do necessário, promovendo uma redução de custos e maximização de resultados.

1. A automação de comando

A tecnologia utilizada nas novas usinas de beneficiamento entrega eficiência e qualidade em seus processos, se autoajustando em cada etapa e mantendo um ritmo de produção totalmente automático. Com os ajustes para diversas características de algodão, mantém-se uma boa produção sem perder a qualidade.

Com telas informativas e métodos operacionais intuitivos, facilitando o manuseio dos equipamentos de manual quando necessário, as telas da IHM (Interface Homem-Máquina) (Figura 1) podem ser desenvolvidas baseadas nos smartphones, que, por fazerem parte do dia-a-dia da maioria das pessoas, trazem a mesma praticidade que já treinam em suas rotinas, para a operação dos equipamentos.

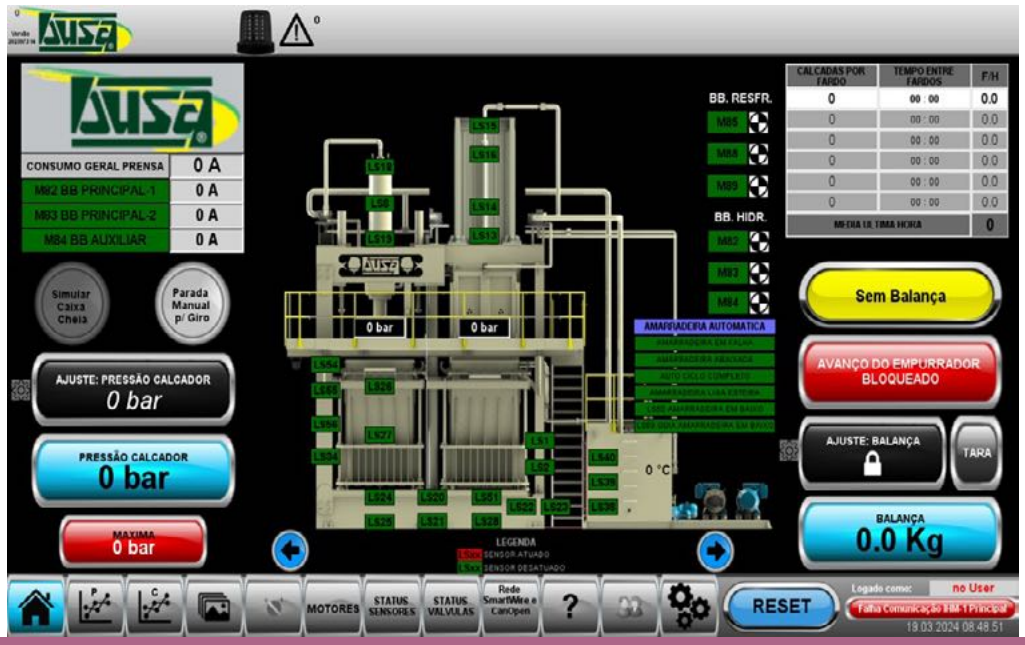


Figura 1. Tela principal de IHM de prensa (Fonte: Busa Indústria e Comércio, 2023)

1.1. Componentes da automação de comando

A. Interfaces Homem-Máquina (IHMs)

A Interface Homem-Máquina (IHM) (Figura 1) desempenha um papel fundamental nas algodoeiras modernas, permitindo uma interação eficiente entre os operadores e os sistemas de controle das máquinas. As IHMs são projetadas para facilitar a operação, monitoramento e controle dos processos de beneficiamento de algodão, fornecendo dados em tempo real e controles intuitivos.

A.1. Características das IHMs

As telas sensíveis ao toque permitem ao usuário controlar e monitorar o sistema. As interfaces gráficas oferecem uma representação visual do estado dos equipamentos, processos e do desempenho dos dados. Assim, os usuários podem tomar decisões de forma rápida e informada.

A presença de um sistema de alarmes é crucial para alertar os operadores sobre condições anormais ou falhas que possam surgir, reduzindo danos, minimizando interrupções e assegurando a segurança dos equipamentos e das pessoas envolvidas.

As interfaces gráficas permitem configurar parâmetros operacionais e programar sequências de controle. Essa flexibilidade possibilita ajustar as operações de acordo com as necessidades de produção, garantindo um funcionamento mais eficiente e maior produtividade.

As IHMs possuem suporte para diversos protocolos de comunicação, permitindo uma integração perfeita com CLPs e sistemas SCADA.

A.2. Vantagens das IHMs em algodoeiras

Por meio do controle centralizado e do monitoramento em tempo real de todos os processos, é possível reduzir o tempo de inatividade e aumentar significativamente a produtividade.

As interfaces intuitivas são desenvolvidas para diminuir a curva de aprendizado dos novos operadores. Isso significa que eles podem se adaptar rapidamente ao sistema, facilitando a incorporação de novas tecnologias e procedimentos.

Por meio das IHMs, é possível automatizar processos e ter um controle preciso sobre eles: as tarefas são executadas de forma consistente e exata, evitando falhas humanas.

As IHMs podem coletar e mostrar dados de desempenho e condições operacionais de maneira contínua, o que permite tomar decisões informadas com base em dados e implementar a manutenção preditiva.

A.3. Aplicações específicas das IHMs em algodoeiras

Controle de descaroçadores

Por meio do monitoramento contínuo, é possível acompanhar de perto o desempenho dos descaroçadores e realizar ajustes precisos con-

forme necessário. Essa abordagem resulta em uma otimização da eficiência do processo, garantindo uma separação mais eficaz entre as sementes e as fibras de algodão, permitindo obter um maior rendimento e melhorando a qualidade do produto final.

Operação de prensas de algodão

Com o auxílio das IHMs, é possível acompanhar de perto o desempenho das prensas, realizar ajustes precisos e garantir que o processo de compactação seja realizado de forma eficiente e uniforme. Dessa forma, é possível obter fardos com uma melhor padronização.

Monitoramento de energia

Através da visualização e análise do consumo de energia dos diferentes equipamentos, é possível identificar oportunidades para aumentar a eficiência energética. Isso resulta em benefícios tangíveis, como a redução dos custos de energia e a diminuição do impacto ambiental.

A.4. Considerações na implementação de IHMs

Escolha do hardware adequado

Ao selecionar IHMs para atender às necessidades específicas da algodoeira, é importante considerar sua resistência a ambientes industriais (exposição à poeira, umidade e vibrações). A durabilidade do equipamento contribui para a confiabilidade das IHMs, evitando falhas e garantindo uma operação contínua da algodoeira.

Integração com sistemas existentes

Assegurar que as IHMs sejam compatíveis com os CLPs e outros sistemas de controle existentes é de extrema importância para reunir informações e dados em um único local, permitindo uma supervisão e controle mais eficientes do sistema.

Segurança e acesso

A segurança e o controle de acesso nas interfaces homem-máquina (IHMs) são de extrema importância para garantir a integridade dos processos, a proteção dos dados e a segurança dos operadores nas algodoeiras, e envolvem:

- Autenticação segura, com senhas fortes ou autenticação biométrica;
- Definição de diferentes níveis de acesso e permissões com base nas funções dos operadores;
- Monitoramento e registro de atividades;
- Atualizações regulares de segurança;
- Treinamento e conscientização dos operadores.

B. Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)

Os Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA, do inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*) fornecem uma plataforma robusta para o monitoramento, controle e análise em tempo real de processos.

B.1. Características dos sistemas SCADA

Monitoramento em tempo real

A coleta e exibição contínua de dados dos sensores e dispositivos de campo é uma das principais características dos sistemas SCADA. Ao coletar dados em tempo real, os sistemas fornecem informações precisas sobre variáveis, como temperatura, pressão, nível de estoque e velocidade de produção, sendo possível identificar problemas potenciais, otimizar o desempenho dos equipamentos e garantir a continuidade das operações de forma eficaz.

Controle remoto

A capacidade de controlar processos e equipamentos remotamente aumenta a flexibilidade operacional e reduz a necessidade de intervenção

manual. Isso permite uma resposta rápida a eventos ou problemas, e reduz a exposição dos operadores a situações de risco.

Aquisição de dados

A coleta de dados históricos para análise de tendências e desempenho é uma funcionalidade essencial dos sistemas SCADA. Isso traz benefícios significativos, uma vez que facilita a identificação de padrões e a tomada de decisões baseadas em dados históricos. A análise de dados históricos também pode ajudar na previsão de eventos futuros e no planejamento estratégico.

Alarmes e notificações

Um sistema de alarmes configurável irá melhorar a resposta a incidentes e permitir a implementação de manutenção preventiva. Os operadores são notificados imediatamente sobre qualquer condição que exija atenção, como um aumento de temperatura, uma queda de pressão ou uma falha em um equipamento.

Relatórios e análise

Os sistemas SCADA fornecem ferramentas para a geração de relatórios detalhados e análise de dados. Os operadores e gerentes extraem *insights* valiosos que possibilitam a identificação de gargalos, a otimização de recursos, a previsão de demanda e a tomada de decisões estratégicas, embasadas em informações sólidas.

B.2. Vantagens dos sistemas SCADA em algodoeiras

Aumento da eficiência operacional

Os sistemas SCADA permitem a redução do tempo de inatividade e a maximização da produtividade. Com o monitoramento contínuo, os operadores têm uma visão em tempo real dos processos, permitindo a identificação imediata de quaisquer problemas ou anomalias, e possibilitando uma resposta rápida. Além disso, o controle preciso dos processos permite otimizar as operações.

Melhoria na qualidade do produto

O controle rigoroso dos parâmetros de processamento, como temperatura, umidade, velocidade e pressão, garante a consistência e a qualidade do algodão beneficiado.

Redução de custos operacionais

A otimização do uso de recursos e a prevenção de falhas pelos sistemas SCADA, resultam na redução de custos com energia, manutenção e desperdícios. Isso possibilita a implementação de estratégias para reduzir o consumo desnecessário. Além disso, os sistemas SCADA também auxiliam na prevenção de falhas, detectando sinais precoces de desgaste ou mau funcionamento dos equipamentos e na realização de manutenção preventiva.

Segurança e confiabilidade

O monitoramento em tempo real e a resposta rápida a condições anormais aumentam a segurança dos operadores e a confiabilidade dos equipamentos, possibilitando a detecção imediata de qualquer condição anormal, como variações de temperatura, pressão ou vazamentos.

B.3. Aplicações específicas dos sistemas SCADA em algodoeiras

Gestão de transportadores e sistemas de alimentação

O sistema SCADA controla a carga da algodoeira, a velocidade e carga dos desmanchadores de fardos, bem como o fluxo dos transportadores que movem o algodão pela planta. Isso traz benefícios ao garantir um fluxo contínuo e uniforme de material.

Monitoramento de descaroçadores

Esses sistemas controlam e monitoram os descaroçadores de algodão, otimizando a separação das sementes e das fibras para melhorar a eficiência da operação das algodoeiras.

Controle de prensas de algodão

É possível acompanhar em tempo real o funcionamento das prensas, verificando parâmetros como pressão, tempo e velocidade de compactação. Isso permite ajustes precisos para garantir que cada prensagem seja realizada de forma consistente, resultando em fardos compactados com maior precisão e uniformidade.

B.4. Considerações para a implementação de sistemas SCADA

É crucial escolher uma plataforma SCADA que atenda às necessidades específicas da algodoeira,

considerando funcionalidades, suporte e escalabilidade. Isso garante que o sistema possa crescer e se adaptar às mudanças necessárias ao longo do tempo.

Garantir a compatibilidade do sistema SCADA com os dispositivos e sistemas de controle já implementados é de extrema importância. A integração desses instrumentos elétricos não só aumenta a eficiência do processo de beneficiamento do algodão, mas também melhora a qualidade do produto final e a segurança operacional.

C. Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)

Os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) são dispositivos eletrônicos usados para realizar o controle e o monitoramento de máquinas e processos. Eles desempenham tarefas específicas de controle, substituindo os sistemas tradicionais de relés e temporizadores. Os CLPs (Figura 2) têm a capacidade de automatizar e controlar o processo de uma algodoeira, gerenciando a operação de motores, válvulas e outros dispositivos envolvidos no processo.

C.1. Princípio de funcionamento

O CLP recebe sinais de sensores e dispositivos de entrada, como botões, interruptores, e sensores de temperatura ou pressão. Em seguida, ele processa esses sinais de acordo com o programa armazenado em sua memória, e, em seguida, envia sinais para dispositivos de saída, como motores, válvulas, indicadores luminosos e atuadores, para controlar o processo.

C.2. Componentes principais

São compostos por uma CPU (Unidade Central de Processamento), que é o cérebro do CLP, responsável pela execução do programa de controle. Os módulos de Entrada/Saída (I/O) são interfaces que conectam o CLP a sensores e atuadores, que podem ser digitais ou analógicos. Uma fonte de alimentação fornece a energia necessária para o funcionamento do CLP e seus módulos. Uma memória armazena o programa de controle e dados de operação, e as interfaces de comunicação permitem a interação com outros dispositivos e sistemas, como redes industriais e computadores.

C.3. Características principais

- Flexibilidade: Fácil de reprogramar para diferentes aplicações e processos.
- Confiabilidade: Projetado para operar em ambientes industriais adversos com alta confiabilidade.



Figura 2. CLP (Fonte: www.csaautomacao.com.br)

- Modularidade: Pode ser expandido com módulos adicionais para mais entradas e saídas.
- Programação Personalizada: Permite a adaptação específica para o processo de cada algodoeira.
- Integração de Sensores e Atuadores: Facilita a coleta de dados e a execução de comandos de controle.
- Tempo Real: Capaz de processar e responder a eventos em tempo real.

C.4. Vantagens dos CLPs

- Programabilidade: Facilmente reprogramável para diferentes tarefas e processos.
- Durabilidade: Construído para resistir a condições industriais adversas, como poeira, umidade e vibrações.
- Diagnóstico e Monitoramento: Recursos integrados para diagnóstico de falhas e monitoramento de desempenho.
- Integração: Pode ser integrado a outros sistemas de automação e redes industriais.

C.5. Desvantagens

- Custo Inicial: Pode ser mais caro inicialmente em comparação com sistemas de relés tradicionais.
- Complexidade: Requer conhecimento especializado para programação e manutenção.
- Dependência de Software: Necessidade de software específico para programação e configuração.

C.6. Considerações na seleção

- Requisitos de Entrada/Saída: Determine o número e o tipo de entradas e saídas necessárias (digitais, analógicas).
- Capacidade de Processamento: Escolha uma CPU com capacidade de processamento adequada às necessidades do processo.
- Ambiente de Operação: Certifique-se de que o CLP é adequado para as condições ambientais específicas (temperatura, umidade, etc.).
- Comunicação e Integração: Verifique as opções de comunicação e a capacidade de integração com outros sistemas.
- Facilidade de Programação: Considere a facilidade de programação e a disponibilidade de ferramentas e suporte técnico.

Em resumo, os CLPs são fundamentais na automação industrial, oferecendo flexibilidade, confiabilidade e eficiência no controle de processos complexos e críticos. Eles são uma escolha robusta e versátil para uma ampla gama de aplicações industriais.

D. Variadores de Frequência

Os Variadores de Frequência (VFDs, do inglês *Variable Frequency Drives*) (Figura 3) são dispositivos essenciais para o controle de velocidade de motores elétricos em algodoeiras, ajustando a frequência e a tensão fornecidas aos motores.



Figura 3. Inversores de frequência
(Fonte: www.distribuidoratomo.com.br)

D.1. Vantagens dos Variadores de Frequência em algodoeiras

Eficiência energética

Os inversores de frequência (VFDs) são dispositivos que ajustam a velocidade do motor de acordo com a demanda, resultando em uma redução significativa no consumo e nos custos de energia. Ao adaptar a velocidade do motor de acordo com a necessidade real, os VFDs evitam o desperdício de energia, garantindo um funcionamento mais eficiente e econômico.

Controle preciso de velocidade e torque

São dispositivos que permitem o ajuste fino da velocidade e do torque do motor, em função das necessidades. Os VFDs garantem um melhor desempenho das máquinas e uma produção mais consistente.

Menor desgaste mecânico

A partida suave e o controle de aceleração/desaceleração são características dos VFDs, o que reduz o estresse mecânico nos componentes, resultando em uma prolongação da vida útil dos mesmos. Com a partida suave, os motores são gradualmente acelerados, evitando picos de corrente e desgaste prematuro.

Flexibilidade operacional

Os VFDs são dispositivos que oferecem facilidade para ajustar a operação dos motores de acordo com diferentes requisitos de produção. Assim, é possível adaptar rapidamente a velocidade e o torque dos motores às necessidades específicas de cada etapa do processo, otimizar a eficiência do sistema, minimizar tempos de parada e maximizar a produtividade.

Redução de picos de corrente

Os inversores de frequência (VFDs) evitam picos de corrente durante a partida dos motores, protegendo assim o sistema elétrico. Dessa forma, é possível garantir uma operação segura e eficiente, economizando energia e prolongando a vida útil dos componentes elétricos.

D.2. Aplicações específicas dos VFDs em algodoeiras

Ventiladores

Os ventiladores utilizados nos sistemas de transporte pneumático podem ter sua velocidade ajustada, melhorando a eficiência destes e garantindo um fluxo adequado de materiais. Além disso, ao ajustar a velocidade dos ventiladores, é possível reduzir o consumo de energia, tornando o sistema mais sustentável e econômico.

Controle de motores em descaroçadores

Com o controle da velocidade dos motores que acionam o eixo de serra do descaroçador, é possível reduzir o dano nas fibras. Esse controle permite um processo mais eficiente, com menor perda de fibras e maior preservação da integridade destas.

Prensas de algodão

O controle da velocidade e do torque dos motores das prensas usadas para compactar o algodão permite ajustar a força aplicada de acordo com as necessidades específicas, garantindo resultados mais precisos e uniformes.

Sistemas de limpeza de algodão

O ajuste da velocidade dos motores que acionam os sistemas de limpeza contribui para melhorar a remoção de impurezas e a qualidade do algodão.

D.3. Considerações na implementação de VFDs

Compatibilidade com motores

É importante verificar a compatibilidade dos VFDs com os motores existentes, levando em consideração aspectos como tensão, corrente e potência.

Programação e configuração

A configuração adequada dos parâmetros de operação dos VFDs é essencial, incluindo as rampas de aceleração e desaceleração, limites de velocidade e proteção contra sobrecarga.

Instalação e fiação

A instalação deve ser realizada de acordo com as normas elétricas e recomendações do fabricante, levando em consideração aspectos como a fiação e a proteção contra interferências eletromagnéticas (EMI).

Manutenção e diagnóstico

É imprescindível implementar um plano de manutenção regular para os VFDs, que inclua atividades como inspeção visual, limpeza e verificação das conexões elétricas. Essas práticas garantem a manutenção da eficiência e prolongam a vida útil dos dispositivos.

Treinamento de operadores

É preciso fornecer treinamento aos operadores sobre o uso e a interpretação dos dados fornecidos pelos VFDs. Ao compreender como utilizar corretamente os VFDs e interpretar os dados que eles fornecem, os operadores serão capazes de otimizar o desempenho do sistema, identificar possíveis falhas ou anomalias e tomar medidas adequadas de forma mais eficiente.

E. Softstarter

Softstarters (Figura 4), também conhecidos como chaves de partida suave, são dispositivos eletrônicos projetados para controlar a aceleração e desaceleração de motores elétricos de corrente alternada (CA). Eles oferecem uma solução eficiente para os desafios associados à partida direta de motores, como picos de corrente, choques mecânicos e desgaste prematuro dos equipamentos.

O princípio básico de operação de um softstarter é o controle da tensão aplicada ao motor durante a partida e a parada. Utilizando semicondutores de potência, como tiristores, o softstarter aumenta gradualmente a tensão aplicada ao motor, resultando em uma aceleração suave e controlada.

As vantagens incluem a redução de picos de corrente na partida, a diminuição do estresse mecânico em acoplamentos e correias, a economia de energia em aplicações com cargas variáveis, o aumento da vida útil do motor e do sistema mecânico, além da menor necessidade de manutenção.

Enquanto os inversores de frequência (VFDs) oferecem controle total da velocidade do motor, os softstarters são mais adequados para aplicações que requerem apenas controle de partida e parada. Geralmente, softstarters são mais simples e econômicos para essas aplicações específicas.

F. Módulos de comunicação

Na era da Indústria 4.0 e da Internet das Coisas Industrial (IIoT), os módulos de comunicação (Figura 5) desempenham um papel crucial na integração de sensores aos sistemas de automação industrial. Estes módulos permitem a transmissão eficiente de dados entre sensores e sistemas de controle, facilitando a coleta de informações em tempo real e a tomada de decisões baseadas em dados.





Figura 4. Softstarter (Fonte: www.dimensional.com.br)





Figura 5. Módulos de comunicação (Fonte: www.castecnologia.com.br; www.baseautomacao.com.br)

Os principais tipos de módulos de comunicação incluem os Módulos Fieldbus, que utilizam protocolos como Profibus, Modbus e DeviceNet, ideais para comunicação em nível de campo conectando sensores e atuadores. Os Módulos Ethernet Industrial empregam protocolos como EtherNet/IP, Profinet e EtherCAT, oferecendo alta velocidade e capacidade para grandes volumes de dados. Os Módulos Wireless utilizam tecnologias como Wi-Fi industrial, Bluetooth e ZigBee, permitindo comunicação sem fio em ambientes onde o cabeamento é difícil ou impossível. Os Módulos IO-Link adotam um protocolo ponto a ponto para comunicação com sensores e atuadores, proporcionando parametrização e diagnóstico avançados. Por fim, os Módulos para Redes Móveis utilizam tecnologias como 4G/LTE e 5G, sendo ideais para monitoramento remoto e aplicações de longa distância.

Os módulos de comunicação oferecem diversos benefícios, como a integração simplificada que facilita a conexão de sensores de diferentes fabricantes a sistemas de controle. Além disso, proporcionam flexibilidade ao permitir a rápida adaptação a diferentes protocolos e requisitos de comunicação. Os módulos também oferecem diagnósticos avançados, com recursos de autodiagnóstico e monitoramento de status. Outra vantagem é a redução de cabeamento, especialmente com soluções wireless, diminuindo a necessidade de cabos extensos. Por fim, os módulos de comunicação são escaláveis, facilitando a expansão e modificação de sistemas de automação existentes.

Ao escolher módulos de comunicação, é essencial considerar alguns aspectos importantes. Primeiramente, a compatibilidade com os sensores e sistemas já existentes é crucial. Também é fundamental avaliar os requisitos de velocidade e volume de dados necessários. O ambiente operacional, incluindo temperatura, umidade e interferência eletromagnética, deve ser levado em conta. Além disso, as necessidades de segurança cibernética são essenciais. Por fim, é importante analisar o custo total de propriedade ao selecionar os módulos adequados para a aplicação desejada.

G. Sensores

Os sensores desempenham um papel crucial nas algodoeiras, onde são utilizados para monitorar e controlar diversos processos. Eles ajudam a aumentar a eficiência, a qualidade do produto final, a segurança e a automação das operações. A seguir, discutimos a importância de diferentes tipos de sensores nas algodoeiras.

G.1. Sensores indutivos

Os sensores indutivos (Figura 6) são amplamente utilizados devido à sua robustez, precisão e capacidade de operar em condições adversas.

G.1.1. Funcionamento dos sensores indutivos

Os sensores indutivos operam com base no princípio da indução eletromagnética. Eles são projetados para detectar objetos metálicos sem contato físico. Quando um objeto metálico entra no campo magnético gerado



Figura 6. Sensores indutivos (Fonte: www.eletropecas.com.br)

pelo sensor, ocorre uma mudança na impedância do circuito oscilador interno, resultando em um sinal de saída que indica a presença do objeto.

G.1.2. Importância dos sensores indutivos nas algodoeiras

- A detecção sem contato reduz o desgaste mecânico e aumenta a vida útil dos sensores;
- Ideal para ambientes com alta taxa de desgaste ou onde o contato físico pode danificar o sensor ou o objeto detectado;
- Alta Confiabilidade ao operarem de forma confiável em condições adversas, como poeira, vibração e temperaturas extremas;
- A precisão e repetibilidade garantem o posicionamento exato e a operação correta de máquinas automáticas.

G.1.3. Aplicações específicas dos sensores indutivos em algodoeiras

Controle de máquinas automáticas

Utilizados em sistemas de automação para iniciar, parar e controlar máquinas com base na presença ou ausência de objetos metálicos.

Monitoramento de transportadores

Verificam a presença de peças metálicas em transportadores e evitam o bloqueio ou acúmulo de material.

Segurança de máquinas

Utilizados em portas de segurança e barreiras de proteção para garantir que os operadores estejam fora da área de perigo antes de iniciar a operação das máquinas.

G.2. Sensores de temperatura

A temperatura precisa ser controlada para garantir a qualidade do algodão e a eficiência do processo, evitando problemas como superaquecimento e degradação das fibras.

G.2.1. Tipo de sensores

- Termopares: Eles consistem em dois fios de metais diferentes unidos em uma extremidade, gerando uma tensão entre as duas extremidades que pode ser medida e convertida em temperatura. Esses sensores medem uma ampla faixa de temperatura, com resposta rápida, robustez e custo relativamente baixo. Porém, são de precisão moderada.
- Termorresistências (RTDs): São sensores que medem a temperatura com base na variação de resistência elétrica de um material, geralmente platina, à medida que a temperatura muda (Figura 7). São de alta precisão, estabilidade a longo prazo e boa repetibilidade, porém de custo mais elevado comparado aos termopares e com resposta mais lenta.
- Termistores: São dispositivos semicondutores cuja resistência varia significativamente com a temperatura. São de alta sensibilidade e baixo custo. Porém, a faixa de temperatura é limitada e não tem linearidade.
- Sensores de temperatura a infravermelho (Piroelétricos): Esses sensores medem a radiação infravermelha emitida por um objeto para determinar sua temperatura sem contato físico (Figura 7). Oferecem medição sem contato, rápida resposta e são adequados para superfícies de difícil acesso. Porém, sofrem influência da emissividade do material e têm custo relativamente alto.
- Sensores de temperatura IC (Circuito Integrado): São sensores baseados em semicondutores que fornecem uma saída de tensão ou corrente proporcional à temperatura. Eles são pequenos, baratos e facilmente integrados em sistemas eletrônicos. Porém, a faixa de temperatura é limitada e apresentam menor precisão comparados a RTDs.

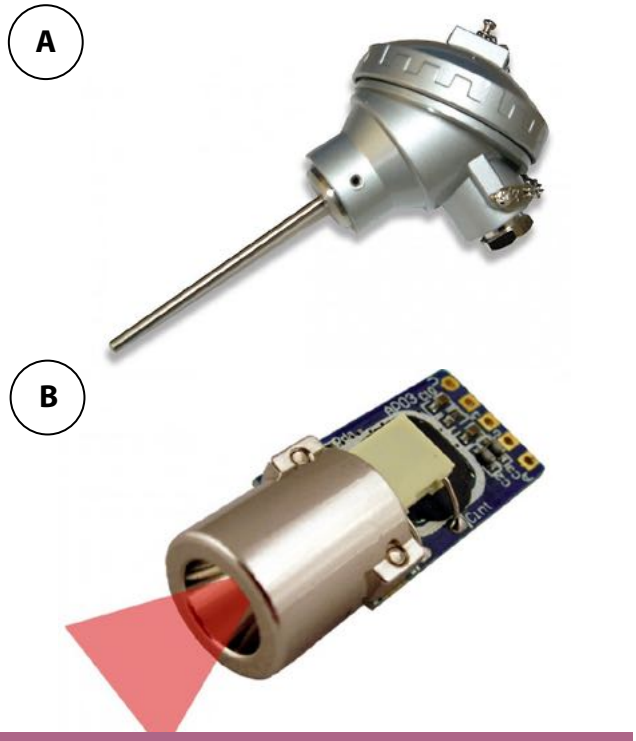


Figura 7. Sensores de temperatura (A) RTDs e (B) Infravermelho (Piroelétricos) (Fonte: (A) www.pctflow.com.br e (B) www.mecanicaindustrial.com.br)

G.2.2. Aplicações nas algodoeiras

- Secagem do algodão: Para monitorar e controlar a temperatura nos secadores para garantir que o algodão seja seco uniformemente sem danificar as fibras. Os sensores usados são termopares e RTDs devido à sua robustez e ampla faixa de temperatura.
- Monitoramento de equipamentos: Verificar a temperatura de componentes críticos, como motores e rolamentos, para evitar superaquecimento e falhas mecânicas. Termopares e sensores IC são frequentemente usados para monitoramento contínuo.
- Controle ambiental em armazéns: Controlar a temperatura nos armazéns para manter condições ideais de armazenamento do algodão. Termistores e sensores IC são úteis para o monitoramento desses ambientes.
- Integração com sistemas de automação: Sensores de temperatura são frequentemente integrados com CLPs para automação e controle em tempo real. Em grandes instalações, os sensores de temperatura podem ser conectados a sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para monitoramento centralizado, registro de dados históricos e alarmes de temperatura.

G2.3. Considerações na seleção de sensores de temperatura

Ao selecionar sensores de temperatura, é crucial escolher aqueles que cubram precisamente a faixa de temperatura necessária para a aplicação específica. Os sensores de alta precisão e estabilidade são essenciais para processos críticos. Aplicações que exigem medições rápidas devem considerar sensores com tempos de resposta curtos. E finalmente, os sensores devem ser adequados para as condições de uso.

G.3. Sensores de umidade

Estes dispositivos medem com precisão o teor de umidade do algodão, assegurando que esteja dentro das especificações requeridas para qualidade e processamento.

G.3.1. Métodos de medição de umidade e sensores

À exceção do Método de Estufa (Gravimétrico), que pode ser considerado um padrão de referência confiável, e do método químico Karl Fischer, existem diversos sensores que podem ser usados.

- Medidores de umidade portáteis (Higrômetros): Esses medidores são dispositivos que utilizam tecnologias como resistência elétrica ou capacitância para medir a umidade do algodão. Apresentam vantagens como a rapidez e a facilidade de uso, no entanto, os resultados obtidos podem ser menos precisos.
- Sensores de capacitância: Eles são utilizados para medir a umidade do algodão (Figura 8), baseando-se na variação da capacitância à medida que a umidade do material se altera, quando o algodão é posicionado entre duas placas de um capacitor. As vantagens são a rapidez nas medições e o fato de serem não destrutivos. Porém, fatores externos, como a temperatura e a densidade do material, podem afetar as leituras obtidas.
- Sensores de resistência elétrica (Higrômetros de resistência): São utilizados para medir a umidade do algodão com base na variação da resistência elétrica do material. Esses sensores apresentam vantagens como a rapidez nas medições e o custo relativamente baixo. Porém, são menos precisos e podem ser influenciados por contaminantes presentes no algodão.
- Medição infravermelha (NIR - Near Infrared): É uma técnica que utili-

za a absorção de luz infravermelha próxima para determinar a umidade do algodão. Essa técnica oferece vantagens como a rapidez nas medições, sendo não destrutiva e possibilitando medições contínuas em linha. No entanto, os equipamentos são caros.

G.3.2. Considerações na escolha do método e sensores

Na escolha do sensor, devem ser levados em conta a precisão necessária, a velocidade de medição, o custo dos equipamentos, a natureza da medição (destrutiva ou não) e as condições ambientais, como temperatura e presença de contaminantes.

G.3.3. Aplicações práticas

Medidores portáteis são ideais para medições rápidas e frequentes durante a colheita e transporte.

Métodos como o gravimétrico e Karl Fischer são usados para análises detalhadas e calibração de outros métodos.

Sensores NIR e de capacitância são integrados em linhas de beneficiamento para controle contínuo da umidade durante o processamento.

G.4. Sensores fotoelétricos

Estes dispositivos utilizam a luz para detectar a presença, ausência ou posição de objetos, sem a necessidade de contato físico.

G.4.1. Funcionamento dos sensores fotoelétricos

Os sensores fotoelétricos (Figura 9) operam emitindo um feixe de luz (geralmente infravermelho, visível ou laser) de um emissor para um receptor. A detecção ocorre quando o feixe de luz é interrompido ou refletido por um objeto.

G.4.2. Principais tipos de sensores foto elétricos

- Retrorreflexivos: O sensor emite um feixe de luz que é refletido de volta ao receptor por um refletor. A detecção ocorre quando um objeto interrompe o feixe entre o sensor e o refletor. Este tipo é usado para detectar a passagem de fardos de algodão ou outros objetos em movimento.
- Difusos: Os sensores difusos emitem um feixe de luz que é refletido diretamente pelo objeto e retorna ao receptor dentro do próprio sensor. São frequentemente usados para a detecção de presença ou proximidade



Figura 8. Sensores de umidade capacitivo (Fonte: www.condutiva.com.br)

de objetos, permitindo monitorar a presença de algodão em caixas de armazenamento e na linha de produção.

- Barreira de Feixe (Figura 9): Este tipo é composto por um emissor e um receptor separados. A detecção ocorre quando um objeto interrompe o feixe de luz entre o emissor e o receptor. É amplamente utilizado para detectar objetos em movimento em linhas de transporte, embalagens e sistemas de segurança.

G.4.3. Aplicações dos sensores fotoelétricos nas algodoeiras

- Controle de fluxo e nível de caixas: Monitorar a presença de algodão em máquinas específicas, como o descaroçador e o recalque, além de tubulações de transporte. Eles também são empregados para controlar os níveis nas caixas de armazenamento de algodão em caroço, como a caixa reguladora e a caixa da sobra.
- Controle de qualidade: O controle de qualidade é realizado utilizando sensores fotoelétricos para verificar a presença de etiquetas, selos ou outras características de qualidade nos fardos de algodão.
- Segurança: A segurança é garantida por meio da utilização de barreiras de feixe, que criam zonas seguras ao redor de máquinas perigosas. Essas barreiras têm a função de desligar automaticamente o equipamento caso alguém entre na área protegida.



Figura 9. Sensores Through-Beam (Fonte: www.wintriss.com.br)

G.4.4. Vantagens dos sensores fotoelétricos

- Alta precisão e confiabilidade: Capazes de detectar objetos pequenos e em movimento com alta precisão.
- Versatilidade: Adequados para diversas aplicações e ambientes industriais.
- Resposta Rápida: Ideal para processos que requerem detecção rápida e acionamento imediato.
- Instalação e Manutenção Simples: Geralmente fáceis de instalar e ajustar, com pouca necessidade de manutenção.

G.4.5. Considerações na escolha de sensores fotoelétricos

Escolher sensores com alcance adequado para a aplicação específica. Os sensores devem ser resistentes à poeira, umidade e outras condições ambientais encontradas nas algodoeiras.

Certificar-se de que o sensor pode detectar os tamanhos dos objetos presentes no processo e compatibilidade com sistemas de automação existentes, como CLPs e redes industriais.

G.5. Sensores de pressão

Os sensores de pressão são usados na compressão de fardos de algodão, no controle de sistemas hidráulicos, pneumáticos e de sistemas de transporte pneumáticos, e na manutenção da segurança operacional.

G.5.1. Tipos de sensores de pressão

- Sensores de pressão piezorresistivos: Sensores baseados na mudança na resistência de um material semicondutor quando submetido a uma pressão. Apresentam alta sensibilidade, precisão e uma ampla faixa de medição. No entanto, são sensíveis à temperatura.
- Transdutores de pressão Strain Gauge (Figura 9): São dispositivos que utilizam medidores de deformação que alteram sua resistência quando uma pressão é aplicada, gerando um sinal elétrico proporcional à pressão. Eles apresentam alta precisão e estabilidade, porém requerem uma calibração cuidadosa para assegurar a precisão das medições, e podem ser afetados por vibrações.
- Sensores de pressão capacitivos: Eles medem a pressão com base na mudança de capacitância entre duas placas quando uma pressão é aplicada. Apresentam boa precisão e estabilidade a longo prazo, porém esses sensores tendem a ser mais complexos e caros.
- Sensores de pressão piezoelétricos: Baseados no uso de materiais piezoelétricos, esses sensores são conhecidos por sua resposta rápida e por sua alta resistência a condições adversas. Eles são menos adequados para medições estáticas, ou seja, em situações em que a pressão é constante.
- Sensores de pressão ópticos: Projetados para medir a pressão utilizando mudanças na luz, eles apresentam vantagens como a imunidade a interferências eletromagnéticas, e são adequados para uso em ambientes explosivos. No entanto, são mais caros e complexos de instalar em comparação com outros tipos de sensores.

G.5.2. Aplicações dos sensores de pressão nas algodoeiras

- Compressão de fardos de algodão: São importantes durante o processo de compressão de fardos de algodão, garantindo que a compactação seja adequada, resultando em fardos uniformes e evitando danos às fibras. Isso otimiza o aproveitamento do espaço de armazenamento e transporte.
- Aplicações específicas em sistemas de transporte pneumático: São usados em sistemas de transporte pneumático, sendo instalados ao longo da linha para monitorar a pressão de forma contínua. O monitoramento contínuo da pressão permite um controle preciso e confiável do sistema de transporte pneumático, garantindo sua operação segura e eficiente. Nestes sistemas de transporte, esses sensores são capazes de detectar quedas de pressão, indicando a presença de vazamentos nos tubos ou conexões, resultando na minimização das perdas de material e na melhoria da eficiência energética do sistema. São importantes também no controle de compressores e ventiladores porque são responsáveis por regulá-los de forma a manter a pressão ideal no sistema. Esse controle preciso reduz o consumo de energia e prolonga a vida útil dos equipamentos.
- Monitoramento de filtros: Sensores de pressão diferencial são usados para monitorar a condição dos filtros no sistema, indicando quando os filtros estão obstruídos e precisam ser substituídos.

G.5.3. Considerações na escolha de sensores de pressão

- Escolher sensores que cubram a faixa de pressão necessária para a aplicação específica;
- Alta precisão e estabilidade são essenciais para processos críticos;
- Os sensores devem ser adequados para as condições ambientais da algodoeira, como poeira, umidade e flutuações de temperatura;
- Certificar-se de que os sensores são compatíveis com os sistemas de controle existentes, como CLPs e redes de comunicação;



Figura 10. Sensores de pressão Strain Gauge (Fonte: www.directindustry.com.br)

- Aplicações que requerem medições rápidas devem considerar sensores com tempos de resposta curtos;
- Eles precisam ser integrados com CLPs para automação e controle em tempo real, permitindo ajustes automáticos baseados nos dados de pressão.

G.6. Sensores de corrente elétrica

Esses sensores têm papel vital no monitoramento e controle de diversos equipamentos elétricos, ajudando a garantir a eficiência, segurança e manutenção preventiva dos sistemas elétricos presentes na instalação. Eles medem a quantidade de corrente que flui através de um condutor.

G.6.1. Tipos de sensores

- Transformadores de corrente (Cts): Com um núcleo de ferro e uma bobina secundária, eles permitem medir com precisão a corrente alternada. Sua utilização não invasiva facilita o monitoramento contínuo, garantindo a segurança e a eficiência dos sistemas elétricos.
- Sensores Hall Effect: Quando uma corrente passa pelo sensor, é gerado um campo magnético que produz uma tensão proporcional à corrente. Esses sensores (Figura 11) são capazes de medir tanto corrente alternada (AC) quanto corrente contínua (DC).
- Shunts de corrente: São dispositivos que utilizam uma resistência de precisão, para medir a queda de tensão gerada pela corrente elétrica. São utilizados na medição de correntes pequenas e médias, tanto em corrente alternada (AC) quanto em corrente contínua (DC).
- Sensores ópticos de corrente: Eles utilizam fibras ópticas para medir a corrente elétrica, com base nas mudanças de luz causadas pelo campo magnético ao redor do condutor. Esses sensores são especialmente úteis em ambientes onde há interferência eletromagnética.

G.6.2. Aplicações específicas nas algodoeiras

- Monitoramento de motores elétricos: É realizado utilizando sensores de corrente para medir o consumo de corrente desses motores, usados para acionar transportadores, prensas e outros equipamentos. A detecção precoce de sobrecargas, falhas e ineficiências possibilita a implementação de ações preventivas e corretivas.
- Controle de sistemas de alimentação: Ele é realizado através do monitoramento da corrente fornecida aos sistemas elétricos das máquinas de beneficiamento de algodão, permitindo manter o funcionamento eficiente das máquinas, evitando interrupções e perdas de produtividade.
- Proteção de circuitos: A proteção dos circuitos é realizada por sensores que têm a função de detectar sobrecorrentes e curtos-circuitos que possam ocorrer nos circuitos elétricos. Essa proteção evita danos aos equipamentos e aumenta a segurança da instalação como um todo.



Figura 11. Sensores de corrente Hall Effect (Fonte: www.secon.com.br)

- Eficiência energética: Eles permitem identificar oportunidades de melhoria na eficiência energética, reduzindo o consumo de energia, o que resulta em uma diminuição nos custos operacionais.
- Manutenção preventiva: A manutenção preventiva é realizada através da utilização de dados de corrente para prever falhas e planejar intervenções antes que problemas ocorram. Ela aumenta a vida útil dos equipamentos, reduzindo os custos de reparo e substituição.

G.6.3. Considerações na escolha e implementação de sensores de corrente

Ao escolher e implementar sensores de corrente, é importante considerar alguns aspectos relevantes. Primeiramente, é essencial selecionar sensores que cubram a faixa de corrente necessária para os equipamentos específicos. Além disso, a precisão e linearidade dos sensores são características fundamentais para obter medições confiáveis. Outro ponto importante é determinar se o sensor será utilizado para medir corrente alternada (AC), corrente contínua (DC) ou ambas.

As condições ambientais também devem também ser consideradas. Os sensores devem ser adequados para suportar as condições específicas da algodoeira, como poeira, umidade e temperatura. Além disso, é importante garantir a compatibilidade e integração dos sensores com os sistemas de controle existentes na algodoeira, como CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) e sistemas SCADA (Supervisão, Controle e Aquisição de Dados).

G.7. Sensores de detecção de faíscas

A detecção de faíscas em algodoeiras é uma medida crucial para prevenir incêndios. Sensores de detecção de faíscas são projetados especificamente para identificar a presença de faíscas ou partículas incandescentes que podem iniciar um incêndio.

G.7.1. Importância dos sensores de detecção de faíscas em algodoeiras

Eles são fundamentais nas algodoeiras para:

- Prevenção de incêndios: Os sensores de detecção de faíscas têm a vantagem de detectar faíscas antes que elas possam causar um incêndio completo.
- Segurança dos trabalhadores: Ao detectar faíscas, esses sensores ajudam a proteger os operadores e outros funcionários ao reduzir o risco de incêndios.
- Proteção de equipamentos: Ao detectar faíscas, eles ajudam a evitar danos aos equipamentos, o que reduz significativamente os custos de reparo e substituição.
- Continuidade operacional: Um incêndio pode causar interrupções graves nas operações de uma algodoeira, resultando em perda de produção e impactos financeiros significativos.

G.7.2. Tipos de sensor de detecção de faíscas

- Sensores de infravermelho (IR): São dispositivos que funcionam detectando a radiação infravermelha emitida por fontes de calor. Esses sensores são altamente sensíveis à luz infravermelha emitida por faíscas quentes, o que permite uma detecção rápida e precisa. Eles são especialmente aplicados em túneis de transporte pneumático, dutos e áreas de processamento.
- Sensores combinados de UV/IR: Ao combinar a detecção de radiação ultravioleta (UV) e infravermelha (IR), eles oferecem uma detecção mais robusta e confiável (Figura 12), melhorando a capacidade de identificar de forma precisa a presença de faíscas. São especialmente úteis em áreas onde a presença de luz ambiente pode interferir na detecção.



Figura 12. Sensores de faíscas combinados de UV/IR (Fonte: www.fagus-grecon.com.br)

G.7.3. Aplicações específicas em algodoeiras

A utilização de sensores de faíscas desempenha um papel fundamental na prevenção de incêndios e na garantia da segurança das instalações, dos trabalhadores e dos materiais, quando instalados em:

- Sistemas de transporte pneumático: Nos dutos e sistemas de transporte pneumático, os sensores têm a função de detectar faíscas que são geradas devido ao atrito ou impacto durante o processo.
- Áreas de processamento: Nas áreas onde o algodão é processado, como nos descaroçadores e prensas, é também fundamental utilizar sensores de faíscas.
- Sistemas de exaustão e filtragem de ar: Esses sensores têm a função de detectar faíscas antes que elas possam causar incêndios nos filtros ou nos sistemas de coleta de pó.
- Áreas de armazenamento: É importante instalar esses sensores nos silos e armazéns onde o algodão é estocado.

1.2. Aplicação na algodoeira

A automação em uma algodoeira pode ser dividida em vários subsistemas, dependendo do nível de automação implementado. Os sistemas devem controlar automaticamente os subprocessos para garantir o funcionamento dos equipamentos dentro dos parâmetros definidos pelo operador. Esses sistemas são classificados como principais e auxiliares.

A. Sistemas principais

A.1. Sistema de descarregamento

Existem várias maneiras de controlar o desmanchador de fardos. O mínimo necessário é que o sistema pare de desmanchar quando a caixa de regulação de fluxo estiver cheia. No entanto, o ideal é poder controlar a carga do desmanchador ajustando automaticamente a velocidade. Isso significa que a potência dos rolos de desmanche é controlada pela velocidade de avanço, a fim de evitar sobrecargas nas correias e obstruções. Se possível, o operador pode definir um set point de potência e a máquina acelera ou desacelera para manter a potência do motor principal dentro do valor estabelecido.

A.2. Sistema de regulação do fluxo

A regulação do fluxo é essencial para otimizar o beneficiamento do algodão, pois assegura a uniformidade da carga nos secadores e máquinas de pré-limpeza. Isso garante uma secagem e limpeza uniformes, evitando sobrecargas ou ociosidade nas máquinas.

A regulação é realizada controlando a velocidade dos rolos dosadores para aumentar ou diminuir a taxa de alimentação. Essa regulação pode ser feita manualmente ou automaticamente, dependendo da carga dos descaroçadores.

A.3. Secagem do algodão

A secagem do algodão desempenha um papel crucial na preservação da qualidade da fibra durante o beneficiamento, por isso a automação desse processo é fundamental. A automação da secagem envolve principalmente o controle da temperatura do ar utilizado para secar o algodão, com base em leituras de umidade realizadas de forma manual ou automática.

A.4. Controle de carga do descaroçador

O controle da carga do descaroçador é de extrema importância, pois ele influencia diretamente na produção, na carga das máquinas de limpeza e no esforço exercido sobre a fibra durante o processo de descaroçamento. Geralmente, o controle da carga é realizado através da leitura da corrente

elétrica do motor principal por um transdutor de corrente e da atuação no drive de velocidade dos rolos dosadores com um bloco PID para manter um valor de potência estabelecido no set point.

B. Sistemas auxiliares

Sistema de monitoramento de rotação de eixos

Os sistemas de monitoramento da rotação de eixos desempenham um papel essencial na prevenção e antecipação de mau funcionamento de equipamentos e falhas nas máquinas. Geralmente, esses sistemas consistem em uma engrenagem que é detectada por sensores indutivos conectados a um CLP, que calcula a rotação do eixo em questão. Quando o valor de rotação se desvia do valor pré-estabelecido, um alarme é acionado para alertar o operador sobre uma possível falha.

Na maioria dos casos, os sistemas de automação dividem as usinas em três setores, sendo o setor desmanchador, o setor central e o setor da prensa. Cada setor possui seu controle independente e, ao mesmo tempo, todos se comunicam e sincronizam o seu funcionamento para um processo eficiente e contínuo.

No primeiro setor da usina, o desmanchador, onde se recepciona o algodão, acontece o processo de retirada do plástico e desmanchamento dos fardos de algodão que vêm da lavoura. O equipamento reconhece a presença do algodão, ajusta automaticamente a velocidade das suas camas para garantir uma alimentação contínua sem espaçamento vazio entre os fardos e, por fim, dosa o desmanchador de algodão de forma controlada para não danificar as fibras e até mesmo o equipamento.

Após o algodão passar pelo setor da Piranha, ele segue via sucção para o setor central (pré-limpeza, descaroçamento e limpeza da fibra), onde acontecem os processos de secagem, limpeza e descaroçamento. Todo o percurso do algodão pelos equipamentos é monitorado e controlado para que não haja excesso de carga, causando embuchamento, e nem sobrecarga nos equipamentos. Há um alto controle na fase de descaroçamento, onde a máquina, de forma automática, reconhece a carga, ajustando o seu fluxo para alcançar e manter a produtividade desejada e que não danifique o algodão. Nesse setor, é possível monitorar o comportamento do equipamento e até observar a característica do algodão que está entrando.

No terceiro setor, a prensa trabalha automaticamente, reconhecendo a chegada do algodão, realizando a operação da formação do fardo na medida certa, evitando movimentações e desgastes desnecessários, prolongando a vida útil dos seus componentes, tudo de forma automática.

As caixas da prensa, por sua vez, possuem um sistema de controle de posicionamento único, proporcionando segurança operacional, trabalho suave e precisão na sua execução, evitando trancos e vibrações excessivas que danificam o equipamento.

A prensagem do fardo trabalha simultaneamente aos outros processos da prensa, trazendo um grande ganho de performance, que resulta em alta produção e economia energética.

2. A automação de segurança

Em 2010, a NR 12 passou por uma revisão completa devido aos avanços tecnológicos e às novas demandas da sociedade. Em 2019, a norma foi substancialmente alterada, reorganizando sua estrutura para facilitar sua compreensão e aplicação. Com processos intuitivos e automáticos, torna-se mais simples seguir as normas de segurança, como a NR 12. É essencial que todas as usinas tenham um sistema de segurança rigoroso, garantindo tranquilidade e proteção aos operadores envolvidos no processo. Além de monitorar, esses sistemas fornecem informações que facilitam reparos e manutenções quando necessários.

2.1. Componentes da automação de segurança

A. Relés de segurança

Os relés de segurança são componentes essenciais para o cumprimento da NR 12, a norma brasileira que regulamenta a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Estes dispositivos são fundamentais para implementar funções de segurança críticas, como paradas de emergência, proteções de acesso e sistemas de intertravamento. Sua capacidade de fornecer redundância, automonitoramento e prevenção de burla os torna ideais para atender aos rigorosos requisitos de segurança estabelecidos pela norma.

A NR 12 exige que os sistemas de segurança sejam selecionados e instalados de acordo com categorias de segurança específicas. Os relés de segurança devem ser escolhidos considerando estas categorias, garantindo que ofereçam o nível

adequado de proteção para cada aplicação. Além disso, estes relés devem ser capazes de se integrar eficientemente com outros componentes de segurança, como sensores e dispositivos de intertravamento, formando um sistema de segurança coeso e confiável. Um aspecto crucial da NR 12 é a exigência de reinicialização segura após uma parada de emergência. Os relés de segurança modernos geralmente incorporam esta funcionalidade, garantindo que o rearme do sistema seja realizado de maneira controlada e segura. Ademais, a norma enfatiza a importância da documentação adequada e do treinamento dos operadores e equipes de manutenção no funcionamento destes sistemas de segurança.

A implementação correta de relés de segurança é fundamental para criar um ambiente de trabalho seguro e em conformidade com a legislação brasileira. Eles são utilizados em diversas aplicações críticas, como sistemas de parada de emergência, proteção de portas e acessos, controles bimanuais e monitoramento de velocidade segura. Ao empregar relés de segurança adequadamente, as empresas não apenas cumprem os requisitos legais da NR 12, mas também protegem efetivamente seus trabalhadores e equipamentos, reduzindo riscos de acidentes e aumentando a eficiência operacional.

Os relés de segurança (Figura 13) são dispositivos eletromecânicos ou eletrônicos desenvolvidos especialmente para monitorar e controlar funções críticas de segurança em máquinas e processos industriais. Eles têm um papel fundamental na prevenção de acidentes e na proteção de pessoas e equipamentos.

Os relés de segurança possuem características distintas que contribuem para a sua eficácia na proteção de máquinas e processos industriais. A redundância é uma delas, utilizando múltiplos contatos e circuitos para assegurar a operação segura mesmo diante de falhas de componentes. Além disso, possuem automonitoramento, sendo capazes de detectar falhas internas e entrar automaticamente em estado seguro. A diversidade é outra característica importante, fazendo uso de diferentes tecnologias para evitar falhas comuns. Por fim, a reinicialização manual é comum, exigindo



Figura 13. Relés de Segurança (Fonte: www.sick.com)

intervenção manual para reiniciar após uma parada de emergência.

Tipos comuns de relés de segurança incluem relés de parada de emergência, relés de monitoramento de portas de segurança, relés de monitoramento de velocidade, relés de controle bimanual e relés de monitoramento de tapetes de segurança.

As vantagens dos relés de segurança incluem a conformidade com normas de segurança, como a ISO 13849 e IEC 62061, a redução de riscos de acidentes, o aumento da confiabilidade do sistema de segurança e a flexibilidade para integração em diferentes sistemas.

Alguns pontos a considerar ao selecionar relés de segurança incluem a categoria de segurança necessária, o número e tipo de entradas/saídas necessárias, a compatibilidade com sensores e atuadores existentes, a facilidade de manutenção e diagnóstico, e o custo total de propriedade.

Em resumo, os relés de segurança desempenham um papel fundamental em sistemas de automação industrial modernos, oferecendo uma proteção crucial. É essencial implementá-los corretamente para cumprir as regulamentações de segurança e garantir a proteção tanto dos trabalhadores quanto dos equipamentos.

B. Travas de segurança

Travas de segurança de máquinas são dispositivos essenciais projetados para prevenir acidentes e proteger operadores em ambientes industriais (Figura 14). Elas funcionam interrompendo ou impedindo a operação de uma máquina quando uma proteção é aberta ou removida, ou quando alguém entra em uma área perigosa. Estas travas são uma parte crucial dos sistemas de segurança de máquinas, garantindo que equipamentos potencialmente perigosos não possam operar a menos que todas as proteções estejam devidamente fechadas e seguras.

Existem diversos tipos de travas de segurança, cada uma adequada para diferentes aplicações. As travas mecânicas utilizam chaves físicas ou pinos para bloquear o movimento. Travas eletromagnéticas usam ímãs para manter as proteções fechadas. Travas de intertravamento elétrico interrompem o circuito de alimentação da máquina quando as proteções são abertas. Sistemas mais avançados podem incluir travas com bloqueio, que mantêm as proteções fechadas até que condições seguras sejam confirmadas, como a parada completa de partes móveis.

A seleção e implementação de travas de segurança devem seguir normas rigorosas, como a NR 12 no Brasil, ISO 13849 e IEC 60204 internacionalmente. Fatores importantes a considerar incluem o nível de risco da máquina, a frequência de acesso necessária, o tempo de parada da máquina e o ambiente operacional. É crucial que



Figura 14. Travas de segurança (Fonte: www.sick.com e www.mercadolivre.com.br)

as travas sejam projetadas de forma a não serem facilmente burladas ou desativadas, mantendo sua integridade mesmo em condições adversas como vibração, choque ou contaminação.

Além de sua função primária de segurança, travas modernas podem oferecer recursos adicionais como monitoramento de status, diagnóstico remoto e integração com sistemas de controle da máquina. É fundamental que os operadores e equipes de manutenção sejam adequadamente treinados no uso e manutenção destas travas, garantindo que elas permaneçam eficazes ao longo do tempo e contribuam para um ambiente de trabalho mais seguro.

C. Botões de emergência

Botões de emergência (Figura 15) são dispositivos de segurança críticos projetados para interromper rapidamente a operação de máquinas ou processos em situações de perigo iminente. Geralmente de cor vermelha e formato de cogumelo, eles são posicionados em locais de fácil acesso e visibilidade. Sua função primária é permitir que qualquer pessoa, seja operador ou observador, possa iniciar uma parada de emergência imediatamente ao identificar uma situação perigosa. A ativação de um botão de emergência deve resultar na parada mais rápida possível do equipamento, sem criar riscos adicionais.

Do ponto de vista técnico, os botões de emergência são projetados para serem robustos e confiáveis. Eles operam em um princípio de "abertura positiva", o que significa que a abertura do contato é realizada como resultado direto de um movimento específico do botão através de partes não resilientes. Isso garante que o circuito seja interrompido mesmo se os contatos estiverem soldados. Além disso, muitos botões de emergência modernos incluem contatos auxiliares para monitoramento de status e possível integração com sistemas de controle mais amplos.



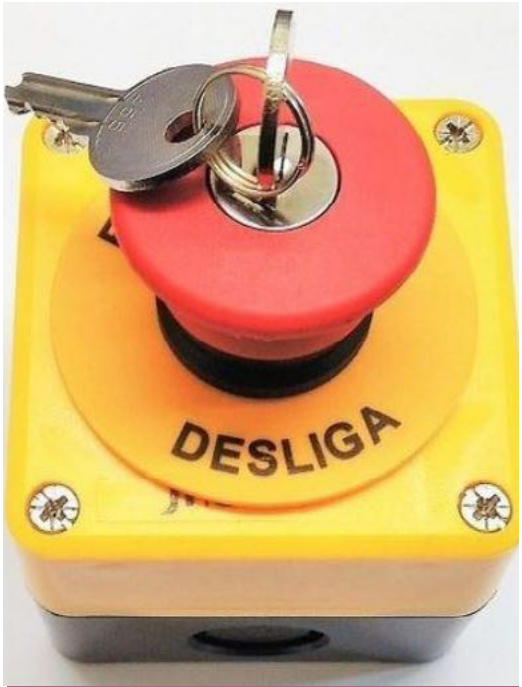


Figura 15. Botões de emergência (Fonte: www.sick.com e www.globalsa.com.br)

A implementação de botões de emergência deve seguir normas rigorosas, como a NR 12 no Brasil, ISO 13850 e IEC 60204 internacionalmente. Estas normas estabelecem requisitos para posicionamento, design, cor e funcionalidade. Por exemplo, os botões devem ser de fácil alcance, não devem ser obstruídos, e devem permanecer na posição acionada até serem manualmente resetados. O reset do botão de emergência não deve, por si só, reiniciar a máquina; isso deve requerer uma ação separada e deliberada.

É crucial que todos os funcionários sejam treinados sobre a localização e o uso adequado dos botões de emergência. Embora sejam projetados para uso imediato em emergências, o uso inadequado pode levar a paradas desnecessárias e potencialmente perigosas. A manutenção regular e testes dos botões de emergência são essenciais para garantir sua funcionalidade contínua. Além disso, em instalações mais complexas, é importante considerar a implementação de múltiplos botões de emergência estrategicamente posicionados, e possivelmente a integração com outros sistemas de segurança, como cordões de parada de emergência ou sensores de área.

D. Sensores de movimento zero

Sensores de movimento zero são dispositivos especializados usados em sistemas de segurança industrial para detectar quando uma máquina ou parte móvel chegou a uma parada completa (Figura 16). Eles são cruciais em aplicações onde é necessário garantir que um equipamento esteja totalmente parado antes de permitir o acesso ou iniciar certas operações. Diferentemente dos sensores de movimento convencionais, estes são capazes de detectar movimentos extremamente lentos ou quase imperceptíveis, oferecendo um nível adicional de segurança em ambientes industriais.

O princípio de funcionamento desses sensores varia dependendo do tipo. Alguns utilizam tecnologia magnética, detectando mudanças minúsculas no campo magnético causado por movimento. Outros podem usar princípios ópticos, monitorando padrões de reflexão de luz. Existem ainda sensores que empregam tecnologia de acelerômetro de alta precisão.

Independentemente da tecnologia, o objetivo



Figura 16. Monitores de movimento zero
(Fonte: www.batsolucoes.com.br e www.sick.com)

é o mesmo: detectar com precisão quando o movimento cessa completamente, mesmo em velocidades extremamente baixas que poderiam passar despercebidas por sensores convencionais.

A aplicação de sensores de movimento zero é particularmente importante em máquinas com inércia significativa ou longos tempos de parada, como grandes prensas, serras industriais, ou sistemas de transporte pesado. Eles são

frequentemente integrados a sistemas de controle de segurança mais amplos, trabalhando em conjunto com relés de segurança, PLCs de segurança e outros dispositivos para garantir que as proteções de máquinas só sejam liberadas quando o movimento tenha realmente cessado. Isso é crucial para prevenir acidentes causados por movimentos residuais ou inesperados de partes móveis.

Ao selecionar e implementar sensores de movimento zero, é importante considerar fatores como a precisão necessária, o ambiente de operação (que pode incluir vibração, temperatura extrema ou contaminantes), e a compatibilidade com outros sistemas de segurança. Além disso, esses sensores devem ser regularmente testados e calibrados para garantir seu funcionamento confiável. A integração adequada desses sensores não apenas melhora a segurança, mas também pode otimizar processos, permitindo um acesso mais rápido e seguro às áreas de trabalho assim que as condições de parada total sejam confirmadas.

E. Scanners de segurança

Scanners de segurança (Figura 17), também conhecidos como scanners a laser de segurança ou LiDAR de segurança, são dispositivos avançados de proteção utilizados em ambientes industriais e automatizados. Eles funcionam emitindo pulsos de luz laser invisível em um padrão de varredura e medindo o tempo que leva para a luz refletir de volta, criando assim um mapa bidimensional ou tridimensional da área monitorada. Estes dispositivos são capazes de detectar a presença de pessoas ou objetos em áreas de risco, acionando uma parada de emergência ou outras ações de segurança quando uma intrusão é detectada.

Uma das principais vantagens dos scanners de segurança é sua capacidade de criar zonas de proteção flexíveis e configuráveis. Geralmente, permitem a definição de múltiplas zonas, como uma zona de advertência e uma



Figura 17. Scanners de segurança (Fonte. www.sick.com)

zona de proteção. Quando um objeto entra na zona de advertência, o scanner pode emitir um alerta; se o objeto continuar e entrar na zona de proteção, ele pode acionar uma parada de emergência. Esta flexibilidade permite uma adaptação precisa às necessidades específicas de cada aplicação, otimizando tanto a segurança quanto a eficiência operacional.

Os scanners de segurança são amplamente empregados em uma variedade de contextos, como na proteção de áreas ao redor de robôs e máquinas automatizadas, na segurança de Veículos Guiados Automaticamente (AGVs), no monitoramento de áreas de acesso em linhas de produção, na proteção de zonas perigosas em máquinas grandes e em sistemas de prevenção de colisão em ambientes dinâmicos. Eles se destacam em situações onde barreiras físicas não são viáveis ou quando é necessário acesso frequente à área de risco.

Ao implementar scanners de segurança, é crucial considerar fatores como o ambiente operacional (incluindo poeira, umidade e reflexões), o tempo de resposta necessário, e a integração com outros sistemas de segurança. A configuração e programação adequadas são essenciais para garantir uma proteção eficaz sem comprometer a produtividade. Além disso, como com todos os dispositivos de segurança, é importante realizar manutenção regular e testes para garantir sua confiabilidade contínua. Os scanners de segurança modernos frequentemente oferecem recursos avançados como diagnóstico remoto, integração de rede e capacidades de registro de dados, que podem auxiliar na manutenção preventiva e na análise de incidentes.

2.2. Aplicação na algodoeira

Como nos controles da planta, a segurança atua de forma independente, por setores e por equipamentos, e ao mesmo tempo todos se comunicam e sincronizam o seu funcionamento para um processo eficiente e contínuo para garantir total segurança aos colaboradores nos casos das usinas que são equipadas com sistemas completos.

Com funcionamento individual, os sistemas automáticos de segurança possibilitam manutenções por equipamento de forma segura sem a necessidade de parar todos os processos.

No setor de descarregamento e alimentação, há uma corda de emergência por todo o percurso do desmanchador, podendo parar o equipamento em um caso de emergência de qualquer ponto ao longo da mesma. Há também travas de segurança nas portas do desmanchador para controle de acesso.

No setor central também é necessário haver travas de segurança para controle de acesso, onde também são monitorados os eixos devidos à sua alta inércia, para liberar as portas somente após a parada total do equipamento. Também é importante ter pontos estratégicos com botões de emergência e equipamentos de maior acesso com chaves de bloqueio.

Na prensa, além de monitoramento de portas e botões de emergência em pontos estratégicos, também há o monitoramento do perímetro para garantir que, por distração dos operadores, nenhum se machuque durante o giro da prensa, que fica bloqueado quando é identificada uma obstrução em seu perímetro de giro.

Todos os processos devem passar por uma avaliação de risco, aprovando a rigidez e comprometimento com a segurança de todos.

3. Conclusão

Além das vantagens como produtividade, qualidade, eficiência e segurança, a grande vantagem das algodoeiras na atualidade é a informação. Com ela, pode-se realizar todo um gerenciamento que sempre eleva qualquer outra vantagem que o equipamento já possua, trazendo uma tomada de decisões, em muitos casos autônoma devido à automação, ou até mesmo pelo gestor, de forma rápida e assertiva.

A informação e o controle criados com sistemas automáticos podem impactar de forma positiva uma grande redução de custos e otimização de projeto, como, por exemplo, o monitoramento da energia, que é um dos principais componentes do custo de beneficiamento.

Referências bibliográficas

ABB Group. (2021). **ACS880-01 Drives - User's Manual**. Retrieved from https://library.e.abb.com/public/9e69c1f5b1e844d9a2c5f7b4dc5e90f5/3AUA0000085965_RevB_en_User_Manual.pdf

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI). (2017). **Electric Motors and Generators**. ANSI C50.41-2017. Retrieved from https://www.ansi.org/

HONEYWELL INTERNATIONAL Inc. (2019). **SmartLine Pressure Transmitters - Installation and User Guide**. Retrieved from https://www.honeywellprocess.com/library/marketing/notes/industrial/34-SM-25-26.pdf

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). (2020). **Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance**. IEC 60034-1:2020. Retrieved from https://www.iec.ch/

Indústria 4.0, 2024. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ind%C3%BAstria_4.0>. Acesso em: 15 de março de 2024;

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**: 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). (2021). **Guidelines for Smart Farming Technologies**. Retrieved from https://www.nist.gov/publications/guidelines-smart-farming-technologies

Norma Regulamentadora No. 12 (NR 12), 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-12-nr-12>. Acesso em: 15 de março de 2024;

ROCKWELL AUTOMATION. (2020). **ControlLogix System User Manual**. Retrieved from https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001_-en-p.pdf

SCHNEIDER ELECTRIC. (2018). **Altivar Process ATV600 - Variable Speed Drives for Asynchronous and Synchronous Motors**. Retrieved from ttps://www.se.com/ww/en/download/document/EAV64318/

SIEMENS AG. (2019). **SIMATIC Controllers - System Manual**. Retrieved from https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:5b7c8b7f-a2a4-4f5c-abd0-bb9f3d8c254b/s7-1500-system-manual.pdf

SMITH, J. A.; DOE, R. B. (2020). "The impact of AI on modern agriculture". **Journal of Agricultural Scienc**e, 45(3), 123-134. https://doi.org/10.1234/jas.2020.5678

YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION. (2017). **Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control.** Retrieved from https://www.yokogawa.com/library/resources/application-notes/fundamentals-industrial-instrumentation-process-control/

TAF
AUTOMAÇÃO



Especialistas
em soluções de

AUTOMAÇÃO E ENGENHARIA ELÉTRICA.

Rua São Caetano, 65 - Vila Industrial
Sertãozinho, SP - CEP 14177-007

(16) **3945-0191** | (16) **99227-6897**



Indelec

Descargas atmosféricas não perdoam, protejam seu patrimônio.

PARA-RAIOS PREVECTRON® A PROTEÇÃO IDEAL PARA ALGODOEIRAS.


LUMMUS
ENSACADOR

CAPÍTULOS 8, 9, 10, 11, 12, 13 E 14

FUNCIONAMENTO DE UMA ALGODOEIRA



Quais são as boas práticas a ser implementadas no dia a dia de uma UBA?

Esse é o tema dos capítulos apresentados a seguir, que vão da manutenção e gestão dos pátios das usinas, gerenciamento das equipes, medidas de segurança do trabalho e de prevenção de incêndios, aos custos de beneficiamento e impactos da atividade industrial. Todas essas informações dão um norte para o chefe de UBA e seus colaboradores realizarem um beneficiamento nas melhores condições possíveis.

Marcelo Venceslau

Paulo V. Ribas

CAPÍTULO 8

Funções da equipe operacional da algodoeira

1. Princípios gerais

Uma Unidade de Beneficiamento de Algodão (UBA) é uma instalação industrial onde o algodão bruto é processado para que as fibras do algodão sejam separadas dos caroços, galhos, cascas, fibrilha e outras impurezas. A fibra é enfardada para ser enviada às empresas têxteis de fiação e tecelagem, onde origina o tecido de algodão. O processo de beneficiamento é crucial para a produção de fibra de alta qualidade, e a usina desempenha um papel fundamental nele.

Para garantir que a operação seja eficiente, segura e sustentável, várias ações podem ser tomadas conforme as funções do pessoal de uma algodoeira.

A nível de gestão:

Planejamento estratégico – Desenvolver um plano estratégico abrangente que defina metas claras, objetivos e estratégias para a operação da algodoeira.

Treinamento e desenvolvimento de funcionários – Investir em programas de treinamento para garantir que todos os funcionários estejam adequadamente treinados nas suas funções específicas, bem como em questões de segurança e conformidade regulatória.

Controle de qualidade – Estabelecer procedimentos rigorosos de controle de qualidade em todas as etapas do processo de beneficiamento do algodão para garantir a produção de algodão de alta qualidade e atender às especificações dos clientes.

Melhoria contínua – Promover uma cultura de melhoria contínua, incentivando os funcionários a identificarem oportunidades de otimização de processos, e implementar medidas para aumentar a eficiência e reduzir os custos.

Gestão ambiental e sustentabilidade – Adotar práticas e tecnologias sustentáveis para minimizar o impacto ambiental da operação da algodoeira, incluindo a redução do consumo de água e energia.

Inovação e pesquisa – Investir em pesquisa e desenvolvimento para identificar e adotar novas tecnologias e melhores práticas que possam aprimorar a eficiência operacional, a qualidade do produto e a competitividade da algodoeira no mercado.

A nível operacional:

Manutenção preventiva de equipamentos – Implementar um programa de manutenção preventiva para garantir que todos os equipamentos da algodoeira estejam em boas condições de funcionamento e reduzir o tempo de inatividade não planejado.

A nível da segurança:

Segurança ocupacional – Priorizar essa área implementando medidas robustas, fornecendo equipamentos de proteção adequados e promovendo uma cultura de segurança no local de trabalho. A segurança está muito ligada ao comportamento do indivíduo.

Essas ações ajudarão a garantir o sucesso a longo prazo da UBA, atendendo às necessidades dos clientes, protegendo o meio ambiente e promovendo o bem-estar dos funcionários, trazendo uma boa rentabilidade.

As funções na equipe de uma algodoeira podem variar de acordo com cada usina¸ conforme o tamanho e a capacidade de beneficiamento de fardos por hora.

Contratar mão de obra para uma algodoeira pode apresentar vários desafios, devido à natureza específica da indústria e às condições de trabalho associadas.

Alguns dos desafios mais comuns incluem:

Escassez de mão de obra qualificada – Encontrar trabalhadores com as habilidades e experiência necessárias para operar equipamentos especializados, realizar tarefas de processamento de algodão e cumprir outras funções específicas da algodoeira pode ser difícil, especialmente em áreas onde a demanda por essas habilidades é alta.

Concorrência com outros setores – Em regiões onde há várias indústrias competindo pelos mesmos trabalhadores qualificados, as algodoeiras podem enfrentar dificuldades para atrair e reter talentos, especialmente se os salários e benefícios oferecidos forem considerados menos atrativos em comparação com outras indústrias.

Sazonalidade da demanda por trabalho – A demanda por trabalho em uma UBA pode variar significativamente ao longo do ano, com períodos de pico durante o período de beneficiamento do algodão. Gerenciar essa sazonalidade pode ser desafiador, especialmente em termos de contratação sazonal e planejamento de pessoal.

Localização remota – Algumas algodoeiras estão localizadas em áreas rurais ou remotas, onde pode ser difícil atrair trabalhadores devido à falta de infraestrutura, ao transporte limitado e a oportunidades de vida restritas.

Rotatividade de pessoal – O setor de algodoeiras enfrenta altas taxas de rotatividade de pessoal, o que pode aumentar os custos de contratação e treinamento e afetar a consistência e eficiência da operação.

Desafio das gerações no ambiente de trabalho das algodoeiras – Refere-se à necessidade de gerenciar e integrar eficazmente pessoas de diferentes faixas etárias dentro do ambiente de trabalho da algodoeira. Esse desafio pode surgir devido a diferenças de valores, expectativas, habilidades e estilos de trabalho entre as gerações:

- A geração "baby boomers", de nascidos entre 1945 e 1964, tem como características a valorização do trabalho duro, o respeito à hierarquia e a lealdade à empresa, além da comunicação direta. Essas pessoas são motivadas pela estabilidade e pelo reconhecimento profissional, influenciadas pelo fato de crescerem no pós-guerra. Adaptar-se às novas tecnologias e comunicar-se com as gerações mais novas são dados como os principais desafios.
- A geração X (nascidos entre 1965 e 1981) representa o elo entre os baby boomers e as novas gerações. Esses indivíduos são independentes, autoconfiantes e valorizam o equilíbrio entre a vida profissional e a pessoal, além de se adaptarem facilmente às mudanças. Motivados pela qualidade de vida e autonomia, têm como desafios conciliar as demandas profissionais e pessoais, além de se destacar em um ambiente de trabalho competitivo.
- Os integrantes da geração Y, ou "millennials" (nascidos entre 1982 e 1994), se destacam pelo fato de crescerem em uma era conectada, em que valorizam a colaboração e o trabalho em equipe, pois se adaptam facilmente a mudanças. São motivados pela capacitação contínua e pelo impacto social e desafiados pela busca de um ambiente de trabalho significativo, flexível, e pela adaptação a diferentes estilos de comunicação.
- A geração Z (nascidos a partir de 1995) valoriza a inclusão, a diversidade e a autenticidade. Seus integrantes esperam encontrar estes tópicos em seus ambientes de trabalho, ao lado da possibilidade de aprendizado. São muito adaptáveis e inovadores, com preferência pela comunicação digital e instantânea, da mesma forma que a geração "millennial".

Para superarem esses desafios, os gestores podem adotar várias estratégias, como oferecer salários e benefícios competitivos, investir em treinamento e desenvolvimento de funcionários, melhorar as condições de trabalho e segurança, estabelecer parcerias com instituições educacionais locais destinadas a desenvolver uma força de trabalho qualificada e promover uma cultura organizacional positiva que valorize e recompense os funcionários.

Na questão geracional, as UBAs podem adotar uma abordagem proativa para promover a diversidade e a inclusão, reconhecendo e valorizando as contribuições únicas de cada geração, oferecendo programas de desenvolvimento profissional que atendam às necessidades e aos interesses de diferentes grupos etários, incentivando a colaboração e o trabalho em equipe entre as gerações e promovendo uma cultura organizacional que celebra a diversidade e o respeito mútuo.

Analisando os vários desafios nas usinas de beneficiamento, vê-se que é necessário ter, entre os gestores, pessoas que tenham habilidades ou pre-

disposição para aprender a fazer uma gestão mais humanizada, cuidando do maior capital dentro de uma usina, que é o capital humano. Alguns perfis têm nata essa habilidade comportamental de ser comunicador ou planejador.

2. Principais cargos na algodoeira

2.1. Equipe gerencial

Observação: As atividades e funções da equipe gerencial têm que ser cumpridas à risca para que a UBA alcance sua eficiência almejada.

Cada unidade de beneficiamento tem sua particularidade. Um gerente exclusivo é recomendado.

2.1.1. Gerente/supervisor de UBA

Descrição do cargo

O gerente/supervisor de UBA desempenha várias funções cruciais para garantir a eficiência, a segurança e a lucratividade das operações. O cargo envolve supervisionar todas as operações relacionadas, recebimento, beneficiamento, armazenagem e expedição dos fardos em pluma. Além disso, o gerente é responsável por estabelecer metas de produção, monitorar o desempenho financeiro e garantir o cumprimento das regulamentações governamentais e ambientais.

Atribuições

A nível ***administrativo***:

1. Garantir que a UBA esteja em conformidade com todas as regulamentações governamentais relacionadas à segurança, saúde ocupacional, ao meio ambiente e a outras áreas relevantes.
2. Fazer a gestão de recursos materiais, como itens consumíveis durante o beneficiamento e recursos humanos, incluindo contratação, treinamento e supervisão de equipes de trabalho, particularmente quanto à eficiência e à segurança.
3. Gerenciar o orçamento da UBA, controlando os custos operacionais, otimizando a utilização de recursos e garantindo a rentabilidade do negócio.
4. Gerenciar a logística de transporte, os orçamentos e o armazenamento do algodão, bem como avaliar e definir a necessidade e o momento oportuno para investimentos na usina ou buscar apoio técnico especializado.
5. Analisar dados e relatórios para avaliar o desempenho operacional e financeiro.

A nível ***comercial e de qualidade***:

1. Negociar contratos de compra e venda de algodão.
2. Representar a UBA perante autoridades governamentais, clientes e outros stakeholders.
3. Estabelecer e manter relacionamentos positivos com fornecedores de matéria-prima, prestadores de serviços e clientes, assegurando uma cadeia de suprimentos eficiente e harmônica.
4. Garantir que o algodão processado atenda aos padrões de qualidade exigidos pelos clientes e pelas regulamentações governamentais.

A nível de ***gerenciamento técnico***:

1. Supervisionar as operações diárias da UBA, desde a recepção do algodão até o processamento, embalagem e expedição.
2. Desenvolver e implementar estratégias para otimizar a produção, a eficiência e a qualidade do algodão.
3. Desenvolver planos para atender às metas de produção e aos prazos de entrega, levando em consideração a capacidade da UBA.
4. Elaborar cronogramas e zelar pelo respeito aos prazos, de acordo com a capacidade da usina.
5. Garantir um bom relacionamento entre campo e UBA, promovendo

um ambiente harmônico de trabalho e lidando com eventuais problemas ou desafios que ocorram durante as operações.

Qualificações

1. Formação em Administração de Empresas, Engenharia Mecânica, de Produção, Agrícola ou áreas correlatas.
2. Desejável experiência em usinas de beneficiamento de algodão.
3. Conhecimento das práticas do beneficiamento de algodão e da gestão da unidade.
4. Conhecimento da cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil e o mercado.
5. Conhecimento da qualidade da fibra, suas características extrínsecas e intrínsecas e análises laboratoriais.

2.1.2. Coordenador de algodoeira

Descrição do cargo

O coordenador de UBA é responsável por supervisionar e coordenar todas as operações relacionadas às atividades de recebimento, processamento e armazenamento do algodão.

Atribuições

A nível ***administrativo:***

1. Elaborar cronogramas de trabalho e planos operacionais para otimizar a utilização de recursos, incluindo mão de obra, equipamentos, materiais e tempo.
2. Gerenciar recursos humanos, financeiros e materiais de forma eficaz, garantindo que os recursos estejam disponíveis conforme necessário para atender às demandas operacionais.
3. Responsabilizar-se pelo cumprimento de regulamentos de segurança, ambientais e trabalhistas em todas as operações de produção, garantindo um ambiente de trabalho seguro e legalmente compatível.

A nível de ***gestão da qualidade***:

1. Implementar e monitorar procedimentos de controle de qualidade para garantir que o algodão produzido atenda aos padrões de qualidade estabelecidos pela empresa e pelos clientes.

A nível de ***gerenciamento técnico***:

1. Liderar e coordenar equipes de trabalho nas fases de beneficiamento, armazenagem e expedição, com eficiência e qualidade em todas as etapas.
2. Delegar tarefas para sua equipe, aproveitando as habilidades e experiências individuais de cada membro.
3. Supervisionar a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos da UBA.
4. Realizar a gestão de suprimentos, como sacos e arames, a fim de atender à demanda do processo.
5. Preparar relatórios periódicos de produção, desempenho operacional e custos, e realizar análises para identificar áreas de melhoria e oportunidades de eficiência.
6. Buscar constantemente a melhoria contínua e estar aberto a novas ideias e tecnologias, visando ao aumento da eficiência e à qualidade da produção.

Qualificações

1. Formação em Engenharia Mecânica, de Produção, Agrícola ou áreas correlatas.
2. Conhecimento dos processos de produção e toda a relação lavoura/beneficiamento/mercado.
3. Conhecimento da cadeia produtiva do algodão e seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil e o mercado.
4. Conhecimento da qualidade da fibra, suas características extrínsecas e intrínsecas, análises laboratoriais.
5. Conhecimento técnico da gestão de umidade e de limpeza do processo de beneficiamento.

2.2. Equipe de produção

2.2.1. Líder de apoio à produção

Descrição do cargo

O cargo de líder de apoio à produção geralmente envolve coordenar as atividades de suporte para garantir que a linha de produção funcione de maneira eficiente e eficaz. Normalmente, o líder de apoio à produção fica responsável pelo turno da noite. Ele desempenha um papel importante na garantia da eficiência, qualidade e segurança das operações diárias.

Atribuições

A nível ***administrativo***:

1. Elaborar cronogramas de trabalho e planos operacionais para otimizar a utilização de recursos, incluindo mão de obra, equipamentos, materiais e tempo.

2. Gerenciar recursos humanos, financeiros e materiais de forma eficaz, garantindo que os recursos estejam disponíveis conforme necessário para atender às demandas operacionais.
3. Responsabilizar-se pelo cumprimento de regulamentos de segurança, ambientais e trabalhistas em todas as operações de produção, garantindo um ambiente de trabalho seguro e legalmente compatível.

A nível de ***gestão da qualidade***:

1. Implementar e monitorar procedimentos de controle de qualidade para garantir que o algodão produzido atenda aos padrões de qualidade estabelecidos pela empresa e pelos clientes.

A nível de ***gerenciamento técnico***:

1. Liderar uma equipe de um turno determinado.
2. Preparar relatórios periódicos de produção, desempenho operacional e custos, e realizar análises para identificar áreas de melhoria e oportunidades de eficiência.
3. Buscar constantemente a melhoria contínua e estar aberto a novas ideias e tecnologias, visando ao aumento da eficiência e à qualidade da produção.

Qualificações

1. Desejável experiência em cargos de supervisão ou gestão em usinas de algodão.
2. Conhecimento dos processos de produção e de toda a relação lavoura/beneficiamento/mercado.
3. Conhecimento da cadeia produtiva do algodão e de seus processos, desde a lavoura até a indústria têxtil e o mercado.
4. Conhecimento da qualidade da fibra, suas características extrínsecas e intrínsecas, análises laboratoriais.
5. Conhecimento técnico da gestão de umidade e de limpeza do processo de beneficiamento.

2.2.2. Operador de desmanchador de fardões/rolos

Descrição do cargo

Responsável por operar o desmanchador (desmanchador de fardos/piranha) e demais equipamentos destinados à abertura de módulos de algodão na usina.

Atribuições

1. Alimentar continuamente a pista do desmanchador de fardos, garantindo um fluxo de produção eficiente, sem embuchamentos, excesso ou falta de algodão no processo.
2. Monitorar o funcionamento das máquinas, identificando e resolvendo problemas operacionais ou realizando ajustes conforme necessário, minimizando assim o tempo de inatividade.
3. Operar o desmanchador de fardos de maneira segura e manter a área de trabalho limpa e organizada, seguindo todas as normas e os procedimentos de segurança estabelecidos.
4. Verificar a qualidade do algodão na entrada do processo, assegurando que esteja na faixa de umidade adequada, limpo e sem impurezas (plásticos).
5. Auxiliar nos serviços de manutenção preventiva ou corretiva da máquina.
6. Seguir rigorosamente as normas e os regulamentos de segurança ocupacional e ambiental, garantindo a segurança própria e a dos colegas, e tendo a máxima atenção ao operar pás carregadeiras e ao usar corretamente os EPIs.

Qualificações

1. Conhecimento da operação de desmanchadores de fardos, bem

como o seu funcionamento.
2. Habilidade para solucionar problemas operacionais básicos e realizar ajustes nas máquinas conforme necessário.
3. Conhecimento básico em manutenção preventiva do desmanchador de fardos.

2.2.3. Operador de descaroçador (frentista)
Descrição do cargo

Responsável por operar, monitorar e realizar as devidas manutenções nos descaroçadores e em equipamentos do processo interno da usina, da torre secadora ao condensador.

Atribuições

1. Realizar ajustes nas configurações das máquinas conforme necessário para otimizar o processo de descaroçamento e garantir a qualidade do produto final.
2. Realizar inspeções regulares e manutenção preventiva nas máquinas para evitar falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos.
3. Monitorar o funcionamento das máquinas, identificando e solucionando problemas operacionais quando necessário.
4. Diagnosticar e realizar reparos em caso de falhas ou avarias, reduzindo o tempo de inatividade das máquinas.
5. Manter a área de trabalho limpa e organizada, seguindo os procedimentos de segurança estabelecidos.
6. Definir, em conjunto com o maquinista, os ritmos e regulagens a serem estabelecidos para a produção.
7. Seguir rigorosamente as normas e os regulamentos de segurança ocupacional e ambiental, garantindo a segurança própria e a dos colegas.
8. Observar anomalias no benefício e formação de embuchamentos, possíveis focos de incêndio.
9. Observar o funcionamento, a conservação e a limpeza dos limpadores de pluma.

Qualificações

1. Conhecimento prático nas operações diárias da algodoeira.
2. Familiaridade com os processos de descaroçamento, incluindo técnicas para descaroçamento de algodão.
3. Conhecimento em manutenção preventiva das máquinas e habilidades para realizar manutenções básicas.

2.2.4. Operador de prensa/assistente de prensa
Descrição do cargo

Responsável por operar, preservar e conservar a prensa utilizada no processo de compactação do algodão.

Atribuições

1. Configurar a prensa de acordo com as especificações indicadas para retirar os fardos com a capacidade determinada.
2. Alimentar a prensa com algodão em pluma de maneira eficiente, garantindo que as normas de segurança sejam atendidas.
3. Monitorar o processo de prensagem para garantir que o algodão seja compactado corretamente e dentro dos padrões de qualidade.
4. Auxiliar a manutenção preventiva e corretiva, conforme necessário.
5. Seguir rigorosamente as normas de segurança durante todas as etapas do trabalho.
6. Ajustar e configurar a prensa para diferentes tipos de fardos e condições de operação.
7. Realizar manutenção básica na máquina, como lubrificação e limpeza regular.
8. Inspecionar os fardos de algodão após o processo de prensagem para garantir sua qualidade, observando o peso e a qualidade da amarração dos fardos (com arame ou fitas).
9. Embalar os fardos de algodão de acordo com os requisitos do padrão de qualidade.
10. Dispor e organizar, para uso, insumos necessários, como arames, fitas, sacão ou tela.

Qualificações

1. Diploma de ensino médio ou equivalente.
2. Desejável experiência com prensas de algodão.
3. Compreensão das operações básicas de prensagem, incluindo configuração, ajustes e manutenção.
4. Compreensão das técnicas de manutenção preventiva e corretiva para garantir que as prensas operem de forma eficiente e sem interrupções.
5. Conhecimento de sistemas hidráulicos e pneumáticos.
6. Familiaridade com normas de segurança relacionadas ao trabalho com máquinas industriais, aplicáveis à operação de prensas.

2.2.5. Auxiliar administrativo (balanceiro prensa)

Descrição do cargo

Operar e monitorar as balanças utilizadas na pesagem do algodão em uma UBA, bem como fornecer apoio dos serviços ao prenseiro.

Atribuições

1. Observar a operação da prensa e auxiliar o prenseiro quando necessário.
2. Registrar o peso dos fardos no sistema da empresa com peso e número dos fardos sequenciais.
3. Retirar as amostras de ambos os lados de cada fardo.
4. Embalar os fardos e colocar as etiquetas de identificação.
5. Lançar as paradas da usina no sistema de manutenção da empresa.

Qualificações

1. Diploma de ensino médio ou equivalente.
2. Desejável experiência em áreas relacionadas ao controle de qualidade e operações de balanças.
3. Ter conhecimento do pacote Office para manusear os tablets e computadores disponíveis na balança.
4. Conhecer os métodos adequados de coleta de amostras de algodão para garantir representatividade e precisão.
5. Compreender o funcionamento e a operação de balanças utilizadas na pesagem de algodão.
6. Conhecer as etapas do beneficiamento do algodão e o papel da balança e amostragem neste processo.
7. Ter clareza dos critérios de qualidade do algodão e de como a pesagem e amostragem os impactam.

2.2.6. Operador de caldeira

Descrição do cargo

Responsável pela operação e manutenção da caldeira usada no processo de beneficiamento do algodão.

Atribuições

1. Monitorar e controlar a temperatura, a pressão e o fluxo de água, além de realizar manutenção preventiva e corretiva quando necessário.
2. Garantir o cumprimento das normas de segurança e regulamentações ambientais.
3. Retirar os excessos de cinza periodicamente.
4. Executar a manutenção preventiva regularmente, evitando falhas e garantindo o bom funcionamento.

Qualificações

1. Diploma de ensino médio ou equivalente.
2. Treinamento de NR-13 (vasos de pressão) aprovado e certificado.
3. Desejável conhecimento em operação de caldeiras em áreas similares.
4. Conhecimento dos princípios básicos de operação de caldeiras, incluindo sistemas de vapor, combustão e transferência de calor.
5. Conhecimento dos sistemas de controle e monitoramento empregados na caldeira, como medidores de pressão, termômetros e demais instrumentos.
6. Compreensão das técnicas de manutenção preventiva e corretiva para garantir que a caldeira opere de forma eficiente e segura.
7. Entendimento da posição da caldeira dentro do processo geral de beneficiamento e também de como a eficiência e segurança da sua aplicação impactam a produção e qualidade da fibra.

2.3. Equipe de manutenção

2.3.1. Responsável da manutenção

Descrição do cargo

O engenheiro mecânico contribui significativamente para o desempenho da UBA, sendo responsável por desenvolver, manter e otimizar os sis-

temas mecânicos, além de realizar inspeções, reparos e manutenções.

Atribuições

1. Elaborar relatórios de desempenho das máquinas, destacando pontos de melhoria e possíveis soluções.
2. Planejar, executar e supervisionar a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos mecânicos, garantindo que estejam em boas condições de funcionamento e minimizando o tempo de inatividade.
3. Identificar oportunidades de melhoria nos processos de produção e processamento, realizando análises de desempenho e implementando soluções para aumentar a eficiência e reduzir os custos operacionais.
4. Fazer a gestão dos mecânicos e levantar as demandas de manutenção, diagnosticando problemas e realizando, quando necessário, reparos rápidos e eficazes.
5. Fornecer suporte aos mecânicos, assegurando a correta realização dos procedimentos.
6. Desenvolver e implementar procedimentos de controle de qualidade para garantir que os equipamentos e sistemas mecânicos atendam aos padrões de qualidade e segurança estabelecidos.
7. Implementar e monitorar sistemas de controle de qualidade para garantir que a pluma beneficiada atenda aos padrões exigidos.
8. Elaborar planos de projeto detalhados, incluindo cronogramas, orçamentos e alocação de recursos.

Qualificações

1. Graduação em Engenharia Mecânica, Agrícola, de Produção ou áreas correlatas.
2. Desejável conhecimento em mecânica, termodinâmica, dinâmica de fluidos e outros princípios de engenharia mecânica.
3. Conhecimento de sistemas hidráulicos, pneumáticos, de transmissão de potência e de controle de movimento.
4. Conhecimento da operação das máquinas de beneficiamento e seus princípios de funcionamento.
5. Conhecimento de noções sobre a cadeia produtiva, da lavoura à indústria têxtil.
6. Conhecimento de noções sobre a qualidade da fibra e suas características.

2.3.2. Auxiliar do responsável da manutenção

Descrição do cargo

O auxiliar do responsável de manutenção é responsável pela manutenção e pelo reparo dos equipamentos e máquinas específicas utilizados no beneficiamento de algodão.

Atribuições

1. Garantir que todos os equipamentos e máquinas utilizados no processo de beneficiamento estejam em boas condições.
2. Realizar a manutenção preventiva regular, diagnosticar e corrigir problemas mecânicos.
3. Realizar a substituição de peças danificadas, lubrificar componentes e garantir que os equipamentos estejam ajustados e calibrados adequadamente, garantindo eficiência e segurança.
4. Realizar diagnóstico de falhas, resolver problemas mecânicos complexos e colaborar com outros membros, visando ao aumento da produtividade, à eficiência da UBA e à otimização de tempo e recursos.

Qualificações

1. Desejável conhecimento em mecânica industrial, especialmente em equipamentos específicos de usinas de beneficiamento de algodão.
2. Conhecimento de manutenção preventiva e corretiva, de reparos de máquinas.
3. Conhecimento dos princípios de mecânica, eletrônica, hidráulica e pneumática.
4. Conhecimento dos processos de produção da algodoeira.
5. Conhecimento das normas de segurança e regulamentações aplicáveis.

2.3.3. Ajudante de manutenção

Descrição do cargo

Fornecer suporte às operações de manutenção e reparo de equipamentos da UBA.

Atribuições

A nível ***geral***:

1. Fornecer suporte técnico à equipe operacional.
2. Realizar inspeções regulares para garantir a conformidade com os padrões de segurança e identificar quaisquer problemas potenciais.
3. Fazer diagnóstico detalhado e reparo de falhas em máquinas e equipamentos.
4. Fazer assistência na manutenção preventiva e corretiva de máquinas e equipamentos.

5. Criar e manter documentação detalhada dos sistemas elétricos e eletrônicos, incluindo diagramas, manuais de operação e registros de manutenção.
6. Preparar relatórios sobre o desempenho dos diversos equipamentos, destacando melhorias implementadas e problemas resolvidos.
7. Adotar práticas de segurança e garantir um ambiente de trabalho seguro.

A nível de ***elétrica/mecânica:***

1. Fazer instalação, manutenção, reparo e configuração de equipamentos elétricos, como motores, painéis de controle, sistemas de iluminação e dispositivos de automação.
2. Implementar e manter sistemas de automação que controlam o funcionamento das máquinas de algodão, como PLCs e SCADA.
3. Assegurar que todas as instalações e manutenções estejam em conformidade com as normas de segurança elétrica.
4. Fazer limpeza, lubrificação e substituição de componentes mecânicos conforme necessário.
5. Transportar peças, ferramentas e materiais necessários para os locais de trabalho.

A nível de ***hidráulica***:

1. Realizar inspeções regulares nos sistemas hidráulicos, mitigando falhas e assegurando o funcionamento contínuo das máquinas.
2. Diagnosticar e reparar problemas hidráulicos, como vazamentos e falhas, bem como realizar calibrações e demais ajustes.

A nível de ***refrigeração***:

1. Instalar novos equipamentos, conforme a recomendação dos fabricantes e normativas técnicas.
2. Diagnosticar problemas nos equipamentos específicos, como compressores, condensadores, evaporadores e controles eletrônicos.

Qualificações

1. Formação técnica em eletrotécnica, eletromecânica, hidráulica ou áreas afins.
2. Desejável experiência em instalação, manutenção e reparo de equipamentos elétricos, mecânicos, hidráulicos ou afins.
3. Conhecimento dos princípios de funcionamento das máquinas de bene-

Cargo	UBA antiga 2 conjuntos	UBA moderna de alta produção
Gerente/supervisor	1	1
Coordenador de algodoeira	1	1
Líder de apoio à produção	2	2
Maquinista auxiliar	2	2
Operador de desmanchador de fardos	4	4
Operador de painel	0	2
Operador de descaroçador/frentista	8	2
Operador da prensa principal/assistente	8	4
Operador da prensa de fibrilha	2	2
Auxiliar administrativo(balança)	2	2
Operador de caldeira	2	2
Anotador (marcador/conferente)	2	2
Responsável de manutenção	1	1
Auxiliar do responsável de manutenção	2	2
Ajudante de manutenção	8	4
Total	**45**	**33**

ficiamento, operação e manutenção.
4. Conhecimento de sistemas elétricos e eletrônicos industriais.
5. Conhecimento das normas de segurança e regulamentos aplicáveis à indústria.
6. Habilidade para interpretar diagramas e realizar diagnósticos de falhas.

3. Formação de equipes operacionais

3.1. Operação em dois turnos

Condições que levam a operar em dois turnos e número de colaboradores por tipo de usina (média). UBA antiga de dois conjuntos e UBA moderna de duas a três linhas de beneficiamento.

3.2. Operação em três turnos

Condições que levam a operar em três turnos e número de colaboradores por tipo de usina (média). UBA antiga de dois conjuntos e UBA moderna de duas a três linhas de beneficiamento.

Cargo	UBA antiga 2 conjuntos	UBA moderna de alta produção
Gerente/supervisor	1	1
Coordenador de algodoeira	1	1
Líder de apoio à produção	3	3
Maquinista auxiliar	3	3
Operador de desmanchador de fardos	6	6
Operador de painel	0	3
Operador de descaroçador/frentista	12	3
Operador da prensa principal/assistente	12	6
Operador da prensa de fibrilha	3	3
Auxiliar administrativo(balança)	3	3
Operador de caldeira	3	3
Anotador (marcador/conferente)	3	3
Responsável de manutenção	1	1
Auxiliar do responsável de manutenção	3	3
Ajudante de manutenção	12	6
Total	**66**	**48**

Giancarlo Goldoni

Paulo V. Ribas

CAPÍTULO 9

Gestão da manutenção nas algodoeiras

1. Generalidades

O processo de beneficiamento do algodão, assim como os demais segmentos da indústria, evoluiu significativamente, sobretudo na parte de tecnologia mecânica, eletrônica, hidráulica, pneumática, etc. No entanto, o material bruto processado na algodoeira segue com as mesmas características, com elementos agressivos às máquinas e aos seus componentes, tais como poeira, areia e partes vegetais. Nessas condições, a única forma de conservar a vida útil e garantir a disponibilidade dos equipamentos, além de reduzir o custo de produção, é uma manutenção adequada, planejada e metódica. A necessidade de alcançar qualidade combinada com produtividade, o alto custo dos componentes do processo e a constante profissionalização do setor não permitem que se utilize apenas a intuição para cuidar dos equipamentos.

Um bom gestor de manutenção de algodoeira deve no mínimo conhecer os conceitos básicos, fundamentais para qualquer rotina de trabalho. Mas, sobretudo, ele precisa organizar esses conceitos e as suas atividades de manutenção a partir de uma metodologia eficaz e comprovada.

2. Conceitos

A indústria mundial obedece a normas e princípios que orientam o processo de manutenção. Na unidade de beneficiamento de algodão isso não pode ser diferente.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) determina alguns conceitos básicos sobre manutenção na NBR 5462 – Confiabilidade e mantenabilidade. Segundo o documento, a falha é o término da capacidade de um item em desempenhar a função requerida. Já a pane é o estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida. Uma pane é geralmente o resultado de uma falha. Não é considerada uma pane a incapacidade durante a manutenção preventiva ou outras ações planejadas, ou pela falta de recursos externos.

Ainda segundo a NBR 5462, conceitualmente a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Vale ressaltar que toda ação de manutenção deve ser conduzida com segurança e máxima atenção dos envolvidos, e com total respeito dos princípios e normas de segurança (máquinas desligadas, uso de EPI, etc.).

2.1. Tipos de manutenção

São dois os princípios da manutenção: planejada e não planejada. Basicamente, a manutenção planejada está dividida em dois conceitos que merecem ser destacados: preventiva e preditiva. Já a não planejada é a manutenção corretiva.

2.1.1. Manutenção preventiva

Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item (NBR 5462).

É uma manutenção que previne a ocorrência corretiva. Suas ações mais constantes são: reparos ou reformas, lubrificação, ajustes e recondicionamentos de máquinas. O denominador comum para todos estes elementos é o planejamento.

2.1.2. Manutenção preditiva

Essa manutenção permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (NBR 5462).

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 principalmente o monitoramento de processo e a inspeção visual.

Exemplos: medição de vibração, análise de óleo, termografia, etc.

2.1.3. Manutenção corretiva

Essa manutenção é efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida (NBR 5462).

Trata-se de uma manutenção não periódica que ocasionalmente poderá ocorrer. Possui suas causas em falhas e erros que normalmente os equipamentos apresentam nesta instância. Trata da correção dos danos atuais e não iminentes.

Exemplos: a lâmpada queimou, o eixo quebrou, etc.

3. Metodologia

3.1. Métodos de gestão da manutenção

Gerenciar a manutenção representa um grande desafio para a maioria das empresas. No entanto, existem métodos e estratégias amplamente difundidos e experimentados na indústria que podem auxiliar nessa tarefa. É possível destacar alguns: o *Lean Manufacturing*, o Ciclo PDCA (Roda de *Deming*), a estratégia 5W2H, o modelo FMECA (*Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*), o RCM (*Reliability Centered Maintenance*) e o método TPM (*Total Productive Maintenance*).

Dos métodos e estratégias mencionados acima, o TPM, ou, em português, a MPT (Manutenção Produtiva Total), pode ser considerado como o mais abrangente e adaptado para as algodoeiras. Desenvolvida no Japão, a MPT tem por objetivo principal a máxima eficiência do sistema produtivo, por meio da redução sistemática das perdas. O operador, devidamente orientado e capacitado, desempenha um papel fundamental de apoio à manutenção, com ações diárias de limpeza e inspeção das máquinas, por exemplo. Portanto, os resultados são alcançados a partir da integração entre o domínio do processo pelo operador e a capacidade técnica da equipe de manutenção.

Tradicionalmente, o método MPT é fundamentado em oito pilares. No entanto, para uma introdução mais apropriada em unidades de beneficiamento de algodão, podemos utilizar quatro pilares como base de trabalho:

1. *Educação e treinamento: a formação dos envolvidos;*
2. *Manutenção planejada: a garantia da disponibilidade dos equipamentos;*
3. *Manutenção autônoma: a participação estratégica do operador;*
4. *Melhorias contínuas: a consolidação dos resultados (Kaisen).*

3.2. Aplicação na algodoeira

A manutenção dentro de uma UBA é efetuada em duas etapas: manutenção de entressafra, ou preparação para safra, e a manutenção em safra, quando há produção.

Para a execução das atividades, é necessário formar equipes de trabalho específicas, treinadas e que terão como foco principal a manutenção. É preciso identificar todos os colaboradores que comporão as equipes, dividindo-as conforme o número de pessoas, as suas experiências e funções. Cada equipe deverá ter um líder técnico, um auxiliar técnico (mecânico) e um ajudante geral, sendo facultativo à empresa agregar maior número de colaboradores. Os técnicos que compõem a equipe devem ter experiência e conhecimento das máquinas, assim como da manutenção.

Quando em safra, a empresa deverá definir e formar, a seu critério, uma ou mais equipes exclusivas para manutenção. A equipe de manutenção deve ter o foco voltado em preparar, reparar e disponibilizar os equipamentos para produção, com o intuito de ver a máquina rodando. Não deve ser desviada para executar as rotinas e atividades da equipe de produção, pois são atividades distintas. É necessário disponibilizar a estrutura ferramental e humana para a realização dos trabalhos, como também definir a metodologia a ser aplicada.

3.2.1. Manutenção de entressafra (reforma)

Na entressafra se realizam as manutenções mais pesadas e que demandam ações que necessitam de maior tempo. Antes de iniciar, deve-se avaliar todas as necessidades conhecidas, somando-se a isto as informações dos relatórios de safra, e assim definir as ações a serem realizadas. Com isso, será possível customizar a manutenção. Cabe lembrar que a manutenção abrange, além dos equipamentos do processo, também o sistema elétrico geral da usina e outros inerentes, como sistema hidráulico, automação, etc., que podem demandar serviços de terceiros.

As atividades devem ser iniciadas após a limpeza geral da usina e de todos os equipamentos, seus periféricos e circuitos a que estejam interligados. ***A limpeza é a primeira ação da manutenção***.

Uma vez definidas as equipes de trabalho, as atividades começam com a elaboração do cronograma e planejamento das ações gerais "macros" da manutenção na UBA. O documento deve ser elaborado em conjunto pelos técnicos com o gestor, prevendo a data do início e do término de cada atividade. (*Exemplo: efetuar a limpeza geral da usina – início dia 10/04 – término dia 12/04.*) Da mesma forma, deve-se elaborar o cronograma para os serviços de terceiros que estarão de alguma forma envolvidos na reforma.

Uma vez estando definidos os equipamentos por equipe, cada uma deverá compor o seu próprio cronograma de manutenção para cada equipamento, prevendo data de início e término da atividade. *Exemplos: período das inspeções, períodos das desmontagens e montagens, etc.*

Na sequência, as equipes elaboram a lista de checagem (checklist) de inspeção de cada equipamento, que contém os principais itens e componentes a serem verificados, e então procedem à inspeção visual. Uma vez concluída essa inspeção, com base nas informações levantadas pelos técnicos, é formada a primeira lista de pedidos de peças e serviços a serem providenciados para a manutenção. É importante considerar o estoque de produtos, peças e componentes existentes e disponíveis, em condições de uso, para equalizar a lista de pedidos.

Cumpridas essas ações, dá-se início às desmontagens das máquinas. Os trabalhos dentro da usina devem ser gradativos e por etapas do processo, sistematicamente. No caso de usinas antigas e com mais de um conjunto de descaroçamento, sugere-se efetuar um conjunto completo por vez. Quando na desmontagem, devem ser refeitas as inspeções realizadas inicialmente, agora com as máquinas e componentes abertos, gerando uma lista complementar de pedido de peças e serviços.

Após cada equipamento ter passado pela manutenção prevista nas inspeções e/ou planejadas, dá-se a montagem dos mesmos e a conclusão das atividades, liberando-o para testes necessários.

3.2.2. Manutenção na safra

Realizada em época de produção, essa manutenção deve ser bem planejada, a fim de evitar paradas desnecessárias. Uma vez definida e nomeada, a equipe de manutenção deve aproveitar, quando existirem, paradas longas e programadas, como, *por exemplo, o horário de ponta estabelecido pela concessionária de energia elétrica (legislação federal)*, para realizar as atividades com mais tempo e atenção.

Em geral, devido a esta possibilidade de tempo, a equipe de manutenção trabalha em horários distintos da equipe de produção, iniciando seu turno algumas horas mais tarde e finalizando quando retorna a produção do período noturno, após a parada das máquinas. Isto varia de acordo com as

definições e normas internas das empresas, uma vez que elas podem ou não estar submissas à legislação (exemplo: *mercado livre de energia*).

A equipe de manutenção deverá analisar sistematicamente os documentos de coletas de informações, ferramentas indispensáveis para o melhor planejamento. O registro de ocorrências (preenchido geralmente pelas equipes de produção) e a ficha de intervenção (esta utilizada pela equipe de manutenção) são as duas principais fontes de informações que devem estar sempre disponíveis para uso. Serão também necessárias inspeções de rotina que ajudarão a identificar e nortear toda a organização dos trabalhos a serem planejados. A troca de informações entre as equipes de produção e de manutenção precisa ser constante.

Na rotina da manutenção em safra, a limpeza deve ser diária e seguir as orientações descritas no checklist de limpeza e inspeções. As anomalias encontradas na inspeção visual devem ser registradas para posterior análise e providências. Caso ocorra um caso de emergência, a equipe deverá avaliar e planejar a imediata manutenção.

A termometria, através de um termômetro com infravermelho, deve ser utilizada para o monitoramento de temperatura dos rolamentos e mancais, assim como de outros órgãos e componentes de atrito e/ou de geração de calor.

Durante a safra, invariavelmente acontecem ocorrências imprevistas que geram paradas grandes para manutenção corretiva. É indispensável aproveitar esses tipos de 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 descaroçadores;
- 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 outros equipamentos que os utilizem, soldas com desgastes, rebarbas em chapas, grelhas e metais;
- Verificar as principais tubulações de entrada e saída de algodão em caroço, fibra e resíduos e efetuar sua limpeza, quando necessário;
- 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.

Importante: Atentar para sempre desligar e travar o equipamento a ser revisado e/ou sob manutenção.

Durante os turnos de trabalho e produção da usina, as equipes devem procurar sempre:

- Observar a regularidade do funcionamento das máquinas, da alimentação de algodão, a qualidade dos produtos (fibra, caroço), barulhos e ruídos anormais;
- Medir, utilizando um termômetro com mira a laser, as temperaturas dos rolamentos, mancais e sistemas de lubrificação, entre outros itens;
- Observar polias, engrenagens e roldanas, com suas respectivas correntes, correias e fitas, para conferir o alinhamento correto, assim como a tensão ajustada e eventuais trincas ou desgastes;
- 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.

O controle de estoques de peças importantes e que afetam diretamente a produção deve ser rotineiro. Os operadores devem saber e ter conhecimento dessas peças e de sua disponibilidade. Tão logo a manutenção corretiva seja efetuada, a peça utilizada deve ser reposta no estoque. O ferramental também deve possuir um local apropriado, limpo e organizado, portanto, acessível. Após o uso, eles devem ser imediatamente devolvidos ao local.

3.2.3. Análises e aproveitamento dos dados

Os dados e os registros coletados durante a safra são ferramentas essenciais para avaliar a eficiência da usina, das equipes, da própria manutenção, as necessidades que deverão ser trabalhadas em preparação à reforma e as melhorias a serem implementadas para nova safra.

Os dados de produção e os registros de ocorrências de paradas são as principais fontes de informação. O acompanhamento pode ser diário ou por períodos maiores, como semanal, quinzenal e mensal, dependendo do contexto e das definições da empresa. A providência de analisar as informações e dados somente após o final de cada safra reduz drasticamente o potencial de melhorar continuamente o funcionamento e o desempenho da UBA.

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), denominados "índices de classe mundial", 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 fabricantes de equipamentos (manual). A seguir encontra-se um demonstrativo de avaliação (Chanselme & Kinre, 2005):

Gestão de manutenção na safra

- TTP = Tempo Teórico de Produção = 24 horas;
- TRP = Tempo Real de Produção = TTP (-) Horas de Manutenção (preventiva ou corretiva);

Taxa de manutenção preventiva (TMP)

A Taxa de Manutenção Preventiva (diária + semanal + mensal) deve ser de 10% do tempo teórico. A manutenção preventiva com índice abaixo de 10% não é realizada corretamente.

Definição de horas de manutenção preventiva

- Tempo médio a ser dedicado à manutenção preventiva = 24 horas x 0,1 = 2h25' por dia.

Taxa de manutenção corretiva (TMC)

A Taxa de Manutenção Corretiva deve ser inferior a 5% (diária + semanal + mensal) do tempo total da produção da UBA. A manutenção com índice acima de 5% remete a falta de manutenção, manutenção mal executada ou direcionamento errôneo de ações.

Definição de horas de manutenção corretiva

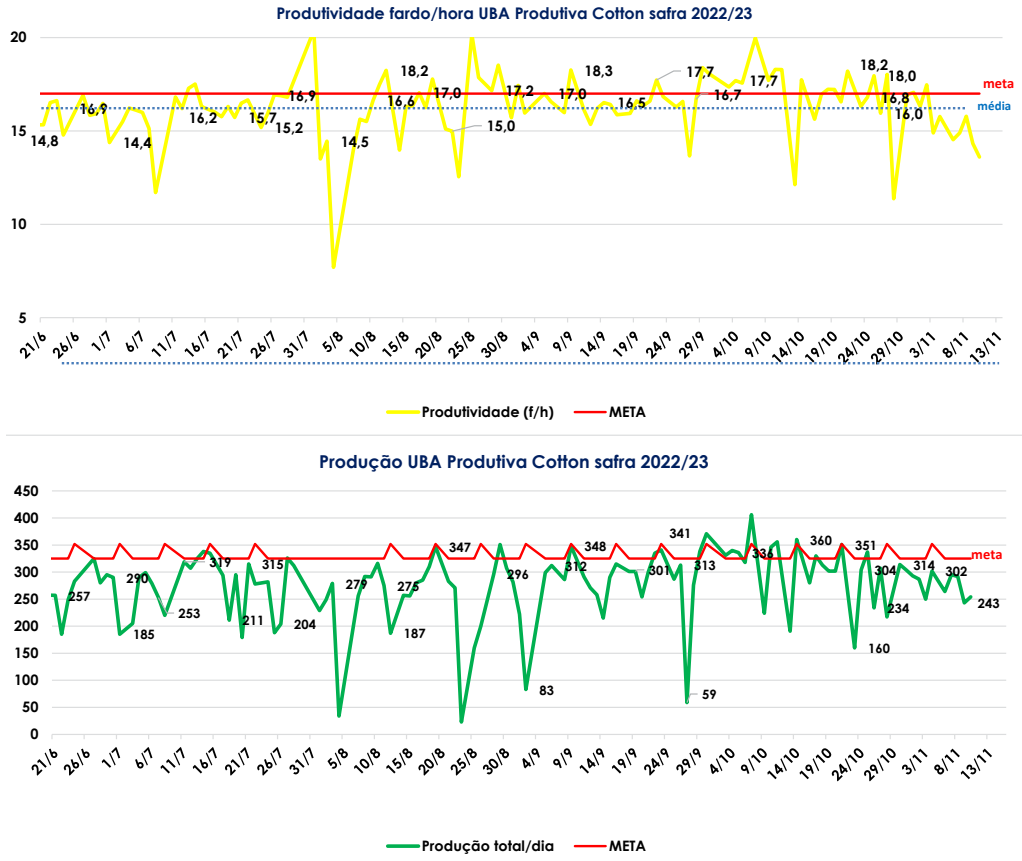
- Tempo médio aceitável para manutenção corretiva = 24 horas x 0,05 = 1h15' por dia.

Algumas ferramentas de acompanhamento durante a safra são úteis para avaliação do desempenho da UBA, tais como o diagrama de Pareto e a Taxa de Rendimento Sintético. Segundo a Stratec (2018), o diagrama de Pareto é uma demonstração gráfica que permite uma fácil visualização e compreensão dos problemas ou causas mais relevantes para a organização. O seu principal objetivo é identificar os principais causadores dos problemas. Isso permite que uma organização ou equipe concentre seus esforços e recursos nos fatores mais impactantes para a empresa. Além disso, ele auxilia na tomada de decisões ao priorizar as ações mais urgentes. Já a TRS, segundo a Sesa (2022), é uma ferramenta de investigação que fornece a medição do desempenho, num determinado período de tempo de produção, permitindo que sejam realizadas ações que podem melhorar a produtividade, ajustar a capacidade produtiva, reduzir custos e evitar investimentos desnecessários.

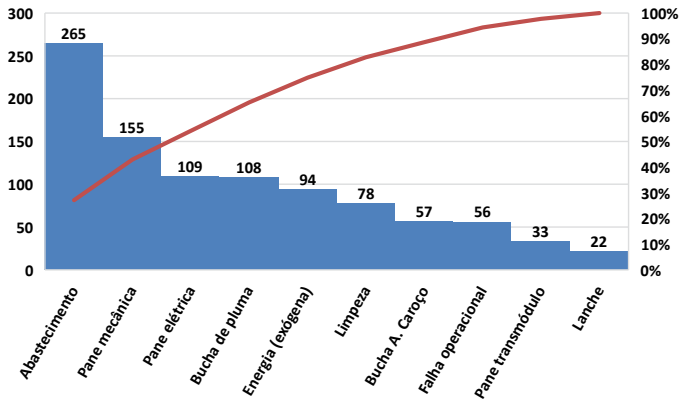
O registro das ocorrências de paradas possibilita levantar várias informações indispensáveis para análise das perdas de produção ou de qualidade.

Os parâmetros registrados, tais como horário, duração, categoria da parada, equipamento responsável e motivo técnico, permitem uma análise detalhada das perdas de produção, a identificação dos fatores ou equipamentos responsáveis e a orientação das ações corretivas. Em conjunto com o relatório de produção, cujas anotações são diárias, esse registro possibilita avaliar, além da produtividade, a eficiência das ações de manutenção quando empregadas ou a falta delas (Figura 1). Também podem ser avaliadas as necessidades de adequações, de ajustes de rotinas, de investimentos, entre outros.

A



B



Categoria	N°	Horas	Dias	%
Abastecimento	265	57,9	2,9	11,9
Pane mecânica	155	83,2	4,2	17,1
Pane elétrica	109	82,5	4,2	17,0
Bucha de pluma	108	26,3	1,3	5,4
Energia (exógena)	94	94,4	4,8	19,5
Limpeza	78	49,9	2,5	10,3
Bucha A. Caroço	57	15,8	0,8	3,3
Falha operacional	56	14,8	0,7	3,0
Pane transmódulo	33	39,4	2,0	8,1
Lanche	22	21,2	1,1	4,4
Total Geral	**977**	**485,3**	**24,5**	**100,0**

Figura 1. Registros e análise de ocorrências de paradas em usinas. Gráfico produção e produtividade (A). Análise de Pareto (B)

3.2.4. O uso de indicadores e metas

A gestão da manutenção deve estar em constante evolução. Dela depende a excelência dos resultados, bem como as indicações de possíveis melhorias. Os KPIs (sigla em inglês de *Key Performance Indicators*) são os Indicadores Chaves de Desempenho (ICDs – em português) definidos e utilizados para mensurar a eficiência e desempenho de seus principais processos, pois evidenciam os resultados que estão sendo alcançados num determinado período de realização ou de uma ação desenvolvida.

Os indicadores devem ser compreensíveis, simples e importantes. Cada colaborador deve ser capaz de compreendê-los. São vários os indicadores que podem ser aplicados numa UBA, e esta definição depende diretamente dos objetivos e necessidades da empresa. Os principais indicadores para uma UBA são: a produtividade (fardos por hora), a produção (fardos por dia), a qualidade da fibra, o rendimento de fibra (%), o número e o tempo de paradas. Através dos indicadores e de seu acompanhamento contínuo, é possível fazer as implantações de melhorias contínuas do processo que envolvem as máquinas, a mão de obra, a estrutura física da UBA, bem como, o comercial que mexe com a rentabilidade da empresa. A Tabela 1 apresenta algumas opções de indicadores para UBA.

3.3. Documentação

A documentação é um elemento útil e importante na manutenção que permite identificar situações anômalas e de impacto sobre os resultados da UBA, bem como manter o controle das rotinas, desenvolver soluções e manter a organização do negócio.

Na atualidade, com a evolução da gestão da manutenção, o uso de softwares especializados está mais constante e se torna indispensável para agilizar as tomadas de decisões, o acompanhamento e a organização das usinas. Dentro deste contexto, é preciso carregar esses softwares com dados, e alguns documentos básicos para uso nas UBAs são apresentados neste capítulo. Mas fica a critério da empresa agregar outros documentos e alterá-los de acordo com suas necessidades.

Tabela 1. Indicadores de gestão (Valores apresentados são fictícios)

KPI/ ICD		Safra 1	
		Objetivo	Realizado
1	Tempo total paradas não programadas diárias (horas)	1,98	
2	Tempo total de paradas endógenas (horas)	1,49	
3	Tempo efetivo de beneficiamento (horas)	17,8	
4	Taxa de exploração (%)	0,90	
5	Total fardos por turno dia	194	
6	Total fardos por turno noite	191	
7	Peso médio dos fardos (kg)	200	
8	Rendimento de pluma (%)	41,8	
9	Rendimento de fibrilha limpa (%)	0,80	
10	Produtividade efetiva (fardos por hora)	19,4	
11	Produtividade serras (quilo de fibra por serra por hora)	4,6	
12	Proporção de tipos superiores (31-4 para melhor) (%)	95,0	
13	Proporção de tipos inferiores (41-4 para pior) (%)	5,00	
14	Proporção de fibra comprida (UHML >= 1,11) (28,2 mm = 36) (%)	95,0	
15	Proporção de fibra curta (UHML <= 1,10) (27,9 mm = 35) (%)	5,0	
16	Índice de fibras curtas (%) (<20 mm)	10,0	

3.3.1. Manutenção na reforma (preventiva)

Para a manutenção na reforma (preventiva) podem ser utilizados pela usina os seguintes documentos:

- Cronograma de planejamento das atividades;
- Ficha de inspeção ou checagem (checklist);
- Lista de pedido de peças e serviços;
- Planilha de monitoramento da reforma.

Cronograma

Deve considerar as tarefas macros a serem realizadas. É o guia referente à evolução de andamento da reforma quanto ao período de execução. A Tabela 2 apresenta o modelo usual nas algodoeiras, e o mesmo tipo de cronograma deve ser criado também para os serviços de terceiros.

Ficha de inspeção ou checagem (checklist)

Documento com todos os itens a serem verificados no equipamento. Deve ser individual para cada equipamento. As anomalias verificadas devem ser relacionadas, como também as peças e/ou os serviços (Tabela 3). Este documento é utilizado inicialmente antes da desmontagem para levantar, de forma visual, as demandas de manutenção no equipamento. Na sequência, ele é reutilizado quando da desmontagem, para ratificar os itens levantados e também agregar novos itens necessários para a manutenção e que tenham sido identificados na desmontagem.

Tabela 2. Cronograma de reforma da UBA

Cronograma geral dos trabalhos de reforma UBA ..... – Safra 202..../ 202....				
Ações	**Início previsto**	**Início realizado**	**Final previsto**	**Final realizado**
Limpeza geral usina e máquinas				
Elaboração dos checklists				
Inspeções individuais				
Lista preliminar de pedidos (peças)				
Lista preliminar de pedidos (serviços)				
Comparação lista de pedidos com o estoque almoxarifado				
Desmontagem				
Lista complementar de pedidos (final)				
Montagem				
Máquina liberada para testes				
Dias nas máquinas				

Tabela 3. Ficha de inspeção de equipamento

Inspeções algodoeira _____				
Quem fez as inspeções:		**Data:**		
Desmanchador de fardões				
Itens	**Qual é a situação ?**		**Peças e serviços**	**Quem faz?**
	Visual	**Desmontagem**		
Verificar estado geral				
Verificar rolo desmanchador				
Verificar eixo				
Verificar mancal				
Verificar rolamentos				
Verificar polias				
Verificar pinos				
Visto do responsável de manutenção: **Visto do gerente:**				

Lista de pedido de peças e serviços

Esta lista se origina a partir das inspeções das máquinas e é importante para rastreabilidade. Cada empresa tem seu padrão de formulário de pedidos, mas deve-se atentar para a identificação do equipamento que demanda o pedido. Neste documento deverão ser descritos todos os dados e necessidades para a manutenção do equipamento, com especificações claras, quantidade, modelo e fabricante, se possível.

Planilha de monitoramento da reforma

Este documento é criado a partir da ficha de inspeção. Toda providência necessária levantada durante a inspeção (por exemplo, troca de um rolamento) deve ser relacionada nesta planilha. É uma planilha coletiva onde são relacionados todos os equipamentos, conforme a sequência de máquinas. Devem constar nele as referências e especificações das peças, materiais e/ou serviços e o responsável pela execução (Tabela 4). Conforme a evolução da ação, o percentual de execução deve ser atualizado nele até a conclusão. A partir das informações atualizadas, pode-se criar uma planilha de resumo com o percentual atualizado de cada ação e visualizar no geral o andamento da reforma.

3.3.2. Manutenção na safra

A documentação a ser utilizada em safra contempla em especial a manutenção preditiva e a corretiva. O controle e a coleta de dados serão a base das análises e estudos que avaliarão a necessidade de melhorias e ajustes ao processo e às rotinas do beneficiamento da UBA. Os formulários básicos necessários e indispensáveis na usina são:

- Ficha de limpeza e inspeção das máquinas;
- Registro de termometria (temperatura);
- Registro de ocorrência (descrevendo a falha);
- Ficha de intervenção (trabalhos executados).

Ficha de limpeza e inspeção das máquinas

Formulário sintético utilizado em rotina diária ou períodos maiores (semanal, quinzenal, mensal) predefinidos pelo gestor. Deve ser individual por equipamento, com uma seção dedicada às informações da limpeza, onde constem a frequência, as partes e o material a ser utilizado, e outra seção dedicada à inspeção, em que constem os órgãos a vistoriar, os componentes e a frequência.

Registro de ocorrência

Um dos principais documentos dentro de uma UBA, o registro de ocorrência norteia a base de melhorias e ajustes da usina, da gestão e da própria manutenção. A anotação das paradas deve ser criteriosa e com informações suficientes para análise abrangente. O formulário deve conter a data, os horários de início e finalização, a categoria ou tipo de ocorrência, o equipamento e o motivo/causa. Um modelo de formulário e uma relação sugestiva de algumas categorias de paradas estão apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Ficha de intervenção

O documento registra as informações de cada ação realizada no equipamento que passa uma intervenção, ou seja, quando há uma ação de manutenção. Deve conter a data inicial e final, o tempo da execução, o órgão afetado, o material e/ou peças utilizados e a quantidade. Também devem-se informar, quando houver, as referências (modelo, especificação) da peça e o nome do fabricante. Assim, será possível mapear a eficácia da operação, identificar a necessidade de ajustes no ferramental, reciclagem ou capacitação do pessoal, alterações nas rotinas, bem como ajustar, bloquear ou excluir fornecedores que não atendem a qualidade técnica necessária.

Tabela 4. Planilha de monitoramento da reforma

Monitoramento completo da reforma | Data: 30/09/2022														
Item	Equipamento	Componentes a trabalhar	Trabalhos a serem executados	Taxa de execução (%)				Peças necessárias					Responsável	Observação
				Desmont.	Reform.	Mont.	Regul	Ref.	Quant.	Estoque	Pedidas	Recebidas		
1	**Caldeira**	Estrutura geral	Revisar/ inspecionar	0	0	0	0	Inspeção					Equipe 1	Fazer orçamento
2		Plataforma	Soldar	100	25	0	0						Equipe 1	
3		Escadas geral	Fabricar escada interna	100	0	0	0	Chapa dobrada					Equipe 1	Falta material
4		Bomba de água de alimentação	Revisar geral	100	100	100	50						Equipe 1	
5		Bomba de água de circulação 1	Revisar geral	100	100	100	50						Equipe 1	
6		Bomba de água de circulação 2	Revisar geral	100	100	100	50						Equipe 1	
7		Bomba de água da fuligem	Revisar geral	100	100	100	50						Equipe 1	
8		Cavalete das válvulas descarga	Fabricar	100	0	0	0						Equipe 1	Falta material
9		Válvulas de pressão caldeira	Inspeção de terceiros	100	0	0	0						Equipe 1	
10		Garrafa de nível caldeira	Trocar vidro	100	0	0	0						Equipe 1	
25	**Batedor horizontal**	Rolo 1	Trocar correia	100	100	100	100						Equipe 1	
26		Rolo 1	Engraxar	100	100	100	100						Equipe 1	
27		Rolo 2	Trocar correia	100	100	100	100						Equipe 1	
28		Rolo 2	Engraxar	100	100	100	100						Equipe 1	
29		Rolo 3	Trocar correia	100	100	100	100	Correia 5 v					Equipe 1	
30		Rolo 3	Engraxar	100	100	100	100						Equipe 2	

Continua ⟶

Tabela 4. Continuação

Monitoramento completo da reforma | Data: 30/09/2022														
Item	Equipamento	Componentes a trabalhar	Trabalhos a serem executados	Taxa de execução (%)				Peças necessárias					Responsável	Observação
				Desmont.	Reform.	Mont.	Regul	Ref.	Quant.	Estoque	Pedidas	Recebidas		
31	**Batedor horizontal**	Rolo 4	Trocar correia	100	100	100	100	Correia 5 v					Equipe 2	
32		Rolo 4	Engraxar	100	100	100	100						Equipe 2	
41		Grelhas	Regulagem	100	100	100	100						Terceiros	
42		Válvula de vácuo 24 x 24	Trocar borrachas	100	100	100	100	Borracha de vedação					Terceiros	
43		Esticador lado direito 1-2-3-4	Engraxar	100	100	100	100						Terceiros	
47	**Batedor inclinado linha 1**	Rolo 1	Engraxe e limpeza	100	100	100	100						Equipe 2	
48		Rolo 1	Troca de correia	100	100	100	100						Equipe 2	
49		Rolo 2	Engraxe e limpeza	100	100	100	100						Equipe 2	
50		Rolo 2	Troca de correia	100	100	100	100						Equipe 2	
51		Rolo 3	Engraxe e limpeza	100	100	100	100						Equipe 2	
52		Rolo 3	Troca de correia	100	100	100	100						Equipe 2	
69		Válvula de vácuo 24 x 24	Manutenção	100	100	100	100						Terceiros	

Tabela 5 e 6. Modelo de registro de ocorrências e categorias

REGISTRO DE PARADAS - UBA _____
SAFRA: _____ / _____

Data	N°	Linha	Turno	Categoria ocorrência	Equipa-mento	Motivo/co-mentário	Horário inicio	Horário Fim	Duração

	Categoria da Ocorrencia
1	Manutenção preventiva
2	Paradas Programadas
3	Falta de energia
4	Falta de algodão em caroço
5	Feriado
6	Falta mão de obra
7	Fogo
8	Pane mecânica
9	Pane elétrica
10	Pane automação/NR12
11	Pane hidráulica
12	Embuchamento AC
13	Embuchamento fibra
14	Embuchamento caroço
15	Embuchamento resíduos
16	Falta peça reposição
17	Falta consumíveis
18	Reunião
19	Pane pá carregadeira

Registro de termometria

A termometria na UBA é uma tecnologia de apoio (manutenção preditiva e preventiva) e consiste em medir a temperatura de partes móveis e em constante atrito (por exemplo, os rolamentos e mancais). A rotina é diária, em cada turno, ou a critério do gestor. O formulário deve ter a identificação do equipamento, as partes/componentes a serem medidos e a data.

Apesar do apoio da documentação, 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 os sistemas elétricos, as conexões e os isolamentos;
e. Outros.

4. Conclusão

A organização e o planejamento da manutenção são premissas que trazem a eficiência aos diversos processos de produção, assim como a disciplina e o rigor técnico atribuem profissionalismo às ações realizadas.

As indústrias precisam produzir, e para tal necessitam das máquinas em bom estado de conservação e funcionamento. Para maior eficiência da gestão empregada à manutenção, é indispensável que a equipe de manutenção seja distinta da equipe de produção. São atividades que, embora interajam, atuam com focos pontuais distintos e, portanto, necessitam de pessoal capacitado para o exercício de cada função. Conhecer a metodologia de trabalho, a interpretação de dados e registros e usar as ferramentas de gestão são obrigações inerentes a essas funções e à evolução da manutenção.

A algodoeira deve estar devidamente em condições de trabalho, pelo constante diagnóstico de avaliação e funcionamento dos processos e dos equipamentos, pelo planejamento 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.

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.

Para uma manutenção adequada e segura deve-se:

- Sempre repassar instruções de segurança e atentar para o bloqueio de todo o maquinário.
- Treinar e orientar o operador para capacitá-lo a trabalhar sobre problemas de manutenções específicas ou identificar os que necessitam de mão de obra especializada.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – **NBR 5462, Conceitos básicos sobre manutenção – Confiabilidade e mantenabilidade**. Rio de Janeiro, nov. 1994.

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.

NOMADIA SMART MOBILITY SOLUTIONS. **Les principales methodes de gestion de la maintenance industrielle**, BLOG publicado em 14/07/2021. https://www.nomadia-group.com/ressources/blog/principales-methodes-de-gestion-de-la-maintenance-industrielle/

RIBAS, P.; CHANSELME, J.L. **Manutenção nas algodoeiras – Manual do Beneficiamento de Algodão**. Cuiabá: IMAmt, 2013. p. 229-245.

Dos SANTOS, V.M. **Manutenção Produtiva Total** – TPM, FM2S Educação e Consultoria, BLOG publicado em 25/01/2023. https://www.fm2s.com.br/blog/o-que-e-tpm-ou-manutencao-produtiva-total/amp?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAibeuBhAAEiwAiXBoJArsCrIBgHuayP93QVhMOIsXxu0WIBncMdOcfGGkcvtxR-7fOPbylxoCsusQAvD_BwE

STRATEC – GOV.BR. **Análises de Pareto – O que é e para que serve?** BLOG da estratégia, 2018, Publicado em 16/03/2018. https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/portal-da-estrategia/artigos-gestao-estrategica/analises-de-pareto-o-que-e-e-para-que-serve

TAVARES, L. A. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.

Amândio Pires

Carlos Roberto Gomes Ferraz

José Marcos de Lima

Sérgio Dutra

CAPÍTULO 10

Segurança do trabalho e prevenção de incêndio

Introdução

Este capítulo apresentará as recomendações técnicas para prevenção e controle dos principais riscos presentes no transporte, armazenamento, beneficiamento e embarque da fibra para comercialização, com a finalidade de subsidiar as ações dos gestores e dos demais profissionais que atuam nesses processos, e de preservar tanto as pessoas como as instalações e o meio ambiente.

Atualmente, o beneficiamento do algodão é realizado em todo território mato-grossense em mais de 140 usinas, gerando cerca de 6 mil empregos diretos. Na execução das diversas tarefas que compõem a atividade, e observada todas as etapas, do transporte da lavoura à saída da pluma para a comercialização, os trabalhadores estão sujeitos a diversos agentes e situações que, se não controlados, podem comprometer seriamente a segurança dos envolvidos, a integridade física das instalações, a qualidade do ambiente e o rendimento operacional.

Diante desse cenário e objetivando contribuir com a prevenção de acidentes e a melhoria dos ambientes de trabalho, a Ampa, por meio do IMAmt, iniciou em 2012 um trabalho de monitoramento das algodoeiras, realizando inspeção nas instalações, máquinas e equipamentos, com aplicação de um checklist de procedimentos, em consonância com as normas regulamentadoras nas áreas de segurança, trabalhista e do corpo de bombeiros. Esta iniciativa fomentou a adequação de vários processos, culminando com uma significativa redução no número de ocorrências e contribuindo decisivamente para a inserção das unidades de beneficiamento no sistema de certificação do Programa Algodão Brasileiro Responsável (ABR), o qual se encontra no seu quarto ano, com mais de 50 algodoeiras certificadas.

1. A segurança do trabalho nas usinas de beneficiamento de algodão

Quando o assunto é segurança, a principal meta de qualquer empresa é desenvolver sua rotina laboral sem acidentes de trabalho e, desta forma, contribuir com a qualidade de vida e a integridade dos colaboradores. Considerando-se que cada organização, de acordo com a natureza da atividade, apresenta riscos diversos e em diferentes níveis, torna-se imprescindível adotar medidas para propiciar um ambiente de trabalho saudável, harmônico e seguro. Entre as medidas preconizadas, destaca-se a necessidade de implantar um programa de gerenciamento de riscos, com definição de responsabilidades, contemplando prioritariamente a qualificação de todos os envolvidos em relação às normas que abrangem cada atividade, seus respectivos riscos e orientações objetivas sobre os procedimentos adequados em cada situação.

Tendo em vista que as principais causas de acidentes no trabalho são decorrentes de atos ou omissões ocasionados pela ação antrópica, é importante que, ao se implantarem quaisquer programas de segurança, seja dado conhecimento, a todos os envolvidos nas atividades, de alguns conceitos, obrigações e princípios que devem ser observados para minimizar a possibilidade de ocorrências indesejadas, apresentados a seguir.

Perigo e risco – De acordo com a definição dada pela NR-1, podemos concluir que perigo é uma situação ou

condição que tem o potencial de causar danos ou lesões, enquanto o risco se refere à probabilidade de que esse dano ou lesão realmente ocorra. Em outras palavras, perigo é a possibilidade de algo prejudicial acontecer, enquanto risco é a probabilidade de que isso realmente aconteça. Para avaliar a segurança de uma atividade ou situação, é importante considerar tanto o perigo quanto o risco envolvido.

Exposição ocupacional – É aquela que ocorre no ambiente de trabalho e se caracteriza pelo contato do trabalhador com um agente ou situação com potencial de causar dano. Sabendo-se que quanto menor a exposição, menor será o risco, a proteção do trabalhador passa necessariamente pelo mapeamento dos riscos e adoção de medidas que visem limitar e, quando possível, eliminar a exposição a determinadas fontes de perigo.

Principais tipos de exposição – Nas indústrias, o ramo de atividade fabril determinará a quais agentes físicos, químicos, biológicos, mecânicos ou ergonômicos o trabalhador estará exposto. Nas *unidades de beneficiamento*, considerando a natureza das operações realizadas e dos materiais utilizados, salvo alguma particularidade, o trabalhador estará exposto a agentes físicos, químicos, mecânicos e de natureza ergonômica, cujas medidas de controle serão tratadas, por ambiente de trabalho, no decorrer deste capítulo.

Fator pessoal de insegurança – Problema pessoal do indivíduo que pode vir a provocar acidentes, tais como: transtornos de saúde, dificuldades familiares, dívidas, alcoolismo, uso de substâncias tóxicas, entre outros.

Ato inseguro – Responsável pela maioria dos acidentes de trabalho, o ato inseguro se caracteriza como atitudes, conscientes ou não, em que o trabalhador se expõe a situações de perigo ou realiza ação irregular, colocando em risco sua própria segurança e a dos demais colegas, podendo ainda provocar danos em máquinas, materiais e equipamentos. Esses atos estão diretamente relacionados a falha humana e são cometidos por imprudência, imperícia ou negligência, muitas vezes levados a termo por falta de treinamento, excesso de trabalho, pressa, teimosia, curiosidade, improvisação e autoconfiança. Os atos inseguros mais recorrentes que devem ser rigorosamente evitados, são:

- Descumprir as normas de segurança estabelecidas pela empresa;
- Não utilizar Equipamentos de Proteção Individual (EPIs);
- Não ter atenção ao realizar as atividades;
- Manejar maquinário sem estar devidamente habilitado e autorizado;
- Consumir entorpecentes ou álcool durante a jornada de trabalho;
- Usar ferramentas inadequadas para a tarefa (improviso);
- Fazer limpeza ou manutenção de máquinas em funcionamento ou em movimento;
- Realizar tarefas em ritmo intenso;
- Demonstrar excesso de confiança;
- Fazer brincadeiras durante a execução da tarefa;
- Levantar peso de forma inadequada;
- Não seguir o que está disposto em sua Ordem de Serviço;
- Acessar áreas sem uma Permissão de Trabalho;
- Exercer atividades sem a devida capacitação;
- Usar celular durante a jornada de trabalho.

Atenção: Conforme preconiza o art. 482 da CLT, a embriaguez habitual ou em serviço, constituem justa causa para rescisão do contrato de trabalho.

Condição insegura – Também responsável por grande número dos acidentes no local de trabalho, a condição insegura diz respeito a algum fator relacionado ao arranjo da empresa, seja no caráter físico ou administrativo, que coloque o funcionário em uma situação de risco. A falta de limpeza e ordem no ambiente de trabalho, assim como máquinas e equipamentos sem proteção ou com a segurança improvisada, são fatores que produzem a condição insegura. A seguir, alguns exemplos de situações consideradas inseguras para a execução de atividades laborais que podem ser encontradas nas unidades de beneficiamento e devem ser reportadas e corrigidas:

- Falhas na estrutura física da empresa, como trincas ou fissuras;
- Carência ou ausência de dispositivos de segurança;

- Maquinário defeituoso;
- Rede elétrica exposta e instalada de maneira irregular;
- Baixa iluminação;
- Excesso de ruído;
- Poeiras, pós, resíduos sólidos, etc.;
- Pisos escorregadios, danificados ou esburacados;
- Falta de proteção em máquinas e equipamentos;
- Ferramentas inadequadas para a atividade;
- Passagens e acessos perigosos;
- Proteções inadequadas ou defeituosas;
- Desorganização no ambiente de trabalho;
- Ambientes propensos a incêndios ou explosões;
- Escadas sem guarda-corpo ou corrimão;
- Falta de sinalização de advertência.

Conforme já visto, a maior parte dos acidentes no local de trabalho têm como principal catalisador o ser humano, seja por ação ou omissão. Logo, possuir equipe capacitada, que receba treinamentos atualizados e os aplique adotando uma cultura evolutiva de saúde e segurança dentro da empresa, é um fator fundamental para a criação de um ambiente laboral com um baixo índice de incidentes/acidentes. Deve-se lembrar que a segurança estará sempre dentro dos parâmetros desejados se houver um envolvimento compartilhado, em que cada parte cumpre as responsabilidades que lhes são devidas, principalmente aquelas impostas por normas regulamentares, bem como as recomendações técnicas e administrativas específicas para cada ambiente de trabalho.

Nesse contexto, ***apresentamos a seguir algumas das obrigações legais***, com vistas à segurança, que devem ser observadas por todos os envolvidos no âmbito do trabalho. Lembramos que não se pretende esgotar o assunto, visto que a legislação é dinâmica e passa por constantes transformações, devendo, tanto empregado como empregador, estarem atentos a tais variações e demais preceitos legais não abordados nesse instrumento.

Principais responsabilidades do empregador

- Cumprir e fazer cumprir as disposições legais e regulamentares sobre segurança e saúde no trabalho;
- Elaborar ordens de serviço sobre segurança e saúde no trabalho, dando ciência aos trabalhadores;
- Avaliar as possíveis situações de risco e elaborar procedimento específicos e padronizados para a operação de máquinas e equipamentos;
- Informar aos trabalhadores:
  - Os riscos ocupacionais existentes nos locais de trabalho;
  - As medidas de prevenção adotadas pela empresa para eliminar ou reduzir tais riscos;
  - Os resultados dos exames médicos e de exames complementares de diagnóstico aos quais os próprios trabalhadores forem submetidos;
  - Os resultados das avaliações ambientais realizadas nos locais de trabalho.
- Implementar medidas de prevenção, ouvindo os trabalhadores, de acordo com a seguinte ordem de prioridade:
  - Eliminação dos fatores de risco;
  - Minimização e controle dos fatores de risco, com a adoção de medidas de proteção coletiva;
  - Minimização e controle dos fatores de risco, com a adoção de medidas administrativas ou de organização do trabalho; e
  - Adoção de medidas de proteção individual.
- Adotar as medidas corretivas, quando for notificado da existência de situação que envolva risco grave e iminente para a vida e a saúde do trabalhador;

- Dar conhecimento ao empregado, quando este mudar de função, sobre os novos riscos ocupacionais, bem como sobre os meios para prevenir tais riscos e as medidas adotadas pela organização;
- Fornecer equipamentos de proteção individual e coletiva, quando for o caso;
- Realizar os treinamentos de qualificação e reciclagens sempre que a norma o exigir, obedecendo à periodicidade legalmente estabelecida;
- Realizar, no mínimo a cada 12 (doze) meses, ações de capacitação, de orientação e de sensibilização dos empregados, de todos os níveis hierárquicos da empresa, sobre temas relacionados à violência, ao assédio, à igualdade e à diversidade no âmbito do trabalho, em formatos acessíveis, apropriados e que apresentem máxima efetividade de tais ações.

Principais responsabilidades do empregado

- Cumprir as disposições legais e regulamentares sobre segurança e saúde no trabalho, inclusive as ordens de serviço expedidas pelo empregador;
- Efetuar inspeções rotineiras das condições operacionais e de segurança das máquinas e equipamentos e, se constatada irregularidade que afete a segurança, interromper a atividade e comunicar de imediato ao superior hierárquico;
- Submeter-se aos exames médicos previstos nas normas regulamentadoras;
- Colaborar com a organização na aplicação das normas regulamentadoras; e
- Utilizar os equipamentos de proteção individual fornecidos pelo empregador.

"O trabalhador poderá interromper suas atividades quando constatar uma situação de trabalho onde, a seu ver, envolva um risco grave e iminente para a sua vida e saúde, informando imediatamente ao seu superior hierárquico".

1.1. Gerenciamento dos riscos nas unidades de beneficiamento de algodão

Desenvolver e implementar um programa de gerenciamento de riscos em qualquer indústria é de vital importância, não somente para atender o que determina a legislação como para garantir, de forma proativa, a proteção dos recursos humanos, materiais e financeiros da empresa. Sabendo-se que não existe um método ótimo e padronizado para se identificar riscos e que os mesmos estão diretamente relacionados ao ramo de atividade e ao ambiente de trabalho, faz-se necessário realizar um levantamento quantitativo e qualitativo dos agentes com potencial de causar danos (perigos), identificando e categorizando os riscos envolvidos e a melhor maneira de aplicar ações que visem reduzi-los ou controlá-los, o que implica muitas vezes modificar sistemas ou atuar sobre os fatores capazes de gerar possibilidades de ocorrências.

Na expectativa de contribuir com os gestores das unidades de beneficiamento, apontaremos, na sequência, as principais situações de perigo e sugestão de medidas de prevenção em algumas das etapas da produção do algodão, mais especificamente, no processo de colheita abordado no Capítulo 2, no transporte da lavoura ao pátio da algodoeira, nas etapas do beneficiamento e no armazenamento, movimentação e transporte pós-processamento. Antes, apresentamos algumas orientações de caráter geral, as quais devem ser observadas em todas as etapas propostas neste Manual:

- Cumprir as disposições legais e regulamentares sobre segurança e saúde no trabalho;
- Mapear constantemente os riscos existentes em cada ambiente de trabalho e dar ciência deles a todos os colaboradores (Figura 1);
- Executar atividades de risco somente se estiver autorizado e mediante ordem de serviço;
- Comunicar ao superior imediato qualquer situação que coloque em risco a segurança dos colaboradores;
- Não promover qualquer tipo de brincadeira ou exibições no ambiente de trabalho;
- Utilizar os equipamentos de proteção fornecidos pela empresa;
- Elaborar manual de procedimento para manutenção e intervenção em máquinas e equipamentos;
- Obedecer rigorosamente às indicações das sinalizações de segurança;
- Nunca realizar manutenção ou reparos com máquinas em funcionamento;
- Nas intervenções em máquinas e equipamentos, utilizar somente ferramentas e materiais adequados às operações realizadas;

- Proibir a desativação de qualquer dispositivo de segurança de máquinas ou equipamentos de forma a interromper a função para a qual foi instalado (exemplos: fim de curso, sensor de presença, etc.);
- Não portar ferramentas manuais em bolsos ou locais não apropriados a essa finalidade;
- Manter sempre desobstruídos os acessos a escadas e equipamentos de proteção contra incêndios;
- Isolar a área quando necessitar içar cargas, estruturas metálicas ou outros itens por meio de guindaste/munck;
- Instalar linhas de vida na unidade de beneficiamento para garantir a segurança de trabalhos realizados em altura;
- Não utilizar vestimentas com manga longa e adornos (pulseiras, cordões, anéis, correntes, relógio, etc.) nas áreas de risco/perigo das máquinas;
- Jamais utilizar equipamentos ou qualquer outro objeto que provoque chamas ou faíscas;
- Somente executar trabalhos a quente com possibilidade de produção de chamas, faíscas, solda, ferramentas elétricas ou outros itens com autorização e acompanhamento do setor de segurança;
- Não fumar nas dependências da unidade de beneficiamento;
- Manter kit de primeiros socorros sempre à disposição dos colaboradores no ambiente de trabalho.
- Verificar rotineiramente, em cada setor, a limpeza, a organização, a guarda das ferramentas, peças e objetos que possam atrapalhar o livre trânsito e as atividades operacionais;
- Certificar-se de que haja em cada turno de trabalho um colaborador apto a efetuar procedimentos de primeiros socorros e técnicas de prevenção e combate a incêndios.

Na dúvida, consulte os profissionais da área de Segurança do Trabalho.



Figura 1. Exemplo de um mapa de risco

Principais riscos operacionais nas unidades de beneficiamento

Considerando-se todas as etapas de movimentação do algodão, desde a lavoura até o processamento, bem como a movimentação interna do produto acabado (fardo em pluma) para comercialização e, ainda, a movimentação dos resíduos e subprodutos remanescentes, podem-se observar algumas circunstâncias em que o trabalhador estaria sujeito, pela natureza do trabalho, a alguns agentes com potencial de causar danos e respectivos riscos decorrentes da exposição a esses agentes. Entre elas, podemos destacar:

Risco ergonômico – Considerado conceitualmente como aqueles fatores que possam interferir nas características psicofisiológicas do trabalhador, causando-lhe desconforto ou afetando sua saúde, na atividade em questão, observamos como mais comuns o levantamento de peso excessivo, posturas inadequadas, ritmo constante de trabalho, esforço repetitivo, etc.

Riscos físicos – Considerados como as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, quando avaliamos as atividades e os ambientes aqui envolvidos, vemos que, neste caso, os trabalhadores estariam expostos com mais frequência a ruídos, vibrações, calor, frio, luz solar, poeira, etc.

Riscos químicos – Consideram-se substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo do trabalhador pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, gases, neblinas, névoas ou vapores, aqueles que, pela natureza da atividade e exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão. Ao observarmos as atividades desenvolvidas, bem como as características da matéria-prima empregada, dos ambientes laborais nas diversas etapas de movimentação do algodão, destacamos como principais riscos químicos a exposição a partículas de algodão suspensas no ambiente durante o beneficiamento, poeira no transporte, material lubrificante, combustíveis, etc.

Riscos mecânicos – Aqueles riscos que ocorrem quando o trabalhador é exposto a situações que podem levar à ocorrência de acidentes, normalmente resultantes das condições do local de trabalho caracterizado principalmente por ambientes desorganizados, máquinas e equipamentos sem proteções, redes elétricas precárias, estruturas físicas inadequadas ou defeituosas, ferramentas ou objetos inapropriados, por exemplo.

Algumas sugestões de medidas de mitigação de riscos nas unidades de beneficiamento

A. Pré-beneficiamento

1. No transporte da lavoura ao pátio da algodoeira

Nesta etapa, observam-se as situações de perigo que o próprio trânsito oferece em virtude dos elementos envolvidos – homem/via/veículo –, além dos riscos de quedas de cargas, quedas de trabalhadores decorrentes do trabalho em altura e de incêndio em função da facilidade de combustão do algodão quando exposto a altas temperaturas.

Medidas de prevenção recomendadas

- Antes do carregamento, inspecionar a carga para verificar indícios de focos de incêndio (exemplos: concentração de moscas, fumaça, odor, etc.);
- Inspecionar ainda se há presença de animais peçonhentos sob a lona ou capuz do caminhão;
- O motorista deverá ser habilitado na categoria correspondente ao veículo transportador;
- O motorista deverá ter treinamento em direção defensiva e transporte de cargas;
- Respeitar as dimensões máximas permitidas para a carga transportada;
- Respeitar os limites de velocidade;
- Não fazer uso de bebida alcoólica ou qualquer outra substância psicoativa;
- Não fumar enquanto estiver executando a atividade;
- Não fazer uso de celular quando dirigir ou operar máquinas;
- Efetuar corretamente a ancoragem da carga à carroceria ou estrutura do veículo transportador;
- Utilizar as rotas mais seguras e obedecer aos horários recomendados em norma específica;
- Não transportar junto com a carga outros materiais metálicos ou inflamáveis;
- Utilizar veículo em bom estado de conservação e segurança e com configuração de eixos adequada a carga transportado;
- Proteger a carga (envelopar) com lona ou outro material adequado, de forma a evitar derramamento na via (Figura 2);
- Utilizar linha de vida com cinto de segurança quando do envelopamento de carga.



Figura 2. Proteção da carga para evitar derramamento (Fonte: José Marcos de Lima, 2024)

2. No pátio de armazenamento dos fardos de algodão em caroço

Nesta fase, é comum a exposição a ataque de animais peçonhentos, a risco de desmoronamento de fardos, atropelamentos, choque elétricos em alta tensão, tombamento de máquinas e implementos (transmódulo) e incêndios.

Medidas de prevenção

- Movimentar os fardos com redobrada atenção devido à presença de pessoas no ambiente;
- Não movimentar a pá carregadeira com pessoas próximas e, quando sem carga, sempre manter os espetos inclinados;
- Quando da movimentação do fardo preso ao espeto, manter altura segura de forma a permitir ampla visão a sua volta;
- Utilizar os EPIs recomendados: perneira, luvas, botinas, etc. (Figura 3);
- Ficar atento à existência de animais peçonhentos quando da retirada de lonas que estão cobrindo os fardos;
- Nunca utilizar aparelho celular quando da movimentação de cargas;
- Respeitar limites de velocidade dentro do pátio;
- Verificar se a máquina e os veículos utilizados na movimentação de cargas estão com sinais de alerta (visual e sonoros) em funcionamento e visíveis;
- Não armazenar fardos próximos das linhas de transmissão de energia elétrica;
- Não armazenar fardos próximos a lavouras com risco de incêndio;
- Respeitar os limites máximos de empilhamento dos fardos;
- Respeitar os limites de distância entre os fardos e os blocos de fardos de forma a facilitar a movimentação dos mesmos com segurança e evitar propagação de incêndio;
- Realizar inspeções periódicas dos fardos para verificar possíveis sinais de focos de incêndio (moscas, fumaça, odores, etc.);
- Realizar inspeções periódicas dos dispositivos de combate a incêndio;
- Ao final da jornada, ou quando necessitar estacionar a máquina, nunca deixar a chave na ignição e sempre acionar o freio de estacionamento.

B. Durante o beneficiamento

1. Descompactador de módulos (fardos)

Algumas das ocorrências mais comuns nesta fase são os acidentes decorrentes de contato com máquinas em funcionamento, o contato de adornos ou partes da vestimenta com partes móveis das máquinas e o risco de atropelamento, devido ao trânsito de pessoas no ambiente.

Medidas de prevenção

- Utilizar, quando exigido, os equipamentos de proteção individual para a atividade executada;
- Não utilizar nenhum tipo de adorno ao manusear máquinas e equipamentos;
- Não utilizar roupas com manga comprida;
- Não adentrar o interior do desmanchador de fardos ou a área aberta dos cilindros de pinos, com o equipamento em funcionamento (Figura 4);
- Não ficar atrás do caminhão ou próximo aos fardões de algodão em caroço enquanto estiver manobrando ou efetuando a descarga no desmanchador de fardos;
- Não retirar as proteções das partes móveis das máquinas quando em operação;
- Redobrar a atenção quando da movimentação de fardos próximo à algodoeira e ao descompactador de fardos, devido ao risco de atropelamentos ou colisões;
- Sempre isolar a área e desligar máquinas e equipamentos para executar procedimentos de limpeza ou manutenção;
- Nunca colocar mãos e pés sobre as partes móveis ou sob a fita transportadora;
- Não pular ou subir na fita/correia transportadora;
- Sempre desligar a fita/correia transportadora para manutenção ou limpeza.

2. Na operação da caldeira

A caldeira é um equipamento auxiliar no processo de beneficiamento de algodão que exige mão de obra qualificada. Ao lidarem com ela, os trabalhadores estão sujeitos a riscos de explosão, queimaduras, contato com poluentes originários de queima de material combustível e queda de altura.

Medidas de prevenção

- Realizar rigorosamente os testes das válvulas de segurança;
- Assegurar-se de que os sistemas automáticos de segurança estejam em perfeito funcionamento;



Figura 3. EPI recomendado para utilização no pátio da algodoeira (Fonte: Montagem APJ, 2024)

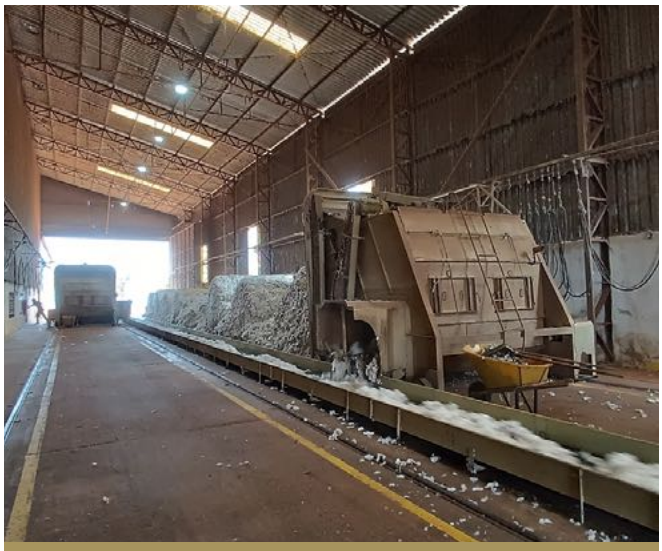


Figura 4. Desmanchador de fardões em operação totalmente fechado (Fonte: José Marcos de Lima, 2024)

- Assegurar-se de que o ambiente esteja com ótima ventilação para evitar acúmulo de material tóxico;
- Nunca cortar o fluxo de água com a caldeira em funcionamento;
- Nunca permitir operação da caldeira por pessoas não habilitadas;
- Proibir a permanência de pessoas não autorizadas durante a operação da caldeira;
- Sinalizar a indicação de proibição de fumar, fazer uso de celular e ingerir alimentos durante a operação da caldeira;
- Realizar inspeção de segurança da caldeira, conforme norma vigente;
- Realizar treinamento periódico, conforme norma vigente.

3. Na secagem, pré-limpeza e descaroçadores

Embora sejam atividades com propósitos distintos, as mesmas ocorrem em um mesmo ambiente e os riscos mais comuns nesses casos são a exposição a objetos aquecidos, a partes móveis internas (serras, serrilhas, batedores, rosca sem fim) e externas (correias e polias) das máquinas e dos equipamentos e a partículas de algodão em suspensão.

Medidas de prevenção

- Instalar proteções nas partes móveis externas das máquinas e equipamentos (Figuras 5 e 6);
- Instalar dispositivos de segurança conforme NR-12 – sensores de presença, fim de curso, botões de emergência, etc.;
- Elaborar manual de procedimentos de segurança para intervenções em máquinas e equipamentos;
- Realizar treinamentos periódicos para aprimorar a capacidade operacional e dar conhecimento dos riscos envolvidos, em cada atividade e medidas de controle;
- Realizar reuniões periódicas para tratar da segurança interna;
- Uso obrigatório de EPI – respirador, protetor auricular, luvas (quando indicado) (Figura 7);
- Estabelecer rotas seguras para trânsito de pessoas e de fuga;
- Estabelecer acesso seguro às máquinas – rodapés, escadas, guarda-corpo, etc.;
- Sinalizar acesso a ambientes restritos;
- Elaborar ordens de serviço para trabalhos perigosos;
- Delimitar, por meio de sinalização, o acesso às zonas de perigo de cada máquina;
- Sinalizar as partes quentes das tubulações e torres de secagem;
- Elaborar manual de procedimento, em caso de acidentes;
- Não fumar nas dependências da unidade de beneficiamento;
- Nas intervenções de manutenção, evitar o uso de equipamentos que gerem centelhas ou fagulhas;
- Manter equipamentos de combate a incêndio em bom estado de conservação e desobstruídos;
- Certificar-se do correto travamento de portas e tampas antes de iniciar a operação das máquinas;
- Não subir nem acessar o interior dos equipamentos em funcionamento.



Figura 5. Descaroçador com proteções laterais (Fonte: José Marcos de Lima, 2024)

4. No condensador e na prensa

As atividades exercidas nesta etapa são consideradas de alto risco, devido à constante exposição dos trabalhadores à ação de máquinas e equipamentos com grande capacidade de tensionamento e pressão. Os trabalhadores ficam sujeitos a risco de queda de fardos sobre o corpo, ricocheteio do material metálico (arame) usado na amarração dos fardos, queda de altura e demais situações decorrentes de possíveis contatos e/ou permanência na área de risco com as máquinas em funcionamento.

Medidas de prevenção

- Manter a área no entorno da prensa, do calcador e do empurrador devidamente sinalizada, de forma que se restrinja o acesso de pessoas não autorizadas (Figuras 8 e 9);
- Não permitir a permanência de curiosos nas proximidades da prensa quando em funcionamento;
- Nunca manusear a pluma ou colocar as mãos na caixa do calcador se este se encontrar em movimento;
- Manter a área limpa de óleos e graxas, eliminando possíveis vazamentos nas máquinas e equipamentos;
- Desligar e bloquear o equipamento para manutenção, limpeza e inspeção;
- Não caminhar sobre os trilhos do carrinho automático de fardos;
- Isolar a área de pesagem e embalagem do fardo;
- Certificar-se de que a sinalização sonora da prensa está em perfeito funcionamento, para início dos trabalhos;
- Utilizar obrigatoriamente os equipamentos de proteção individual recomendados para a atividade (capacete, luvas, respirador, botina, óculos, protetor auditivo, etc.);
- Manter uma boa comunicação visual e verbal entre os operadores da prensa.

C. Pós-beneficiamento

1. Movimentação, armazenamento e carregamento do fardo em pluma para transporte e comercialização

Na fase que sucede o beneficiamento são realizados todos os procedimentos com vistas à comercialização da pluma. Nela ocorre muita interação homem-máquina, inclusive máquinas automotrizes utilizadas no transporte e empilhamento dos



Figura 6. Limpador de pluma com as proteções laterais (Fonte: José Marcos de Lima, 2024)



Figura 7. EPIs de uso obrigatório nas operações de beneficiamento (quando indicado) (Fonte: Montagem APJ, 2024)



Figura 8. Área da prensa, do calcador e do empurrador (Fonte: José Marcos de Lima, 2024)

fardos, tanto nos ambientes internos como no pátio. Por esta razão, os trabalhadores estão expostos a uma série de situações perigosas, que podem levar a riscos de atropelamentos; quedas de cargas de algodão; quedas de trabalhadores, devido ao trabalho em altura; tombamentos; colisões; ataques de animais peçonhentos; choques elétricos; desmoronamento de fardos empilhados; e possibilidade de surgimento de focos de incêndio.



Figura 9. Área da prensa, do calcador e do empurrador com sinalização no solo (Fonte: José Marcos de Lima, 2024)

Medidas de prevenção

- Antes de iniciar trabalhos com empilhadeira, pá carregadeira e transmódulo, realizar checklist da máquina para certificar se ela está em perfeito funcionamento;
- Sinalizar o local de movimentação da máquina para advertir aos demais colaboradores;
- Nunca movimentar a empilhadeira ou pá carregadeira com a lança erguida ou a carga suspensa;
- Estabelecer rotas de trânsito para pedestres;
- Jamais içar pessoas por meio das lanças ou garfos das empilhadeiras ou pá carregadeira;
- Nunca transportar pessoas (caronas) em empilhadeiras, pás carregadeiras ou transmódulos;
- Respeitar os limites máximos de empilhamento dos fardos;
- Realizar o travamento correto dos fardos para evitar queda ou desmoronamento das pilhas;
- Respeitar o espaçamento entre blocos de fardos e estruturas internas para facilitar a movimentação de colaboradores e máquinas;
- Ao transportar os fardos, assegurar-se de que está realizando a ação em uma altura segura, para facilitar a visão no entorno e evitar queda do material transportado;
- Desligar a máquina quando ela não estiver em uso. Estacioná-la em local seguro e acionar o freio estacionário;
- Em todos os ambientes onde houver armazenamento de fardos, deve-se estar muito atento para sinais de focos de incêndio, tais como concentração de moscas, exalação de fumaça, odores característicos, labaredas, etc. (Figura 10);

- Jamais permitir a permanência de pessoas próximas aos veículos quando do carregamento dos fardos para transporte;
- Utilizar linha de vida quando do emblocamento, enlonamento ou carregamento dos fardos para transporte (Figura 11);
- Utilizar obrigatoriamente os equipamentos de proteção individual indicados para a atividade;
- Respeitar os limites de peso do veículo transportador e as dimensões máximas permitidas para a carga;
- Sinalizar o ambiente, alertando para o risco de queda, presença de animais peçonhentos e velocidade máxima permitida;
- Em todos os locais onde houver armazenamento de fardos, estar sempre atento para a possibilidade da presença de animais peçonhentos, principalmente entre o produto armazenado e sob as lonas de proteção;
- Não armazenar ou efetuar carregamento em locais próximos a linhas de transmissão de energia elétrica (baixa ou alta tensão).



Figura 10. Armazenamento a céu aberto com proteção por hidrantes e sistema de SPDA (Fonte: José Marcos de Lima, 2024)

2. Armazenamento, carga e transporte de caroço de algodão

O caroço de algodão, normalmente considerado como um subproduto do beneficiamento, é destinado a um galpão anexo à unidade de beneficiamento, onde o trabalhador está sujeito a riscos de queda de altura, atropelamento, soterramento, incêndio e, principalmente, alta exposição às partículas de algodão suspensas no ambiente, que pode provocar uma doença ocupacional denominada bissinose pulmonar.

Medidas de prevenção

- Manter a linha de vida em perfeitas condições de funcionamento;
- Realizar treinamento para trabalho em altura;
- Usar obrigatoriamente os equipamentos de proteção individual recomendados;
- Não subir na carga de caroço quando ela estiver compactada por prensa (Figura 12);
- Isolar a área de carregamento (Figura 13);



Figura 11. Utilização de linha de vida durante o carregamento de fardinhos (Fonte: José Marcos de Lima, 2024)

- Desligar o caminhão no momento do carregamento;

- Não permitir a presença de colaboradores no raio de ação da pá carregadeira;
- Sinalizar a indicação de proibição de fumar e de uso de celular;
- Não permitir o uso de equipamentos que produzam centelhas ou fagulhas;
- Utilizar abafador ou antichama no escapamento do caminhão quando do carregamento do caroço de algodão;
- Não instalar rede elétrica no depósito de caroço de algodão;
- Manter equipamentos de combate a incêndio desobstruídos e em perfeitas condições de uso.

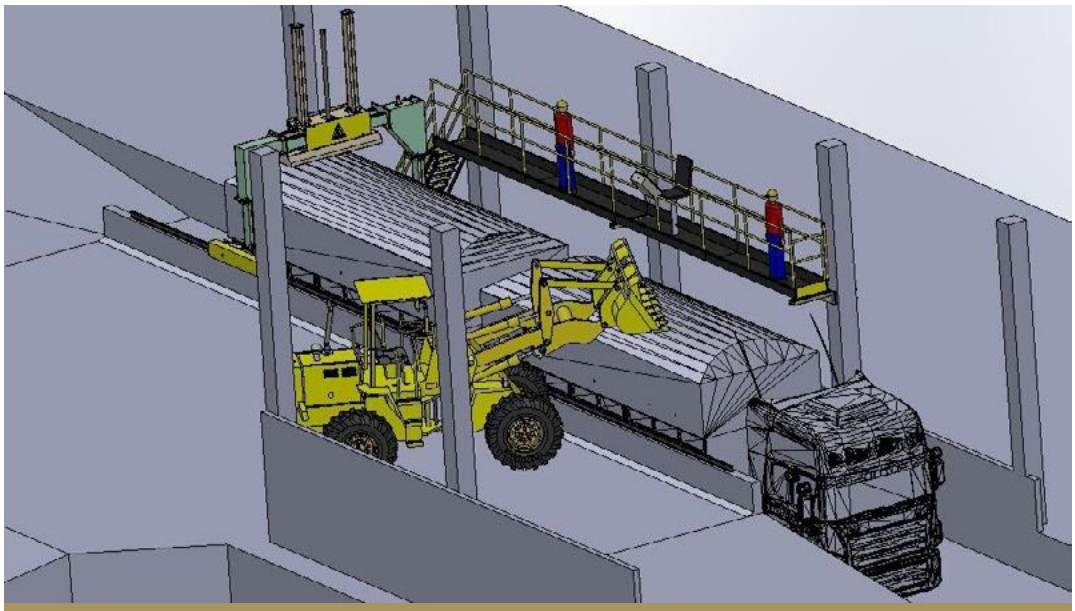


Figura 12. Plataforma de carregamento e prensagem de caroço



Figura 13. Área de carregamento de caroço de algodão isolada

3. Instalações elétricas e uso de dispositivos de segurança

A eletricidade tem sido a causa de muitos acidentes do trabalho e merece destaque especial em qualquer indústria. São vários os riscos a que estão expostos os trabalhadores, mesmo aqueles que não executam intervenções diretas em instalações ou equipamentos. De maneira geral, entre os riscos mais frequentes podemos citar o choque elétrico, as queimaduras decorrentes do mesmo e do arco elétrico, o choque acústico, queda de altura, explosões, exposição a campos eletromagnéticos e ataque de insetos (abelhas, marimbondos) que infestam postes e subestações.

A Norma Regulamentadora número 10 (NR-10) estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. Mesmo assim, e considerando que na unidade de beneficiamento há uma série de máquinas e equipamentos em intenso funcionamento e em interação com operadores, apresentamos na sequência algumas sugestões, visando contribuir com a segurança nas atividades de rotina, nos procedimentos de manutenção e nas intervenções não programadas.

- Não permitir realização de intervenções ou instalações por pessoas que não estejam devidamente habilitadas, qualificadas ou capacitadas para a função;
- Não permitir a realização de procedimentos em instalações elétricas sem o uso dos EPIs recomendados;
- Somente realizar intervenções mediante emissão de "Ordem de Serviço";
- Sempre emitir a competente "Permissão de Trabalho" quando a intervenção for executada em espaço confinado ou trabalho em altura;
- Isolar a área de perigo, quando das intervenções em máquinas e equipamentos;
- Efetuar inspeções periódicas na rede elétrica da unidade de beneficiamento;
- Utilizar apenas ferramentas de qualidade e adequadas à tarefa a executar;
- Não utilizar ferramentas ou equipamentos danificados;
- Desenergizar a rede elétrica na qual esteja sendo realizada intervenção;
- Utilizar os instrumentos de bloqueios de comandos elétricos nas intervenções e manutenções;
- Na necessidade de efetuar junções de cabos e fios elétricos, utilizar conectores apropriados;
- Manter quadros de comandos e casa de motores sempre sinalizados e com acesso restrito;
- Manter as redes elétricas sempre nas respectivas eletrocalhas e devidamente sinalizadas;
- Manter os dispositivos de segurança em bom funcionamento.

Atenção: O beneficiamento de algodão é uma atividade de alto risco. Não observar os requisitos de segurança pode acarretar acidentes com sérios danos, tais como: lacerações, fraturas, mutilações e até óbitos.

1.2. Principais Normas Regulamentadoras

NR-1 – Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais

(Última modificação: Portaria SEPRT nº 6.730, de 9 de março de 2020)

(Início de vigência: 3 de janeiro de 2022 – Portaria SEPRT 8.873, de 23 de julho de 2021)

NR-3 – Embargo e interdição

(Última modificação: Portaria SEPRT 1068, de 23 de setembro de 2019, DOU de 24 de setembro de 2019)

Esta norma estabelece as diretrizes para caracterização do grave e iminente risco e os requisitos técnicos objetivos para a ocorrência de embargo e interdição.

NR-4 – Serviços especializados em segurança e em medicina do trabalho

(Portaria n° 2.318, de 3 de agosto de 2022, publicada em 12 de agosto de 2022)

Caracterizada como Norma Geral pela Portaria SIT nº 787, de 28 de novembro de 2018, a NR-4 estabelece a obrigatoriedade de contratação de profissionais da área de segurança e saúde do trabalho, de acordo com o número de empregados e a natureza do risco da atividade econômica da empresa. Em Mato Grosso, os profissionais integrantes do SESMT são os responsáveis por elaborar, planejar e aplicar os conhecimentos de engenharia de segurança e medicina do trabalho nos ambientes laborais, visando garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores.

NR-5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)

(Vigente a partir de 3 de janeiro de 2022)

Caracterizada como Norma Geral pela Portaria SIT nº 787, de 28 de novembro de 2018, a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) tem como objetivo a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho, de modo a tornar compatível, de forma permanente, o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador. A CIPA deve ser constituída por estabelecimento, composta por representantes do empregador e dos empregados, e dimensionada de acordo com o número de empregados e o grau de risco da atividade econômica da empresa.

Nova NR-6 – Equipamento de Proteção Individual

(Vigência: 1º de fevereiro de 2023 – Portaria MTP 2.175, de 28 de julho de 2022)

A Norma Regulamentadora nº 6 (NR-6), conforme classificação estabelecida na Portaria SIT n° 787, de 29 de novembro de 2018, é norma especial, posto que regulamenta a execução do trabalho com uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), sem estar condicionada a setores ou atividades econômicas específicas.

NR-7 — Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO)

(Última modificação: Portaria SEPRT 6.734, de 9 de março de 2020)

(Início de vigência: 3 de janeiro de 2022 – Portaria SEPRT 8.873, de 23 de julho de 2021)

A NR-7 é caracterizada como Norma Geral pela Portaria SIT nº 787, de 28 de novembro de 2018, uma vez que regulamenta aspectos decorrentes da relação jurídica prevista em lei, qual seja, a saúde do trabalhador, sem estar condicionada a outros requisitos, como atividades, instalações, equipamentos ou setores e atividades econômicos específicos.

NR-9 – Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos

(Última modificação: Portaria SEPRT nº 6.735, de 10 de março de 2020)

(Início de vigência: 3 de janeiro de 2022 – Portaria SEPRT 8.873, de 23 de julho de 2021)

A nova estruturação da NR-9 prevê a sistemática de avaliação e controle dos agentes ambientais e, nos seus anexos, recomenda as medidas para cada agente específico, a exemplo das atualmente estabelecidas para vibrações e calor. Com isso, faz-se ainda necessária a construção de anexos específicos para os demais agentes, como ruído, agentes químicos e biológicos, elaborados de acordo com o cronograma de atividades da Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP). De forma a preencher a lacuna normativa, enquanto da construção desses demais anexos, foi inserida na norma disposição provisória, similar à que fora prevista na versão de 1994, estabelecendo a definição de nível de ação e de aplicação subsidiária dos critérios e limites de tolerância constantes na NR-15 e seus anexos e, na sua ausência, daqueles previstos pela American Conference of Governmental Industrial Higyenists (ACGIH).

NR-10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade

(Última modificação: Portaria SEPRT 915, de 30 de julho de 2019)

Esta Norma Regulamentadora estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

NR-11 – Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais

(Última modificação: Portaria MTPS 505, de 29 de abril de 2016, DOU de 2 de maio de 2016)

Este Regulamento Técnico define princípios fundamentais e medidas de proteção para preservar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho no comércio e na indústria de beneficiamento, transformação, movimentação, manuseio e armazenamento de chapas de rochas ornamentais, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras aprovadas pela Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas vigentes e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis.

NR-12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos

(Última modificação: Portaria SEPRT nº 916, de 30 de julho de 2019, DOU de 31 de julho de 2019)

Esta Norma Regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais NRs aprovadas pela Portaria MTb nº 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis e, na ausência ou omissão destas, opcionalmente, nas normas europeias tipo "C" harmonizadas.

NR-13 – Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento

(Novo texto: vigência a partir de 1° de novembro de 2022 – Portaria MTP n° 1.846, de 1° de julho de 2022, DOU de 4 de julho de 2022)

Conforme critérios da Portaria/SIT nº 787, de 27 de novembro de 2018, a NR-13 é definida como Norma Especial, ou seja, é uma norma que regulamenta a execução do trabalho considerando as atividades, instalações ou equipamentos empregados, sem estar condicionada a setores ou atividades econômicas específicas.

NR-15 – Atividades e operações insalubres

(Vigente a partir de 3 de janeiro de 2022, em virtude de ajustes no Anexo n° 3, referente a calor, e n° 8, referente a vibração, por meio da Portaria MTP n° 426, de 7 de outubro de 2021)

A NR-15 estabelece as atividades que devem ser consideradas insalubres, gerando direito ao adicional de insalubridade aos trabalhadores. É composta de uma parte geral e mantém 13 anexos, que definem os Limites de Tolerância para agentes físicos, químicos e biológicos, quando é possível quantificar a contaminação do ambiente, ou listando ou mencionando situações em que o trabalho é considerado insalubre qualitativamente.

A parte geral da norma é caracterizada como Norma Especial pela Portaria SIT nº 787, de 28 de novembro de 2018, uma vez que regulamenta a execução do trabalho considerando as atividades, instalações ou equipamentos empregados, sem estar condicionada a setores ou atividades econômicos específicos.

Os anexos da NR-15 tratam da exposição dos trabalhadores a ruído, calor ambiente, radiações ionizantes, trabalho sob condições hiperbáricas, radiações não ionizantes, vibrações, frio, umidade, agentes químicos (incluindo benzeno), poeiras minerais (incluindo sílica, asbesto e manganês), além dos agentes biológicos.

NR-17 – Ergonomia

(Vigente a partir de 3 de janeiro de 2022)

Caracterizada como Norma Geral pela Portaria SIT nº 787, de 28 de novembro de 2018, a redação da NR-17 estabelece parâmetros para permitir a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores.

NR-23 – Proteção contra incêndios

(Vigente a partir de 3 de outubro de 2022)

Esta Norma Regulamentadora estabelece medidas de prevenção contra incêndios nos ambientes de trabalho.

NR-26 – Sinalização de segurança

(Vigente a partir de 3 de outubro de 2022)

Esta Norma Regulamentadora estabelece me-

didas quanto à sinalização e à identificação de segurança a serem adotadas nos locais de trabalho.

NR-31 – Segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura

(Última modificação: Portaria SEPRT 22.677, de 22 de outubro de 2020)

(Início de vigência: 27 de outubro de 2021)

Conforme os critérios da Portaria SIT nº 787, de 27 de novembro de 2018, a NR-31 é definida como Norma Setorial, ou seja, é uma norma que regulamenta a execução do trabalho em setores ou atividades econômicas específicas.

Nova NR-33 – Segurança e saúde no trabalho em espaços confinados

(Vigente a partir de 3 de outubro de 2022 – Portaria SEPRT 1.690, de 15 de junho de 2022)

A NR-33 é uma norma para trabalhos confinados, que estabelece medidas de prevenção, medidas administrativas, medidas pessoais, capacitação e medidas para situações de emergência. Trata-se da primeira norma regulamentadora a prever a realização de avaliação dos fatores de riscos psicossociais na sua redação.

Como principais avanços em relação às normas internacionais, destacam-se a não classificação dos espaços confinados e a obrigatoriedade de emissão de Permissão de Entrada e Trabalho (PET) para a realização de qualquer trabalho em espaço confinado.

NR-35 – Trabalho em altura

(Última modificação: Portaria MTE nº 3.903, de 28 de dezembro de 2023)

Esta norma estabelece os requisitos e as medidas de prevenção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos, direta ou indiretamente, com esta atividade.

Atenção: Esse material é de caráter orientativo, não eximindo nenhuma das partes das obrigações legais que regulamentam a atividade.

2. Sistemas específicos de proteção

2.1. Prevenção de incêndios

Nos itens de segurança do trabalho em cada etapa do processo de beneficiamento do algodão, além da abordagem do tema segurança, foram feitas observações quanto à prevenção de incêndios, da qual trataremos, especificamente, do PSCIP (Projeto de Segurança Contra Incêndios e Pânico), definições, objetivos e princípios da prevenção de incêndios.

Objetivos da prevenção de incêndios

- Proteger a vida dos ocupantes das edificações e das áreas de risco em caso de incêndio;
- Dificultar a propagação do incêndio, reduzindo danos ao meio ambiente e ao patrimônio;
- Proporcionar meios de controle e extinção do incêndio;
- Dar condições de acesso às operações do Corpo de Bombeiros;
- Proporcionar a continuidade dos serviços nas edificações e áreas de risco, após o restabelecimento de condições seguras.

Esses objetivos são alcançados por meio de:

a. Controle da natureza e da quantidade dos materiais combustíveis constituintes e contidos nas edificações;
b. Dimensionamento da compartimentação interna, da resistência ao fogo de seus elementos e do distanciamento entre edifícios;
c. Dimensionamento da proteção e da resistência ao fogo da estrutura da edificação;

d. Dimensionamento dos sistemas de detecção e alarme de incêndio e/ou dos sistemas de chuveiros automáticos de extinção de incêndio e/ou dos equipamentos manuais para combate;
e. Dimensionamento das rotas de escape e dos dispositivos para controle do movimento da fumaça;
f. Controle das fontes de ignição e riscos de incêndio;
g. Acesso aos equipamentos de combate a incêndio;
h. Treinamento do pessoal habilitado a combater um princípio de incêndio e coordenar a desocupação segura da população de um edifício;
i. Gerenciamento e manutenção dos sistemas de proteção contra incêndio instalados;
j. Controle dos danos ao meio ambiente decorrentes de um incêndio.

Observação: Nas informações referentes ao Projeto de Segurança Contra Incêndios e Pânico (PSCIP), foram utilizadas as normas do Corpo de Bombeiros do Estado de Mato Grosso.

O que é o PSCIP

Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 01/2023, Procedimentos Administrativos Parte 4 – Do Projeto de Segurança Contra Incêndio e Pânico

"4.5 PROJETO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO (PSCIP) – O Projeto de Segurança Contra Incêndio e Pânico é o conjunto de documentos formais exigidos pelo CBMMT para a apresentação das medidas de segurança contra incêndio e pânico de uma edificação ou local de risco que devem ser projetadas para avaliação em análise técnica. Engloba memoriais, plantas e demais documentos padronizados pelo CBMMT."

3.8 Das exigências com vistas à segurança contra incêndio e pânico
3.8.1 As medidas de segurança contra incêndio e pânico das edificações e locais de risco são aquelas elencadas no artigo 14 da Lei estadual nº 12.149/2023, devendo ser projetadas e executadas por Responsável Técnico, conforme descrito no item 4.553 da NTCB nº 04/2020, visando atender aos seus objetivos.

Das medidas de segurança contra incêndio e pânico

Art. 14 – constituem medidas de segurança contra incêndio e pânico das edificações e locais de riscos, dentre outras:

I. acesso de viatura;
II. isolamento de riscos;
III. resistência ao fogo dos elementos de construção;
IV. compartimentação horizontal:
V. compartimentação vertical;
VI. controle de material de acabamento;
VII. saída de emergência;
VIII. controle de fumaça;
IX. plano de emergência;
X. brigada de incêndio;
XI. iluminação de emergência;
XII. detecção de incêndio;
XIII. alarme de incêndio;
XIV. sinalização de emergência;
XV. extintor;
XVI. sistema de hidrante e/ou mangotinho;
XVII. sistema de chuveiros automáticos;
XVIII. sistema de resfriamento;
XIX. sistema de espuma;
XX. sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono (CO_2);
XXI. sistema de proteção contra descargas atmosféricas;
XXII. sistemas para o monitoramento, supressão e alívio de explosões de gases e/ou poeiras.

O que é Alvará de Segurança Contra Incêndios e Pânico (ASCIP)

Alvará de Segurança Contra Incêndio e Pânico (ASCIP) é o documento emitido pelo CBMMT que certifica que a edificação possui as condições de segurança contra incêndio e pânico, previstas na legislação.

Esse documento é emitido após aprovação do PSCIP e vistoria do Corpo de Bombeiros na edificação, para verificação das condições e veracidade das informações constantes do PSCIP.

2.2. Plano de Intervenção de incêndio

Norma Técnica do Corpo de Bombeiros n° 33/2020

Com esta norma, temos uma boa ferramenta para preparar e orientar melhor a equipe de

brigadistas da empresa, onde estão disponíveis todas as informações referentes aos locais de riscos.

Objetivos

1.1 Estabelecer os requisitos mínimos para a elaboração, manutenção e revisão de um plano de emergência contra incêndio;

1.2 Fornecer informações operacionais das edificações e locais de risco, padronizando e alocando plantas de riscos nas edificações para otimizar o atendimento operacional prestado pelo Corpo de Bombeiros Militar;

1.3 Recomendar a implantação da gestão de riscos, voltada para a prevenção de incêndios e a atenuação dos impactos na eventual ocorrência de um sinistro.

Aplicações

2.1 Esta Norma Técnica aplica-se às edificações e áreas de risco onde se exige o Plano de Intervenção de Incêndio;

2.2 Recomenda-se sua aplicação para todas as edificações, independentemente de área, altura ou ocupação, e, em especial, para os casos submetidos à avaliação de Comissão Técnica.

Faz parte do plano de intervenção de incêndio uma planta de riscos de incêndios, em que estão detalhados, em uma planta baixa, todos os locais de riscos (Figura 14).

Para avançarmos no tema de prevenção de incêndios, apresentamos a diferença entre fogo e incêndio:

- Fogo, NBR 13860: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.
- Incêndio, NBR 13860: o incêndio é o fogo fora de controle.

O primeiro combate executado com rapidez e bem feito extingue o foco de fogo, impedindo sua transformação em incêndio.

As causas de um incêndio são as mais diversas:

- Descargas elétricas atmosféricas;
- Sobrecarga nas instalações elétricas dos edifícios;
- Falhas humanas (por descuido, desconhecimento ou irresponsabilidade);
- Incêndios criminosos;
- Fermentações que geram aquecimento.

Cuidados básicos

Os cuidados básicos para evitar e combater um incêndio, indicados a seguir, podem salvar vidas e bens patrimoniais.

- Habituar-se a apagar os palitos de fósforos antes de descartá-los;
- Obedecer às placas de sinalização e não fumar em locais proibidos;
- Jamais fumar dentro da algodoeira;
- Não utilizar a casa de força, casa de máquinas dos ventiladores e a casa de bombas da algodoeira como depósito de materiais e objetos. São locais importantes e perigosos, que devem estar sempre desimpedidos;
- As baterias devem ser instaladas em local de fácil acesso e ventilado. Não é recomendado o uso de baterias automotivas.

Instalações elétricas

A sobrecarga na instalação elétrica é uma das principais causas de incêndios. Se a corrente elétrica está acima do que a fiação suporta, ocorre superaquecimento dos fios, que pode dar início a um incêndio.

Instalações de gás

- Somente pessoas habilitadas devem realizar consertos ou modificações nas instalações de gás;

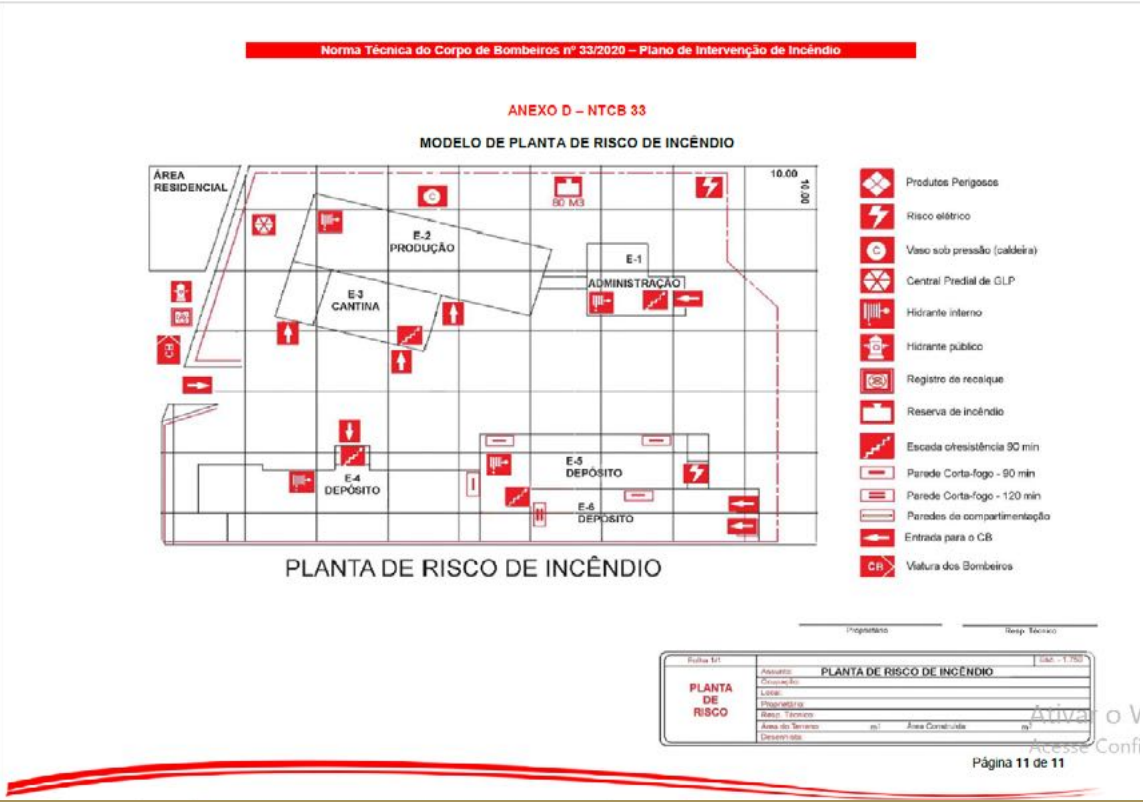


Figura 14. Modelo de planta de risco de incêndio (Fonte: NT nº33, 2020)

- As instalações de central de gás devem ter aterramento e proteção de Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas (SPDA);
- Devem possuir sistema de proteção por extintores;
- Não devem ser acumulados objetos que não sejam os recipientes de gás (tanque), e o local não deve ser utilizado como depósito de materiais diversos.

Circulação

- Manter sempre desobstruídos corredores, escadas e saídas de emergência, sem vasos, tambores ou sacos de lixo;
- Jamais utilizar corredores, escadas e saídas de emergência como depósito, mesmo que provisoriamente;
- Nunca guardar produtos inflamáveis nesses locais;
- As coletas de lixo devem ser bem planejadas para não comprometer a desocupação do edifício em caso de emergência.

Além da **Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 01/2023** Procedimentos Administrativos, Partes 1, 2, 3 e 4, que tratam de modo geral da elaboração de projetos de prevenção de incêndios, temos uma norma mais específica para ser utilizada no caso das unidades de beneficiamento de algodão, que é a Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 44/2020 – Unidades de Armazenamento e Beneficiamentos de Produtos Agrícolas e Insumos.

Extintores de incêndio

Os extintores devem ser instalados e utilizados em conformidade com a Norma Técnica do Corpo de Bombeiros (*NTCB 44/2016 – Unidades de Armazenamento e Beneficiamento de Produtos Agrícolas e Insumos*).

Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 44/2020 – Unidades de Armazenamento e Beneficiamentos de Produtos Agrícolas e Insumos

6.4 Extintores de incêndio

6.4.1 Os espaços confinados com possíveis acumulações de poeiras não devem possuir extintores portáteis ou equipamentos pressurizados, uma vez que a movimentação do ar nestes locais, com concentração de pó, pode incorrer em explosão.

6.4.4 As demais áreas deverão ter extintores de acordo com a NTCB 18.

Hidrantes

Nas algodoeiras, os hidrantes devem ser instalados conforme Norma Técnica do Corpo de Bombeiros (NTCB 44/2020), sendo em alguns itens remetidos para a NTCB 18.

Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 44/2020 – Unidades de Armazenamento e Beneficiamentos de Produtos Agrícolas e Insumos

6.5 Proteção por hidrantes

6.5.1 As edificações deverão ser protegidas por pelo menos 01 sistema de hidrantes, obedecendo-se aos critérios estabelecidos na NTCB 19 – Sistema de Proteção por Hidrantes.

6.5.2 Todas as unidades deverão possuir uma Reserva Técnica de Incêndio independente da exigência de sistema fixo que será utilizada para o abastecimento dos caminhões-tanques do Corpo de Bombeiros. O reservatório poderá ser do tipo fixo (açude, caixa de água, rio, etc.) ou móvel (carro-pipa, etc.) e deverá possuir as seguintes características:

a. Altura manométrica mínima de 3 mca;
b. Expedição de 63 mm (junta Storz);
c. Afastamento de qualquer estrutura de no mínimo 15 m;

6.5.2.1 O volume da Reserva Técnica de Incêndio se encontra na Tabela 1.

Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

Proteção contra descargas atmosféricas e energia estática.

Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 44/2020 – Unidades de Armazenamento e Beneficiamentos de Produtos Agrícolas e Insumos

6.6 Proteção contra descargas atmosféricas e energia estática

6.6.1 Deverá ser previsto SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) para todas as edificações e estruturas metálicas de Manuseio e Armazenagem dos produtos agrícolas, adotando-se a NBR 5419.

6.6.2 A eletricidade estática deve ser removida dos silos, das máquinas e equipamentos que acumulam carga elétrica, por meio de aterramento, instalado de acordo com as normas técnicas.

6.6.3 Preferencialmente, as correias de transporte dos grãos devem ser do tipo antiestática.

6.6.4 Para atendimento do item **6.6.2** Deve ser prevista simbologia de aterramento em planta nos locais exigidos, para conferência do vistoriador.

Tabela 1. Volume Mínimo da Reserva de Incêndio em relação a Área da Edificação e/ou área de Risco (em m^2).

Até 2.500	Acima de 2.500 até 5.000	Acima de 5.000 até 10.000	Acima de 10.000 até 20.000	Acima de 20.000 até 50.000	Acima de 50.000
12 m^3	18 m^3	25 m^3	35 m^3	48 m^3	70 m^3

A Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 01/2023 – Procedimentos Administrativos

Parte 3 – Classificação e exigências têm em seu item 3.8.6 os seguintes termos:

> **3.8.6.** As edificações e locais de risco deverão ter suas instalações elétricas e sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) avaliados, elaborados e/ou executados de acordo com as prescrições das normas brasileiras oficiais.
> **3.8.6.1.** No caso do SPDA, os profissionais responsáveis deverão apresentar a declaração de gerenciamento de risco da edificação, constante no Anexo E.4 (NTCB 01 – Parte 4), acompanhada de ART/RRT/TRT com atividade técnica específica, onde se comprometem a cumprir as prescrições constantes da NBR 5419. Caso outro profissional assine o referido anexo, deverá ser apresentada a sua ART/RRT/TRT. (Figura 15)

Declaração SPDA

Eu,_____, CREA/CAU nº _____, (informar a qualificação profissional), declaro que consultei a NBR 5419, elaborei o Gerenciamento de Risco da edificação que abriga a empresa _____, inscrita no CNPJ sob o nº _____._____._____/_____-____, sendo atestado através da ART/RRT/TRT nº_____, e constatei que:

( ) A edificação não necessita de um SPDA.
( ) A edificação necessita de um SPDA e já está elaborado conforme a NBR 5419, adotando-se o método _____.
( ) É necessária a instalação de medidas de proteção contra surtos (MPS) que deverão ser instalados na edificação.

Dessa maneira, assumo a responsabilidade civil e criminal, pelas informações prestadas neste documento.

_____, _____ de _____ de _____.

_____
Assinatura do Responsável Técnico

Figura 15. Modelo de declaração de SPDA (Fonte: Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 01/2023 – Procedimentos Administrativos Parte 4 – Do Projeto de Segurança Contra Incêndio e Pânico)

As instalações elétricas e o SPDA devem ser avaliados, projetados e executados por profissionais habilitados, seguindo as normas técnicas oficiais, em especial NBR 5410 e 5419.

O que é a NBR 5410?

O aterramento é obrigatório em qualquer instalação elétrica, porque é o sistema responsável por proteger os equipamentos e evitar choques elétricos. Logo, a norma NBR 5410 exige que um condutor terra seja instalado em cada um dos circuitos elétricos e que o aterramento seja do tipo TT.

O que é a NBR 5419?

A NBR 5419/2015 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas é uma norma técnica brasileira que foi desenvolvida pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e que estabelece as diretrizes para o projeto, a execução, a inspeção e a manutenção de Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA).

A partir dela são definidas as regras e os critérios técnicos para proteger as edificações e estruturas contra os efeitos dos raios, minimizando os danos que eles causam. Portanto, todo projeto elétrico precisa se atentar ao cumprimento desta norma.

A NBR 5419 foi necessária devido ao crescente custo associado às falhas de sistemas elétricos, causadas pelos efeitos das descargas atmosféricas. As descargas atmosféricas podem causar danos severos em uma estrutura, bem como danos aos seres vivos, devido a choques elétricos, fogo, explosão, falhas de sistemas internos, etc.

Qual é o objetivo da norma NBR 5419?

A NBR 5419 tem como objetivo garantir a segurança das edificações, das estruturas e das pessoas contra os efeitos das descargas atmosféricas,

colaborando para minimizar acidentes e danos, como incêndios. Ela especifica os requisitos que devem ser cumpridos para o correto dimensionamento e instalação dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

A norma estabelece medidas para:

- **Análise de risco:** A norma requer uma análise de risco antes de qualquer instalação de sistema de proteção contra descargas atmosféricas, para determinar a necessidade e o nível de proteção adequados para a estrutura em questão;
- **Proteção física:** Isso pode incluir a instalação de para-raios, mastros de aterramento e sistemas de aterramento, para direcionar a energia das descargas atmosféricas de forma segura para o solo;
- **Proteção de equipamentos:** A norma estabelece a necessidade de proteção de equipamentos sensíveis contra sobretensões induzidas por descargas atmosféricas. Isso pode ser alcançado através do uso de dispositivos de proteção contra surtos (DPS) instalados nos circuitos elétricos;
- **Manutenção regular:** A norma recomenda inspeções e manutenções periódicas em todos os componentes do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e sobretensões para garantir sua eficácia contínua;
- **Certificação e conformidade:** Todos os componentes do sistema de proteção devem atender aos padrões de qualidade e segurança estabelecidos pela norma;
- **Treinamento e conscientização:** A norma enfatiza a importância de treinamento adequado para os profissionais responsáveis pelo projeto, instalação, manutenção e inspeção dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, bem como para os ocupantes das estruturas protegidas.

No contexto de trabalhos de manutenção, a adesão rigorosa às diretrizes estabelecidas pela NBR 5419/2015 é fundamental para assegurar a eficácia contínua dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) e medidas de proteção contra surtos (MPS). A revisão extensiva da norma, considerando diversos fatores de risco, representa um avanço significativo na avaliação de potenciais danos e na implementação de medidas preventivas.

Referências bibliográficas

Bissinose por exposição ocupacional a fibra do algodão
https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBES/article/view/3054. Acessado em 08/05/2024.

Bissinose. Disponível em <http://www.infoescola.com/doencas/bissinose/> Acessado no dia 22/02/2016.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego, **Portaria 3.214**, de 08 de junho de 1978. Resumo das NRs. Disponível em https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao-do-trabalho/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs
> Acesso em: 24/04/2024. NR1, NR3, NR4, NR5, NR6, NR7, NR9, NR10, NR11, NR12, NR13, NR15, NR17, NR23, NR26, NR31, NR33, NR35.

https://www.bucka.com.br/quais-sao-as-principais-causas-de-incendios/ - Acessado dia 08/05/2024.

CHANSELME, J.L. **Manual de beneficiamento do algodão**. IMAmt, Ampa: Cuiabá, 2014. 368 p. Disponível em <http://www.imamt.com.br/system/anexos/arquivos/237/original/2_-_MANUAL_8_AO_14.pdf?1404999627> acessado em 03/05/2016.

Norma Técnica do Corpo de Bombeiros do Estado de Mato Grosso nº 44/2020 – Unidades de Armazenamento e Beneficiamentos de Produtos Agrícolas e Insumos.

Norma Técnica do Corpo de Bombeiros do Estado de Mato Grosso nº 18/2020 – Sistema de Proteção por Extintores de Incêndio.

Lei nº 12.149, de 16 de junho de 2023 – DO de 19 de junho de 2023.



Giancarlo Goldoni

Gilmar Deliberães

CAPÍTULO II

Gestão de pátios na algodoeira

1. Pátios de algodão em caroço

1.1. Escolha e estrutura do pátio externo de algodão em caroço

O dimensionamento do pátio externo deve se dar conforme a demanda de retirada dos fardões ou módulos redondos da lavoura e a necessidade de abastecimento de algodão em caroço na algodoeira. Recomenda-se um local que possibilite bom escoamento de água, com solo bem compactado e resistente às atividades de movimentação dos módulos ou fardões em épocas de chuva. Pelo menos as ruas entre as fileiras devem ser cascalhadas, devido ao trânsito de máquinas pesadas para o descarregamento e carregamento de material.

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 prudente que o pátio esteja afastado de locais com mato, palhada de milho, grama, pastagem ou qualquer outro material que possa propagar fogo com rapidez, devido à possibilidade de incêndio em períodos de seca, e também de estradas com muito movimento de carretas ou máquinas agrícolas, devido ao risco de fagulhas incandescentes e contaminação por poeira. Se houver cruzamentos próximos, deve-se colocar lombadas para a redução da velocidade de veículos que se aproximem do local.

1.2. Organização dos pátios de algodão em caroço

Os fardões ou módulos redondos devem ser armazenados em um layout que facilite a sua remoção no caso de incêndio. O ideal é que sejam depositados em somente duas filas por rua. É interessante que a usina tenha um croqui (mapa da área) definido e registrado em seu documental, sistema informatizado e até mesmo um quadro fixo no escritório, onde possam ser constantemente atualizadas as ocupações e alterações no decorrer da safra. A armazenagem deverá ter critérios baseados na propriedade do algodão, talhão, variedade, umidade, turno de colheita (dia e noite), entre outros.

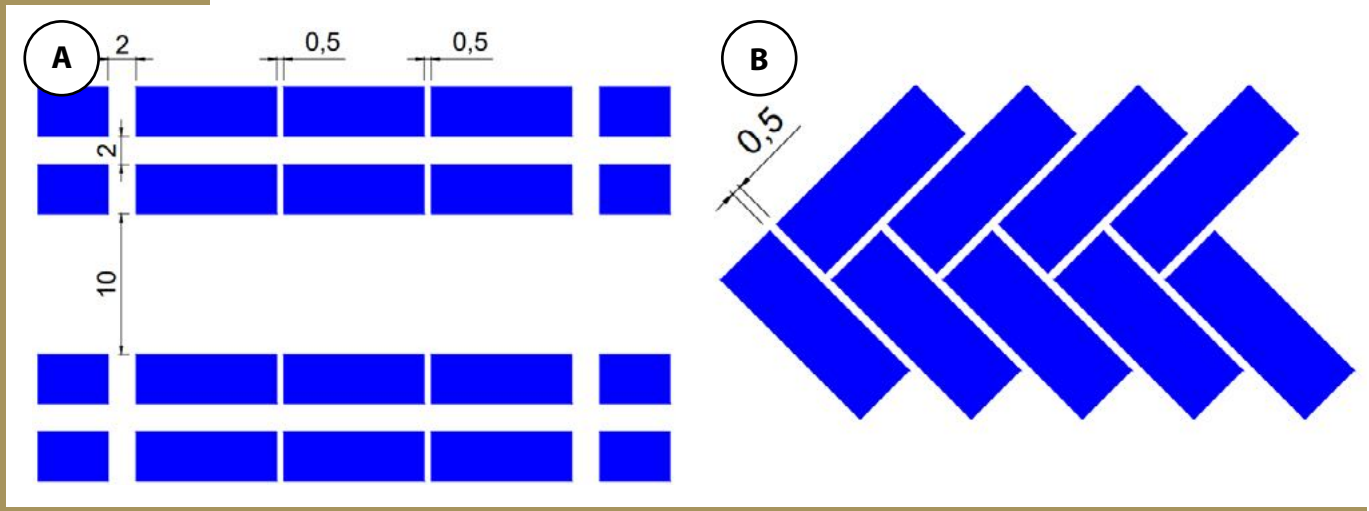


Figura 1. Armazenamento de fardões retangulares em linha (A) e em espinha de peixe (B) (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

1.2.1. Fardões retangulares

Ao armazenar fardões retangulares, é recomendado colocá-los em linhas de blocos de três, deixando um espaçamento de 2 m entre cada bloco para melhorar a movimentação e a retirada em caso de incêndio. Entre fardões do bloco de três, uma distância de pelo menos 50 cm deve ser observada para facilitar a retirada da lona e o monitoramento da temperatura. A disposição dos fardões poderá ser dimensionada de forma a possibilitar um corredor de 2 m entre duas linhas e de 10 m entre ruas de 2 linhas (Figura 1A). Utiliza-se raramente a disposição em espinha de peixe, onde os fardões podem ser retirados individualmente com facilidade (Figura 1B).

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 devem ter o máximo de cuidado para não ocorrer queda, evitar ficarem próximos às bordas e sobre o capuz molhado.

1.2.2. Módulos redondos

O modelo mais seguro de armazenamento é dispor os módulos em linha de, no máximo, quatro a cinco rolinhos juntos, evitando uma linha contínua de vários módulos. De preferência, não acomodar um módulo sobre o outro. Esse modelo facilita as ações em caso de fogo, além de reduzir as perdas.

Para facilitar a logística interna e o aproveitamento do espaço físico do pátio, admite-se a utilização de um segundo modelo, menos seguro, com duas camadas de módulos. Em geral, formam-se blocos de 18 rolinhos, com 10 módulos na base e 8 acomodados acima (Figura 2).

Independente do modelo utilizado, o espaçamento recomendado é de 3 a 4 m entre dois blocos. Tal espaçamento agiliza tanto a retirada do algodão quanto a movimentação em casos de incêndio. Duas linhas de módulos 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. O espaçamento entre duas ruas de depósito deverá ser de, no mínimo, 10 m de largura para maior agilidade e segurança no carregamento ou descarregamento.

Dependendo do tipo de movimentação (transmódulo, espetos, garras), os módulos 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. Cada rua pode ser identificada através de placas com, por exemplo, um número e duas seções (filas).

Para eventual enlonamento ou envelopamento dos blocos, os colaboradores devem utilizar cinto de segurança engatado em linha de vida (cabo de aço instalado entre duas estruturas) e, se necessário, subir sobre os módulos. Para este trabalho, podem 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 devem receber treinamento para operar máquinas de transporte de carga.

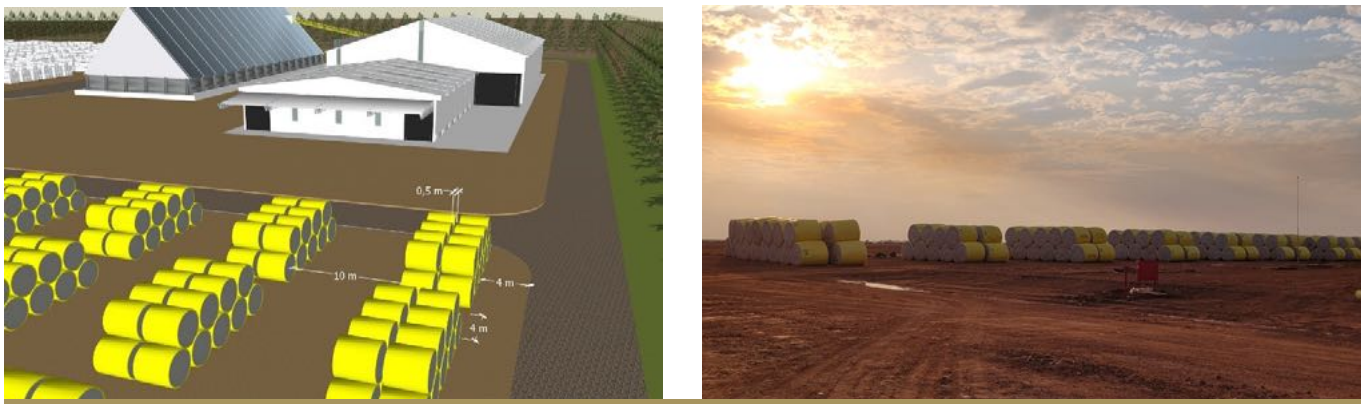


Figura 2. Módulos redondos, com disposição em dois níveis (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

O equipamento de proteção recomendado no pátio é composto por capacete, touca árabe ou chapéu de palha, camiseta com mangas compridas, protetor solar, botina de segurança, cinto de segurança (trabalho em altura), luvas de vaqueta, óculos de segurança com lente cinza e máscara respiratória nos dias secos.

1.3. Movimentação do algodão em caroço

Ao carregar os módulos retangulares ou redondos na lavoura, o motorista deve ter a certeza de que não há animais peçonhentos embaixo da lona ou capuz. O motorista deve carregar consigo uma lanterna para, à noite, conferir e erguer a touca (lona) antes de puxar o fardão retangular 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. É preciso recolher os fardões com o mínimo de impurezas e terra.

Ao movimentar os fardões retangulares no pátio de espera, o motorista deve 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 deve se certificar de que não há pessoas realizando limpeza próximo ao ponto de descarga, 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 devem ser pintadas em uma altura suficiente para que o motorista consiga enxergar uma faixa de cor amarela com listras pretas, ou devem ser instaladas faixas refletivas e fosforescentes do mesmo tipo. Os caminhões transmódulos devem ser equipados com sinal sonoro de ré.

O operador do equipamento de carga e descarga de módulos redondos não deve movimentar a máquina próxima a pessoas e/ou carretas devido ao uso de garfos ou espetos; recomenda-se transitar com os espetos suspensos e inclinados para cima (Figura 3A). Ao transitar com o módulo preso aos espetos, o operador deve deixá-lo a uma altura segura (Figura 3B), para que não cubra sua visão na parte dianteira do equipamento, evitando assim a colisão ou o atropelamento de pessoas. O operador deve sempre usar o cinto de segurança para que, em um possível acidente, não venha a cair da máquina. Ao carregar os módulos redondos em carretas, jamais se deve permitir que pessoas permaneçam próximas ao veículo e deve-se estar atento para não colidir com os espetos contra o caminhão. A máquina deverá sempre estar equipada com sinal sonoro de ré, buzina e extintor de classe ABC. O motorista deve ter o treinamento apropriado para operação de caminhão transmódulo e o operador de pá carregadeira precisa ter o curso para operação deste equipamento.

É importante manter os módulos monitorados constantemente em relação à temperatura interna para minimizar o risco de fermentação, principalmente em períodos de chuvas, devido ao aumento da temperatura interna ocasionado pela umidade e o calor. Neste caso, o módulo retangular ou redondo deve ser encaminhado para a usina, para ser desmanchado e beneficiado imediatamente.

Recomenda-se que os módulos só entrem no pátio da algodoeira após 72 horas da realização da colheita. Assim, evita-se o risco de ter fardos com suspeita de fogo.

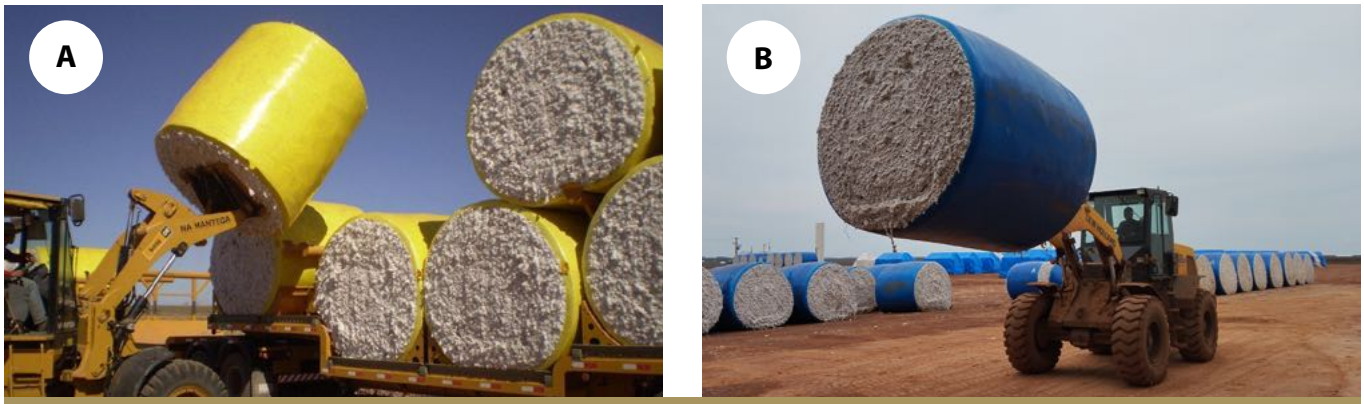


Figura 3. Descarregamento (A) e transporte (B) de módulos (Fonte: (A) SLC Agrícola, 2013 e (B) Cotimes do Brasil, 2024)

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

Para evitar contaminação ao beneficiar o algodão, o operador deve se certificar de que o plástico do fardão não esteja rompido e, ao depositá-lo na piranha, deve posicionar a emenda fora da linha de corte da lona (ver mais detalhes nos Capítulos 2 e 4).

Os operadores de veículo de transporte (empilhadeira e pá carregadeira) devem ser treinados especificamente, conforme a NR 11. Recomenda-se que no momento da aquisição da lona, seja verificada a qualidade do material para evitar contaminação de plástico devido à ruptura da mesma. Também é importante acompanhar a equipe de colheita e estar atento à regulagem das máquinas para evitar a contaminação de plástico (Figura 4).



Figura 4. Lonas danificadas (Fonte: COOPERBEM, 2023)

2. Armazenagem da pluma (pátios externos e armazéns)

Antes de serem emblocados e armazenados, os fardos de pluma recém-produzidos convencionalmente são alocados em um depósito coberto conhecido como sala ou armazém de espera. Em geral, os fardos permanecem de 24 a 48 horas no local, aguardando os resultados de classificação. Em casos de suspeita de fogo, os 10 fardos anteriores e os 10 posteriores recém-prensados devem ser mantidos em observação, de 24 a 48 horas, antes de serem designados à espera. Após o recebimento dos resultados de classificação, os fardos de pluma normalmente são emblocados e armazenados a céu aberto, até o momento do embarque.

2.1. Estrutura do pátio externo de pluma

O dimensionamento do pátio de pluma deve ser realizado em função do potencial de produção da máquina e dos objetivos do produtor em relação a proporção de pluma produzida a ser armazenada na safra, considerando também uma eventual expansão na capacidade de produção da algodoeira nos anos seguintes. O pátio externo de armazenamento de pluma deve ser preparado em local apropriado, com bom escoamento de água, afastado de redes energizadas e com solo compactado para emblocamento e carregamento nas 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. Molhar o pátio constantemente, onde há fluxo de veículos ajuda a minimizar o acúmulo de poeira e, eventuais acidentes de trabalho que a poeira possa provocar.

Em relação à disposição dos blocos de pluma, a organização convencional sugerida é de acomodar os blocos em fileiras duplas, mantendo 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 5A). Outra alternativa interessante e recomendada pelas seguradoras é a disposição dos blocos de pluma na configuração de tipo "xadrez", ou seja, com conjuntos de blocos intercalados com uma formação semelhante a tabuleiro de xadrez até a ocupação de 50% do espaço físico do pátio (Figura 5B). Nesse modelo, recomenda-se arranjar os blocos de fardos em grupos de 12 unidades. Caso a ocupação do pátio

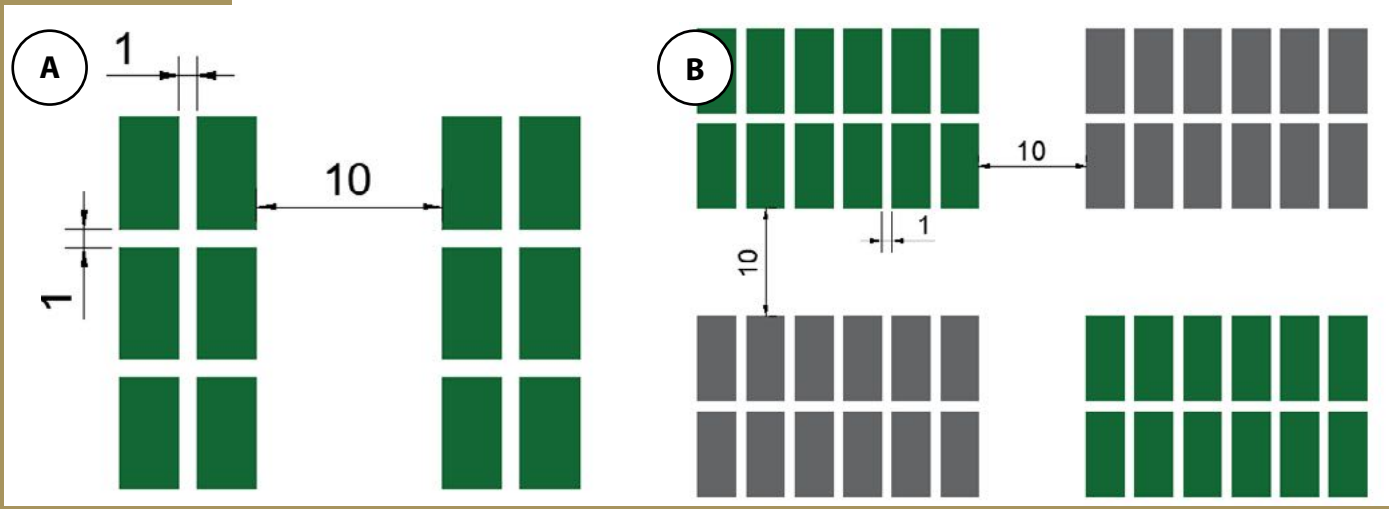


Figura 5. Organização convencional dos fardos (A) ou de tipo xadrez (B) (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

fique acima de 50%, impedindo a composição do tabuleiro de xadrez, deve-se iniciar sempre a formação do centro para a borda do lote de algodão. Essa disposição reduz ainda mais o risco de propagação de incêndio, além de facilitar as ações de intervenção durante uma eventual ocorrência.

Outra possibilidade é mesclar as duas soluções, ou seja, alocar os blocos em fileiras duplas conforme a organização convencional, mas, intercalando os blocos da fileira como recomendado no xadrez (Figura 6). Todos esses procedimentos são requisitos considerados pelas seguradoras para a preparação da apólice de seguros e posterior análise em caso de um sinistro.



Figura 6. Organização "mesclada" dos fardos de fibra (Fonte: SCH Cotton, 2024)

O equipamento de proteção recomendado no pátio é composto de capacete, touca árabe ou chapéu de palha, camiseta com mangas compridas, protetor solar, botina de segurança, cinto de segurança (trabalho em altura), luvas de vaqueta, óculos de segurança com lente cinza e 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 e 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 7A). 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 7B).

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

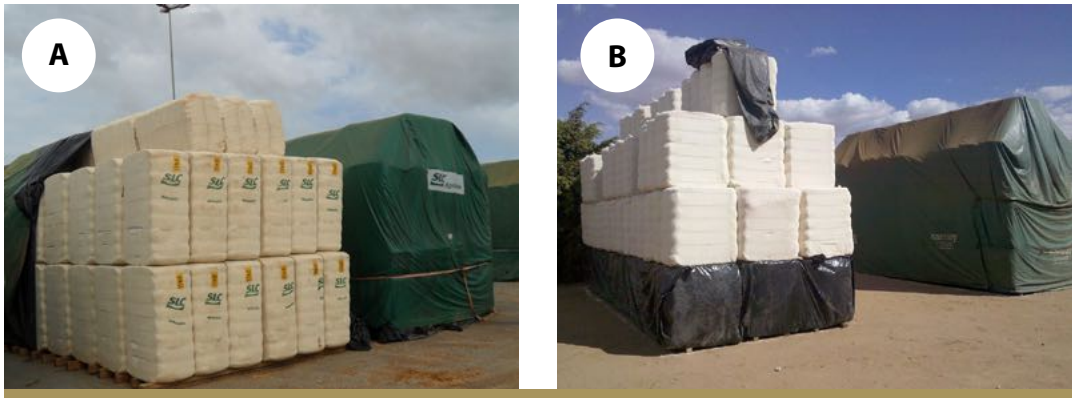


Figura 7. Bloco de fardos de 140 x 53 cm (A) e 106 x 53 cm (B) (Fonte: (A) SLC Agrícola, 2013 e (B) Grupo Busato, 2013)

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, mantendo perfeita estabilidade nas pilhas, o que se consegue através de fardos produzidos de maneira uniforme 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 devem normalmente ser empilhados deitados (Figura 8A). Apesar de ser desaconselhado, o empilhamento dos fardos de pé é muito mais frequente, essencialmente por razões práticas (Figura 8B). Neste caso, o aproveitamento do volume de armazenagem disponível é bem menor, pela necessidade de limitar o empilhamento a 3 camadas. É recomendado dispor uma ou duas camadas de fardos deitados em cima do bloco, 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. A distância com relação às paredes não deve ser menor do que 1,2 m.

Nos locais onde houver lâmpadas sobre as pilhas, deve ser mantido um distanciamento de segurança de até 1 m do fardo, para evitar acidentes no empilhamento e carregamento. As lâmpadas destes locais devem ser as utilizadas para áreas classificadas (enclausuradas), a fim de evitar possíveis fagulhas em decorrência de curto-circuito. As fiações de energia devem estar sobre ou dentro de eletrodutos antichamas. No carregamento destes fardos, o conferente jamais deve 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.



Figura 8. Empilhamento de fardos deitado (A) e em pé (B) (Fonte: Cotimes do Brasil, (A) 2011 e (B) 2021)

2.4. Carregamento de fardos de pluma

No carregamento de fardos de pluma, o local deve estar equipado com linha de vida para os colaboradores prenderem o cinto de segurança durante o 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 deve ter emendas ou desgastes em sua extensão. O projeto deve ser realizado por profissional habilitado e responsável por construir a estrutura. O motorista não deve estar próximo à carreta durante o carregamento, permanecendo na cabine do veículo ou em local apropriado indicado para tal fim. Após a conclusão do carregamento, os fardos devem ser amarrados com cinta para evitar queda no deslocamento para a pesagem, antes do enlonamento da carreta.

O pessoal envolvido na atividade sobre a carreta deve ser treinado para trabalho em altura. O equipamento de proteção recomendado é composto por cinto de segurança, capacete, boné ou touca árabe, protetor solar, camisas com mangas compridas, botina, luvas de vaqueta, óculos de segurança com lente cinza, máscara respiratória e protetor auditivo.

2.5. 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 próximas a curvas dentro dos barracões, devem 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 deve movimentar a máquina com a lança erguida e/ou com a carga suspensa, pois este procedimento pode 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 devem realizar o içamento de pessoas em suas lanças ou garfos.

Quando pegar os fardos de pluma, o operador deve se certificar de que os mesmos estão suspensos a uma altura segura, para não causar quedas dos demais que ainda estão no bloco (Figura 9).



Figura 9. Empilhamento de fardos (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

O operador de empilhadeira deve ter treinamento de 40 horas, conforme a NR 11. Os trabalhadores polivalentes devem receber treinamento específico de segurança na operação e treinamento de trabalho em altura (NR35). Os equipamentos de proteção são recomendados para pátios externos e armazéns de pluma.

3. Segurança, Prevenção e Combate de Incêndio nos Pátios

É comum a ocorrência de focos de incêndio em diversos setores de uma unidade de beneficiamento de algodão. Eles podem acontecer de forma espontânea, dentro do processo de beneficiamento, por exemplo, devido ao atrito dos elementos de máquinas com a matéria ou nos pátios por fermentação do algodão no interior dos módulos ou fardos de pluma em função de excesso de umidade e calor. Em alguns casos, o princípio de incêndio pode ser acidental ou natural, por uma fagulha de escapamento, bituca de cigarro proveniente de uma área de cultivo próxima ou por incidência de descarga atmosférica. Independentemente da origem, um pequeno foco de incêndio pode se alastrar rapidamente e tomar enormes proporções, especialmente em contato com algodão em caroço ou pluma nos períodos de seca. Existem vários registros de incêndios de grande proporção em unidades de beneficiamento, com prejuízos importantes (Figura 10).

Para minimizar o risco de incêndio nos pátios ou combater de maneira eficaz uma eventual ocorrência, além de ter uma equipe treinada para situações de emergência e respeitar as recomendações de disposição de material nos pátios abordadas neste capítulo, é indispensável que a unidade de beneficiamento de algodão (UBA) tenha ferramentas de apoio disponíveis e eficientes.

3.1. Prevenção e Combate a Incêndio

Primeiramente, é fundamental que a UBA esteja protegida por dispositivos e equipamentos de combate a incêndio corretamente dimensionados e projetados, independentemente do porte e do tipo de processo da unidade. A melhor forma é começar por um Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico (PSCIP), nomenclatura utilizada pelo Corpo de Bombeiros, que consiste no conjunto de documentos técnicos que contém os elementos formais exigidos pelos mesmos, incluindo o dimensionamento das medidas de segurança contra incêndio e pânico de todas as edificações e demais áreas de risco.



Figura 10. Fogo no pátio de uma UBA (Fonte: Corpo de Bombeiros- MT, 2022)

O material deve ser preparado por um profissional capacitado e possuir os projetos preventivos que se enquadrem nos parâmetros da legislação do Corpo de Bombeiros. Após a aprovação do PSCIP, o projeto deve ser corretamente executado, por empresas do ramo e com material tecnicamente adequado. Tal projeto deve indicar de maneira precisa todas as ferramentas necessárias para utilizar em situação de emergência, tais como: reserva técnica, rede de hidrantes, central de alarme, iluminação de emergência, extintores, detectores de fumaça, entre outros. Se preferir, a unidade pode utilizar as recomendações de gerenciamento de risco fornecidas pelas seguradoras especializadas, que indicam soluções ainda mais rígidas do que o Corpo de Bombeiros.

Os trabalhadores envolvidos na algodoeira e no processo de carregamento e descarregamento dos pátios devem ser treinados e orientados em relação à prevenção e combate a incêndio para agir de maneira organizada e sem precipitações que possam agravar a situação em caso de fogo. Para isso, um treinamento de pelo menos 20 horas de duração é recomendado para a formação de brigadistas. Normalmente, o brigadista mais próximo deverá ser comunicado e o alarme de emergência acionado em caso de necessidade. Periodicamente, os equipamentos de combate a incêndio e de emergência devem ser testados com *check-lists* para avaliar suas condições de funcionamento e evitar surpresas em uma real emergência. Para facilitar as ações, recomenda-se que a algodoeira tenha uma planilha de vistoria das condições de funcionamento dos preventivos fixos (extintores, hidrantes, etc.), tanto do pátio como na algodoeira (Tabela 1).

Tabela 1. Modelo de planilha de inspeção para preventivos (Fonte: COOPERBEM, 2023)

Nº	Local	Sinalização		Mangueiras		Status da bomba		Componentes				Registros		Observações
		Placa	D.	15M	30M	Manual	Automática	Abrigo	Acrílico	Chave	Esguicho	Plástico	Metal	
1	Pátio 1	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	X: placa, aterrar pés do hidrante
2	Pátio 1	X	N.A	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	X: placa não conforme/DEM. quebrada
3	Pátio 1	X	OK	N.A	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	X: placa não conforme/Mang. 15m

Continua ⟶

Tabela 1. Continuação

Nº	Local	Sinalização		Mangueiras		Status da bomba		Componentes				Registros		Observações
		Placa	D.	15M	30M	Manual	Automática	Abrigo	Acrílico	Chave	Esguicho	Plástico	Metal	
4	Pátio 1	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	X: placa não conforme
5	Pátio 1	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	X: placa não conforme
6	Pátio 1	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	X: placa não conforme
7	Pátio 1	X	OK	OK	N.A	OK	X	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	X: placa não conforme/Mang. 30m
8	Pátio 1	X	OK	X	X	OK	X	OK	OK	X	X	N.A	OK	X: placa não conforme/Conj. mang.
9	Pátio 1	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	X: placa não conforme
10	Pátio 1	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	X: placa não conforme
11	Pátio 1	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	X: placa não conforme
12	Pátio 1	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	X: placa não conforme
13	Pátio 1	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	X: placa não conforme
1	Pátio 2	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	X: placa não conforme
2	Pátio 2	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	X: placa não conforme
3	Pátio 2	X	OK	X	OK	OK	X	X	OK	OK	OK	OK	N.A	X: placa mang. 15m esguicho
4	Pátio 2	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	X: placa não conforme
5	Pátio 2	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	X: placa não conforme
6	Pátio 2	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	X: placa não conforme
7	Pátio 2	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	X: placa não conforme

Legenda: **D:** demarcação. **NA:** não aplicável. **OK:** conforme. **X:** Não conforme.

Responsável: _____ Inspeção realizada em: _____

Chefe da brigada

Chefe do setor 2 - Pátio

Chefe do setor 1 - Algodoeira

Um reservatório para armazenamento de água deve ser mantido para uso exclusivo do abastecimento da rede de hidrantes. O dimensionamento deste depósito varia conforme a quantidade de hidrantes distribuídos nos pátios e nas edificações e o tempo previsto para alimentação constante da rede em caso de utilização. O reservatório deve observar as normas do Corpo de Bombeiros e as recomendações das seguradoras. Atualmente, é mais comum a utilização de reservatórios de tipo tanque australiano (Figura 11A) ou tanque envelopado (lagoa) (Figura 11B).



Figura 11. Tanque Australiano (A) e Tanque envelopado (lagoa) (B) (Fonte: COOPERBEM, 2023)

Próximo ao reservatório estão as bombas de água, responsáveis por succionar a água armazenada e abastecer os hidrantes. O conjunto de bombas e tubulações da rede de distribuição de água deve ser dimensionados para garantir a mesma vazão e pressão no hidrante mais próximo ou mais distante da origem do circuito, mesmo que vários hidrantes sejam acionados simultaneamente. A bomba de incêndio pode ser a diesel ou elétrica, com fonte alternativa de alimentação de energia independente (gerador de emergência ou entrada independente de energia). Recomenda-se a instalação dos dois tipos de bomba de maneira conjunta, ou seja, uma elétrica e outra a combustível (diesel) alimentando o sistema, com um dispositivo de automação eficiente. Nesse caso, uma bomba pode suprir a falta da outra, no caso de falta de energia ou falha. Se possível, a UBA pode disponibilizar também um caminhão pipa equipado com rádio amador, mangueiras e bicos de jato reguláveis. Todas essas alternativas reduzem o risco de ficar sem uma fonte de abastecimento da rede de hidrantes ou uma solução imediata no caso de uma ocorrência.

As bombas e os hidrantes precisam ser testados periodicamente para avaliar suas condições de funcionamento. As bombas que abastecem o reservatório de água devem estar sempre em funcionamento. Quando for necessária a limpeza do reservatório, um caminhão-pipa deve estar disponível.

A rede de hidrantes deve ser projetada em função dos pontos de atendimento, principalmente nos pátios. A distribuição dos hidrantes deve permitir uma condução eficiente das mangueiras, com acesso fácil aos módulos de algodão em caroço ou blocos de fardos de pluma. Nos pátios, recomenda-se hidrantes com saídas duplas de 2 ½", onde o número de hidrantes externos deve ser tal que qualquer parte do risco fique no máximo a 10 metros da ponta do esguicho, acoplado a não mais de 30 metros de mangueira e que possa ser alcançado simultaneamente por dois jatos de água (Figura 12). As caixas de abrigo devem conter 30 metros de mangueira para cada saída, chaves para união tipo storz e esguichos reguláveis. Acrescenta-se a isso a instalação de acionadores manuais no pátio interligados a uma central de alarmes.

Importante ressaltar que 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 desgaste. Depois de utilizadas, devem ser mantidas abertas e, de preferência, erguidas até secar completamente. Após isso, enrolar e guardar nas caixas de hidrantes.

Em geral, os extintores devem ser instalados de forma estratégica e de acordo com a sua classe e função. O depósito interno de pluma, além de hidrantes, deve conter extintores de classe A (água) em locais específicos e em quantidade determinada no projeto. Em locais de acesso aos pátios externos e armazéns internos, sugere-se colocar placas de advertência para evitar chamas ou fagulhas. Quando for necessário realizar trabalhos a quente (solda, oxicorte, lixamento e esmerilhamento) nestes locais, deve-se realizar com a máxima cautela (uso de tapumes, resfriamento e retirada dos fardos de algodão, se possível) e com o auxílio de uma pessoa equipada com extintor de classe A.

A Segurança Patrimonial também faz parte das ações necessárias. No período noturno, recomenda-se deixar um vigia treinado e orientado quanto aos procedimentos a serem tomados no caso de incêndio. Este colaborador deve fazer rondas constantes, principalmente nos locais de maior atenção, além de utilizar um sistema de comunicação eficiente.

Um projeto bem dimensionado e executado, brigadistas treinados, hidrantes, extintores e demais acessórios suficientes para a carga de material armazenado, vigilância, manutenção e cuidado em todas as áreas são itens básicos para evitar perdas significativas em caso de incêndio e facilitar a aprovação de uma apólice de seguro.

3.2. Proteção contra descargas atmosféricas



Figura 12. Hidrante com saída dupla no pátio (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Dados apontam que anualmente o Brasil é o país com a maior incidência de descargas atmosféricas no mundo. Além de surtos elétricos, as descargas atmosféricas podem iniciar um processo de queimada ao atingir áreas secas e/ou uma fiação elétrica. Em contato com módulos de algodão em caroço ou fardos de pluma armazenados no pátio da UBA, um raio pode desencadear um incêndio ou até mesmo levar algum colaborador a óbito. Para evitar esse tipo de problema, a principal e mais eficaz medida de proteção é implantar na UBA um projeto de SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) conforme ABNT NBR 5419/2015. O projeto deve prever a proteção das edificações e dos pátios. Existem alguns métodos diferentes, com suas particularidades.

3.2.1. Método do Ângulo de Proteção – Para Raio Franklin

Consiste em instalar um para-raios Franklin acima de um mastro, cujo ângulo de proteção é determinado em função do nível de proteção (I, II, III e IV) e da altura do captor, formando um cone de proteção (Figura 13A). O restante da instalação é composto por condutores de descida e aterramentos, junto com as devidas equipotencializações.

3.2.2. Método Ionizante (PDI)

Similar ao sistema de para-raios Franklin, o para-raios com dispositivo de ionização é composto por uma ponta central metálica totalmente contínua e um circuito eletrônico cujo objetivo é a detecção da variação brusca do campo elétrico e a antecipação da descarga atmosférica. Esta antecipação permite proporcionar um maior raio de proteção de até 79 metros no nível I, aconselhado para algodoeiras. O restante da instalação é composto por condutores de descida e aterramentos, junto com as devidas equipotencializações. Este método se aplica principalmente a grandes superfícies e representa uma proteção mais econômica e discreta para grandes estruturas e áreas abertas evitando a instalação de uma grande quantidade de postes nos pátios (Figura 13B).

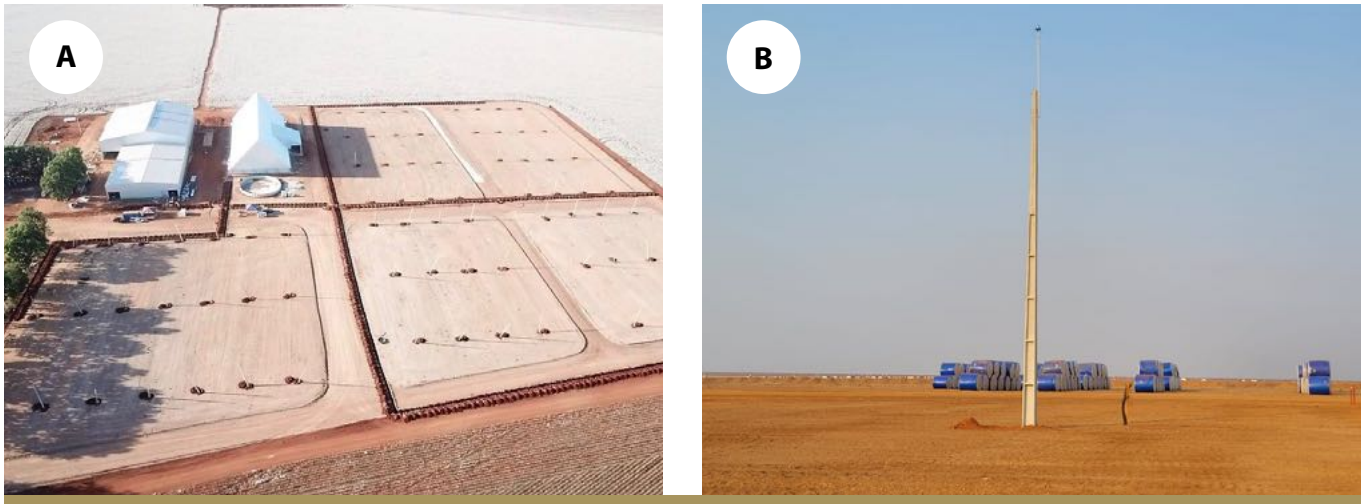


Figura 13. Instalação de captores Franklin (A) e para-raios ionizante (B) (Fonte: Cotimes do Brasil, (A) 2020 e (B) 2024)

3.2.3. Método das Malhas – Gaiola de Faraday

Consiste em instalar um sistema de captores formado por condutores metálicos horizontais interligados em forma de malhas (Figura 14), a serem dimensionados em função do nível de proteção (I, II, III, IV). Tradicionalmente, são adicionados terminais aéreos nas interligações e cantos, aumentando a probabilidade de impacto nesses pontos. Aplica-se principalmente para edificações.



Figura 14. Gaiola de Faraday (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

3.2.4. Método da Esfera Rolante - Eletrogeométrico

Consiste em desenvolver ao redor das estruturas e objetos uma esfera fictícia, cujo raio é definido em função do nível de proteção (I, II, III e IV). Os locais em contato com a esfera são considerados como os mais expostos ao raio e devem ser protegidos por um sistema de captação, tais como captores ou condutores metálicos (cabos).

4. Armazenagem do Caroço

Após ser separado da fibra no descaroçador durante o processo de beneficiamento, o caroço coletado deve receber um destino. Convencionalmente, o caroço de algodão é acomodado em armazéns fechados até o momento de ser carregado, durante ou ao final da safra de beneficiamento. Com o aumento da quantidade de algodoeiras de alta produtividade e a valorização do produto, é pouco habitual acomodar o caroço a céu aberto ou em caixas suspensas (*overhead seed bins*).

Existem alguns tipos de armazém de caroço. Independentemente do modelo escolhido, é importante que a estrutura seja corretamente dimensionada para atender à demanda da unidade e aos objetivos do produtor.

4.1. Tipos de armazenagem do caroço

A maioria dos beneficiadores utiliza armazéns convencionais, com piso de concreto, paredes de placas pré-moldadas, cobertura de estrutura metálica e vão livre. A inclinação do telhado normalmente é de 45º, acompanhando o ângulo de repouso do caroço no interior da estrutura. O piso deve ter boa resistência para suportar o peso da matéria acumulada e a operação da pá carregadeira.

Atualmente, é mais comum a utilização de dois tipos de armazém de caroço que se diferem especialmente pelo formato do fundo: armazém com fundo plano (Figura 15A) ou armazém com fundo "semi V" (Figura 15B).

O armazém com fundo "semi V" permite um volume maior de armazenagem de caroço sem ter que estender o comprimento do prédio. Normalmente, apresenta um melhor custo-benefício em relação à obra civil. O inconveniente nesse tipo de estrutura é a rampa de acesso, que ocupa espaço físico e, dependendo da inclinação, pode dificultar a operação da pá carregadeira. Por isso, é importante estar atento a esses detalhes no momento da elaboração do projeto.



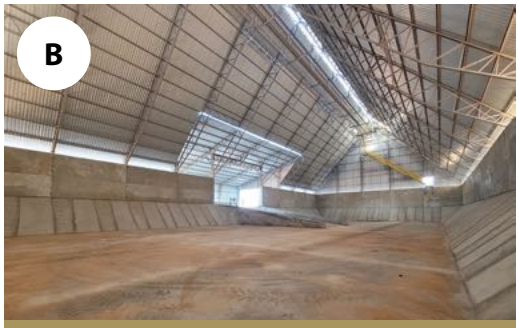


Figura 15. Fundo plano (A) e fundo "semi V" (B) (Fonte: Cotimes do Brasil, (A) 2020 e (B) 2023)

4.2. Dimensionamento e estrutura do armazém de caroço

Para dimensionar corretamente o armazém, é necessário considerar a densidade do caroço de algodão descaroçado. Em média, essa densidade é 28 lb/ft^3, ou 448 kg/m^3. Com a densidade e o peso de caroço a ser armazenado no prédio (ex: 70% do peso de caroço produzido na safra), é possível calcular o volume necessário, em m^3. Em geral, utiliza-se uma largura útil de 30 metros na parte interna do armazém, para ter uma estrutura com vão livre sem encarecer o investimento. Utilizando uma largura de 30 metros, o comprimento do prédio será determinado principalmente em

função do volume de caroço a ser armazenado, do tipo de fundo (plano ou "semi V") e da altura das paredes laterais. A altura da parede lateral pode variar entre 3 e 6 metros. Se o beneficiador preferir, para evitar um armazém muito extenso, pode optar por construir dois barracões.

As instalações devem ter piso de concreto à prova de umidade. As cargas no piso, somente considerando a massa de caroço, são de aproximadamente 500 lb/ft^2 para uma profundidade de caroço de 20 pés (aproximadamente 6 metros). Além disso, o piso deve ter concreto e reforço suficiente para suportar um caminhão e uma pá carregadeira de 60.000 lb.

Recomenda-se que o prédio tenha uma doca para carregamento dos caminhões que farão o transporte do caroço. A doca de carregamento pode ser localizada no oitão ou na lateral do prédio. É importante que seja uma estrutura coberta, com espaço suficiente para permitir que a pá carregadeira abasteça a carreta em posição reta (Figura 16A). É comum deixar um desnível entre o ponto de parada do caminhão e o ponto de parada da pá carregadeira para facilitar a operação. Para melhorar a compactação da carga e, consequentemente, reduzir o número de fretes e o risco de acidentes, muitas algodoeiras têm adotado uma prensa de caroço, utilizada durante o carregamento (Figura 16B). Quando não se utiliza prensa, é comum que um ou mais colaboradores subam na carreta para auxiliar na acomodação do caroço. Nesse caso, é indispensável que se utilize EPIs e linha de vida.

O caroço de algodão é um material higroscópico, ou seja, tem boa capacidade de absorver a umidade do ambiente em que está depositado. O aumento de temperatura e umidade, principalmente no interior da massa de caroço, pode ter consequências negativas, como o apodrecimento do material ou um princípio de incêndio. É importante que seja realizado um controle da temperatura do caroço armazenado, preferencialmente com dispositivos adequados de termometria. Além disso, recomenda-se que o armazém esteja equipado com um sistema eficiente de aeração, principalmente se a colheita for realizada em períodos de alta umidade, se houver intenção de armazenar o caroço por prazo estendido ou se o beneficiador for utilizar o caroço para produção de sementes. O sistema de aeração deve ser corretamente dimensionado, respeitando a taxa de fluxo de ar por tonelada de caroço recomendada, com dutos corretamente dimensionados e projetados para distribuição do ar através do caroço e ventiladores capazes de fornecer o volume de ar necessário. Melhor ainda se o sistema de aeração for combinado com os dispositivos de termometria. Uma taxa de fluxo de ar segura para sementes de algodão armazenadas é de 10 pés cúbicos por minuto por tonelada (cfm/ton). Em áreas com condições climáticas mais frias e secas, podem ser utilizados sistemas de aeração de menor capacidade (5 cfm/ton).



Figura 16. Doca de carregamento (A) e prensa para caroço (B) (Fonte: (A) Cotimes do Brasil, 2023 e (B) Alfa Automação, 2024)

Referências Bibliográficas

RIBEIRO, A.L. **Gestão de Pátios na Algodoeira** – Manual do Beneficiamento de Algodão. Cuiabá: IMAmt, 2013. p. 66-76.

COTTON INCORPORATED. **Cottonseed Storage**, c2024. Disponível em: <https://www.cottoninc.com/cotton-production/ag-research/cottonseed/cottonseed-storage/>. Acesso em: 29 de ago. de 2024.

Busa

Algodoeira de Beneficiamento de Algodão

- Projetos dimensionados de acordo com a necessidade do cliente.
- Alta performance, robustez e qualidade comprovada.
- Excelente custo-benefício.
- Melhor eficiência energética por fardo produzido.



100% Nacional





Tecnologia e Segurança

Painéis e componentes elétricos de primeira linha.

Comunicação com rede IO-link.

Automação Smart Cotton Gin 4.0.

Sistema de segurança NR12

company/busa-i-c-m-a-ltda-/
busaindustria
busaindustria

A maior algodoeira da América Latina está instalada na cidade de Nortelândia-MT, e foi fabricada pela Busa.

Busa, empresa brasileira, no mercado desde 1956 trazendo soluções para o agronegócio.

Parque fabril moderno e amplo.

Processos de fabricação com alta tecnologia e qualidade.

Equipe experiente para dar o suporte necessário.

Busa Industrial e Comercial Ltda.
Rua Álvaro Rodrigues, 56 | Área Industrial | Guará- SP
14.580-000 | Brasil | Tel.: (16) 3831-8500
vendas@busa.com.br | www.busa.com.br

ELETROTÉCNICA ARAÚJO

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

NOSSOS SERVIÇOS

- AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
- MONTAGENS DE PAINÉL
- ATERRAMENTO SPDA
- BAIXA E MÉDIA TENSÃO
- REBOBINAGEM DE MOTORES
- ASSISTENCIA TÉCNICA

A SOLUÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

www.eletrotecnicaaraujo.com.br

ELETROTÉCNICA ARAÚJO, umas das maiores empresas de elétrica e automação no estado do Mato Grosso, somos integrador SIEMENS número um no estado.

Em um mundo em constante evolução, a **ELETROTÉCNICA ARAÚJO** se destaca como líder incontestável em automação industrial. Fundada em 28/11/2012 por Valdinei Farias de Araújo, nossa empresa tem sido referencia na automatização em processos de algodoeiras em todo o país.

Localizada estrategicamente em Sapezal-MT, que é umas das maiores cidades produtoras de algodão do pais, a **ELETROTÉCNICA ARAÚJO** é uma fonte de inovação e excelência em automação de processos. Com uma equipe de 60 colaboradores altamente qualificados, estamos comprometidos em impulsionar a eficiência e a produtividade de nossos clientes.

Trabalhamos em vários seguimentos da Engenharia Elétrica, mas o nosso foco principal é a automação de algodoeiras, onde aplicamos as mais avançadas tecnologias para otimizar cada etapa do processo. Desde a chegada na unidade de beneficiamento até o armazenamento, nossas soluções de automação garantem uma operação fluida, segura e altamente eficaz.

Imagine uma algodoeira onde cada movimento é perfeitamente sincronizado, cada processo é cuidadosamente controlado e cada desperdício é minimizado. Isso é o que oferecemos na **ELETROTÉCNICA ARAÚJO**: um futuro onde a produção de algodão atinge níveis nunca antes vistos de eficiência e rentabilidade.

Ao investir em automação industrial conosco, nossos clientes não estão apenas modernizando suas operações, estão moldando o futuro da indústria algodoeira. Junte-se a nós e descubra como podemos transformar sua algodoeira em um centro de excelência e inovação.

Na **ELETROTÉCNICA ARAÚJO**, estamos comprometidos em impulsionar o progresso, inspirar mudanças e criar um impacto positivo duradouro. Venha conosco e embarque nesta jornada rumo a um futuro mais inteligente e sustentável para a sua indústria.

SOMOS UMA DAS MAIORES EMPRESA DE AUTOMAÇÃO E ELÉTRICA DO MATO GROSSO

NÃO SOMOS DIFERENTES, APENAS PRESAMOS PELA QUALIDADE, COMPROMISSO E PRODUTIVIDADE DE NOSSOS CLIENTES

SOLICITE SEU ORÇAMENTO

(65) 3383-2624



Cleiton Jair Gauer

Cintia Teixeira Nunes

Juan Carlos Bolsoni Porto

Rodrigo Matheus da Silva

CAPÍTULO 12

O custo do beneficiamento

1. Conceito

A administração e a contabilidade dos custos de produção são fundamentais em qualquer empreendimento. De acordo com Santos *et al.* (2008), a adequada estruturação do sistema de informações sobre os custos é crucial para embasar a tomada de decisões. Esse aspecto ganha ainda mais relevância na agropecuária, dada a complexidade dos intervalos entre produção e vendas e a necessidade de avaliar retornos para justificar os investimentos.

O conceito de custo, conforme Silva e Lins (2010), refere-se aos recursos consumidos no processo produtivo, esperando-se que tragam benefícios futuros após a conclusão e venda do produto. Para as UBAs (Unidades de Beneficiamento de Algodão), os custos representam as medidas monetárias dos recursos utilizados para beneficiar o algodão disponível.

É comum observar o aumento dos custos e a diminuição das margens de retorno, muitas vezes por causa da intensificação do processo produtivo, da evolução tecnológica, das variações nos preços das comercializações e das demandas crescentes por qualidade. Isso ressalta a importância de aprimorar os mecanismos de planejamento e controle para garantir eficiência e lucratividade.

A gestão eficaz dos custos é essencial para determinar o custo do produto, avaliar a rentabilidade e orientar as decisões empresariais. As informações dos custos, apresentadas em relatórios claros, são vitais para o controle e planejamento empresarial, embora o volume de dados exija sistemas de gerenciamento adequados, adaptados a cada realidade organizacional.

No mercado agrícola, em que os preços são determinados pela oferta e demanda, os agricultores têm pouco controle sobre os preços, o que torna a gestão de custos ainda mais crucial para garantir rentabilidade. O uso de ferramentas que fornecem rapidamente os custos fixos e variáveis do processo é fundamental para melhorar a gestão e a rentabilidade.

2. Os investimentos e os custos nas usinas

A implantação de uma usina beneficiadora de algodão envolve uma série de considerações importantes. Desde a localização estratégica até a logística de transporte e os aspectos ambientais, há diversos pontos-chave que devem ser levados em conta para garantir o sucesso do empreendimento. Entre eles, podem ser destacados a localização, a infraestrutura local, a capacidade, as tecnologias e os equipamentos, a mão de obra, etc.

Deve-se ressaltar que, para se tomar uma decisão adequada quanto à implantação de uma usina de beneficiamento, bem como sobre investimentos em novos equipamentos, alterações e/ou adequações de processos, é imprescindível considerar o dimensionamento desses investimentos e seus custos. O dimensionamento da usina deve estar alinhado com o volume de matéria-prima disponível, o que depende diretamente da área de cultivo, assim como da oferta de algodão em caroço dos produtores da região, que demandarão a prestação de serviços da indústria beneficiadora.

A capacidade de produção deve ser ajustada para evitar tanto a ociosidade quanto a sobrecarga do parque industrial, uma vez que ambos os fatores aumentam diretamente o custo de produção. Quanto maior o volume de algodão em caroço, conforme o dimensionamento estabelecido,

menor será o custo fixo por unidade de produção de fardos. A ociosidade, resultante de um dimensionamento inadequado ou do uso não planejado do equipamento, ou processo, levará inevitavelmente à elevação indesejável do custo fixo unitário. Dado que o custo variável oscilará conforme o aumento da produção, o projeto deve ser concebido para operar sempre com o maior volume possível, com baixa ociosidade, durante o maior período possível.

Na prática, há diversos fatores e condições que afetam diretamente o funcionamento dos equipamentos e reduzem a produtividade média e a capacidade total. Esses fatores incluem dias não trabalhados, horários de pico, manutenção, organização, modo de operação (carga e ritmo de alimentação do processo), características do algodão, carga de impurezas, manutenções preventivas e corretivas periódicas, e os objetivos de qualidade e produtividade da empresa.

A sazonalidade na disponibilidade de algodão para beneficiamento aumenta a necessidade de um bom planejamento da oferta de matéria-prima para a indústria. As usinas modernas de alta performance e rendimento são projetadas com diversos pontos importantes que ajudam a reduzir os custos fixos, como alto nível de automação e o uso de controladores de dispêndio, consumo de energia elétrica e gás. Além disso, um ritmo de beneficiamento mais uniforme e regular torna a operação mais eficiente e produtiva. Considerando-se a importância e os impactos econômicos de um empreendimento, é recomendado e coerente o desenvolvimento de um projeto técnico de engenharia devidamente adequado e adaptado à real demanda do produtor.

Desse modo, é essencial o planejamento eficiente da safra e do abastecimento da usina, garantindo que a matéria-prima não falte e que a manutenção seja adequada, evitando-se paradas inesperadas das máquinas, o que aumentaria os custos.

Assim, considerando-se uma usina existente ou um novo projeto, seja de uma unidade moderna ou antiga, é necessário ter controles adequados, bom planejamento, acompanhamento sistemático e suporte de instrumentos tecnológicos e sistemas informatizados de gestão integrada. Isso permitirá tratar a usina como um centro de custo, conhecendo e controlando diariamente as despesas de produção, mantendo a qualidade e gerando um sistema de beneficiamento rentável para o empresário.

3. Formas de contabilização de custos

Para se obter o produto acabado, a matéria-prima passa por um processo de transformação. Neste processo são utilizados mão de obra, instalações e equipamentos, entre outros recursos necessários à produção. Inicialmente, vale considerar que, nas mais de duzentas UBAs dos diversos modelos no Brasil, são inúmeros e variados os itens movimentados em uma usina de beneficiamento, que podem resultar em custos. Estes itens estão relacionados aos investimentos, à operacionalização e ao funcionamento da empresa, também relacionados aos setores administrativos e operacionais.

Há diferentes formas de contabilização desses custos. O importante, porém, é que todos os itens envolvidos nos investimentos e operacionalização da UBA sejam contabilizados e analisados permanentemente. Entre os métodos de mensurar os custos existentes, destacam-se:

- *Custeio variável* – Considera apenas os custos variáveis na produção. Objetivo e simples, o método é usado por organizações comerciais e industriais. O cálculo se baseia apenas nos gastos variáveis para definir os preços de venda dos produtos. Desse modo, são incluídas apenas as despesas que variam de acordo com o faturamento e o volume de produção.
- *Custeio por absorção* – O método leva em conta todos os custos de produção (matéria-prima, mão de obra direta e os custos indiretos de fabricação, tanto fixos como variáveis, para cada unidade do produto). Ele consegue atender às exigências contábeis e fiscais com eficiência, pois engloba todos os montantes relativos ao custo unitário das mercadorias vendidas, considerando cada despesa variável e fixa oriunda do processo produtivo.
- *Custeio ABC* – Também conhecido como *Activity-Based Costing* (ABC), esse método refere-se ao rastreamento dos custos de todas as fases das operações executadas pelas empresas. Com ele, os gestores verificam como as etapas influenciam no consumo dos recursos e na geração das receitas. As vantagens incluem a possibilidade de averiguar com precisão os custos indiretos que não estão ligados ao processo produtivo.

- *Custeio Padrão* – Localiza os pontos onde há desvios de recursos ou falhas ao comparar valores com o custo real e utilizá-los como fundamento para determinar despesas efetivas. Assim, fica estabelecido o gasto ideal considerado pela empresa para obter o maior rendimento possível.

Após conhecer um pouco de cada método, é importante destacar que o custeio por absorção é o mais utilizado pelas indústrias beneficiadoras. Assim, no decorrer do capítulo serão abordados os indicadores e cálculos que se enquadram nesse método.

Tabela 1. Exemplo de distribuição dos custos em variáveis e fixos (Fonte: Imea)

Custos	DESCRIÇÃO DAS DESPESAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
VARIÁVEIS	**(A) Insumos gerais** Sacaria, madeira e coroa Fita signode e papel kraft Lona leve e lona branca (fardinhos) Arames, dobras e telas (enfardamento) Etiquetas de identificação **(B) Energia** **(C) Combustíveis** Gás Óleo diesel, gasolina e etanol **(D) Fretes** **(E) Armazenagem** **(F) Despesas diversas** **(CV) Custo Variável Total (A+B+C+D+E+F)**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FIXOS	**(G) RH** Folha salarial, encargos e relacionados Alojamento, alimentação e vales PPRA e segurança do Trabalho PC MSO, medicamentos e Atendimentos Exames ADM e demissionais Uniformes, EPIs e equipamentos Capacitação, cursos e treinamentos Transporte de funcionários **(H) Despesas administrativas** Materiais de Escritório Sistema, telefone e internet Contribuições, impostos e taxas Alvarás, licenças e seguros Conservação do pátio e edifício **(I) Revisões e Reparos** Revisão das máquinas, peças e instalações Revisão, manutenção de caminhões transmódulos **(J) Veículos** Seguro, licenciamento e IPVA Manutenção empilhadeiras e pás carregadeiras Manutenção dos veículos **(K) Assessorias / Consultorias** **(L) Arrendamento / Aluguel** **(M) Financiamento** **(CF) Custo Fixo Total (G+H+I+J+L+M+N)**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Custos Totais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Com base nessas diretrizes, o investimento inicial na montagem da usina de beneficiamento é o primeiro indicador a ser considerado. Considerando-se que a unidade industrial será utilizada por vários anos e processará uma quantidade significativa de algodão, é fundamental alocar o custo inicial ao longo do período operacional da UBA. O desembolso inicial para estabelecer a unidade é uma questão de fluxo financeiro, e não um custo econômico direto. Os custos fixos são distribuídos durante o período produtivo através do método de depreciação.

A depreciação representa a perda de valor que os ativos sofrem ao longo do tempo, ocasionada por desgaste físico ou obsolescência funcional. Consequentemente, a produção que usufruiu desses ativos e causou essa depreciação deve compensar tal custo. Uma abordagem amplamente aceita para calcular a depreciação é o método linear, que implica subtrair o valor inicial do ativo do seu valor residual ou valor de venda estimado ao final da sua vida útil, e depois dividir esse montante pela duração útil do ativo (expressa em anos, horas ou fardos produzidos). A fórmula típica utilizada é:

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

Em que:
V_i = Valor inicial;
V_r = Valor residual;
n = Vida útil em anos;
Dep = Valor anual da depreciação.

Para gerenciar os demais itens dentro da empresa, é fundamental manter uma tabela a fim de registrar as entradas e saídas, implementando um sistema eficaz de controle de estoque. É importante entender como o algodão em caroço será considerado na UBA. Se for prestação de serviço, a unidade deverá anotar quanto de algodão em caroço estará beneficiando e os produtos que serão gerados. Se o algodão for próprio, será preciso saber, inicialmente, onde terminará o custo agrícola e começará o custo industrial.

4. Custos que devem ser considerados

O controle de custos permite o monitoramento do dinheiro gasto pela empresa, identificando se os recursos estão sendo aplicados de forma eficiente ou sem retorno significativo. Por meio dele, o empreendedor consegue enxergar de forma mais clara se o orçamento da empresa e os valores cobrados por seus serviços são compatíveis com a realidade do mercado e da empresa, bem como compreender em que indicadores pode ocorrer a redução das despesas. Na apuração de resultados da empresa e no método considerado neste capítulo para o gerenciamento, podemos estabelecer dois tipos de custos: Custos Fixos e Variáveis, que resultarão no Custo Total.

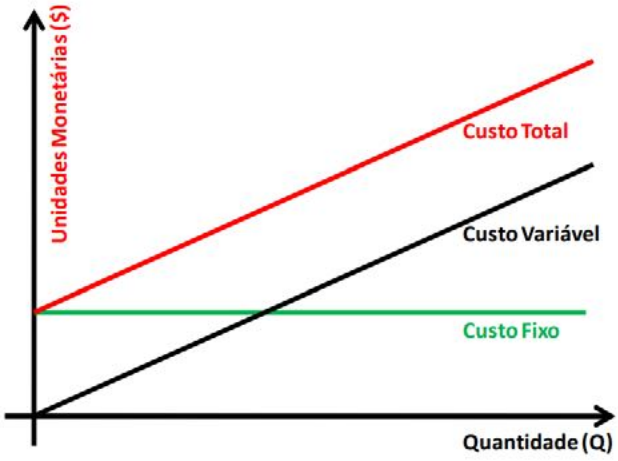


Figura 1. Composição gráfica do custo total

- *Custos Fixos (CF) – São aqueles que não variam com a quantidade de fardos produzidos, mesmo que a produção seja zero.* Nos custos fixos estão os gastos que não variam em razão do volume, ou seja, ainda que a demanda dobre em determinado mês, tais despesas se mantêm, pois não sofrem alteração de valor em caso de aumento de serviços executados. A principal característica deste gasto é sua periodicidade: ele ocorre todos os meses, havendo ou não processos produtivos.
- *Custos Variáveis (CV) – São custos que variam de acordo com a produção, ou seja, que aumentam quando o número de fardos beneficiados aumenta, e vice-versa*. É importante lembrar que os custos variam proporcionalmente de acordo com o nível de produção ou das atividades e seus valores dependem diretamente do volume produzido num determinado período, enquanto os gastos só ocorrem porque houve produção.
- *Custos Totais (CT)* – É a soma de Custos Variáveis mais Custos Fixos, representados pela fórmula CT = CV + CF.

Após a identificação dos custos, é necessário distribuí-los entre os produtos gerados pela usina, como a pluma, o caroço, a fibrilha e outros resíduos comercializados. Assim, não há custos diretos atribuíveis individualmente a cada produto, uma vez que o processo de beneficiamento resulta na produção simultânea de todos os itens. Portanto, é aplicado o mesmo critério para a alocação dos custos diretos e indiretos.

É fundamental que esse controle das contas seja mantido de forma contínua, possibilitando a análise da disponibilidade de produto ou seu custo a qualquer momento. Além disso, é crucial considerar os impostos e outros tributos incidentes sobre a venda da produção. Geralmente, a maioria das indústrias beneficiadoras de algodão monitora os custos ao longo de um período anual, de janeiro a dezembro.

5. Análise da distribuição de custos de beneficiamento

Neste ponto, faremos breves considerações sobre a distribuição de custos da unidade beneficiadora. O objetivo é apresentar os aspectos econômicos da estrutura de custos de produção, e não a forma contábil em si. Além disso, consideraremos a UBA como prestadora de serviço, sem incluir o custo de compra do algodão.

Ao se tratar a unidade de beneficiamento como uma empresa, o principal componente do custo de um fardo de algodão são as embalagens e os materiais de consumo, que podem representar 30% do custo total. No entanto, é crucial contabilizar a recuperação dos investimentos feitos na construção da UBA. Neste exemplo, se esta não fosse considerada, o industrial subavaliaria seu custo em 18,30%.

6. Cálculos

Quando se fala em gestão financeira, compreender e dominar os conceitos de receita, custo e lucro é fundamental para a sobrevivência e o sucesso de qualquer negócio. Este capítulo abordará os cálculos envolvidos na determinação desses elementos fundamentais. A receita é analisada juntamente com os tipos de custos, tanto fixos como variáveis, a que uma empresa está sujeita. Sendo assim, este conhecimento é indispensável para a tomada de decisões estratégicas e o acompanhamento dos exercícios da UBA, a fim de garantir a sustentabilidade das atividades.

6.1. Cálculo do custo

Conforme apresentado anteriormente, os custos de produção são divididos em dois tipos: os custos fixos e os variáveis. Sabendo que o custo fixo

Tabela 2. Distribuição do custo de beneficiamento do algodão (Fonte: Cepea/Imea)

Custo de produção	Participação (%)
Energia / operação ede máquinas e veículos	18
Embalagens e materiais de consumo	30
Mão de obra	15,45
Despesas gerais e licenças	12,35
Reparos e manutenção	5,90
Custos operacionais	**81,70**
Investimentos	18,30
Custo total	**100**

independe da quantidade produzida, ao contrário dos custos variáveis, estes podem ser ilustrados a partir das seguintes relações:

$$Custo\ Variável\ (CV) = (C_1 \times Q) + (C_2 \times Q) + \ldots + (C_n \times Q)$$

$$Custo\ Total\ (CT) = Custo\ Fixo\ (CF) + Custo\ Variável\ (CV)$$

Em que:
C = Custo do fator/insumo;
Q = Quantidade produzida;

6.2. Cálculo da receita

Além do gerenciamento dos custos, a receita total também é uma ferramenta fundamental em finanças e contabilidade, pois ajuda a medir o desempenho econômico de uma empresa. A partir dela, é possível observar a relação direta entre preço e quantidade gerada, permitindo que as indústrias compreendam melhor como alterações nos preços ou na produção impactam sua receita. Assim, pode-se considerar:

$$Receita\ Total\ (RT) = P1 \times Q1 + P2 \times Q2 + P3 \times Q3 + \ldots Pn \times Qn$$

Em que:
P = Preço de venda do produto;
Q = Quantidade gerada do produto.

6.3. Análise financeira

Entre as formas de distribuição dos custos para os diferentes produtos gerados, pode-se considerar a proposta por Barros (1987), visando 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, a distribuição do custo pode ser feita de acordo com a contribuição de cada produto na geração de receita bruta da unidade industrial.

6.3.1. Cálculo do lucro bruto

A partir do cálculo dos custos e das receitas, é possível calcular o lucro da atividade. O cálculo do lucro, de acordo com Varian (2016), é definido como a receita da atividade menos os custos. Cruciais para a sustentabilidade e crescimento de qualquer empresa, os lucros fornecem os recursos necessários para fortalecer a posição financeira da empresa, permitindo novos investimentos e inovação. A relação é definida como:

$$Lucro\ (L) = Receita\ Total\ (RT) - Custo\ Total\ (CT)$$

A partir desse cálculo, os administradores podem buscar formas de maximizar o seu lucro, diminuindo custos ou procurando aumentar suas receitas. Nesse sentido, é importante conhecer e acompanhar o quadro financeiro da UBA, em busca de oportunidades para otimizar seus resultados.

6.3.2. Margem de contribuição na receita

Para analisar o custo econômico de cada produto, ao se ter a soma do custo total de produção da usina de beneficiamento (fixos + variáveis), a distribuição do custo pode ser feita de acordo com a contribuição de cada produto na geração de receita bruta da unidade industrial. Após calculada a receita, 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. Dessa forma, com base na Receita Total (RT), obtém-se a parcela da receita de cada produto gerado no processo de beneficiamento de algodão em caroço, dado que:

$$Part_1 = \frac{P1 \times Q1}{RT}\ ;\ Part_2 = \frac{P2 \times Q2}{RT}\ ;\ Part_n = \frac{Pn \times Qn}{RT}$$

Em que:
Part = Participação;
P = Preço vendido do produto;
Q = Quantidade vendida do produto gerado;
RT = Receita total.

Assim, a partir do custo total de beneficiamento (CV + CF), pode-se calcular quanto cada subproduto gerado representa do custo total, sendo definido como:

$$CT_1 = (CV + CF) \times Part_1$$
$$CT_2 = (CV + CF) \times Part_2$$
$$CT_n = (CV + CF) \times Part_n$$

Em que:
CT = Custo total;
CV = Custo variável;
CF = Custo fixo;
Part = Participação.

Em suma, ao calcular quanto cada produto gerado representa do custo total da atividade, é possível identificar pontos a serem otimizados no gerenciamento da usina, como, por exemplo, buscar formas de minimizar as despesas ao longo do processo de beneficiamento do algodão.

6.3.3. Índice de retorno sobre o custo

Uma ferramenta que pode ser útil na realização de uma análise mais robusta dos resultados da usina é o cálculo do índice de retorno da atividade. Sua funcionalidade é avaliar a eficiência e a rentabilidade de um investimento, ou da própria produção, fornecendo uma base para a tomada de decisões financeiras. Por meio desse cálculo, os gestores da UBA podem avaliar o desempenho dos processos e das estratégias das atividades desenvolvidas. Assim, essa métrica ajuda a identificar áreas de melhoria, otimizar a alocação dos recursos e planejar o crescimento sustentável do negócio.

Em termos gerais, a contabilização de receitas e custos é efetuada principalmente para se saber se o índice de retorno está sendo maior que um, ou seja, sendo lucrativa. Com efeito, a forma de analisar esse indicador se dá ao comparar a receita de cada produto com o custo total e/ou variável desse produto. Deve-se lembrar que a receita individual do produto é definida como a multiplicação do preço de venda do produto pela quantidade gerada ($P_n \times Q_n$, com n sendo a identificação do produto em questão).. Dessa forma, para o cálculo do índice de retorno, tem-se:

$$IR_{CT1} = \frac{P1 \times Q1}{CT1} \text{ ou } IR_{CV1} = \frac{P1 \times Q1}{CV1}$$

$$IR_{CT2} = \frac{P2 \times Q2}{CT2} \text{ ou } IR_{CV2} = \frac{P2 \times Q2}{CV2}$$

$$IR_{CTn} = \frac{Pn \times Qn}{CTn} \text{ ou } IR_{CVn} = \frac{Pn \times Qn}{CVn}$$

Sendo:
IR = Índice de retorno;
P = Preço de venda do produto gerado;
Q = Quantidade gerada do produto;
CT = Custo total;
CV = Custo variável.

Interpretação:

- **Índice de Retorno > 1** – Indica que a receita supera os custos, sugerindo que o investimento ou operação é rentável.
- **Índice de Retorno = 1** – Indica que a receita é igual aos custos, sugerindo que a operação está no ponto de equilíbrio, sem lucro nem prejuízo.
- **Índice de Retorno < 1** – Indica que os custos superam a receita, sugerindo que o investimento ou operação está gerando prejuízo.

Em suma, após calculada a receita, caso esteja maior que o CT, a empresa pode ser enquadrada como economicamente viável. Se for maior apenas que o CV, é preciso procurar uma forma de aumentar a receita sem acréscimos proporcionais no custo, ou diminuir o custo sem a perda proporcional de receita.

6.4. Demonstração do Resultado do Exercício (DRE)

Outra forma de gerenciar o quadro financeiro da indústria beneficiadora de algodão em caroço é por meio da Demonstração do Resultado do Exercício, conhecida como DRE. A ferramenta permite uma análise detalhada da situação financeira, identificando pontos fortes e fracos do negócio e proporcionando ao administrador sua margem de lucro, eficiência operacional e como garantir a sustentabilidade financeira da empresa. No quadro abaixo, é demonstrado um exemplo simplificado de uma DRE.

7. Redução de custos é essencial

Do ponto de vista econômico, alguns instrumentos são essenciais para a sustentabilidade de um negócio. Primeiro, é crucial produzir de forma eficiente, seja através da redução de custos ou aumento de receitas. Em segundo lugar, é importante atuar de maneira dinâmica no mercado, comprando quando os preços estão baixos e vendendo quando estão altos. Por fim, avaliar e mitigar riscos é fundamental.

O beneficiamento não apenas é essencial em termos de preparar a pluma para comercialização pelas fiações, mas também tem um impacto importante no custo de produção, influenciando a rentabilidade do produtor. Um beneficiamento bem controlado pode trazer lucros, confiabilidade e credibilidade, enquanto um beneficiamento mal gerido pode resultar em prejuízos, perda de credibilidade e afetar negativamente a imagem do beneficiador, da região, do estado e até do país.

Para reduzir custos, além de controles contábeis, são necessárias muitas ações gerenciais e operacionais que, se devidamente aplicadas e monitoradas, tendem a gerar resultados positivos. Muitas vezes, essas ações são vistas como de pequena magnitude e focadas em pontos específicos do processo produtivo, sendo, portanto, deixadas em segundo plano. Somente quando os problemas se tornam evidentes é que se dá a devida atenção a eles, mas nesse momento os custos já podem ter ultrapassado os limites desejáveis. Controlar o custo fixo é um grande potencial para reduzir gastos. No entanto, nunca se deve negligenciar a manutenção dos maquinários ao buscar a redução de custos, pois isso pode resultar em prejuízos indesejáveis. Assim, segundo Chanselme (2008), entre as ações que podem ser implementadas pela gerência da usina para iniciar um trabalho de redução de custos estão:

- Instalar medidores de consumo (combustíveis e energia);
- Conhecer 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 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.

Além disso, uma atenção especial poderá ser direcionada para diluir os custos fixos através da

Tabela 3. Demonstrativo do Resultado do Exercício

Descrição		R$
Receita bruta (-) Impostos sobre as vendas		
= Receita líquida		
Custos diretos Custos indiretos (-) Soma dos custos		
= Lucro bruto		
Despesas	Pessoal Contador Licenças Outras	
(-) Soma das despesas		
Lucro operacional		
(-) Imposto de renda		
Lucro Líquido		

redução dos gastos na operação, tais como:

- Equipamentos modernos e automatizados de qualidade;
- Manutenção dos equipamentos, para evitar paradas;
- Investimento em pessoal competente e treinado.
- Energia (ventilação, secagem);
- Organização e redução da mão de obra.

8. Gerencie sua atividade

De acordo com o abordado neste capítulo, o acompanhamento dos custos é primordial para a tomada de decisão em qualquer empreendimento, especialmente na agropecuária, em que os espaços de tempo entre os custos e receitas são mais delicados do que em outros setores. Dessa forma, é de suma importância que o produtor/empresário conheça e realize o acompanhamento das suas despesas para conseguir mensurar sua lucratividade e, além disso, encontrar maneiras de diminuir seus custos, visando a uma melhor margem para a sua atividade.

Foi demonstrado que a forma mais comum de calcular e acompanhar os custos nas indústrias beneficiadoras de algodão é utilizando o método do custeio por absorção. Esse método se baseia na separação entre os gastos fixos de operação e os custos que variam de acordo com o período ou circunstâncias específicas. Através dos cálculos e acompanhamentos realizados, é possível medir o índice de retorno da indústria, seu lucro e identificar indicadores que mostram onde há potencial para reduzir despesas.

É importante destacar que um dos desafios das empresas é buscar constantemente a melhoria de suas atividades. As empresas precisam concentrar esforços não apenas em inovações tecnológicas, mas também na gestão e tabulação das informações geradas. Com esse objetivo, a usina de beneficiamento de algodão deve detalhar suas atividades e identificar gargalos e oportunidades para aumentar a rentabilidade. Para isso, é necessário utilizar ferramentas que facilitem o armazenamento de dados e elaborar relatórios e indicadores de desempenho periodicamente. Dessa forma, será possível estabelecer metas que visem ao melhor custo-benefício para o negócio.

Em busca de contribuir com os gestores e administradores de UBAs, o Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (Imea) elaborou uma ferramenta que permite que os gestores organizem e monitorem suas finanças de forma eficaz, desde o acompanhamento dos custos de produção até a gestão de receitas e despesas. A ferramenta oferece *insights* que ajudam a otimizar a rentabilidade e a tomar decisões fundamentadas. Com isso, os gestores podem ter uma visão clara do desempenho financeiro de suas operações, o que lhes permite um planejamento estratégico.

Aponte a câmera do seu celular para o QR Code acima

Referências bibliográficas

ALVES, L. R. A.; RIBAS, P. **Manual do Beneficiamento de Algodão**, Ampa/IMAmt – 1ª ed., 2014.

BARROS, G. S. C. **Economia da comercialização agrícola**. Piracicaba: Fealq, 1987.

CEPEA – centro de estudos avançados em economia aplicada. **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. 2009.

MARION, J. C. **Contabilidade empresarial**. 15ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SANTOS, J. G.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SILVA, R. N. S.; LINS, L. S. **Gestão de custos: contabilidade, controle e análise**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

VARIAN, H. (2016). **Microeconomia: uma abordagem moderna**. 9ª edição. Cap. 20.

Paulo V. Ribas

CAPÍTULO 13

Utilização e conservação da energia em algodoeiras

Introdução

Atualmente, 50% do parque industrial de beneficiamento de algodão no Brasil é composto por usinas cuja concepção de engenharia é antiga, com modelos de processos antigos, o que remete a maior dispêndio e também perda de energia pela falta de eficiência. Na última década, houve uma evolução significativa nesse parque industrial, com um incremento para mais de 30% do número de usinas que seguem um modelo moderno e com engenharia avançada, presumidamente de maior eficiência. As usinas antigas, em especial aquelas que atendem o beneficiamento de grandes áreas, geralmente contam com processos compostos por dois ou mais conjuntos de máquinas, o que representa uma grande quantidade de máquinas, que demandam muita energia. Porém, esses processos são limitados quanto a suas tecnologias e possibilidades de modernização, devido ao alto custo-benefício do esforço necessário para adequá-los. Já as usinas modernas, com a evolução da engenharia, possuem processos de alta produtividade, com mais tecnologia agregada, menor número de maquinário, mas que também demandam muita energia. Elas contam com a vantagem de poder agregar, com facilidade, mais tecnologia e possibilidades de automação, sendo assim mais eficientes quanto ao uso da energia.

Os tipos de energia mais consumidas numa unidade de beneficiamento de algodão (também conhecidas por UBA) são a energia elétrica e a energia térmica. A energia elétrica é predominante e responde por mais de 98% da demanda dos processos; ela é aplicada para iluminação e movimentação mecânica (motores), com diversas finalidades. Já a energia térmica é utilizada para executar a gestão da umidade dentro do processo, nas etapas do beneficiamento que tratam da secagem do algodão em caroço, da umidificação do algodão em caroço antes de descaroçar e da umidificação da fibra antes do enfardamento.

Desta forma, visando uma gestão adequada, eficiente e sustentável da algodoeira, é importante manter o controle sobre onde e como a energia será aplicada e o montante a ser utilizado, bem como conhecer as fontes da energia que se utiliza, as formas de sua aplicação e as maneiras de racionalizar esse uso, pois os custos são significativos e sua conservação se torna indispensável.

1. Tipos de energia para algodoeira

1.1. Energia elétrica

Numa indústria de beneficiamento, existem muitos dispositivos que demandam energia elétrica para funcionar, como motores, máquinas, equipamentos eletrônicos, iluminação, condicionamento de ar, ferramentas e aparelhos diversos. Ao somarmos todas as potências nominais teremos o total de potência instalada para a operação desta indústria. Para este funcionamento existe um custo, que normalmente é variável. A tarifa é estabelecida por lei federal para cada região do país e, individualmente, por concessionária do serviço. O fornecimento dessa energia se dá através de redes e circuitos elétricos provenientes das concessionárias e/ou de geração própria.

1.1.1. Principais fornecedores da energia elétrica para algodoeira

1.1.1.1. Concessionária de energia elétrica

É uma empresa privada ou pública de serviço público de energia elétrica que opera sob um contrato de concessão com o governo. Essa concessão dá à empresa o direito exclusivo de fornecer eletricidade em uma área geográfica específica por um determinado período de tempo. É remunerada pelo serviço prestado de fornecimento da energia, tendo direito à cobrança direta do consumidor usuário.

1.1.1.2. Mercado livre de energia elétrica

É uma opção do consumidor comprar a energia de outros fornecedores e não da concessionária. Existem no mercado comercializadores de energia elétrica disponibilizada por empresas geradoras (usinas) que, sob supervisão da agência reguladora federal, oferecem esse recurso ao mercado consumidor. Regidas por normas específicas, eles estabelecem contratos negociados por alguns anos com valores atraentes em relação ao valor cobrado pelas concessionárias.

1.1.1.3. Fornecimento próprio

Neste caso, a unidade desenvolve a sua própria geração de energia elétrica por meios homologados pelos órgãos competentes, regidos pelo Ministério de Minas e Energia. Esse desenvolvimento depende de investimentos e deve atender dispositivos legais e normativas que enquadram essa geração.

1.1.2. Principais fontes de energia elétrica para algodoeira

1.1.2.1. Energia disponibilizada pela concessionária

A UBA será atendida por uma concessionária, independentemente da tarifa e classificação tarifária, capacidade e potência a ser utilizada, através de suas estruturas de rede de distribuição ou transmissão (média ou alta tensão), que entregará a energia no ponto de entrega, geralmente na entrada do sistema de medição. A tarifa é definida pela agência reguladora (no caso, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL) e pelo governo, através do Ministério de Minas e Energia, e a unidade é enquadrada em um tipo de tarifa definido pelo órgão regulador de acordo com o tipo de atividade e a carga a ser atendida.

Os custos são levantados e medidos por períodos de 30 dias, ou por período proporcional ao tempo de uso, através de medidores do consumo e da demanda, sendo variáveis também pela época em que a energia é utilizada, safra e entressafra, pico e fora de pico. Em época de safra e produção da unidade, a medição é efetuada sobre a energia real consumida e contratada. Fora da safra (entressafra), com a unidade fora de operação, os custos são estabelecidos por contrato, sendo considerado sempre um consumo mínimo e uma reserva mínima de demanda de energia (Tabela 1).

Tabela 1. Custo mensal estimado para consumo x concessionária (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Descrição	Qtde.	Tarifa s/ trib.	Tarifa c/ trib.	Valor total R$	ICMS %	ICMS R$	Base PIS/ COFINS	PIS 0,7825%	COFINS 3,6043%
Consumo kWh - Ponta	1.050,000	1,830720	2,622880	2.754,02	27	743,59	2.010,44	15,73	72,46
Consumo kWh - Fora de ponta	584.850,000	0,357910	0,512770	299.893,53	27	80.971,25	218.922,28	1.713,07	7.890,62
Demanda de potência média - Fora de ponta	1.207,5	20,460000	29,313310	35.395,82	27	9.556,87	25.838,95	202,19	931,31
Demanda de potência não consumida - Fora de ponta	174,5	20,460000	21,398710	3.734,07	0	0,00	3.734,07	29,22	134,59
				341.777		91.271,71		1.960,21	9.028,98
Valor da fatura		**444.038,35**							

1.1.2.2. Compra no mercado livre

A UBA realiza um contrato de compra de energia diretamente com um comercializador. Diferentemente do sistema da concessionária, o mercado livre não tem sua própria infraestrutura e utiliza, normalmente por locação, toda a infraestrutura de fornecimento da concessionária (postes, cabeamentos, equipamentos etc.), por onde distribui e entrega a energia comercializada. A tarifa desse uso é definida no contrato de venda de energia ao consumidor usuário. A cobrança é efetuada geralmente em duas faturas. A primeira fatura é da concessionária, na qual são efetuados os cálculos de uso da infraestrutura e das taxas e impostos governamentais, como ICMS, PIS e COFINS, incidentes sobre os serviços e o produto comprado. A segunda fatura é da comercializadora e efetua a cobrança da energia negociada pelo contrato do mercado livre. O procedimento de medição da energia consumida permanece o mesmo, a cargo da concessionária que efetua as medições do consumo e da demanda da energia utilizada.

Quanto ao custo, existem vários protocolos e exigências consideradas na definição do enquadramento da unidade nos diversos tipos de tarifas, tais como o volume do consumo (kWh) e demanda (kW) a serem contratados, o período de tempo, sazonalidade e a classificação tarifária. Com isso, o valor se torna bastante variável, mas geralmente ainda abaixo do que é cobrado diretamente pela concessionária devido às possibilidades de negociação com as comercializadoras, com redução que pode chegar a 35% sobre o valor cobrado pela concessionária. Porém, a unidade fica condicionada ao tempo (número de anos) de utilização definido pelo contrato.

Uma das vantagens oferecidas pela energia proveniente do mercado livre é a possibilidade de utilização em horário restrito pela concessionária, o chamado horário de pico, correspondente geralmente a 3 horas de parada em período de alta demanda de energia residencial e comercial das zonas urbanas, situação que gera sobrecargas e deficiências técnicas no fornecimento.

A complexidade técnica e econômica das transações para adotar o fornecimento através do mercado livre remete à necessidade de apoio por uma consultoria especializada.

1.1.2.3. Geração mecânica (uso de gerador)

A energia elétrica é gerada através de energia mecânica originada por motor que geralmente funciona à combustão, de diversas potências (CV) e com diferentes capacidades para aplicação, utilizando normalmente como combustível o óleo diesel ou produto similar. Trata-se de uma energia cara em função do alto consumo de combustível, do preço do combustível e do extenso tempo necessário para o uso da energia gerada, que normalmente se estende por todo o período de produção e algum tempo também fora de produção.

O objetivo da geração mecânica é disponibilizar energia em unidades que não têm carga disponível fornecida pela concessionária, onde não há rede de distribuição de energia e infraestrutura técnica necessária para o atendimento, para suprir a demanda em ocasiões de faltas imprevistas e de interrupção obrigatória em horários de pico determinados pela agência reguladora.

As unidades de beneficiamento de algodão geralmente utilizam equipamentos de potências altas, entre 400 e 2.000 kVA, podendo variar para menos ou para mais. O consumo médio de combustível por hora pode variar entre 25 e 300 litros. Considerando

um funcionamento diário de 23 horas para uma usina que trabalha em 2 ou 3 turnos, o volume de combustível é muito alto e o custo também (Tabela 2). Ainda assim, a geração mecânica é uma alternativa viável em diversas situações, especialmente em locais remotos. São muitos os casos de usinas que iniciaram suas atividades com uso de energia gerada por moto-geradores, permanecendo tal solução até a chegada da energia pelas concessionárias.

Tabela 2. Custo diário estimado para uso de gerador de energia (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Unidade (qtd)	Potência (kVA)	Horas trabalho	Consumo litros	Valor/litro (R$)	Valor total dia (R$)	Valor mês (R$)
1	1200	23	200	5,60	25.760	670.000

1.1.2.4. Geração fotovoltaica (energia solar)

A energia fotovoltaica é uma tecnologia recente no ambiente das algodoeiras, porém bastante difundida e utilizada em outros setores de produção industrial. Está em franco crescimento no agronegócio e constitui uma excelente alternativa para garantia e confiabilidade no fornecimento, bem como para redução dos custos, sustentabilidade ambiental (sem poluição, não extrativismo e preservação do ambiente) e até como oportunidade de negócio.

O combustível fonte para geração de energia é o sol, portanto o clima é um fator condicionante nesse tipo de produção de energia elétrica. O processo da geração se dá através de um efeito fotovoltaico pelo aquecimento que ocorre internamente nos módulos fotovoltaicos (placa solar), que são instrumentos de captação da luz solar, e através de um inversor, que irá converter a energia gerada pelo sistema na energia elétrica a ser consumida.

Em períodos de chuva ou nublados, sem a presença da luz do sol, a geração não acontece. O mesmo ocorre à noite. Por este motivo, nestas situações, se gerencia o uso da energia aliado a outras fontes, que podem ser a própria concessionária ou outra fonte de geração.

A instalação de uma usina fotovoltaica normalmente se dá ao nível do solo, em área de dimensões variáveis, geralmente superiores a 8.000 m² (0.8 ha), dependendo da capacidade e dimensionamento dessa usina (Figura 1). A instalação aérea sobre telhados pode ser uma opção, porém, bastante limitada pelas dificuldades de acesso, pelo dimensionamento das estruturas, pelo peso total e pela necessidade de limpeza sistemática. Para garantir a eficiência da captação da luz do sol, a limpeza das placas deve ser uma premissa.



Figura 1. Usina fotovoltaica (Fonte: Acervo Yellot Fotovoltaica, 2024)

A energia gerada pela usina fotovoltaica pode ser utilizada diretamente pela algodoeira, sem a necessidade de disponibilizá-la à concessionária. Este sistema, chamado "*off grid*", permite o uso imediato da energia gerada. Quando a geração de energia é excedente, a usina produz mais do que a unidade de beneficiamento utiliza, ou em caso do período de entressafra, em que o uso de energia é baixo, o excedente gerado pode ser disponibilizado à concessionária e injetado na rede de distribuição. Com isso, haverá uma compensação financeira na fatura de energia elétrica da concessionária em prol da unidade consumidora. É importante ressaltar que providências técnicas e estruturais são necessárias nesse contexto, sob orientação das concessionárias.

A geração fotovoltaica passou a ser uma oportunidade interessante de negócio com o advento do mercado livre de energia. O proprietário da UBA, ao optar por instalar uma usina fotovoltaica, pode vender toda a energia gerada ou parte dela a comercializadoras cadastradas e autorizadas pela agência

reguladora. Dessa forma, é importante negociar valores que sejam compensadores para venda e para seu próprio fornecimento, ou seja, potencializar os ganhos e reduzir os custos. Com isso, deverá optar por conseguir reduzir o custo de energia quase a zero ou obter uma redução considerável na fatura com a venda total ou com a venda + consumo. Com base em entrevistas com gestores de diversas unidades que utilizam o sistema fotovoltaico e especialistas de concessionárias, o valor da fatura pode ser reduzido em até 85%.

Com o avanço da tecnologia, a energia gerada pode ser armazenada para uso posterior, através de sistemas de armazenamento envolvendo baterias de íon-lítio. Com isso, pode ser uma solução a mais para quem deseja alocar energia em horários específicos e em casos de queda de energia.

1.1.2.5. Geração hidrelétrica

A energia é proveniente da força da água que movimenta turbinas, gerando energia mecânica que, por meio de geradores, se transforma em energia elétrica. A água é direcionada através de um curso natural (rio/riacho) ou artificial (canais/tubulações) até chegar às turbinas. A eletricidade gerada é elevada a uma tensão mais alta para ser transportada a diferentes distâncias, por linhas de transmissão, até uma subestação que fará o rebaixamento da tensão e a distribuição. O funcionamento é bastante complexo, já que depende de um conjunto de fatores naturais e humanos, além dos vários equipamentos necessários para a produção e distribuição desse tipo de energia.

Trata-se de um recurso natural, de energia renovável, bastante utilizado no agronegócio devido à disponibilidade dos recursos no ambiente onde existe a produção. As hidrelétricas nas fazendas podem ser PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas) que geram energia acima de 5 MVA, e CGHs (Centrais de Geração Hidrelétrica) que geram abaixo de 5 MVA. Nas algodoeiras, é uma opção presente em diversas unidades, geralmente instaladas em fazendas.

Assim como na geração fotovoltaica, a energia gerada pode ser utilizada diretamente pela algodoeira, sem repassar à concessionária. A geração excedente pode ser disponibilizada à concessionária com compensação financeira na fatura de energia elétrica.

Também, com as novas leis regulatórias, tornou-se oportunidade de negócio no mercado livre de energia. Com isso, é possível reduzir o custo de energia quase a zero ou rentabilizar com a venda total ou parcial da energia gerada. A redução no valor da fatura é considerável.

O investimento para implantação de uma unidade de geração hidrelétrica (Figura 2) normalmente é alto, devido à necessidade de infraestrutura específica, pesada e complexa. É importante ressaltar que providências técnicas e estruturais são necessárias, com a participação de empresas e profissionais especializados e, conforme o destino do uso, sob orientação das concessionárias.

1.1.2.6. Outras fontes

Existem estudos e trabalhos realizados que buscam alternativas para geração de energia elétrica utilizando a biomassa produzida pela algodoeira, tais como: resíduos de cascas, folhas e caules, torta de caroço e o próprio caroço do algodão (Beltrão, 2007). A biomassa é fonte de energia fundamental para a produção de diversos biocombustíveis, como, por exemplo, o bio- óleo, biodiesel, BTL (Biomass To Liquid), etanol, e o biogás, sendo uma das principais formas de aproveitamento da biomassa como uma alternativa abundante de energia. Para geração de energia, são utilizadas caldeiras para queimar a biomassa, gerando vapor e movimentando turbinas que convertem a força motriz em energia elétrica.



Figura 2. PCH zona rural (Fonte: Acervo AMAGGI, 2022)

1.2. Energia Térmica

Energia termoelétrica (ou termelétrica) é gerada a partir do calor que é obtido pela queima de materiais combustíveis. Esses materiais podem ser de fontes não renováveis, como carvão mineral, petróleo e gás natural, ou de fontes renováveis, como a biomassa (cavaco, lenha, casca de algodão). Na algodoeira, a energia térmica tem um uso mais restrito e específico e se destina à gestão da umidade dentro do processo, envolvendo as etapas de secagem, umidificação do algodão em caroço e umidificação da fibra.



Figura 3. Estação de GLP (Fonte: Cotimes do Brasil, 2017)

1.2.1. Principais fontes de energia térmica para algodoeira

1.2.1.1. GLP – Gás líquido de Petróleo

É uma mistura de gases de hidrocarbonetos utilizada como combustível em aplicações de aquecimento, como queimadores, aquecedores, fogões e unidades de geração de vapor, bem como em veículos. É um combustível fóssil extraído da terra, ou seja, do meio ambiente. Comporta, portanto, uma responsabilidade socioambiental que também é inerente às atividades de beneficiamento.

O GLP é fornecido por distribuidoras credenciadas pela ANP, e seu manuseio está atrelado às normas da ABNT – NBRs 14024, 15514, 15526, 15186, entre outras. Para uso nas algodoeiras, o GLP normalmente é transportado e armazenado a granel, em tanques de alto volume com capacidades de 5.000, 10.000 litros ou mais, e deve ser instalado em estações de abastecimento e distribuição em áreas isoladas e cercadas, devidamente protegidas, com espaços para centrais de comando, acessos fáceis e sistema de combate a incêndio disponível. Normalmente, o tanque de armazenamento é instalado em bases sólidas com altura mínima de distância do piso (Figura 3). A distribuição aos destinos de uso deve ser feita através de tubulações específicas (multicamadas, cobre ou galvanizadas) e identificadas pela cor amarela, segundo a NBR 6493.

No processo de beneficiamento do algodão, o uso do GLP é destinado ao sistema de secagem e umidificação do algodão em caroço, à umidificação da fibra antes de ser prensada e também, em alguns casos, ao abastecimento de empilhadeiras.

Para secagem, o GLP é o combustível utilizado pelo queimador que gera a chama que fará o aquecimento ou reaquecimento do ar que transporta o algodão para a etapa de limpeza

(Figura 4). O ar a ser aquecido é capturado no ambiente próximo de onde está instalado o queimador. Quando a algodoeira conta com duas etapas de secagem na sequência das máquinas, o processo se repete, a partir de outro ponto de retomada do algodão.

Para a umidificação do algodão em caroço e da fibra, o GLP é utilizado em uma unidade geradora de vapor, onde um queimador aquece uma chapa metálica que realiza a vaporização da água. O ar, assim saturado de vapor de água, é transportado às respectivas unidades umidificadoras, sobre os alimentadores-extratores e na bica da prensa.

A implantação de sistemas que utilizam o GLP nas algodoeiras demanda de investimentos mais simples, não muito custosos, com boa tecnologia agregada e ajuste automático e instantâneo às condições de umidade do algodão. O fornecimento se dá via comodato, onde a distribuidora fica responsável por toda a instrumentação necessária para armazenamento do GLP e alimentação do sistema da unidade consumidora, como tanques de reservatório, tubulações, registros, válvulas, manômetros, painéis e demais controladores. Cabe à unidade que utilizará o GLP providenciar a infraestrutura para receber os componentes de armazenagem e alimentação da usina, tais como piso, bases, cercas, placas de avisos, extintores de incêndio, energia elétrica, entre outros.

O GLP é um recurso que, com tecnologia, permite respostas rápidas às demandas voláteis de temperatura



Figura 4. Queimadores a GLP acoplados a ventiladores (Fonte: Cotimes do Brasil, 2017)

para secagem do algodão, uma vez que a umidade do material que chega do campo ou está armazenado no pátio é muito variável no decorrer da alimentação do processo. Trata-se de um ponto crítico e importante no processo de beneficiamento, com impacto forte na qualidade da fibra e na rentabilidade da empresa.

Visto tratar-se de um combustível fóssil, fornecido por distribuidoras regidas por órgãos públicos e sujeitas à política econômica governamental, o GLP tem os preços tabelados e alinhados com os demais combustíveis disponíveis. Com isso, o valor impacta fortemente no custo de produção; porém, é compensado pelo custo x benefício da facilidade de aplicação, tecnologia, automação, respostas rápidas e operação, uma vez que dispensa a intervenção humana direta permanente e não exige altos investimentos estruturais para implantação (Tabela 3).

Tabela 3. Custo estimado do uso de GLP (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Descrição	Unidade	Valor
Custo do GLP por Kg	R$	8
Consumo de GLP por fardo (secagem/umidificação)	Kg	3.5 a 5.0
Número de fardos produzidos safra	Und	20.000
Consumo total de GLP	Kg	70.000 a 100.000
Custo total GLP	R$	560.000 a 800.000
Custo GLP por fardo (227 kg)	R$	28 a 40

É importante salientar que o uso do gás necessita de acompanhamento e controles, pois, além da questão socioambiental, implica atenção especial à segurança e a custos razoáveis e importantes no beneficiamento. É recomendado que as providências técnicas e estruturais sejam acompanhadas por supervisão especializada e realizadas sob orientação dos fornecedores.

1.2.1.2. Caldeira a vapor

Utilizada em diversas indústrias para gerar vapor a partir da queima de combustíveis de diversas fontes, como lenha, cavaco, casca de algodão, gás, óleo, etc., a caldeira a vapor, no processo de beneficiamento, tem a mesma finalidade do sistema que utiliza GLP. É destinada a atender o sistema de secagem e umidificação do algodão em caroço, bem como a umidificação da fibra antes de ser prensada.

O que distingue os dois sistemas são as características físicas e estruturais das instalações e da estação de fornecimento. A opção por caldeira exige um investimento vultuoso e uma estrutura física maior. Para produzir o vapor, a caldeira (Figura 5) é composta por vários componentes principais que trabalham juntos de maneira integrada. Além disso, também são necessários componentes especiais de segurança e pessoal operacional em tempo integral, segundo a Norma Regulamentadora 13 (NR-13), que rege esta atividade.

Além do equipamento, que tem grandes dimensões, é necessário um projeto técnico criterioso, definindo o tipo de caldeira a ser utilizada, dimensionando a capacidade de produção conforme a finalidade, bem como a infraestrutura que comportará o abrigo e toda a implantação. A distribuição do vapor produzido pela caldeira se dá através de tubulações metálicas que precisam ser totalmente isoladas termicamente, a fim de manter a eficiência do sistema e evitar perdas. De acordo com a NBR 6493, a cor a ser utilizada na tubulação do vapor de caldeira é o branco.

O uso de caldeiras em algodoeiras apresenta algumas vantagens e desvantagens em termos de custos e controles, relacionados ao uso de gás e à preservação do meio ambiente.

Vantagens:

- Custo operacional mais baixo quando se utilizam combustíveis produzidos pela algodoeira (resíduos do beneficiamento) (Tabela 4);
- Minimiza os problemas de poluição com lixo e resíduos na área externa da usina.

Desvantagens:

- Investimento alto, no caso de um equipamento de qualidade;
- Risco de segurança devido à presença de uma fonte de fogo dentro da área da usina;
- Risco de segurança com relação a risco de explosão;



Figura 5. Caldeira instalada em algodoeira (Fonte: Cotimes do Brasil, 2022)

- Tempo de reação do sistema excessivamente longo para uma automação baseada no fluxo de vapor;
- Limitação para automação da secagem e umidificação e para o dimensionamento dos trocadores de calor, devido ao desconhecimento técnico nas áreas de pneumática e beneficiamento;
- Necessidade de operação com acompanhamento humano contínuo e presencial.

Tabela 4. Custo estimado para operação de caldeira para 1.200 f/dia* (Fonte: Cotimes do Brasil, 2024)

Item	Resíduo de algodão	Unid.	Cavaco/lenha	Unid.
Número de fardos produzidos dia (und)	1.200			
Consumo por hora	175	kg	2,8	m^3
Consumo por 21h	3.675	kg	59	m^3
Consumo por fardo	3,1	kg	0,05	m^3
Custo do material (R$)	0,3	kg	300	m^3
Custo do material por dia	1.103	R$	17.700	R$
Mão de obra / dia	192,00			
Custo total operação/dia	1.295	R$	17.892	R$
Custo por fardo (227 kg)	1,1	R$	15	R$

*Dados coletados de várias unidades de produção estados do MT e BA

Resíduo do algodão
Preço: R$ 300/ton
Consumo: 2.1 ton/turno 12h

Cavaco/lenha
Preço: R$ 300/m^3
Consumo: 33 m^3/turno 12h

O principal interesse no uso das caldeiras é substituir o consumo de gás (custo) na secagem e umidificação, pela queima de resíduos vegetais do processo de beneficiamento e, principalmente, de 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 excessivamente apertadas, que abafam totalmente a sucção. A perda de produção, aliada a uma secagem insuficiente, gera perdas muito maiores do que o gasto de gás em um sistema bem projetado e manejado.

O uso de vapor para umidificar é eficiente, desde que se tenha um sistema bem dimensionado e desenhado para levar quantidade suficiente de água em contato com a fibra, sem gerar condensação (Figura 6). O investimento em umidificação por caldeira deve incluir o isolamento de tubulações e um sistema de aquecimento de ar com trocador bem dimensionado.

2. Conservação da energia

O Balanço Energético Nacional (BEN), desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia (MME), estimou, nos últimos anos, que a indústria representa 40% do consumo energético de todo o Brasil. Além disso, uma pesquisa da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan) mostrou que, dependendo da área de atuação, o custo da energia pode representar até 40% do custo do processo produtivo. Ou seja,

uma parte considerável dos custos de produção em uma indústria é advinda do consumo de energia elétrica.

O uso adequado e eficiente dessa energia deve constar no planejamento das indústrias. Além da redução dos custos de operação, um programa de conservação de energia possibilita que a indústria adote uma atitude responsável e econômica no processo de produção.

Estima-se que entre 50 e 60% do consumo de energia elétrica em uma indústria seja oriundo do uso de motores elétricos (Panesi, 2006), e neste contexto se enquadra a indústria algodoeira. De acordo com o Manual de Eficiência Energética na Indústria (Copel, 2005), com o uso eficiente da energia elétrica, a indústria terá uma melhor utilização das instalações e equipamentos elétricos, uma redução no consumo de energia e, consequente, economia nas despesas com eletricidade. Com o melhor aproveitamento da energia, a indústria conseguirá um aumento de produtividade e um padrão de qualidade no produto acabado, tudo isso, mantendo o nível de segurança e diminuindo o tempo de parada, por manutenção, nas máquinas.

Diante disso, há uma série de ações que podem ser adotadas para melhorar o aproveitamento do uso da energia elétrica.

2.1. Ações para eficiência energética e redução de custos de energia

2.1.1. Projetos

Um programa de eficiência energética ideal começa já na construção da planta industrial. No projeto elétrico, a distância entre o ponto de fornecimento da tensão e as máquinas deve ser o menor possível para evitar quedas de tensão, os condutores devem atender às normas e as máquinas e equipamentos devem ter o maior rendimento possível. O estudo das normas e procedimentos eleva o projeto à condição de um potencial instrumento de eficiência energética nas instalações elétricas (Ortega, 2006).

2.1.2. Motores

O alto índice de uso de motores nas algodoeiras remete a um cuidado especial com os controles de consumo, em especial com o controle do fator de potência (FP), parâmetro que indica o uso adequado ou não do motor e pesa no custo



Figura 6. Dispositivo de uso de vapor para umidificação (Fonte: Cotimes do Brasil, 2022)

da energia. Esta situação é facilmente observada, tanto em indústrias como em outros tipos de estabelecimentos, conforme exposto por Bueno & Rossi (2006, p. 500). A utilização de motores de alto rendimento é uma medida simples para evitar o desperdício e representa uma atitude proativa na busca por eficiência energética.

Devido à necessidade 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 um custo maior na fatura.

2.1.3. Na produção

A programação de produção deve ser realizada de modo que o processo seja o mais contínuo possível. Nas indústrias que utilizam a tarifação horo-sazonal, a produção deve ser evitada nos períodos de tarifas mais elevadas.

2.1.3.1. Automação e Manutenção

O advento da automação nas indústrias teve como objetivo melhorar, acelerar e qualificar os processos produtivos. Nessa linha, podemos considerar que a automação contribui para o consumo eficiente de energia, permite que o rendimento das máquinas seja melhorado e ainda economiza matéria-prima.

Um exemplo de automação se dá na alimentação do processo. Automatizar a alimentação e o fluxo de algodão com o uso de sensores em torres de

regulação permitirá o controle do ritmo do descaroçador, carga e alimentação de algodão (fardão x velocidades de desmanche). Com isso, haverá menos paradas desnecessárias, sem demandar energia excedente às operações.

Manter o processo é de fundamental importância para um programa de eficiência energética completo. Segundo Oliveira *et al.* (2005), a busca por aperfeiçoamento e a introdução de novas tecnologias periféricas são opções avançadas que proporcionam ganhos competitivos na eficiência energética. Máquinas e equipamentos devem possuir um planejamento e uma programação de manutenção, para evitar paradas emergenciais e de longa duração. Um equipamento sem manutenção opera fora de sua condição nominal, e, o que obviamente onera a sua utilização com o maior consumo de energia elétrica.

Os principais pontos de verificação dos equipamentos a serem analisados nas inspeções da automação são: limpeza, reaperto e medições de fontes, transdutores e TCs, remotas, CPUs dos CLPs, IHMs e botões. A verificação da integridade física e do aperto dos sensores indutivos, magnéticos e de fim de curso deve ser uma ação sistemática.

Em relação ao uso do GLP, é indispensável que as tubulações de ar quente e ar úmido sejam termicamente isoladas, assim como, no processo de secagem, a torre de secagem. Já 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. Para estas ações, é importante ter em mãos as orientações dos fabricantes.

2.1.3.2. Investimentos

Ter um plano de conservação de energia não é sinônimo de redução de investimentos. Pelo contrário, os programas de eficiência energética necessitam de apoio financeiro para dar o retorno esperado. Nestes casos, é importante o envolvimento de todas as áreas para avaliar o custo-benefício dos investimentos que devem ser feitos. (Panesi, 2006).

Recomenda-se dar preferência a aquecedores a gás em detrimento dos elétricos, além de priorizar a instalação de medidores parciais em máquinas e equipamentos, bem como diretamente nas unidades consumidoras. Isso é particularmente relevante no caso de algodoeiras localizadas dentro de fazendas, onde a medição de energia é frequentemente generalizada para toda a propriedade.

Os investimentos para a implementação do plano de conservação de energia devem ocorrer não somente em equipamentos e novas tecnologias, mas também, em treinamentos de pessoal e consultorias especializadas. A conscientização geral é um importante fator de economia de energia. Confira algumas recomendações:

- Aproveitar a iluminação natural, instalando telhas translúcidas no telhado e em paredes laterais nos ambientes suscetíveis a sombras e pouca luminosidade;
- Priorizar a utilização de iluminação LED que, além de apresentar menor consumo de energia (economia), possui maior eficiência luminosa e também durabilidade;
- O uso de inversores de frequência em máquinas potentes e de alta performance é uma opção para um melhor controle operacional, automação e consequente racionalização do uso da energia.

2.1.4. Gestão da energia

Uma vez que a algodoeira busca a eficiência no uso e conservação da energia, é importante realizar, em determinados períodos de tempo e produção, uma auditoria energética para

atualizar as informações e manter o controle de consumo dentro de margens desejadas.

Interpretar a fatura de energia é outro recurso que auxiliará nos controles e nas tomadas de decisão quanto ao uso da energia na unidade consumidora. Da mesma forma, ou de acordo com a necessidade, deve-se procurar auxílio de assessorias especializadas a fim de alcançar os melhores resultados com confiança e de forma segura, nos diversos aspectos (físico, financeiro, etc.).

É recomendado monitorar o consumo diário de energia, através de medidores exclusivos da usina, calculando o montante consumido por tonelada de fibra, a fim de detectar, entender e remediar os consumos exagerados ou variáveis, identificando as causas e conscientizando sobre medidas corretivas.

2.1.5. Operação do processo

Evitar o uso de dois equipamentos ao mesmo tempo quando tecnicamente somente um pode atender à necessidade (por exemplo, dois desmanchadores de fardos quando somente um pode atender à demanda) e utilizar os desvios de máquinas (bypass) sempre que possível.

Quanto aos 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 o desligamento só deve ser feito se o tempo de parada exceder cinco minutos, pois, a cada entrada em funcionamento dos equipamentos, haverá uma forte necessidade de energia, com um custo agregado. Caso contrário, não é viável desligar a usina.

Evitar o uso desnecessário de motores superdimensionados devido a defeitos ou avarias nos motores originais e à falta de um motor reserva (60 ou 50 CV no lugar de 40 CV). Isso pode ser uma ação provisória, mas não deve se tornar definitiva , pois impacta no fator de potência e na eficiência do motor – um motor com muita folga ou carregamento mais baixo gastará energia desnecessária e aumentará o custo (energia reativa kVArh = multa);

Facilitar o trajeto e o fluxo dos materiais que circulam no processo de beneficiamento, sejam eles 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.

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. A umidificação da fibra antes da prensagem gera uma economia significativa de energia devido à diminuição da força necessária à prensagem do fardo.

2.1.6. Os programas de Conservação de Energia

Os programas de eficiência energética são iniciativas das gestões pública e privada com o objetivo de promover o uso eficiente da energia, reduzindo desperdícios e envolvendo diversos projetos para otimizar o consumo energético em diferentes setores. Com o intuito de melhorar a qualidade e eficiência de equipamentos elétricos, o governo brasileiro instituiu, por meio de Decreto Presidencial, em 8 de dezembro de 1993, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e o selo (Figura 7) que têm por objetivo indicar os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, proporcionando assim, a redução de custos energéticos.

É interessante que os gestores das algodoeiras estejam atualizados e informados a respeito desses



Figura 7. Selo Procel de Economia de Energia (Fonte: ELETROBRAS, 1993)

programas, pois são recursos de apoio que podem ser consultados, a fim de desenvolver iniciativas pontuais e dinâmicas que atendam aos seus interesses.

Os principais programas estabelecidos pelo governo e iniciativa privada no Brasil são:

- Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - MME;
- CGIEE - Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - MME;
- PEE - Programa de Eficiência Energética da ANEEL - MME;
- PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem - INMETRO;
- Cooperação Brasil-Japão: Promoção da Eficiência Energética e Conservação de Energia na Indústria Intensiva de Energia e Equipamentos - MME**/**ECCJ;
- EEWP - Grupo de Trabalho de Eficiência Energética - Agência Internacional de Energia (IEA);
- EE Hub - Hub de Eficiência Energética (Atividade especial da Agência Internacional de Energia - IEA).

Referências bibliográficas

MOSKO, J.M.; PILATTI, L.A.; PEDROSO, B.; Eficiência Energética na Indústria: elaboração e planejamento de programas de conservação de energia - **Revista de Engenharia e Tecnologia** ISSN 2176-7270 V. 2, No. 1, Abr/2010 - https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/11438/209209209411 - Acesso em 7 jul.2024.

GUITARRARA, P. **Energia elétrica**; Brasil Escola. Disponível em https://brasilescola.uol.com.br/fisica/energia-1.htm. Acesso em 10 jul.2024.

RIBAS, P. Utilização e conservação de energia em algodoeiras – MBA. In CHANSELME, JL (Edt): **Manual de Beneficiamento de Algodão** – AMPA/IMAmt – 2014, cap.9. Disponível em https://imamt.org.br/publicacoes/manuais-tecnicos/page/2/

GRUPO MB Newsletter; Barra Velha/SC. Post. **Economia de energia na indústria: 10 formas de aplicar.** Disponível em https://grupomb.ind.br/economizar-energia-na-empresa/ Acesso em 8 jul.2024.

SOLFUS, Engenharia e conservação de energia. Post. **13 dicas para economizar energia na indústria, em 31 de maio de 2023**. Disponível em https://solfus.com.br/9-dicas-para-economizar-energia-em-uma-industria/ - Acesso em 8 jul.2024

GOVERNO FEDERAL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Post. **Ações e Programas. Portal de Eficiência Energética**. Disponível em https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/ee/acoes-e-programas#:~:text=Procel%20%2D%20Programa%20Nacional%20de%20Conserva%C3%A7%C3%A3o,e%20o%20combate%20ao%20desperd%C3%ADcio. Acesso em 11 jul.2024.

MUNDO EDUCAÇÃO; Fontes de energia, Usina hidrelétrica. Post. **A usina hidrelétrica é um centro de produção de energia que utiliza a água como principal fonte. Essa forma de produção de eletricidade é muito comum no Brasil**. Disponível em https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/hidreletrica.htm - Acesso em 11 jul.2024.

BELTRÃO, N. EMBRAPA Algodão Campina da Lagoa/PB - **Algodão como alternativa energética é tema de palestra no 6° CBA**. 13 de agosto 2007. Disponível em https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18015246/algodao-como-alternativa-energetica-e-tema-de-palestra-no-6-cba - Acesso em 9 jul.2024.



Eduardo Moraes

Ricardo Tomaz

Fábio Carneiro

CAPÍTULO 14

Impactos ESG na algodoeira

Introdução

A ESG, sigla para Environmental (Ambiental), Social (Sociais) e Governance (Governança), corresponde a um conjunto de critérios utilizados para avaliar o desempenho de organizações, determinando se a empresa é socialmente consciente, sustentável e possui uma gestão adequada (Pereira *et al.*, 2021). Dessa forma, descreve o quanto uma empresa busca maneiras de minimizar seus impactos no meio ambiente, o quanto ela se importa com as pessoas ao seu redor e adota bons processos administrativos (PUCRS, 2024).

O termo surgiu pela primeira vez em um relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) em 2004, proposto como uma iniciativa conjunta de instituições financeiras destinada a estabelecer diretrizes e recomendações para melhor integração entre as questões ambientais, sociais e governamentais até o ano de 2030 (Eccles *et al.*, 2020). Com isso, as organizações têm buscado melhores práticas para se adequar às métricas e indicadores visando gerar valor para os acionistas e uma vantagem competitiva no segmento do mercado em que atuam.

Hoje a ESG se consolida como uma tendência global em constante evolução, com aproximadamente 30 trilhões de dólares em ativos, conforme constatado pelo GSIA (2022). A Europa surge como o maior mercado de investimentos ESG e foi pioneira na criação de marcos regulatórios, seguida pelos Estados Unidos, com o segundo maior mercado de ativos sob gestão ESG até 2022, através de práticas robustas de remuneração e práticas anticorrupção. O Brasil, entre os países emergentes, se destaca em termos de potencial ESG, e a causa começa a caminhar a passos largos aqui; no entanto, ainda existe um longo caminho a ser percorrido. Há um interesse mútuo entre as empresas em adotar práticas mais sustentáveis e responsáveis em suas políticas internas, mas o país enfrenta alguns desafios, como fatores ambientais e políticos, para se consolidar como líder em sustentabilidade.

1. Pilares ESG

1.1. Environmental (Ambiental)

Este pilar se concentra em como a empresa impacta o meio ambiente e como ela gerencia esses impactos. Eles incluem: mudanças climáticas (aquecimento global e pegada de carbono), poluição (poluição do ar e da água e a gestão de resíduos sólidos) e utilização dos recursos naturais (gestão hídrica, desmatamento, eficiência energética e biodiversidade).

1.2. Social

O pilar social está concentrado na responsabilidade da empresa com a comunidade, funcionários e clientes (stakeholders), e inclui: direitos humanos (combate ao trabalho infantil e à discriminação, promoção da diversidade e inclusão social), práticas trabalhistas (segurança e saúde no trabalho, boas condições de trabalho, diálogo social) e práticas em comunidades (investimento social, filantropia e comunidades sociais).

1.3. Governance (Governança)

Este pilar se concentra em como a empresa é gerenciada e como ela toma decisões. Para isso, são considerados os fatores: transparência (divulgação

de informações de impactos sociais e ambientais, responsabilização e combate à corrupção), gestão e controle (riscos e auditorias) e conduta empresarial (integridade, compliance e o combate a práticas antiéticas).

2. Aplicação no beneficiamento do algodão

2.1. Generalidades

No agronegócio como um todo, a preocupação com a causa social e a sustentabilidade tem levado os produtores a repensarem suas estratégias através da implantação dos princípios ESG. Essa abordagem holística surge como uma necessidade para promover o equilíbrio entre o crescimento econômico, a proteção ambiental e a justiça social em decorrência dos impactos causados outrora pela busca por produtividade e lucratividade do setor. Na cotonicultura não é diferente. Quando Mato Grosso liderou a produção de pluma no país pela primeira vez, na safra 1998/99, surgiu no estado a preocupação com a produção responsável nos aspectos sociais e ambientais. Assim, foi criado o Instituto Algodão Social (IAS), em 2005, pela Associação Matogrossense dos Produtores de Algodão (Ampa).

Adotar uma abordagem ESG nas operações de uma algodoeira não apenas atende às expectativas crescentes dos consumidores e investidores, mas também pode trazer benefícios tangíveis, como maior eficiência operacional, redução de riscos, acesso a novos mercados e oportunidades de financiamento sustentável, em que sua confiabilidade é atestada através de certificações.

Em 2020, após oito safras de experiência com o protocolo Algodão Brasileiro Responsável para as fazendas, o Brasil foi o primeiro país a lançar um protocolo de sustentabilidade específico para as algodoeiras.

Programa ABR-UBA

O Programa Algodão Brasileiro Responsável (ABR) surgiu em 2012, idealizado pela Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa), inspirado em uma iniciativa da Ampa, em 2005. Seu protocolo é baseado nas legislações trabalhistas e ambientais do Brasil. Em 2013, ele começou a operar em *benchmarking* com a *Better Cotton Iniciative* (BCI). Como resultado, na safra 2017/18 o programa bateu recordes, com 80% da produção nacional certificada, além de manter o posto de maior fornecedor de algodão BCI do mundo.

Baseado no conceito da sustentabilidade e nos princípios ESG, o programa chamado ABR-UBA (Algodão Brasileiro Responsável para Unidades de Beneficiamento) estabelece parâmetros a serem cumpridos, que serão auditados para a certificação dentro de oito critérios de avaliação, apresentados a seguir, e divididos em 170 itens de verificação e certificação (Abrapa, 2023):

- Contrato de trabalho;
- Proibição do trabalho infantil;
- Proibição de trabalho análogo a escravidão ou em condições degradantes ou indignas;
- Liberdade de associação sindical;
- Proibição de discriminação de pessoas;
- Segurança, saúde ocupacional e meio ambiente do trabalho;
- Desempenho ambiental;
- Boas práticas.

As UBAs brasileiras que optam por aderir ao programa recebem a certificação pelo volume beneficiado e pelos processos se o cumprimento mínimo exigido pelo programa for comprovado, através das etapas de diagnóstico e auditoria das algodoeiras. A unidade de beneficiamento que busca a aprovação no processo de certificação precisa se preparar previamente, adequando seus procedimentos e avaliando documentações, além de treinar as pessoas envolvidas.

2.2. Ambiental

2.2.1. Aspectos gerais e obrigações

O aspecto ambiental, nesta temática, assume um papel fundamental dentro das unidades de beneficiamento de algodão. Abrange uma gama de aspectos, e, com a adoção das estratégias e tecnologias corretas, é possível mitigar quase que integralmente os seus impactos. Destaca-se a busca pelo gerenciamento eficiente dos resíduos gerados quanto à sua destinação, bem como o controle das emissões,

em especial o elemento particulado fino – poeira (Figura 1).

Para tal, práticas se fazem necessárias como forma de mitigação destes impactos, e abrangem a implementação de sistemas de gestão ambiental e o devido cumprimento das legislações ambientais vigentes, tanto em nível federal quanto estadual ou municipal, através das licenças.

2.2.2. Legislação e normativas para projetos de implantação de novas UBAs

O processo de implantação de uma Unidade de Beneficiamento de Algodão (UBA) está sujeito à geração de impactos ambientais, como poeira, resíduos, ruídos e efeitos gerados com a proximidade de cidades. Desta forma, através da contratação de engenheiros e/ou técnicos da área ambiental, são realizados estudos, programas e planos com os métodos e mecanismos de controle ambientais para minimizar ou compensar estes passivos ambientais.

Inicialmente, verifica-se a localização da UBA para aplicação da legislação com a competência estadual ou municipal do processo de licenciamento ambiental, conforme orienta o decreto nº 1.268, de 25 de janeiro de 2022, e a resolução Consema nº 41/2021. Desta forma, as atividades correlacionadas ao beneficiamento de algodão e passíveis de licenciamento ambiental podem ser identificadas na Tabela 1.

As atividades acima deverão ser submetidas aos processos de licenciamento ambiental trifásico e/ou Licenciamento Ambiental Simplificado.

2.2.2.1. Licenciamento Ambiental Trifásico

É o procedimento no qual o poder público, representado por órgãos ambientais, autoriza e acompanha a implantação e a operação de atividades que utilizam recursos naturais ou que sejam consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras. O empreendedor tem por obrigação buscar o licenciamento ambiental junto ao órgão competente, desde as etapas iniciais até a sua efetiva operação.



Figura 1. Dispersão da poeira no ciclone geral de resíduos (Fonte: Cotimes do Brasil, 2023)

O processo de licenciamento ambiental trifásico é constituído de três tipos de licenças, em que cada uma é exigida em uma etapa específica do licenciamento (Tabela 2).

2.2.2.2. Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS)

É um processo de licenciamento digital realizado pela Sema/MT com apenas uma fase de análise. De início são realizados os estudos que compõem a fase de implantação, e o diagnóstico ambiental deve conter as seguintes informações:

1. Aspectos gerais (área total, área a ser construída, área destinada ao sistema de controle, mão de obra empregada, período de funcionamento, matérias primas e insumos, etc.) e concepção do projeto de engenharia e do sistema de tratamento;
2. Caracterização do meio físico;
3. Sistema de tratamento de efluente;
4. Vegetação e fauna local;
5. Fonte de abastecimento de energia elétrica;
6. Direção predominante dos ventos;
7. Combustíveis utilizados (tipo e quantidade) e sistema de armazenamento;
8. Solução para mitigar os impactos ambientais e socioambientais que poderão ocorrer durante a implantação e operação da algodoeira (alteração da qualidade da água superficial e subterrâneas, geração de resíduos, intensificação de tráfego de veículos, entre outros).

Durante a etapa do licenciamento, o Plano de Controle Ambiental (PCA) é o projeto ambiental exigido, e deve conter:

1. Informações de impactos gerados pelo empreendimento, destacando os pontos onde haverá emissão de ruídos ou geração de resíduos sólidos e alternativas de tratamentos;
2. Projeto (memorial descritivo, de cálculo e plantas) da bacia de contenção e sistema de tratamento se houver combustível estocado;
3. Projeto executivo do sistema de tratamento de efluentes domésticos e industriais.

É exigido ainda o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Nesse projeto, serão levantados todos os pontos de geração de resíduos na fase de construção, descrevendo a forma de acondicionamento, transporte, tratamento e destinação final correta.

De posse destes estudos e em conjunto com os projetos de engenharia, os responsáveis deverão definir os mecanismos de controle de poluição e de tratamento dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos que serão gerados.

Tabela 1. Atividades passíveis de licenciamento ambiental (Fonte: Sema/MT, 2022)

CNAE	Descrição da atividade	Nível de poluição
1311-1/02	Esmagadora de caroço de algodão ou grãos	Médio
1311-1/03	Beneficiamento e descaroçamento de algodão	Médio

Tabela 2. Etapas do licenciamento ambiental trifásico (Fonte: Conama, 1997)

Licenciamento Ambiental Trifásico		
Licença Prévia (LP)	**Licença de Instalação (LI)**	**Licença de Operação (LO)**
É concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental, devendo ser observados os planos municipais, estaduais e federais de uso dos recursos naturais e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação.	É concedida para autorizar a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes.	É concedida após cumpridas todas as exigências feitas por ocasião da expedição da LI, autorizando o início do empreendimento ou atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle ambiental, de acordo com o previsto nas Licenças Prévia (LP) e de Instalação (LI).

2.2.3. UBAs em fase de produção

2.2.3.1. Geração de resíduos

No processo de beneficiamento de algodão, é gerado pouco resíduo e grande parte dele é orgânico.

Na etapa de pré-limpeza, são gerados resíduos como cascas, galhos, folhas, partículas de poeira e terra que estavam junto ao algodão em caroço. Na etapa de limpeza é gerado o chamado pó de filtro – resultante dos processos de limpeza das fibras e limpeza do ar (tratamento das emissões atmosféricas).

Outros resíduos gerados consistem em materiais recicláveis provenientes de embalagens, envoltórios e suportes de seus insumos e matérias-primas, EPIs, materiais orgânicos, rejeitos e sucatas metálicas.

Todos os resíduos gerados deverão ser classificados conforme a resolução Conama 313/2002 e NBR 10.004/2004, quantificados e gerenciados por meio do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais (PGRSI).

2.2.3.2. Plano de mitigação de impactos ambientais

Após a implantação da UBA com a finalização das obras e instalações de equipamentos, a unidade estará apta ao funcionamento se todos os mecanismos de controle ambientais e sistemas de tratamentos foram implantados e atenderem os seguintes padrões:

- *Padrões de lançamento de efluentes* – Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados direta ou indiretamente nos corpos d'água se obedecerem às resoluções Conama nº 357/05, n° 370/06, n° 393/07, n° 397/08, n° 410/09 e n° 430/11.
- *Resíduos sólidos* – Fica terminantemente proibida a queima de resíduos decorrentes da atividade licenciada, a céu aberto e/ou incinerador como simples forma de descarte, bem como o depósito de resíduos em locais que possam causar danos ou riscos aos recursos hídricos e /ou pessoas. Todo resíduo oleoso deverá ter destinação correta conforme a resolução Conama n° 362/05.
- *Padrões de lançamento de poluentes atmosféricos* – Esses lançamentos não podem ultrapassar os parâmetros estabelecidos nas resoluções Conama nº 382/06, n° 436/11, n° 491/18, n° 501/21, para a qualidade do ar e emissões.
- *Ruídos e vibrações* – Os ruídos e vibrações emitidos podem ultrapassar os parâmetros estabelecidos na resolução Conama nº 01, de 08/03/1990: "Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política". No anexo 1 da norma regulamentadora nº 15 (NR 15), são estabelecidos os limites de tolerância para a exposição ao ruído.

Caso a UBA utilize como forma de geração de calor para fornalhas e caldeiras a queima de subprodutos ou matéria-prima originária de qualquer formação florestal no estado de Mato Grosso, será obrigatória a inscrição no Cadastro de Consumidores de Produtos Florestais (CC-Sema).

2.3. Social

2.3.1. Aspectos gerais e obrigações

Ao se pensar em responsabilidade social, tem-se a preocupação com o que diz respeito às relações humanas e às comunidades locais, visto que uma unidade de beneficiamento, como já mencionado, está submetida à geração de resíduos, principalmente pela emissão de poeira originária do processo. Com isso, é importante que os produtores busquem práticas, em especial, que contribuam com o desenvolvimento socioambiental para as comunidades locais e de segurança no ambiente de trabalho.

2.3.2. Componente social do programa ABR-UBA

O programa atua como uma ferramenta de gestão para as unidades de beneficiamento. Nessa temática, o programa tem um forte apelo em relação às questões ligadas a direitos fundamentais, boas práticas trabalhistas, condições dignas de trabalho, além de grande zelo com a saúde, bem-estar e segurança do trabalhador, representando a maior parte dos requisitos do protocolo.

O ABR-UBA tem seu foco central no seu público interno, visto que as práticas relacionadas ao seu escopo visam quase que totalmente à segurança dos trabalhadores na operação das máquinas. Em relação a isso, o protocolo tem por base a NR 12 – Máquinas e Equipamentos e a NR 31 – Segurança no trabalho no meio agrícola.

No momento da auditoria, são avaliados 108 indicadores que analisam a operação adequada de todos os equipamentos/maquinários envolvidos no beneficiamento, do desmanchador à prensa, e a conformidade com esses requisitos confirma a cultura da segurança na operação.

2.3.3. Normativas

Pensando nas relações trabalhistas (CLT) e nas normativas que se enquadram no contexto social em algodoeiras tem-se, principalmente, a NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos e a NR 31 - Segurança no trabalho no âmbito agrícola, que contêm as informações necessárias para o cumprimento desses direitos mínimos. Também devem ser observadas:

- NR 01 – Gerenciamento de riscos ocupacionais;
- NR 04 – Serviços especializados em segurança e em medicina no trabalho;
- NR 07 – Programa de controle médico de saúde ocupacional;
- NR 09 – Avaliação e controle das exposições ocupacionais;
- NR 11 – Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais.

Em relação à norma PR ABNT 2030, o aspecto social se fundamenta como a chave para a equidade e um ambiente de trabalho inclusivo. Abrangendo 4 temas e 13 critérios (Tabela 3), essa área oferece uma estrutura robusta para avaliar e aprimorar o impacto social da organização atribuído integralmente às unidades de beneficiamento.

Tabela 3. Temas do aspecto social e seus critérios (Fonte: ABNT, 2022)

Diálogo social e desenvolvimento territorial	Investimento social privado;
	Diálogo e engajamento das partes interessadas;
	Impacto social.
Direitos Humanos	Respeito aos direitos humanos;
	Combate ao trabalho infantil;
	Combate ao trabalho forçado e compulsório.
Diversidade, equidade e inclusão	Políticas e práticas de diversidade e equidade;
	Cultura e promoção de inclusão.
Relações e práticas de trabalho	Desenvolvimento profissional;
	Saúde e segurança ocupacional;
	Qualidade de vida;
	Liberdade de associação;
	Política de remuneração e benefícios.

2.4. Governança

2.4.1. Aspectos gerais e obrigações

Por fim, em termos de responsabilidade de governança, é relevante a forma como as indústrias de beneficiamento são administradas e conduzidas. Para gerenciar uma UBA de maneira eficiente, transparente, inclusiva e economicamente viável, é essencial que os grupos implementem um sistema de gestão e planejamento integrados com os processos e sistemas para melhoria contínua. Um bom planejamento e uma boa gestão contribuem para a produtividade e a eficiência da unidade, além de reduzir o impacto ambiental.

2.4.2. Componente governança do programa ABR-UBA

No momento da auditoria para a certificação com o selo ABR, são avaliados uma gama de registros e documentações de diversos setores que garantem o compromisso do participante com a boa gestão e a conformidade com as leis que regem o seu empreendimento.

Para que a algodoeira tenha um bom desempenho nessa avaliação, é de extrema importância que seja feito um levantamento prévio da situação atual de documentações, registros, treinamentos, além de condições das estruturas físicas, para que se possa de fato atestar a conformidade, conferindo aos seus processos transparência e credibilidade.

No protocolo, estão listados alguns itens que se encaixam como *compliance* dentro do critério de ***administração***, que são levados em consideração na temática da governança corporativa e têm suma responsabilidade antes da certificação, por exemplo.

2.4.3. Normativas

A norma ABNT PR 2030 é a referência para organizações e gestores na constituição legal, e funciona como uma base técnica de recomendação para regulamentações futuras com base na agenda de 2030 do ESG. Para isso, são considerados quatro temas com 13 critérios (Tabela 4).

3. Conclusão

A integração dos princípios ESG (Ambiental, Social e Governamental) na cotonicultura se configura como um imperativo para garantir um futuro sustentável, próspero e resiliente da cadeia produtiva do algodão.

Como visto, o País se consagrou como o maior exportador de pluma licenciada do mundo e o primeiro a implementar um programa de certificação para unidades de beneficiamento (programa ABR-UBA), o que reforça o seu compromisso com os três pilares: *ambiental*, através de práticas de mitigação de impactos e gerenciamento de resíduos no beneficiamento; *social*, com a garantia de condições de trabalho dignas e seguras aos funcionários da algodoeira e do diálogo social; *governamental*, através do cumprimento de leis e regulamentações (*compliance*) e validação da transparência e ética.

Por meio do engajamento entre eles, alinhado à intensa legislação ambiental presente no País, a tendência é que o beneficiamento se torne um modelo de desenvolvimento responsável e equitativo, de forma a não ser aplicado apenas nas algodoeiras.

Tabela 4. Temas do aspecto governamental e seus critérios (Fonte: ABNT, 2022)

Conduta empresarial	Compliance, programa de integridade e práticas anticorrupção;
	Práticas de combate à concorrência desleal (antitruste);
	Engajamento das partes interessadas;
	Práticas de controle e gestão;
	Gestão de riscos do negócio.
Governança corporativa	Estrutura e composição da governança corporativa;
	Propósito e estratégia em relação à sustentabilidade.
Controles internos	Auditorias interna e externa;
	Ambiente legal e regulatório;
	Gestão da segurança da informação;
	Privacidade de dados pessoais.
Transparência na gestão	Responsabilização (prestação de contas);
	Relatórios ESG, de sustentabilidade e/ou relato integrado.

Referências bibliográficas

ABRAPA. 2023. **Guia técnico de conformidade – ABR UBA**. Disponível em: <https://abrapa.com.br/wp-content/uploads/2023/08/Guia_ABR-UBA_Final.2023.pdf>.

ECCLES, R.; LEE, L.; STROEHLE, J. The Social Origins of ESG? An Analysis of Innovest and KLD. 2020. **Organization & Environment**, Volume 33. Capítulo 4. Pg 575–596. Disponível em: < https://doi.org/10.1177/1086026619888899>.

GLOBAL SUSTAINABLE INVESTMENT ALLIANCE (GSIA). 2022. **Global Sustainable Investment Review** 2022. Disponível em: <https://www.gsi-alliance.org/members-resources/gsir2022/>.

PEREIRA, R; MARCILIO, B.B.; GUERCIO, M.J.; TAKIMOTO, T.; FIALHO, F.A.P. 2021. **ESG: Uma revisão integrativa**. Engema. Disponível em: <www.researchgate.net/publication/357187637_ESG_UMA_REVISAO_INTEGRATIVA>.

PUCRS. 2024. **ESG: O conceito que está em alta no mercado**. Disponível em: <https://online.pucrs.br/blog/esg>.



CAPÍTULOS 15, 16 E 17
PRODUZIR UMA FIBRA DE QUALIDADE



A fibra deve apresentar certos padrões de qualidade, a fim de atender determinados mercados têxteis. Por isso, os laboratórios de classificação realizam análises de amostras de fibra de cada fardo a fim de que elas sirvam de base para a sua comercialização. É de extrema importância que os funcionários da UBA conheçam os valores mínimos de certas características, abaixo dos quais o valor comercial da fibra sofrerá deságios. Esses valores são indiretamente fixados pelo mercado, em função das dificuldades que certos parâmetros de classificação podem acarretar no funcionamento das fiações ou da incidência na qualidade do fio. Finalizando, temos um capítulo em que se detalha como preservar da melhor forma possível a qualidade da fibra ao longo do processo de beneficiamento.

Jean-Louis Belot

Jorge José de Lima

CAPÍTULO 15

A fibra de algodão: qualidade, classificação e importância para a indústria

Observação: este texto é uma síntese dos Capítulos 14, 15 e 16 da 1ª edição do MBA. Maiores detalhes sobre esses assuntos podem também ser encontrados no Manual de Boas Práticas de Manejo do Algodoeiro em MT e no Manual de Qualidade de Fibra, ambos editados pelo IMAmt/Ampa. Manuais técnicos – IMAmt

É importante que os operadores de unidades de beneficiamento (UBAs) tenham uma ideia da constituição da fibra de algodão para entenderem como ela vai se comportar durante os processos de beneficiamento e poderem, assim, contribuir para a gestão da qualidade e o cumprimento dos contratos comerciais fechados pela empresa. Da mesma maneira, este capítulo disponibiliza informações para melhor interpretar relatórios de classificação visual e HVI (High Volume Instrument), e entender por que certas características são tão importantes para a indústria têxtil, tanto do ponto de vista do funcionamento e da produtividade das indústrias como da qualidade dos fios e/ou dos têxteis produzidos.

Ao longo do tempo, com as evoluções dos maquinários têxteis, as exigências de qualidade de fibra estão subindo, necessitando de melhora na preservação da qualidade da fibra produzida a partir do algodão em caroço levado à algodoeira. Essas informações são indispensáveis para que todos os elos da cadeia produtiva do algodão trabalhem com o mesmo objetivo de produzir uma fibra adaptada às necessidades dos clientes, valorizando-a comercialmente da melhor forma possível para o produtor.

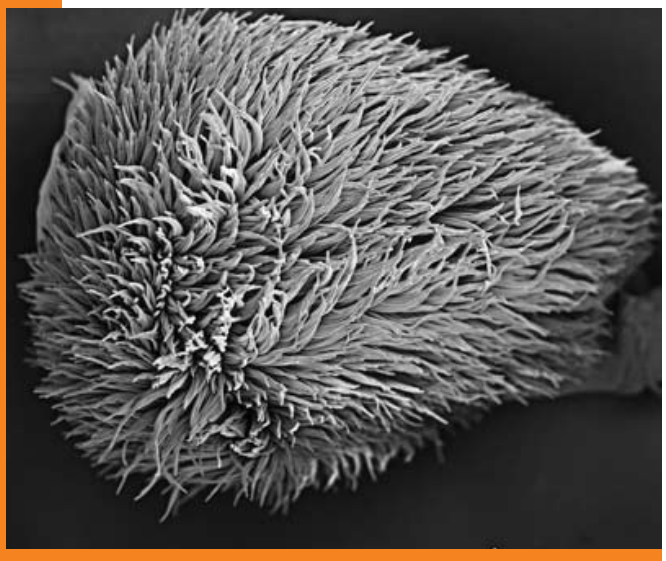


Figura 1. Formação de fibras na epiderme de um caroço de algodão (Fonte: CSIRO, 2009)

1. A fibra de algodão e suas características

A fibra de algodão é uma matéria-prima de origem vegetal e, portanto, apresenta grande variabilidade. É importante conhecer a sua formação na planta e no talhão para entender a amplitude dessa variabilidade e as formas de caracterizar as suas propriedades.

1.1. A formação da fibra no capulho, na planta e no talhão

Uma fibra de algodão é uma célula do tegumento da semente do algodão que cresce em comprimento (Figura 1) e vem acumulando camadas de celulose à parede primária da célula ao longo da formação da maçã até o capulho maduro. Esse processo demora ao redor de 40 a 50 dias, em função da variedade e da temperatura. Na abertura do capulho, a fibra vai secando e, em função da quantidade de celulose depositada, terá uma forma mais ou menos retorcida (Figura 2).

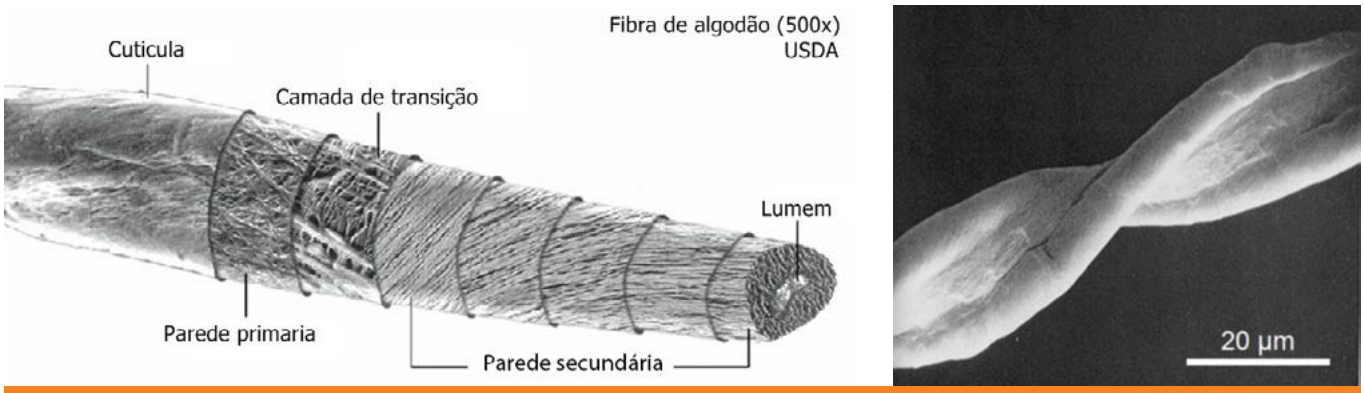


Figura 2. Estrutura esquemática de uma fibra de algodão (esquerda) e uma fibra madura (direita) (Fonte: J. Desplans & J.L. Chanselme – ©Cirad)

Durante o processo de descaroçamento, as fibras mais longas são arrancadas da superfície do caroço, enquanto as fibras curtas, chamadas de línter ou fibrilhas, ficam na superfície do tegumento. Um caroço apresenta ao redor de 10.000 fibras e 5-10.000 fibrilhas.

Assim, é possível entender que uma amostra de fibra oriunda de um caroço ou de um grupo de caroço do mesmo capulho pode ter fibras de comprimento e com depósitos de celulose diferentes, em função de uma alimentação diferencial dentro da mesma maçã.

O que vai aumentar ainda mais a variabilidade das características das fibras em uma planta é a diferença de alimentação que as maçãs irão receber, em função da sua posição na planta e da época de sua formação durante o ciclo produtivo. As fibras das maçãs do ponteiro da planta, ou das extremidades dos ramos frutíferos, poderão sofrer dificuldades nos depósitos de celulose, caso as condições climáticas de final de ciclo não sejam favoráveis. Além de uma variabilidade intra-planta, é importante lembrar que existe sempre muita variabilidade de qualidade de fibra no mesmo talhão, em função da topografia do solo, das heterogeneidades de textura e profundidade do solo ou de qualquer outro fator que incida sobre a alimentação da planta (correção do solo, fertilidade, etc.).

Para ilustrar isso, apresentamos na Figura 3 evidências de gradiente de maturidade de fibra na própria planta e a nível de um talhão.

1.2. As características de uma amostra de fibra de algodão

Quando se trata de caracterizar as diversas "qualidades" de uma amostra de fibra de algodão, é importante lembrar que uma amostra de fibra é uma população de fibras, cada uma com propriedades diferentes.

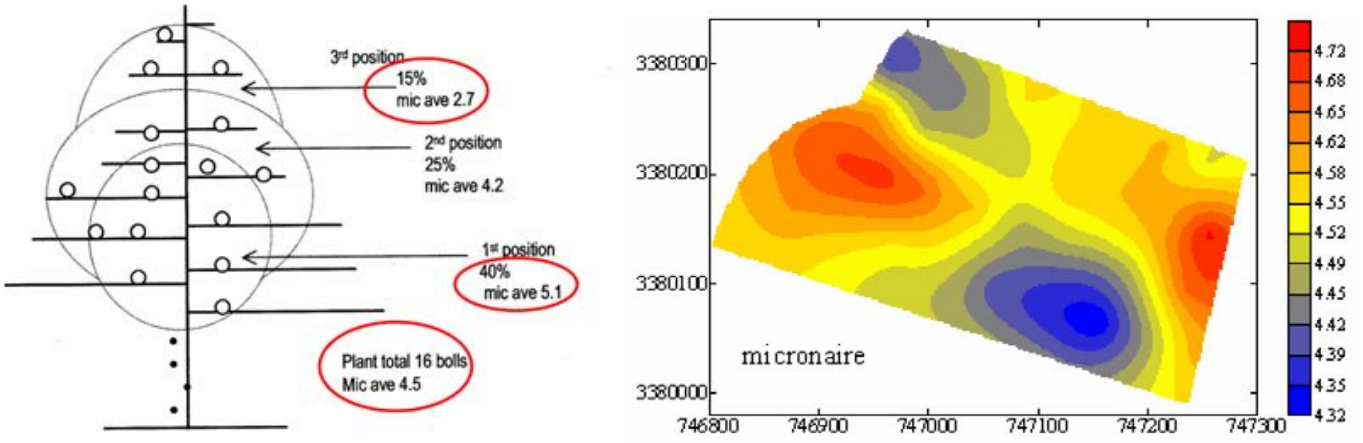


Figura 3. Variabilidade de maturidade da fibra na planta e em um talhão, ilustrado pela variabilidade do Micronaire (Fonte: Yufeng Ge, 2007)

Ao longo dos séculos, muitos aparelhos e equipamentos foram criados a fim de determinar as características da fibra de algodão. A determinação delas pode ser realizada em cima de fibras individualizadas (para estabelecer a distribuição do comprimento, ou tratar de finura intrínseca, etc.), ou em cima de um feixe de fibras, caracterização que interessa bastante à indústria têxtil.

1.2.1. Características intrínsecas

A caracterização de diversas "qualidades" da fibra pode ser muito complexa, assim como tratar de qualidade química da fibra, como a composição e estrutura da celulose depositada, ou de qualidades físicas da mesma. Falaremos principalmente das propriedades físicas da fibra, que interessam prioritariamente à indústria têxtil.

Comprimento da fibra

Para se ter uma ideia muito completa do comprimento das fibras de uma amostra, o ideal é poder ter a repartição do comprimento de todas elas. Alguns equipamentos conseguem medir o comprimento de todas as fibras de uma amostra, como o AFIS, da Uster Technologies AG, e dar um gráfico de distribuição dessas fibras (Figura 4).

A partir deste diagrama, diversos parâmetros podem ser usados para caracterizar a distribuição de comprimento. Esses parâmetros podem ser definidos como porcentagem das fibras por "número" (n = number) ou por peso (w = weight). $L_{5\%}$ é o comprimento atingido por pelo menos 5% das fibras; UQL é o comprimento atingido por pelo menos ¼ das fibras etc., e SFC é o conteúdo em fibras curtas, porcentagem de fibras inferiores ou iguais a 12,7mm – meia polegada.

Equipamentos SITC (Standardized Instruments for Testing Cotton), como as HVI da Uster, avaliam outros parâmetros de comprimento a partir do fibrograma obtido de um feixe de fibras pinçadas ao acaso.

Resistência e alongamento da fibra

Somente alguns equipamentos destinados à pesquisa avaliam a resistência de fibras individuais. Ao longo dos tempos, instrumentos foram desenvolvidos para determinar a resistência à tração de um feixe de fibra, como o antigo instrumento stelometro, e mais recentemente os equipamentos SITC. A força obtida para a ruptura é relacionada ao peso de fibra quebrado, dando um valor de resistência em gf/tex. Essas caracterizações de resistência de um feixe de fibra são correlacionadas em certa medida com a resistência do fio que será fabricado a partir desta fibra. Durante o processo de ruptura do feixe,

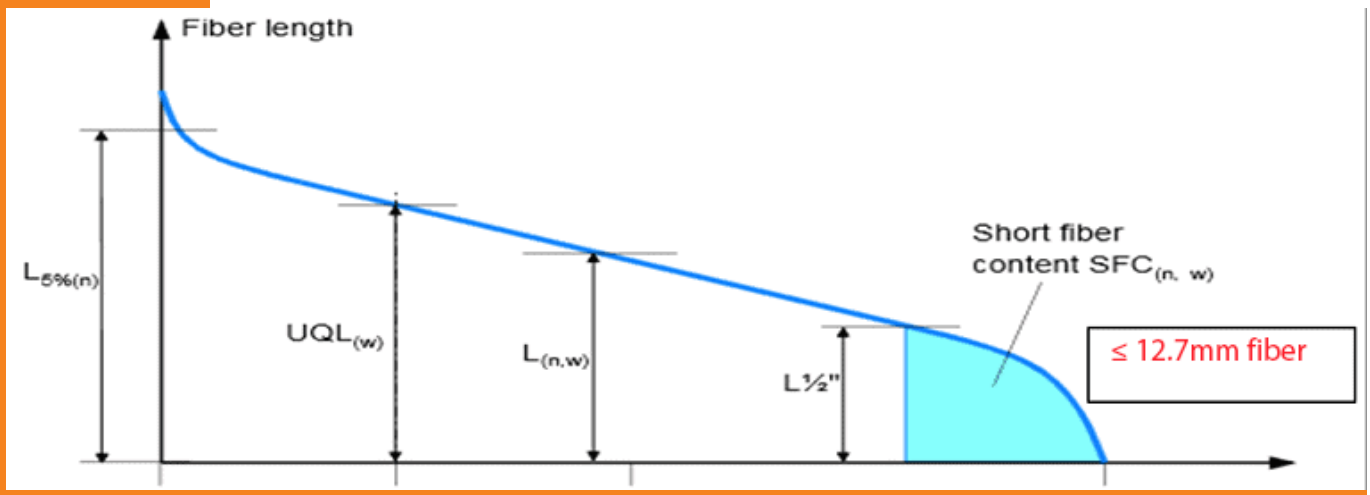


Figura 4. Diagrama de distribuição de comprimento (Fonte: Uster Technologies AG)

o alongamento é medido, sendo isso uma avaliação de uma certa "elasticidade" das fibras submetidas à tração, antes da quebra das mesmas.

Finura de uma fibra

Pode-se considerar a finura de uma fibra como sendo seu diâmetro ou seu perímetro, caso essa fibra seja madura e não deformada depois da sua dessecação, o que raramente é o caso. Ela pode ser medida fibra a fibra visualmente com um microscópio, longitudinalmente ou após corte transversal, sendo essa medida uma estimativa do diâmetro real da fibra. Essa avaliação pode ser dificultada devido às circunvoluções que a fibra apresenta quando seca, mais ou menos importantes em função da sua maturidade (Figura 5).

Assim, a noção de finura de fibra é muito ligada à maturidade da mesma, principalmente quando se trata de usar métodos indiretos para avaliar essa finura. Neste caso de medidas indiretas muito usadas na indústria têxtil, a finura linear H (em Millitex) expressa como sendo a massa em mg/1.000 metros de fibras, e a finura standard Hs (em mTex) seria a relação entre a finura linear (H) e a maturidade (MR: Maturity Ratio).

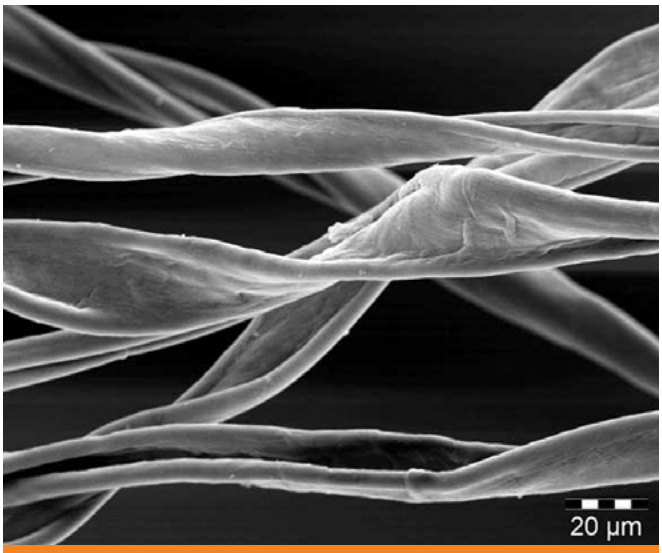


Figura 5. Fibras de finura diferente, no microscópio eletrônico (Fonte: Asian Textil Studies)

Maturidade

A maturidade de uma fibra é diretamente ligada aos depósitos de celulose nas suas paredes secundárias. O método de referência de medida de maturidade envolve o método de corte transversal de um feixe de fibra e sua avaliação no microscópio (Figura 6) do grau de espessamento da parede da fibra (Theta). Da mesma forma que para a avaliação da finura, diversos equipamentos foram desenvolvidos para uma avaliação indireta da maturidade.

Cor das fibras

A grande maioria das fibras comercializadas mundialmente é uma fibra considerada "branca", não naturalmente colorida. Nesta categoria das fibras brancas, existem diferenças significativas

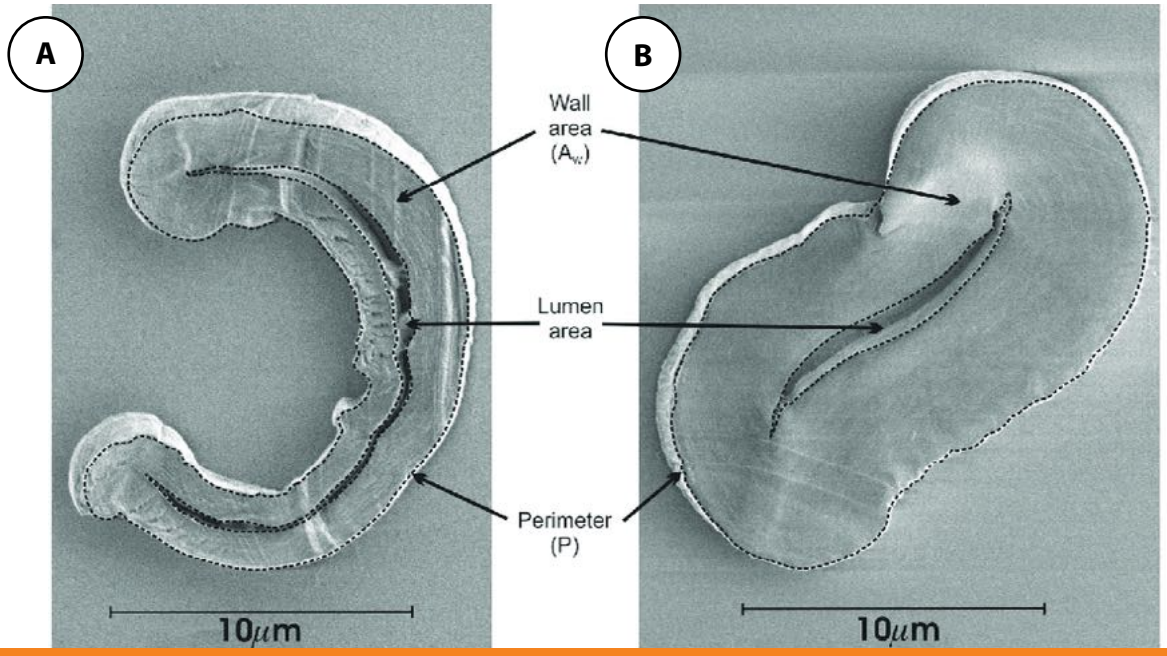


Figura 6. Fibras maduras (A) e imaturas (B) em microscopia eletrônica (Fonte: CSIRO, 2009)

de cor entre amostras (Figura 7), que podem prejudicar os produtos têxteis; a caracterização pode ser visual ou com uso de colorímetros. Iremos abordar esse ponto na parte de classificação comercial.



Figura 7. Fibra "branca", com tonalidades diferentes (Fonte: Jean L. Belot)

1.2.2. Outros aspectos da qualidade: as contaminações

Quando uma amostra de fibra é avaliada para se determinarem as suas qualidades, não se trata unicamente das características intrínsecas das fibras. É importante detectar a presença de diversos contaminantes que podem incidir sobre o funcionamento das indústrias têxteis ou provocar defeitos nos fios ou tecidos produzidos.

Podemos classificar os principais contaminantes (Figura 8) como:

- **Contaminantes oriundos da própria planta de algodão.**
  Presença de pedaços de folhas dessecadas, de casca do caule ou dos ramos, arrancados durante a colheita (barks), e que permaneceram na fibra durante os processos de beneficiamento.
  Durante o descaroçamento com serras, um processo muito "agressivo", é possível que pedaços de casca da semente se rompam e passem com a fibra, formando contaminantes chamados de "Seed Coat Fragments" (SCF) ou *neps* de casca. Alguns equipamentos, como AFIS e aQura, conseguem quantificar essas impurezas. Da mesma forma, eles podem identificar e quantificar outros tipos de defeitos de fibra, chamados de neps de fibra, pequenas "bolas" de fibras enroladas. Parte deles são feitos de fibras imaturas, outros têm origem puramente mecânica e são chamados de "*neps* processo".
- **Contaminantes de vegetais diversos.**
  Exemplos desses contaminantes são as sementes de plantas daninhas que grudam na fibra, como as sementes de picão-preto ou de carrapicho.
- **Contaminantes de açúcares entomológicos.**
  Algumas pragas de final de ciclo presentes na planta quando os capulhos abriram podem excretar gotas açucaradas que se depositam em cima do algodão em caro-

ço. Se estão presentes em grande quantidade na fibra de algodão, esses açúcares podem ficar "pegajosos" quando a temperatura e a umidade atingem certos níveis e criar muitos problemas nas fiações.

- **Contaminantes não vegetais, como plásticos ou outros.**
  Atualmente, com a colheita mecanizada com rolinhos, aumentaram muito as possibilidades de contaminação da fibra com pedaços de lona plástica. No entanto, outros contaminantes são também encontrados nos fardos que chegam às fiações.

2. Classificação comercial da fibra

A classificação do algodão refere-se à determinação das características físicas conforme procedimentos padronizados. Toda a comercialização da fibra, no mercado nacional ou internacional, é baseada nessa classificação, realizada em amostras de fardos coletados na prensa.

Para se caracterizar a qualidade da fibra de cada fardo e definir a sua classificação, uma amostra de fibra de no mínimo 150 gramas (com dimensões de pelo menos 13 cm a 15 cm por 25 cm a 30 cm, e com 8 cm a 13 cm de espessura) é extraída dos dois lados do fardo. Duas amostras compostas são então confeccionadas, dividindo-se em dois a amostra extraída de cada lado. Uma amostra composta é destinada à classificação instrumental, e outra, à classificação visual (Figura 9).

A classificação permite determinar diversas características, com um sistema reconhecido tanto pelo vendedor como pelo comprador, e servirá de base para estabelecer um preço para a fibra do fardo. Em 2002, o Ministério de Agricultura instituiu o Modelo Universal como forma oficial da classificação no Brasil, através da Instrução Normativa n° 63, de 5 de dezembro de 2002, atendendo assim às necessidades dos produtores com relação à exportação da fibra. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) fornece os padrões físicos de referência, tanto para a classificação visual como para a instrumental.

No Brasil, todos os fardos de fibra produzidos anualmente são classificados por instrumento e visualmente. 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 Brasil conta com uma rede de labora-

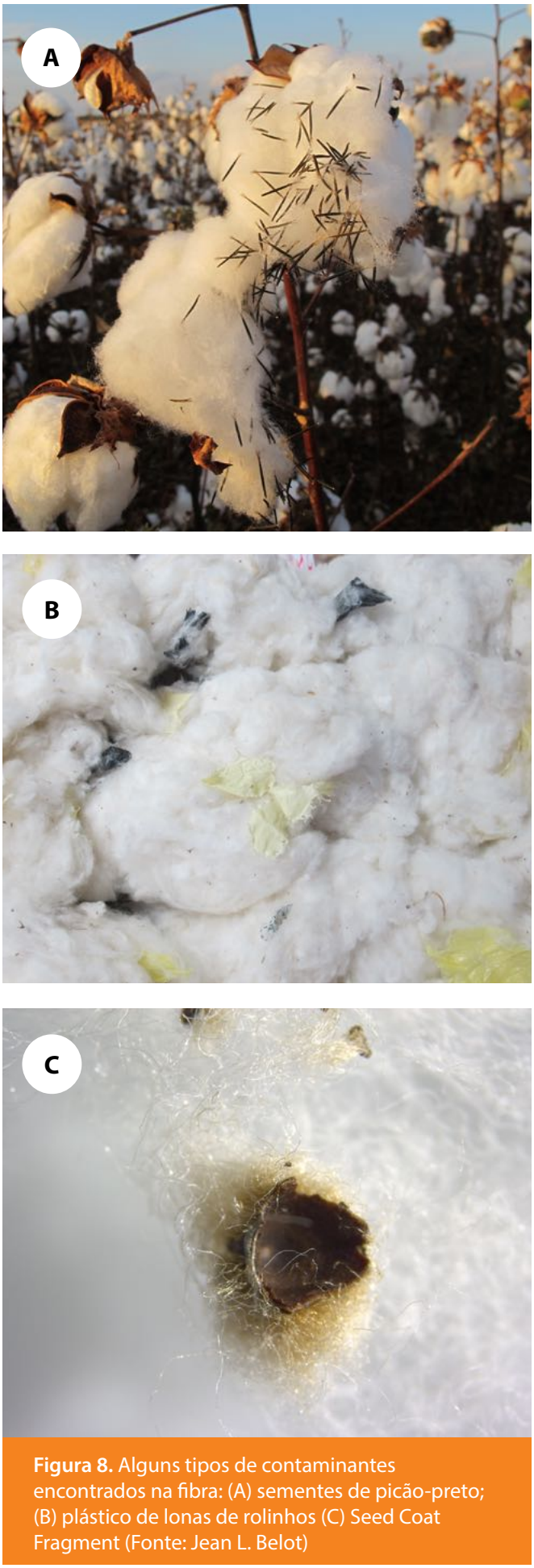


Figura 8. Alguns tipos de contaminantes encontrados na fibra: (A) sementes de picão-preto; (B) plástico de lonas de rolinhos (C) Seed Coat Fragment (Fonte: Jean L. Belot)

tórios de classificação comercial que fazem parte do Programa Standard Brasil HVI (SBRHVI) coordenado pela Abrapa. Com esse programa, os laboratórios brasileiros atingiram níveis elevados de confiabilidade na determinação de todas as características de classificação instrumental compatíveis com os padrões internacionais. Numa última etapa, com a implementação recente do Programa de Qualidade do Algodão Brasileiro (PQAB), o MAPA agora certifica oficialmente os resultados de classificação dos laboratórios aderindo a esse programa, o que lhes proporciona uma credibilidade ainda maior no mercado internacional.

2.1. Classificação visual

A classificação visual do algodão em pluma é realizada por classificador e tem como base os Padrões Físicos Universais elaborados pelo USDA, que levam em conta a cor das fibras, a presença de folhas que irão caracterizar as impurezas, as contaminações de matérias estranhas e a rugosidade resultante do beneficiamento (preparação) do produto (Figura 10). Existem 15 caixas de padrões físicos universais oficiais preparados e difundidos pelo USDA, que devem estar presentes na sala de classificação para que o classificador possa se "calibrar" frequentemente e utilizá-las no caso de alguma dúvida em termos de cor e trash (impurezas) e durante as negociações (take-ups).

A classificação visual determina o grau de cor (color grade) (Tabela 1). 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. Um algodão de tipo 1 é muito liso e tem muito brilho. Por sua vez, 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). A preparação se refere ao aspecto mais ou menos rugoso da fibra (mechas de fibra encarneirada).

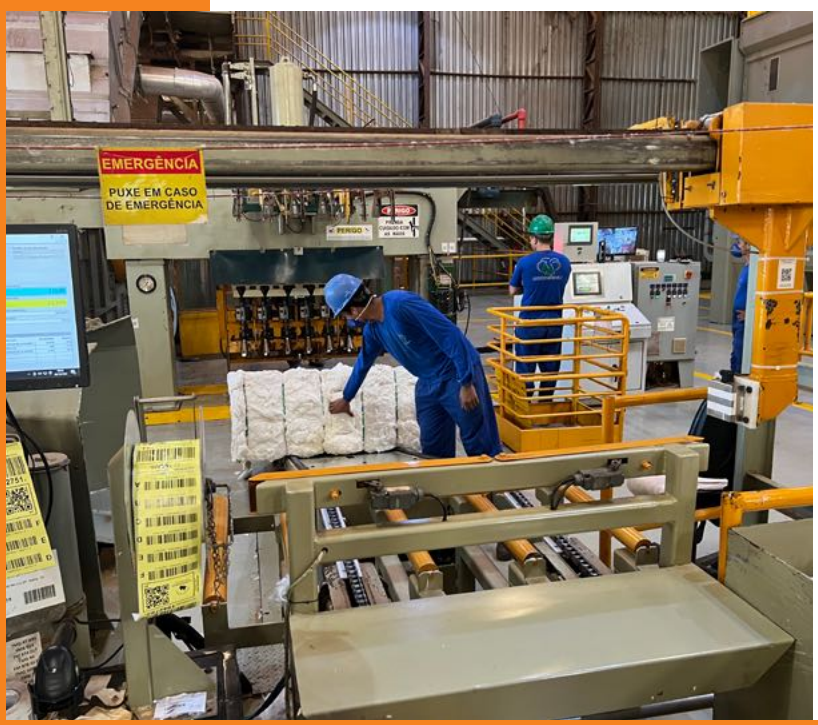




Figura 9. Fardo de algodão e extração de amostras para classificação (Fonte: Jean L. Belot)



Figura 10. Sala de classificação visual (Fonte: Cooperfibra)

Tabela 1. Códigos dos Tipos de Cor, Classes de Cor ou Grau de Cor (CG) dos algodões americanos Upland e Pima

Nome americano	Branco	Ligeiramente creme	Creme	Avermelhado	Amarelado
GM	11	(12)			
SM	21	(22)	23	(24)	(25)
M	31	(32)	33	34	(35)
SLM	41	(42)	43	44	
LM	51	(52)	53	54	
SGO	61	(62)	63		
GO	71				
BG	(81)	(82)	(83)	(84)	(85)

O terceiro dígito representa a folha, que é a estimativa visual da quantidade de pequenas partículas de folha da planta que permanece na fibra após o beneficiamento, e varia de 1 a 7. Uma amostra de folha 1 é muito limpa, com poucas partículas escuras.

Assim, por exemplo, para um algodão de classificação internacional 31-4, o primeiro número indica o tipo (= 3); o segundo número indica o grau de cor (= 1); o terceiro número indica o grau de folha (= 4). A matéria estranha, caso seja detectada, deve ser mencionada e se refere a substâncias contaminantes diferentes da folha, tais como fibras de caules, fragmentos de plantas daninhas (capim, picão), terra, óleo e graxa.

Essa classificação de grau de cor (CG) é bastante usada para as transações comerciais. Em virtude das novas versões dos equipamentos SITC, essa característica é determinada com boa precisão pela classificação instrumental, podendo no futuro substituir a classificação visual, que ficaria neste caso reservada para detecção de contaminantes.

O CG de base usado para definir ágios e deságios a serem aplicados nas negociações comerciais é o 41-4 para o mercado nacional (Bolsa Brasileira de Mercadorias, BBM) e o 31-4 para o mercado internacional (Associação Nacional dos Exportadores de Algodão, ANEA), como relatado na Tabela 2.

Tabela 2. Ágios e deságios para os padrões de classificação visual (ANEA, 2024)

ANEA **Ágios & Deságios /(Premiums & Discounts)** (n: não definido) ***Valores /(Values): pontos /(points) /lb (US$)***							
Ago/23 | Padrões Universais | (Universal Standards)							
TIPOS BRANCOS/(WHITE GRADES)	**Folha**	**1 & 2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Cor Boa Média /(Good Middling)	11	n	n	n	n	n	n
Cor Estritamente Média /(Strict Middling)	21	75	n	n	n	n	n
Cor Média /(Middling)	31	50	25	Base	n	n	n
Cor Estritamente Abaixo da Média /(Strict Low Middling)	41	n	n	-100	n	n	n
Cor Abaixo da Média /(Low Middling)	51	n	n	n	-400	n	n
Cor Estritamente Boa Comum / (Strict Good Ordinary)	61	n	n	n	n	-700	n
Cor Boa Comum /(Good Ordinary)	71	n	n	n	n	n	-1,000
Abaixo de Padrão /(Below Grade)	81	n	n	n	n	n	n

Cor/(Color)	**Base**
1- Branco /(White)	Base
2- Ligeiramente Creme /(Light Spot)	-200
3- Creme /(Spotted)	-500
4- Tinged	n

Assim, o impacto da qualidade CG (sem falar de outras características) sobre a valorização financeira da fibra pode ser muito importante. Por exemplo, no caso de uma fibra exportada passar de uma fibra 31-4 para uma fibra 41-4 considerando-se um volume de produção de 1.000 fardos de 227 kg isso representa uma perda financeira aproximada de R$ 26.300,00 (1 USDct/lb = 0,0526R$ / 0,454 x 227,000 kg = 26.300 R$).

2.2. Classificação por instrumentos

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. Ela é realizada por aparelhos de tipo SITC, dos quais os mais comuns são os HVI (High Volume Instruments), em laboratórios especializados (Figura 11), com ambiente estritamente regulado para temperatura (21° C, +/- 1°) e umidade relativa (65%, +/- 2%) conforme padrão ASTM 1776-90. Diversos documentos podem ser consultados sobre a classificação por instrumentos (Gourlot *et al.*, 2020; Cotton Inc., 2018). Esses instrumentos são calibrados para algumas características com Padrões Universais de Algodão para a Calibração de HVI (Universal HVI Calibration Cotton Standards – U-HVI-CCS) elaborados e vendidos pelo USDA.

A alta capacidade de análise destes laboratórios permite realizar a classificação instrumental de todos os fardos de fibra produzidos anualmente no Brasil.

Os parâmetros fornecidos por esses equipamentos são descritos a seguir. Alguns são mensurados; outros, estimados. Algumas características fornecidas não apresentam por enquanto



Figura 11. Laboratório de classificação instrumental (Fonte: Abapa)

sistemas de calibração, e poderiam mostrar níveis de leitura diferentes em função da máquina. Portanto, essas características não deveriam ser usadas em transações comerciais.

Módulo Micronaire

O Índice Micronaire (IM) é uma medição do complexo maturidade/finura da fibra. Para algodões de uma mesma variedade, as variações de IM refletem variações de maturidade. No entanto, sem conhecer a variedade, o IM pode ser difícil de interpretar. Por exemplo, um algodão fino e maduro poderia ter o mesmo valor de Micronaire que um algodão grosso e imaturo.

Essa característica é muito usada pela indústria têxtil para a elaboração das misturas de fibra que entram nas linhas de abertura. A faixa de IM considerada aceitável varia de 3,7 a 4,2 (base ANEA 3,5 a 4,9). A Tabela 3 apresenta os referenciais de IM para o tipo de fibra produzido no Centro-Oeste.

Tabela 3. Valores de Micronaire (IM) (Fonte: ABNT, NBR 11913-91, 1991)

Micronaire	Categorias
< 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

O Índice de Maturidade (Mat) é calculado a partir de vários parâmetros medidos pelo instrumento. Esse algoritmo foi elaborado pela Uster a partir de um jogo de amostras de fibra analisadas por HVI e outros instrumentos de referência para avaliar a maturidade da fibra. Essa característica apresenta desvio padrão elevado, sendo de pouca utilidade.

Módulo de comprimento e resistência

O Comprimento UHML (LEN em milímetros e/ou polegadas) é medido pelo instrumento a partir de um pente de fibras paralelizadas. Esses valores são próximos do comprimento comercial, ou staple, usado antigamente. A Tabela 4 apresenta os referenciais para o UHML para o tipo de fibra produzido no Centro-Oeste.

Tabela 4. Referência para a conversão de unidades de comprimento (Fonte: ICA Bremen, 2024)

Staple	Código	Polegada			Milímetros		
		De	Média	A	De	Média	A
3/4"	24	0.735	0.750	0.765	18.66	19.05	19.44
25/32"	25	0.766	0.781	0.796	19.45	19.84	20.24
13/16"	26	0.797	0.813	0.828	20.25	20.64	21.03
27/32"	27	0.829	0.844	0.859	21.04	21.43	21.82
7/8"	28	0.860	0.875	0.890	21.83	22.23	22.62
29/32"	29	0.891	0.906	0.921	22.63	23.02	23.41
15/16"	30	0.922	0.938	0.953	23.42	23.81	24.20
31/32"	31	0.954	0.969	0.984	24.21	24.61	25.00
1"	32	0.985	1.000	1.015	25.01	25.40	25.79
1.1/32"	33	1.016	1.031	1.046	25.80	26.19	26.59
1.1/16"	34	1.047	1.063	1.078	26.60	26.99	27.38
1.3/32"	35	1.079	1.094	1.109	27.39	27.78	28.17
1.1/8"	36	1.110	1.125	1.140	28.18	28.58	28.97
1.5/32"	37	1.141	1.156	1.171	28.98	29.37	29.76
1.3/16"	38	1.172	1.188	1.203	29.77	30.16	30.55
1.7/32"	39	1.204	1.219	1.234	30.56	30.96	31.35
1.1/4"	40	1.235	1.250	1.265	31.36	31.75	32.14
1.9/32"	41	1.266	1.281	1.296	32.15	32.54	32.94
1.5/16"	42	1.297	1.313	1.328	32.95	33.34	33.73

O Índice de Uniformidade de comprimento (UI) é a relação entre o comprimento médio das fibras e o UHML. É um percentual que representa a homogeneidade do comprimento das fibras do fardo. Quanto mais alto o UI, mais uniforme é o comprimento das fibras e, portanto, melhor é esse produto para a fiação. A Tabela 5 apresenta os referenciais para o UI do tipo de fibra produzido no Centro-Oeste.

Tabela 5. Percentual de referência para valores UI (Fonte: IN Nº 63 - MAPA, Tabela 5, dez. 2002, p.7)

UI	Categorias
< de 77	Muito irregular
77 a 79	Irregular
80 a 82	Média
83 a 85	Uniforme
> de 85	Muito uniforme

O Índice de Fibras Curtas (SFI) é uma característica estimada pelo instrumento, utilizando-se um algoritmo. Ele representa a percentagem por peso das fibras de comprimento inferior ou igual a 12,7 mm na amostra. Esse parâmetro não tem algodão de calibração, e o seu desvio padrão é elevado; portanto, ele é só um indicativo do conteúdo em fibras curtas, e seria arriscado usá-lo em contratos comerciais. Certas indústrias têxteis têm restrições a partir de SFI superiores a 10%, o que se reflete nos contratos de fibra que frequentemente mencionam esse critério.

A Resistência (STR, em gramas por tex) é determinada pelo instrumento a partir do mesmo pente de fibra usado para medir o comprimento. Ela é a força, em gf, necessária para quebrar o feixe de fibra. A Tabela 6 apresenta os referenciais para o STR de fibras do tipo produzido no Centro-Oeste.

Tabela 6. Valores de resistência STR (Fonte: IN. Nº 63 - MAPA, Tabela 6, dez. 2002, p. 7; ABNT, NBR 12719-02, 2002)

Resistência HVI (gf/tex)	Categorias
31 e acima	Muito resistente
29 - 30	Resistente
26 - 28	Média
24 - 25	Intermediária
23 abaixo	Fraca

O Alongamento (ELG em %) é calculado tomando-se em conta a distância percorrida pela pinça móvel até a ruptura. Esse parâmetro não tem algodão de calibração oficial da U-HVI-CCS, porém o FBRI/TTU de Lubbock disponibilizou recentemente algodões de calibração para esta característica. A Tabela 7 apresenta os referenciais para o ELG de fibras do tipo produzido no Centro-Oeste.

Tabela 7. Valores de alongamento ELG (Fonte: Uster HVI 1000, 2008)

Alongamento (% ELG)	Descrição
Abaixo de 5,0%	Muito baixo
5,0% a 5,8%	Baixo
5,9% a 6,7%	Médio
6,8% a 7,6%	Alto
7,7% e acima	Muito alto

Módulo de cor e impurezas

A amostra, posicionada em cima de um vidro, é pressionada e imagens são captadas e analisadas por colorímetros e sistemas de reconhecimento de imagens.

Grau de reflexão ou de reflectância (Rd)/Grau de amarelamento (+b): a cor determinada pelo instrumento é o grau de cor oficial (CG), acrescentada do quadrante da cor considerada. O número de três dígitos é determinado pela localização no diagrama de cor, da interseção entre os valores de Rd% e de +b (Figura 12). 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 mais alto. Assim, neste caso o último dígito não tem nada a ver com a folha da classificação visual.

Impurezas (Tr Cnt, Tr Area TR ID): 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.

O Índice de fiabilidade (SCI – Spinning Consistency Index) ou de Consistência de Fiação (SCI) é uma característica calculada combinando-se diversas variáveis do relatório de análise; a indústria têxtil considera esse parâmetro para atingir melhores índices de produtividade.

Considerações finais sobre a classificação por instrumento

Essa classificação evoluiu muito nos últimos anos, permitindo melhorar a confiabilidade de determinação de certos parâmetros e automatizar as operações de análise. É sempre importante lembrar que as únicas características calibradas com estes instrumentos são IM, UHML, UI, STR, Rd e +b.

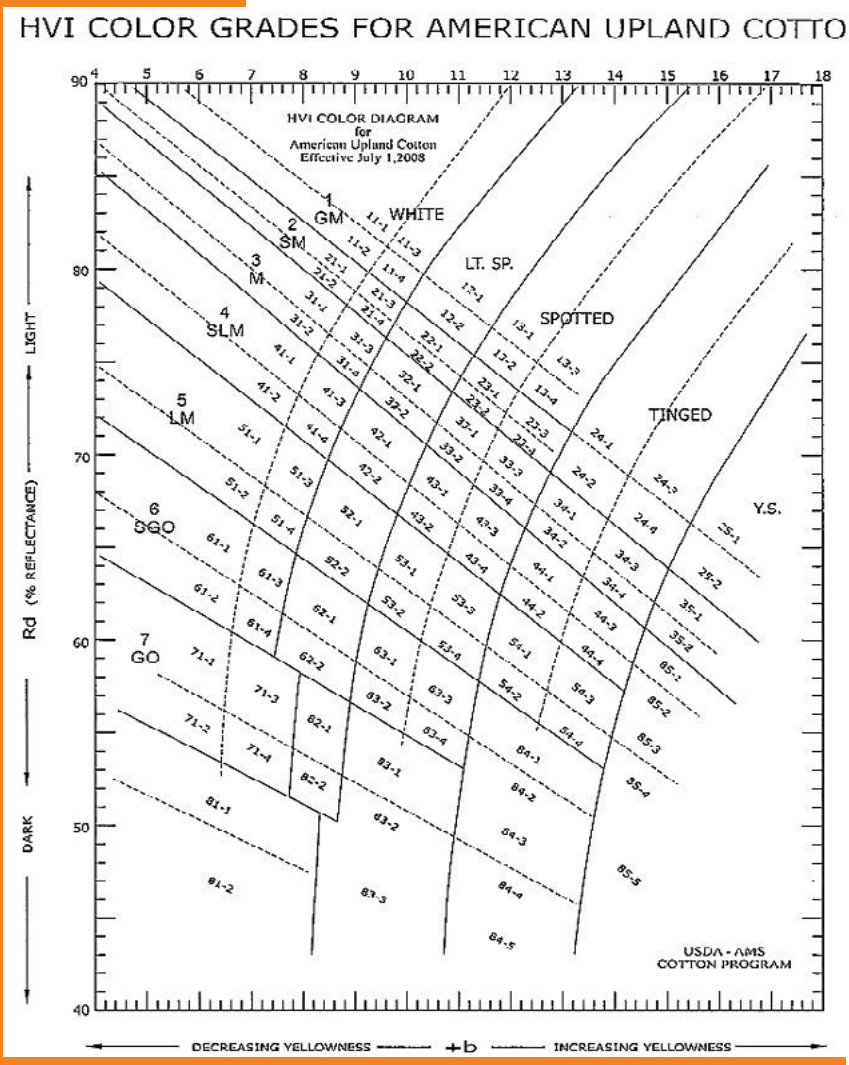


Figura 12. Diagrama oficial de cor HVI (Fonte: USDA, 2008)

De modo geral, os parâmetros de HVI exigidos pelo mercado são os seguintes, podendo variar em função do tipo de indústria e da qualidade do fio produzido:

Parâmetro	Intervalo geralmente aceito
MIC – Micronaire/IM	3,5 a 4,9
STR – Resistência	Superior a 28,0 g/tex
LEN/ UHML – Comprimento	Superior a 28,20 mm/1,10'
UI – Uniformidade	Superior a 80%
SFI – Índice de Fibras Curtas	Inferior a 10%
ELG – Alongamento	Superior a 6-7%

Algumas tabelas de ágios e deságios são publicadas pela ANEA para o mercado internacional (Tabela 8) e pela BBM para o mercado interno.

3. A importância da qualidade da fibra para a indústria têxtil

Basicamente, todo o sistema de classificação comercial desenvolvido visa a determinar parâmetros, podendo ajudar o industrial a escolher o tipo de fibra que melhor irá atender a sua indústria. Para contribuir com a sustentabilidade e a sobrevivência da cadeia do algodão, é importante que os operadores de UBAs entendam a importância das correlações das propriedades das fibras com os processos e a qualidade dos produtos têxteis, e tenham em mente que é fundamental danificar e agredir o mínimo possível as fibras.

3.1. Principais etapas da indústria têxtil

Os processos industriais são muito complexos, desde a fibra produzida pelo produtor na saída da algodoeira até o tecido pronto para ser usado em vestuário, roupas de banho, toalhas ou tecidos para casa ou uso industrial.

A indústria de fiação

Primeiramente, a indústria têxtil produz fio de diversas características e qualidades (estrutura do fio, título, torção, etc.), com algodão puro ou em mistura com fibras sintéticas. As necessidades vêm mudando ao longo dos anos, devido ao aumento progressivo das velocidades das máquinas, tais como filatórios, urdideiras e teares.

Os diferentes tipos de fiação e sequências de processos são resumidos a seguir. Depois de uma primeira etapa de abertura dos fardos que irão compor as misturas alimentando diariamente a fiação, o fluxo de fibra passa por processos de:

- Linha de abertura – Mistura da fibra dos diversos fardos, abertura, limpeza, extração de contaminantes, em três a cinco etapas.

Tabela 8. Ágios e deságios para alguns parâmetros da classificação instrumental (ANEA, 2024)

Micronaire	
5.3<	n
5.0/5.2	-600
3.5/4.9	Base
3.3/3.4	-600
3.0/3.2	-950
2.7/2.9	-1,500
2.5/2.6	-2,250
>2.4	n

Resistencia/(Strength)	
>21,0	n
21.0/22.9	-1,000
23.0/24.9	-600
25.0/26.9	-300
27.0/27,9	-100
28.0/30,9	Base
31.0/32.9	50
>33	100

Comprimento/(Staple)	
>1.5/32"	50
1.1/8"	Base
1.3/32"	-200
1.1/16"	-400
1.1/32"	-800
1"	n

- Cardas – 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 parcialmente fibras curtas, *neps* e seed coat *neps*. Neste processo, ocorre uma grande estiragem, pois transforma-se a manta de fibras em um fino véu, que posteriormente é condensado e forma a fita de carda.
- Penteadeira – O processo opcional de penteagem das fibras tem como objetivo eliminar as fibras curtas, neps, seed coat neps e impurezas do material de alimentação. O diferencial do produto final do processo é a produção de fios penteados de alto valor a partir das fibras mais longas, o que garantirá fios mais uniformes, finos, sedosos e flexíveis.
- Passador de primeira (I) e de segunda (II) passagens – Eles atuam na massa de fibras, provocando seu estiramento, homogeneização e paralelização. Nos passadores ocorre a correção final da titulação (massa por unidade de comprimento) do material a ser fiado.
- Maçaroqueira – Ela 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 seção 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.
- Filatórios – Eles transformam os pavios ou fitas em fios, mas 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 (Figura 14).

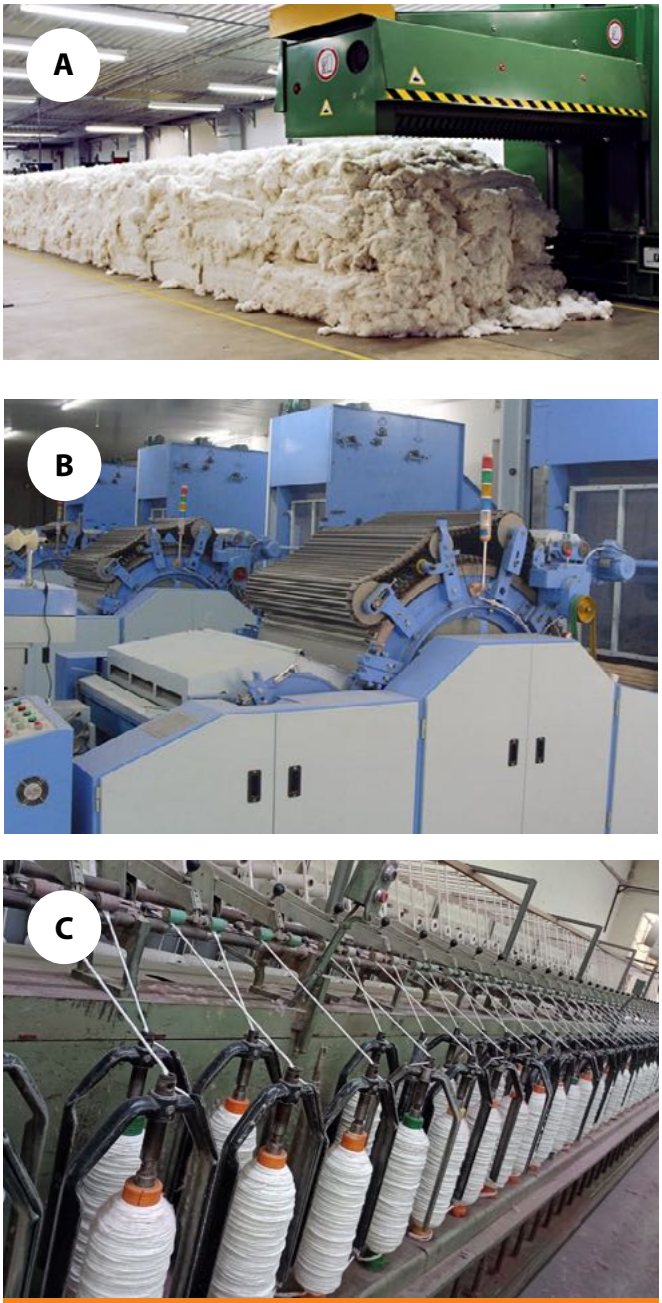


Figura 13. Algumas etapas da fiação, da abertura até a obtenção de pavios de fibra: abertura (A), carda (B), maçaroqueira (C)

- Filatório de anéis: a formação do fio ocorre em duas etapas. A primeira delas é a estiragem, e a segunda, a torção das fibras para a formação do fio. Normalmente, os filatórios de anéis são utilizados para fiar fios, dos finos aos muito finos.
- Filatório de rotor (*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. Uma das vantagens é o menor tempo de produção, uma vez que envolve menor número de processos e equipamentos, já que os processos da maçaroqueira e a bobinadeira são eliminados.
- Filatório a jato de ar e fricção: esses processos são geralmente utilizados para as fibras sintéticas, mas podem ser usados para algodão de preferência penteado. A fiação a jato de ar, assim como a fiação de rotor, permite eliminar as etapas de pavios e bobinagem e oferece produtividade alta.
- Bobinadeira e/ou conicaleira – São máquinas que desenvolvem três tarefas: mudar o fio das espulas dos filatórios de anéis para embalagens que acondicionam grande metragem; purgar das imperfeições indesejáveis contidas no fio; e fazer a lubrificação (parafinagem) do fio, que normalmente é direcionado para a malharia.
- Retorcedeira – Ela retorce os fios binados, normalmente no sentido contrário ao da torção que receberam nos filatórios, para ganhar resistência, uniformidade de massa e pilosidade, e consequentemente obter tecidos mais sedosos, resistentes e nobres.
- Enobrecimento – Os fios podem receber 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).

No mercado asiático, grande parte do parque industrial têxtil é de filatórios de anéis, depois com rotor. As fiações de ar e fricção ainda são marginais.

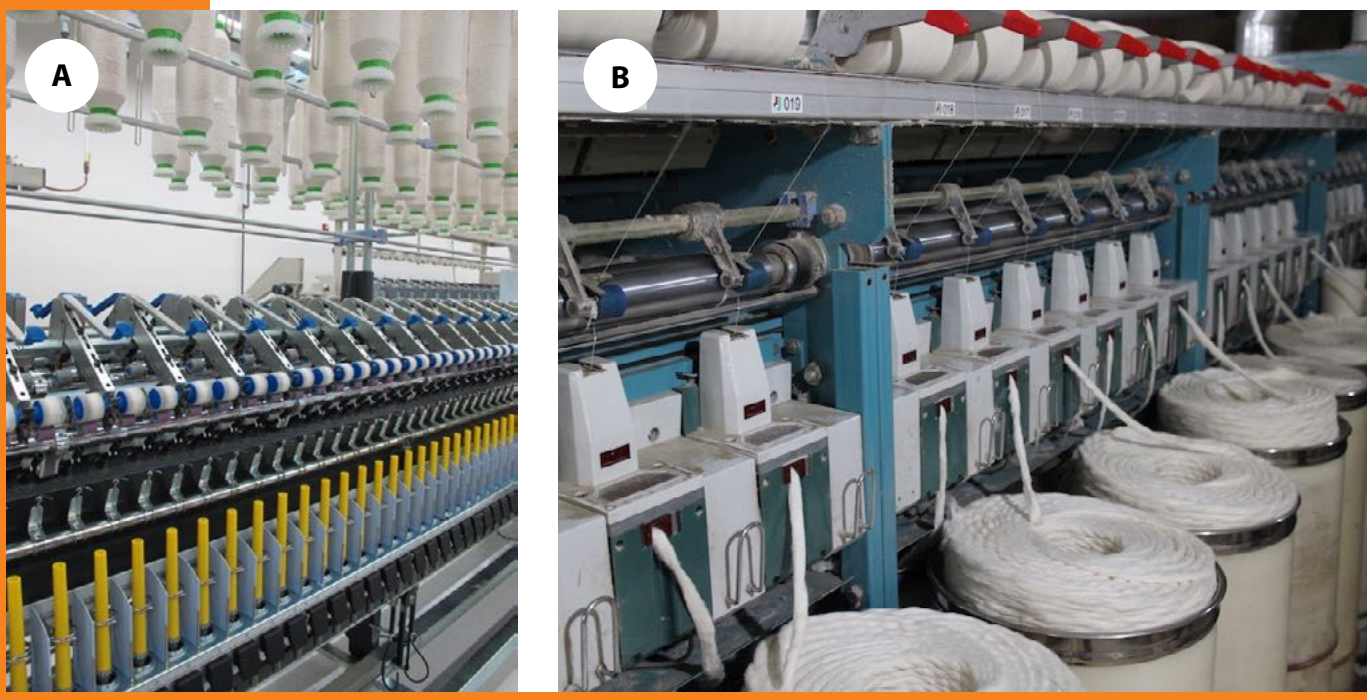


Figura 14. Tipo de filatório. Anel (A), Rotor (B)

Tabela 9. Características da fibra mais importante para diversos tipos de fiação (Fonte: CSIRO, 2009)

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

Para cada tipo de fiação, foram estabelecidas as características mais importantes a fim de se produzir um fio de qualidade (Tabela 9).

A indústria de tecelagem

Os fios são usados para a confecção de diversos tipos de tecidos visando à fabricação dos mais variados produtos têxteis, vestuários, tecidos para decoração, lençóis, toalhas, etc.

Podemos distinguir três tipos diferentes de tecidos, os mais comuns dos quais são os tecidos "planos" e de "malha" (Figura 15). Aqueles denominados "não tecidos" (*non-woven*) são os tecidos obtidos pelos processos de agulhamento, prensagem ou colagem de camadas de fibras.

Tecidos planos – São obtidos por teares para tecidos planos. As estruturas desses tecidos são caracterizadas pelo cruzamento de fios no sentido horizontal e vertical. Os fios no sentido horizontal, ou seja, na direção da largura do tecido, são chamados de trama, enquanto os fios no sentido vertical, ou seja, os fios perpendiculares à trama, são chamados de urdume.

Tecidos de malha – São produzidos por máquinas denominadas teares para tecidos de malha. O tecido é estruturado a partir do entrelaçamento de laçadas do fio no sentido horizontal, formando assim os tecidos denominados malha.

Enobrecimento dos tecidos – É o conjunto de processos químicos, físicos e/ou físico-químicos aplicado nas 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 ultravioleta, aromatizados e antialérgicos, entre 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.

3.2. Incidência das características da fibra na indústria têxtil – alguns exemplos

a) Tipo de fibra – cor, carga em folha e neps

- Cor e fluorescência – Através da determinação do percentual de reflectância, do índice de amarelamento e, consequentemente, do grau da cor das fibras, viabiliza-se o controle





Figura 15. Teares de tecido plano (A) e de malha (B) (Fonte: J.J. de Lima)

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. Por meio da mensuração do índice de fluorescência dos raios ultravioleta, também podemos identificar diversas irregularidades no algodão, tais como manchas, o efeito cavitoma (perda de celulose das paredes primária e secundária por ataque de microrganismos), fibras imaturas e "fibras mortas". Essas imperfeições impactam diretamente a resistência e a cor das fibras, que, por sua vez, afetam a produtividade, a qualidade e os custos dos processos.

- Conteúdo de materiais não fibrosos – Cascas, restos de folhas do algodoeiro e até de outros vegetais, caule, pó e micropó, etc. afetam diretamente a produção, a qualidade e os custos.
- Conteúdo de *neps* e de seed-coat *neps* (seed coat fragments) – Esse conteúdo impacta negativamente na produtividade dos processos têxteis. Aumenta os índices de roturas e o número de imperfeições nos fios, na superfície dos tecidos planos e de malha, impactando também no toque (maciez), na uniformidade do tingimento e nas diversas resistências.

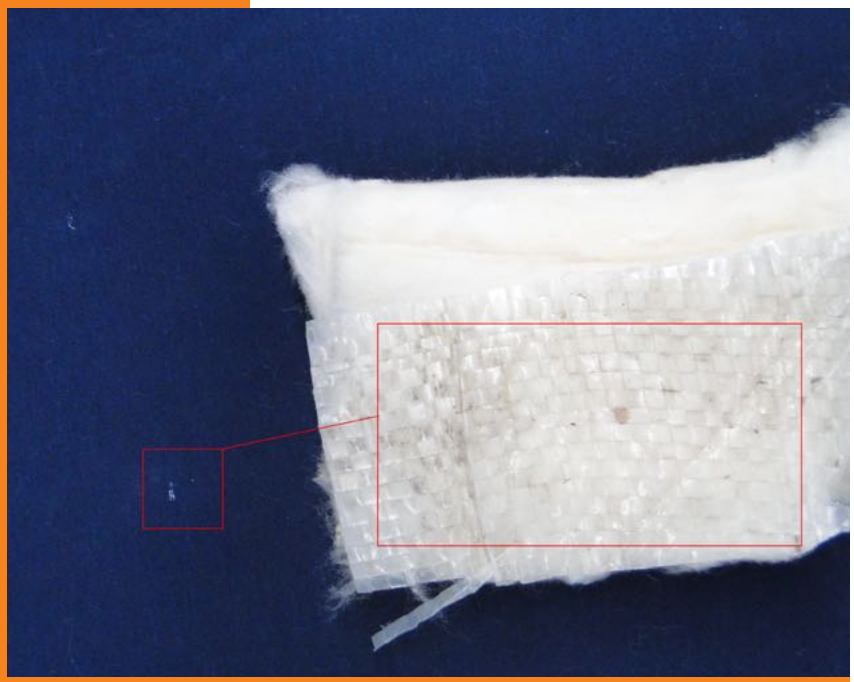


Figura 16. Tecido de malha azul-marinho contaminado com polipropileno (Fonte: J.J. de Lima)

b) Contaminações por açúcares

A "pegajosidade" da fibra provoca a formação de *neps*, o enrolamento do material fibroso (velo e fita) nos cilindros das máquinas e, consequentemente, 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.

c) Contaminações não vegetais

Muitas destas contaminações são eliminadas nos processos de abertura e limpeza da fiação. Na Figura 16, observa-se um tecido de malha com pontos não tingidos por motivo de contaminação do algodão com polipropileno. Esse tipo de contaminação pode ocorrer também por causa de cordas, ou lonas dos rolinhos de colheita.

d) Características HVI

- Comprimento da fibra – Há uma forte relação entre as características de comprimento e a resistência, a torção, a aparência, a pilosidade e a irregularidade de massa dos fios têxteis. Elas 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 são os fios têxteis, eles 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 são as fibras, me-

nos 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.

- Conteúdo em fibras curtas (SFI) – Além do acúmulo de pó e micropó, que contribuem de forma negativa para a produção, a qualidade e o custo, o alto conteúdo de fibras curtas aumenta a variação de massa e de pilosidade (Figura 17), assim como o número de imperfeições no fio (pontos finos, pontos grossos e *neps*) e a redução da coesão do fio e da sua resistência. Um alto índice e a variação de pilosidade nos fios impactam negativamente a aparência dos tecidos, ou seja, a variação da cor ao longo de sua superfície (nuances) e a formação de bolinhas (pillings) sobre os tecidos.
- Resistência e alongamento à rotura – Essas características têm forte relação com a resistência dos fios e tecidos. Fibras fortes geram fios e tecidos resistentes aos vários tipos de atritos. Consequentemente, promovem menores índices de roturas nas várias etapas do processo têxtil, impactando de forma positiva a produtividade, a qualidade e os custos.
  A resistência e o alongamento à rotura permitem suportar e absorver os altos impactos e estresses mecânicos 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.
- 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. 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.
- Maturidade – A maturidade influencia fortemente a resistência e a produtividade dos processos. Maturidade baixa resulta em redução

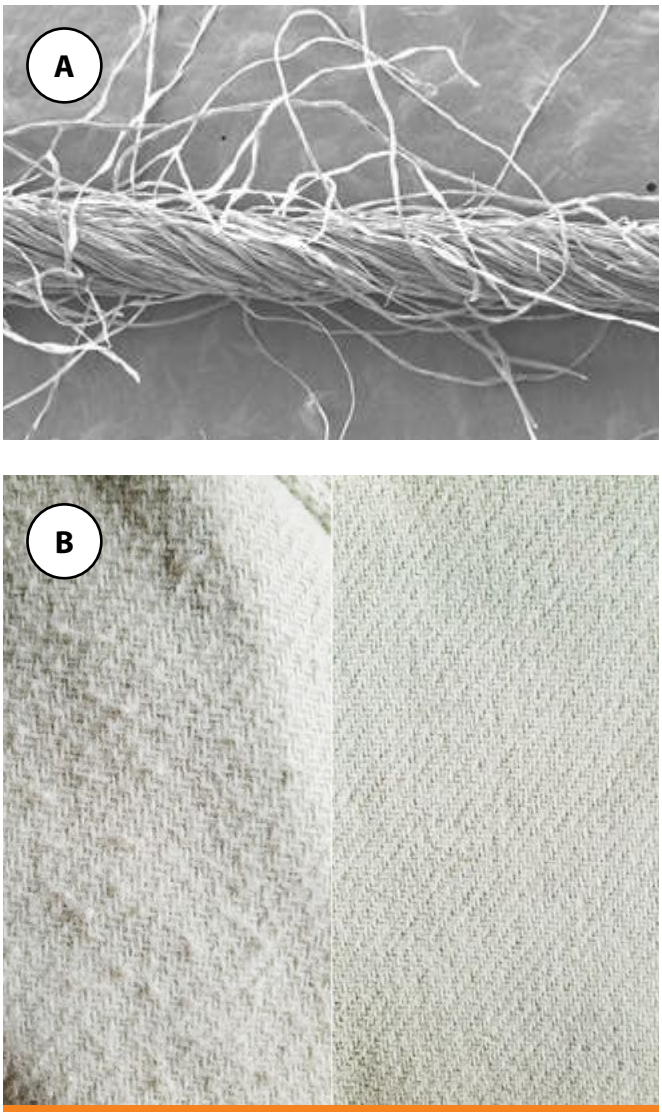


Figura 17. Fio com pilosidade importante (A), e tecido com pilling (B)

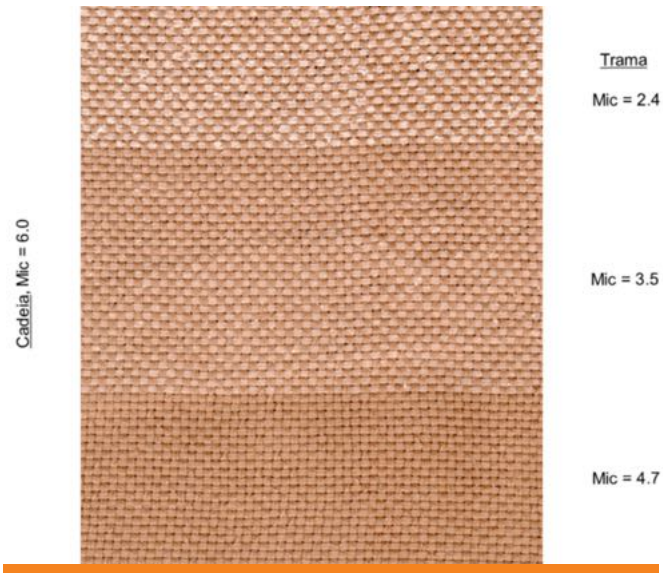
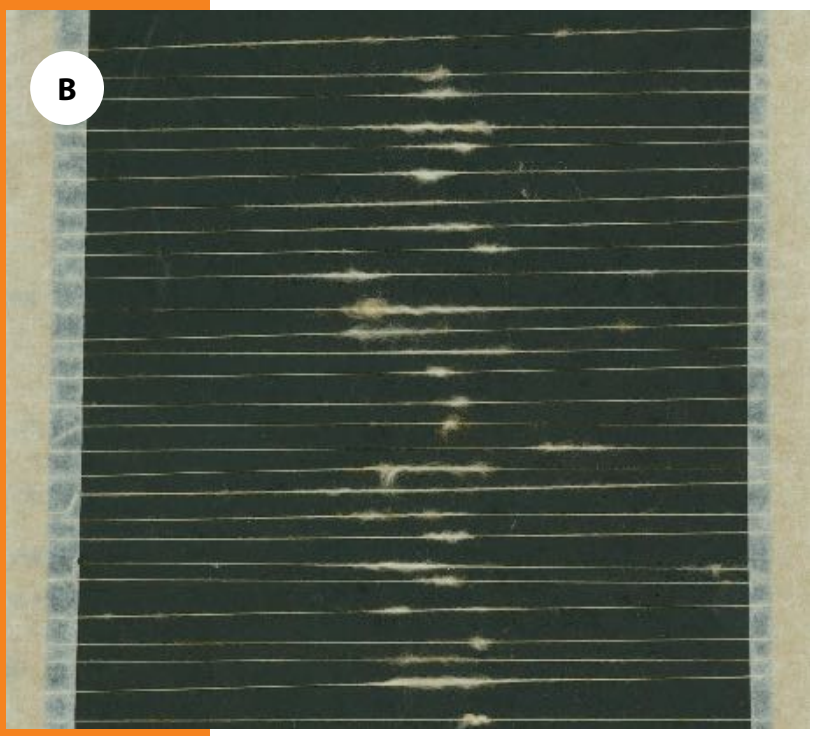


Figura 18. Pegamento diferencial de tinta em função da maturidade da fibra (Fonte: Cirad)





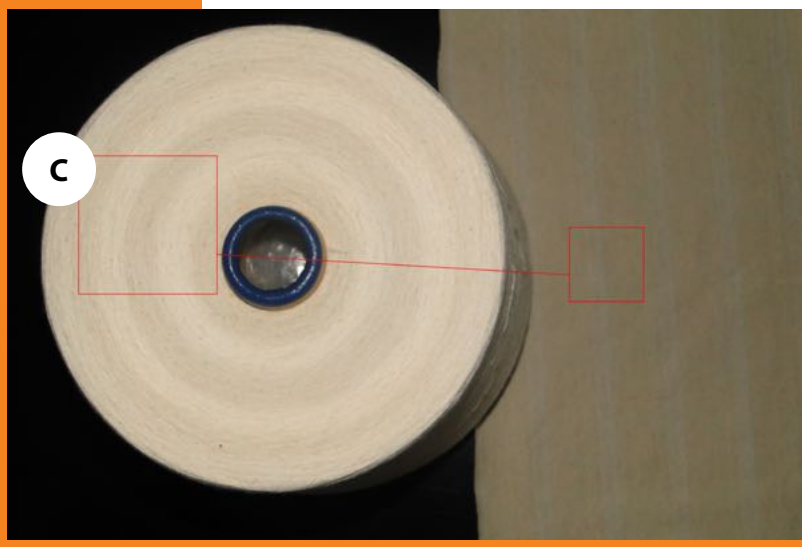


Figura 19. Defeitos diversos; moarê (A), defeitos raros (B) e barramento (C) (Fonte: J.J. Lima)

da capacidade de absorção dos corantes pelas fibras, pelos fios e tecidos após o processo de tingimento, causando irregularidade nas cores aplicadas (nuances) (Figura 18).

Defeitos no fio ou no tecido (Figura 19) podem ter origem muito diversa, como:

- Moarê – A variação de massa de comprimentos variados ao longo do fio é denominada defeito harmônico, comumente conhecido como moarê. 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.
- Defeitos raros – 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.
- Barramento – Bobina e espulas de fios de algodão com variação de cor produzem tecidos com o defeito denominado barramento.

Considerações finais

Toda a produção de fibra brasileira é classificada por instrumento e visualmente. Essa classificação é muito importante para o industrial; cada característica pode afetar significativamente a produtividade e os custos da fiação ou tecelagem, e principalmente a qualidade dos produtos têxteis, fios e tecidos. No entanto, mais que tudo, a classificação comercial tem ligação direta com a valorização financeira da fibra.

Para o produtor, e dentro do mercado almejado das fibras "médias", o mais

importante é provavelmente produzir a maioria dos fardos com características HVI acima dos níveis que definem "deságios". Além de tentar ficar em uma gama de Micronaire de 3,5 a 4,9, é importante que a grande maioria dos fardos produzidos apresentem valores de UHML superiores a 28,6 mm, e de resistência STR superiores a 28 g/tex. Uma vez atingido este objetivo, e dependendo das possibilidades de melhor valorização comercial da fibra, tentar produzir uma fibra "Premium".

Assim, a elaboração da qualidade da fibra é realizada no campo, durante a formação da fibra dentro do capulho. No entanto, todos os processos envolvidos desde a abertura do capulho até o transporte do fardo para a indústria podem contribuir, em diversas proporções, para a degradação desta qualidade inicial. Para o produtor, a qualidade da fibra produzida será o resultado de um equilíbrio delicado entre volume de fibra produzido, custos de produção e de transformação, e qualidade suscetível de ser valorizada financeiramente.

Por isso, toda a cadeia de produção deve estar integrada, e as diversas etapas interconectadas e realizadas com operadores devidamente treinados a fim de preservar o máximo possível a qualidade. Esperamos que este documento permita conscientizar os operadores das UBAs sobre a importância de preservar certas características da fibra, respeitando as devidas recomendações de funcionamento das algodoeiras.

Referências bibliográficas

ANEA (Associação Nacional dos Exportadores de Algodão) (www.aneacotton.com.br). ANEA **Ágios e deságios**. Agosto 2023. Ágio e Deságio | ANEA (aneacotton.com.br). Consulta em 24/03/2024.

BANGE, M.P.; CONSTABLE, G.A.; GORDON, S.G.; LONG, R. L.; NAYLOR, G.R.S.; van der SLUIJS, M. H. J. **FIBREpak From seeds to good shirts – A guide to improving Australian Cotton Fibre Quality**. CSIRO e CRC; 105p. 2009.

BBM (Bolsa Brasileira de Mercadorias) (www.bbmbolsa.com.br). Tabela de Ágios e Deságios (Mercado Interno e Externo) **Tabela de Ágios e Deságios (Mercado Interno e Externo)** –BBMNET (bbmbolsa.com.br). Consulta em 24/03/2024.

BELOT, J.L. **Manual de qualidade da fibra da Ampa.** Edt Técnico. IMAmt/Ampa (Edt.), Cuiabá, 343p. 2018. Manual de qualidade da fibra – IMAmt

BELOT, J.L.; VILELA, P.M.C.A. **Manual de Boas Práticas de Manejo do Algodoeiro em Mato Grosso**. Editor Técnico. IMAmt/Ampa (Edt.). Safra 2019/2020. Cuiabá, 461p. 2020. Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso – 4ª edição – IMAmt

COTTON INCORPORATED. **The classification of cotton**. 32p. 2018

GOURLOT, J-P; DRIELING, A.; QAUD M.; GORDON S.; KNOWLTON,J.; MATUSIAK M.; van der SLUIJS, M.; MARTIN, V.; FROESE, K.; DELHOM, C. I**nterpretation and use of SITC measured characteristics**, Version 1.0 issued April 6, 2020, English edition, a guideline by ICAC Task Force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton (CSITC) and by ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM), 75 p. 2020.

ICA BREMEN (www.ica-bremen.org). **International cotton value differences**. Circular: 02/2024 Wednesday 7 February 2024. vdc_24_02.xlsx (ica-bremen.org). Consulta em 24/03/2024.

YUFENG GE, B.S. **Mapping in-field cotton fiber quality and relating it to soil moisture**. Tese de PhD. TAMU. Texas, USA. 173p. 2007.

Edmilson Santos

CAPÍTULO 16

Gestão do beneficiamento para a produção de uma fibra de qualidade

1. A importância da qualidade do algodão

A qualidade da fibra do algodão é um fator crucial para a indústria têxtil, pois influencia diretamente o custo de produção e as propriedades do produto final. Por isso, tem um impacto significativo no preço de venda da fibra no mercado. Diversos elementos afetam a qualidade da fibra, que, após a maturação e abertura do capulho, gradualmente perde suas características intrínsecas e extrínsecas devido à exposição diária às intempéries climáticas e aos processos da colheita mecanizada e beneficiamento.

Neste capítulo, abordaremos os critérios e cuidados adotados nas Unidades de Beneficiamento de Algodão (UBAs) para a obtenção de uma fibra de qualidade.

1.1. Contribuição da certificação do algodão brasileiro nas UBAs

O Programa do Algodão Brasileiro Responsável expandiu-se para as algodoeiras através do ABR UBA (Capítulo 14 deste manual). A estrutura do programa para as UBAs segue o mesmo arcabouço do ABR, porém adaptado à natureza das atividades agroindustriais. A grande conquista para a qualidade do algodão brasileiro veio com o Programa de Qualidade do Algodão Brasileiro (PQAB) – certificação voluntária/autocontrole –, realizado em parceria com o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Esse programa contribuiu para a padronização das amostras dos fardos de pluma nas algodoeiras, trazendo confiabilidade à qualidade da classificação instrumental e visual do algodão.

1.2. Importância das características da fibra para o mercado

O processo de beneficiamento do algodão tem um impacto significativo na qualidade da fibra, influenciando diretamente sua utilidade e valor comercial. O objetivo é beneficiá-lo de forma controlada para minimizar os impactos na qualidade de suas características intrínsecas e extrínsecas, a fim de fornecer ao mercado têxtil os parâmetros desejados de tipo, resistência (STR), comprimento da fibra (UHML), índice de fibras curtas (SFI), alongamento (ELG), refletância (RD), grau de amarelamento (+B), impurezas (Trash), neps com fardos e lotes homogêneos, fardos com peso adequado e entrega dentro do prazo estipulado. Essas características sofrem impacto da genética da variedade, do clima e também do processo de beneficiamento do algodão, conforme a Tabela 1.

2. Conceito de uma UBA

A Unidade de Beneficiamento de Algodão é uma instalação industrial do setor primário projetada para processar a matéria-prima de algodão bruto e transformá-la em produtos finais de alta qualidade. O processo de beneficiamento envolve diversas etapas, com o objetivo principal de separar as fibras de algodão do caroço e de outras impurezas. A matéria-prima de entrada é o algodão em caroço, e o principal produto resultante desse processo é a pluma de algodão. As principais fases desse processo, amplamente descritas no Capítulo 4 deste manual, incluem a limpeza, o descaroçamento, a penteação e a formação do fardo de pluma, junto à gestão da umidade. Nesse processo, são necessários vários cuidados para evitar danos acima do normal na fibra do algodão.

Tabela 1. Características da fibra e fatores de variação (Fonte: DE-COTTON, 2024)

Características da Fibra	Esperado pelo Mercado	Possui Impacto Genético	Possui Impacto do Clima	Possui Impacto na Algodoeira
Tipo	≤ 31.4	Não	Sim	Sim
Comprimento - UHM	≥ 1.11	Sim	Sim	Sim
Resistência - STR	≥ 28	Sim	Sim	Sim
Porcentagem de fibras Curtas - SFI	≤ 10%	Sim	Sim	Sim
Maturidade da Fibra - MAT	≥ 80%	Não	Sim	Não
Finura Micronaire - MIC	3,5 a 4,9	Sim	Sim	Não
Alongamento - Elg	≥ 6,3%	Sim	Sim	Sim
Reflectância - RD	≥ 75	Não	Sim	Sim
Grau de Amarelamento - +B	≤ 9	Não	Sim	Sim

3. Rastreabilidade na gestão da qualidade

A rastreabilidade é uma grande aliada da qualidade do algodão em todas as etapas do processo. Através do sistema de rastreamento, é possível segregar os módulos de algodão por lavoura, variedade, tipo de contaminantes e níveis de umidade, evitando assim a mistura durante o beneficiamento. Isso contribui para a homogeneidade dos lotes e permite mapear anomalias no beneficiamento, além de reduzir o consumo de recursos.

3.1. Interação agroindústria e campo

A fim de garantir a qualidade, o gestor responsável pela algodoeira deve realizar a programação de beneficiamento considerando sempre a matéria-prima que possui em campo. Para isso, a comunicação entre a algodoeira e o campo torna-se fundamental, de modo a garantir que os módulos de algodão cheguem até a algodoeira sem misturas. Com o objetivo de aumentar a confiabilidade, essa interação deve ocorrer também via controle sistêmico. A interação UBA-campo também é essencial para que o pessoal do campo e principalmente da colheita tenha noção do impacto das próprias práticas sobre o beneficiamento e a qualidade da fibra produzida.

3.2. Programação de beneficiamento

A programação de beneficiamento é importante para se conseguir um funcionamento estável e melhor homogeneidade da produção de fibra. Módulos devem ser separados no campo em critérios pertinentes (variedade, umidade, contaminação e bordadura), de maneira a poder constituir lotes relativamente homogêneos para um beneficiamento programado e diferenciado (Figura 1). Isso facilita os ajustes de temperatura, umidade, carga e rotação das máquinas para se conseguir a qualidade desejada naquele momento.

Neste caso, os módulos de algodão não são beneficiados de forma aleatória, mas sim com base em suas condições e particularidades. Ou seja, módulos úmidos são separados dos módulos secos, variedades com *seed coat* são separadas das demais variedades e módulos contaminados



Figura 1. Ilustração de identificação dos módulos na lavoura (Fonte: DE-COTTON, 2024)

são separados dos módulos bons. Para facilitar o controle e a gestão dessa segregação, o recomendado é utilizar sistemas que gerem essa programação de forma automática e que emitam alertas quando ocorrerem irregularidades no beneficiamento dos módulos.

4. Alimentação do desagregador de módulos

O planejamento e controle na alimentação da algodoeira são cruciais para garantir um processamento eficiente e manter o nível de qualidade do algodão. Nesse sentido, é fundamental que o responsável pela programação do beneficiamento permaneça atento à uniformidade na alimentação do processo, evitando misturas entre lavouras, variedades e níveis de umidade do algodão, a fim de assegurar um fluxo suave ao longo do processo. Isso ocorre porque o sistema de secagem não consegue responder rapidamente à variação de umidade entre os módulos secos e úmidos. Essa variação excessiva de umidade pode reter impurezas no algodão em caroço, deixando-o com excesso de folhas e emaranhado. Uma boa programação e o controle de abastecimento (Figuras 2 e 3), junto ao dispositivo de regulação de fluxo na entrada do processo, mantêm a consistência da alimentação, sem interrupções, garantindo a eficiência do processo e a qualidade do produto final.



Figura 2. Alimentação do abridor de módulos (Fonte: Busa, 2024)



Figura 3. Abridor de módulos (Fonte: Busa, 2024)

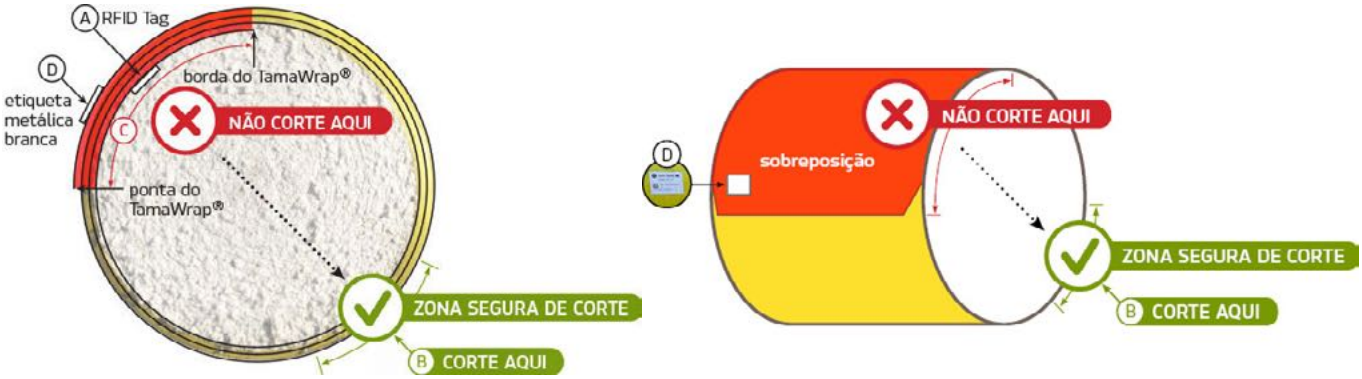


Figura 4. Posição adequada para corte do filme (Fonte: Tama do Brasil, 2023)

Contaminação por plástico

As boas práticas são essenciais ao se abrirem os módulos na algodoeira a fim de evitar a contaminação do algodão com plástico. Portanto, é importante orientar os colaboradores do abridor de módulos para examinar detalhadamente os módulos antes de cortar o filme e, em seguida, remover completamente qualquer fragmento de plástico ou outros contaminantes presentes no algodão em caroço. Utilize as recomendações de boas práticas descritas no próprio filme para cortá-lo corretamente (Figura 4), mantendo uma distância de um metro a partir do local de fechamento do módulo sempre.

Caso sejam detectados fragmentos de plástico nas amostras no final do processo de prensagem (Figura 5), oriente a equipe para conferir e limpar os rolos de pinos do desagregador de módulos (Figura 6) e do sistema de pré-limpeza.



Figura 5. Amostra de pluma contaminada com plástico (Fonte: DE-COTTON, 2024)



Figura 6. Filme plástico preso no rolo de pinos do desmanchador de módulos (Fonte: DE-COTTON, 2024)

5. Sistema de secagem do algodão

Depois de passar pelos desagregadores de módulos, o algodão segue rumo à caixa de alimentação e o sistema de secagem. Essa etapa é imprescindível para uma eficiente remoção das impurezas no processo seguinte de pré-limpeza. Nessa fase, a gestão da secagem do algodão precisa ser minuciosa para se manter o equilíbrio na eliminação da umidade do algodão em caroço, facilitando a remoção de suas impurezas. Umidades elevadas provocam ineficiência na remoção das impurezas; portanto, o ideal é termos de 4% a 5% de umidade após a secagem para que as fibras se desemaranhem e as impurezas se desprendam delas. Uma umidade maior (de 5% a 6%) é aceitável quando o processo não tem umidificação antes do descaroçador. Devemos cuidar para não

secar o algodão além do recomendado, a fim de não afetar a resistência da fibra e não a deixar amarelada.

5.1. Secagem do algodão em caroço

Durante o processo de secagem, a umidade relativa do ar exerce uma grande influência sobre a fibra do algodão. Portanto, recomendamos uma gestão baseada não apenas na umidade do algodão, mas também na umidade relativa do ar. A Tabela 2 é um exemplo de definição da temperatura para secagem correta do algodão em caroço, porém precisa ser adaptada a cada UBA, já que dimensionamento, sequência de equipamentos e eficiência dos sistemas de secagem variam muito entre unidades.

Tabela 2. Exemplo de ajuda da definição da temperatura de secagem (Fonte: Baker e Griffin Junior, 1984)

Umidade relativa do ar (URA)	Umidade do algodão em caroço									
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
40 a 50	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
50 a 60	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
60 a 70	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
70 a 80	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
80 a 90	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
90 a 100	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120

Dias quentes e secos podem provocar eletricidade estática no algodão seco, deixando-o mais difícil de ser beneficiado. Para situações como essa, o ideal é beneficiar o algodão seco à noite, quando a umidade relativa do ar está mais alta e contribui para eliminar a eletricidade estática, tornando-o mais fácil de descaroçar e prensar. Já quanto ao algodão com mais de 10% de umidade, é recomendado beneficiá-lo durante o dia, quando a umidade relativa do ar está baixa e a temperatura ambiente, elevada.

A gestão da umidade do algodão no beneficiamento deve levar em conta essas variações, medindo regularmente a umidade relativa do ar, a umidade do algodão em caroço e a temperatura ambiente para o correto ajuste do sistema de secagem e umidificação conforme recomendado.

5.2. Controle de neps

Neps são pequenos aglomerados de fibras emaranhadas entre si, o que afeta negativamente a qualidade e a aparência dos fios e tecidos. Além dos neps provocados pelas fibras imaturas, existem vários fatores que podem contribuir para esses problemas durante o processo de beneficiamento do algodão. Entre eles estão os pinos dos desmanchadores de módulos com desgastes ou rebarbas e serras e serrilhas com desgastes ou oxidadas (Figura 7). Para amenizar a presença de neps na pluma (Tabela 3), é necessário coletar amostras na saída de cada equipamento e enviá-las para análise laboratorial no equipamento AFIS (Sistema de Análise Avançada da Fibra). Após a análise dos dados, devem ser realizados reparos e substituição, se necessário, das peças que estão causando os neps.

Tabela 3. Apreciação do nível de neps na fibra (Fonte: Uster, 2012)

Neps/Grama	Descrição
< 100	Muito Baixo
101 - 200	Baixo
201 - 300	Médio
301 -450	Alto
> 450	Muito Alto

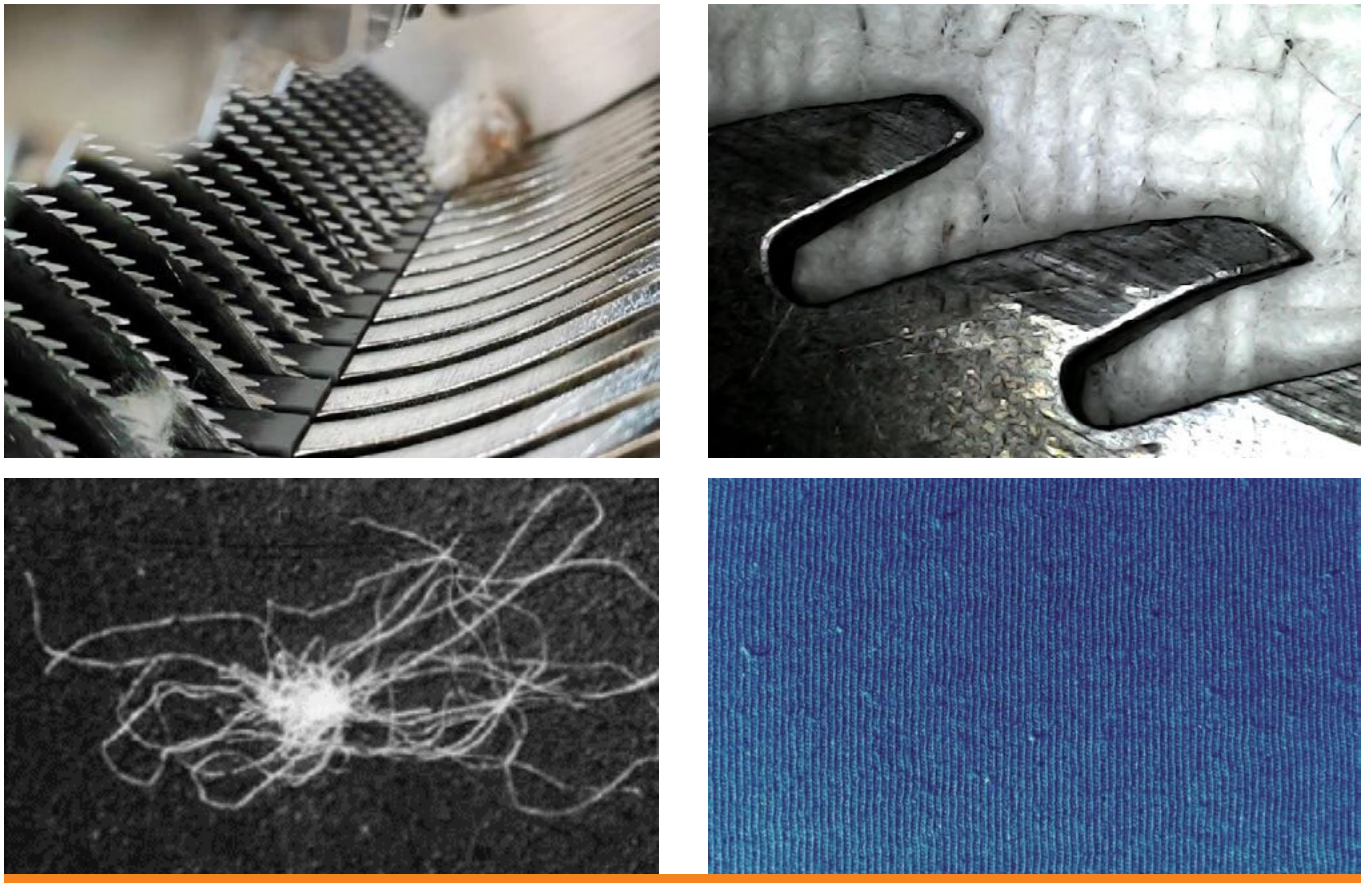


Figura 7. Emaranhados de neps provocados por rebarbas nas serras e o efeito do mesmo no tecido (Fonte: DE-COTTON, 2024)

5.3. Seed Coat Neps

Os *seed coat neps* (SCN) ou *seed coat fragments* (SCF) são fragmentos da casca da semente do algodão com fibras. Eles geram sérios problemas na fiação, na qualidade do produto final e no desgaste prematuro das guarnições.

Os SCN são gerados nos processos de colheita e beneficiamento do algodão em caroço, principalmente durante o descaroçamento, em que ocorre a separação das fibras da semente e a maior agressão mecânica sobre a semente. O problema pode ocorrer por excesso de pressão no rolo agitador do caroço, dentes de serras quebrados, costelas gastas e, principalmente, fragilidade da casca da semente do algodão. Os fragmentos da casca da semente também causam outro problema: o desprendimento das amêndoas que são succionadas junto à pluma e esmagadas nos rolos cilíndricos dos limpadores de pluma, provocando pegajosidade nos cilindros devido ao acúmulo de óleo, o que acarreta o surgimento de manchas amareladas na pluma. Algumas variedades de algodão apresentam sementes pequenas, casca fina e frágil, resultando em um alto teor de neps da casca da semente, o que inviabiliza a comercialização do produto devido às altas pontuações de deságios aplicadas na pluma, por conta dos danos que podem provocar na indústria têxtil. Por esse motivo, devemos ter uma série de cuidados ao beneficiar essas variedades.

5.4. Controle de Seed Coat Neps no beneficiamento

Em testes realizados nas cidades de Sapezal (MT), Correntina (BA) e Balsas (MA), em junho de 2020, foi detectado que o beneficiamento das variedades de semente pequena, fina e frágil, com o caroço seco por períodos superiores a 60 dias após a colheita, provoca maiores níveis de seed coat neps, enquanto as sementes do algodão recém-colhido e com o beneficiamento imediato possuem menores níveis de seed coat. A semente seca é mais quebradiça e mais difícil de beneficiar, e por esse motivo a programação de beneficiamento dessas variedades deve ser priorizada. Além disso, para se manter o seed coat dentro de um nível aceitável, são necessários alguns ajustes nos descaroçadores, tais como

controle de carga dos alimentadores, controle de rotação do eixo de serras e controle de rotação do agitador, conforme a Tabela 4 e Figura 9.

Esta ficha técnica fornece um guia básico para o beneficiamento de variedades com altos níveis de seed coat. Adapte os procedimentos conforme necessário de acordo com as condições específicas da sua operação e as características das sementes a serem beneficiadas. As alterações na rotação do eixo de serras e do rolo agitador podem ser realizadas com a troca de polias ou através de investimentos em inversores de frequência.

Com os ajustes de carga e rotação (Figura 8), é possível reduzir o nível de seed coat, tornando a fibra dessas variedades comercializável sem deságio na negociação. No entanto, essa solução resulta em um atraso de 20% no beneficiamento das variedades de sementes de casca fina e frágeis. Os maiores impactos ocorrem em máquinas de alta performance.

Tabela 4. Rotações e carga de alimentação para a produção de variedades de sementes frágeis (Fonte: DE-COTTON 2023)

Usina	Capacidade	Nº de serras	Carga de alimentação %		Rotação do eixo de serras - RPM		Rotação do agitador - RPM		Meta de produção de fardos	
	FPH		Normal	Com semente frágil	Normal	Com semente frágil	Normal	Com semente frágil	Normal	Com semente frágil
Busa	45	200	85%	65%	850	700	550	450	100%	80%
Busa	60	200	85%	65%	930	730	600	500	100%	80%
Candeloro	15	90	85%	60%	700	700	NA	NA	100%	80%
Lummus	45	170	85%	65%	830	700	545	445	100%	80%
Piratininga	30	120	85%	60%	700	700	NA	NA	100%	80%
Continental	28	141	85%	60%	730	730	NA	NA	100%	80%



Figura 8. Ajustes do descaroçador de alta performance para a produção de variedades com presença de seed coat (Fonte: DE-COTTON, 2023)

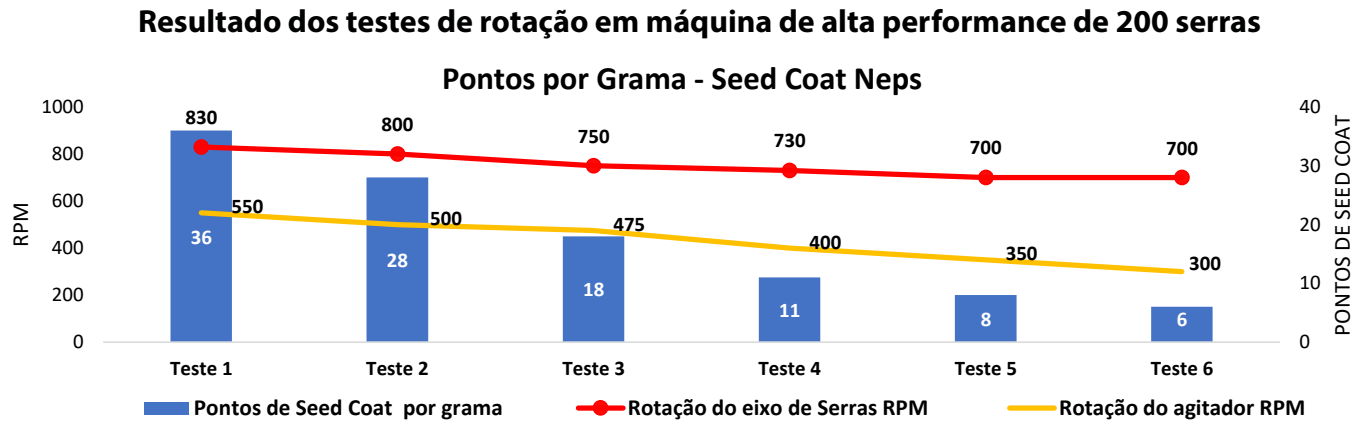


Figura 9. Resultado dos pontos de seed coat por grama apresentado pelo equipamento USTER AFIS (Fonte: DE-COTTON, 2023)

6. Influência do descaroçador na qualidade da fibra

Os descaroçadores (Figura 10) geram agressão mecânica nas fibras do algodão, deixando-as encarneiradas e com elevação do índice de fibras curtas (Tabela 5).



Figura 10. Descaroçadores de algodão (Fonte: BUSA, 2023)

Tabela 5. Características da fibra afetadas pelo descaroçamento (Fonte: DE-COTTON, 2023)

Influência do descaroçamento na qualidade da fibra		
Característica HVI	**Influência**	**Como**
Micronaire	Não	
Comprimento	Sim	Menos de 6% de umidade deixa a fibra frágil e quebradiça.
Uniformidade	Sim	Serras gastas provocam cortes aleatórios na fibra, deixando-as desuniformes.
Índice de Fibras curtas	Sim	Fibras imaturas e secas são mais propensas a rupturas durante o descaroçamento, especialmente em máquinas de alta performance.
Resistência	Sim	Os fatores que aumentam as agressões mecânicas pelas serras fragilizam as fibras.
Tipo	Sim	O descaroçamento com umidade acima de 8% deixa o algodão encarneirado e carregado de impureza, afetando o tipo comercial.
Neps	Sim	Serras com dentes gastos, com rebarbas ou quebrados aumentam o volume de neps por grama.
Seed coat	Sim	Pressão excessiva sobre o caroço e excesso de RPM no agitador pode aumentar o número de pontos de seed coat por grama na fibra.

7. Tipo visual

A tonalidade, o brilho e os defeitos de beneficiamento são fatores que impactam a classificação da pluma. As características extrínsecas podem variar dependendo de vários fatores, tanto no campo quanto no armazenamento do algodão em caroço e em pluma.

No processo de beneficiamento, o impacto na cor da pluma pode ocorrer devido ao excesso de calor no circuito de secagem, que deixa a pluma amarelada, e ao excesso de umidade no descaroçamento, que torna a mesma encarneirada e opaca. No limpador de pluma, caso ocorra o processamento com mantas grossas, o penteamento da fibra será irregular, deixando-a carregada de folhas e comprometendo o seu tipo. O excesso de umidade, além de encarneirar a pluma, ao longo do tempo muda gradativamente sua cor, de branca para ligeiramente creme. Se a umidade ultrapassar os 10% ao longo do tempo, teremos um efeito de cavitoma na pluma.

Cavitoma é um termo criado na década de 1950 por John Elting e Laura Hall para descrever os danos microbiológicos na fibra do algodão ou a decomposição da celulose na fibra por micro-organismos. Esta atividade microbiológica começa no campo, quando o capulho maduro aberto está exposto ao tempo úmido ou chuvoso, e pode continuar enquanto a fibra estiver fixa no caroço e quando a fibra é armazenada em fardo com unidades acima de 10%.

8. Gestão da umidade

O teor de umidade do algodão durante o processo de descaroçamento é um fator muito importante para manter o comprimento e a resistência da fibra (Tabela 6). Uma umidade elevada torna a fibra de algodão mais forte, contribuindo para a preservação do comprimento e da uniformidade, e a redução do índice de fibras curtas.

Entretanto, percentuais de umidade acima de 8% no processo de descaroçamento do algodão podem deixar a fibra emaranhada e mais carregada de impurezas, afetando sua qualidade e valor comercial com deságio nas negociações. Conforme parâmetros da Figura 11, para se alcançar um bom equilíbrio entre qualidade, eficiência e custo é recomendável manter a umidade na saída do alimentador entre 6,5% e 8%.

Tabela 6. Equilíbrio de umidade no descaroçamento do algodão (Fonte: DE-COTTON, 2023)

Tipo	Umidade	O que acontece?	Status
> VISUAL < HVI	4,00% 4,50% 5,00% 5,50% 6,00%	**Seco** Índices de umidade menores apresentam melhor aspecto visual, mas provocam maior dano à fibra no descaroçador e no limpador de pluma	Boa performance no descaroçamento
+	6,50% 7,00% 7,50% 8,00%	**Ideal** Percentual de umidade recomendado no algodão em caroço na saída dos alimentadores	Ponto de equilíbrio
> HVI < VISUAL	8,50% 9,00% 9,50% 10,00%	**Úmido** Índices de umidade maiores protegem a fibra, mas reduzem o tipo visual e elevam o encarneiramento da pluma, diminuindo seu tipo comercial	Embuchamento do descaroçador e risco de fogo

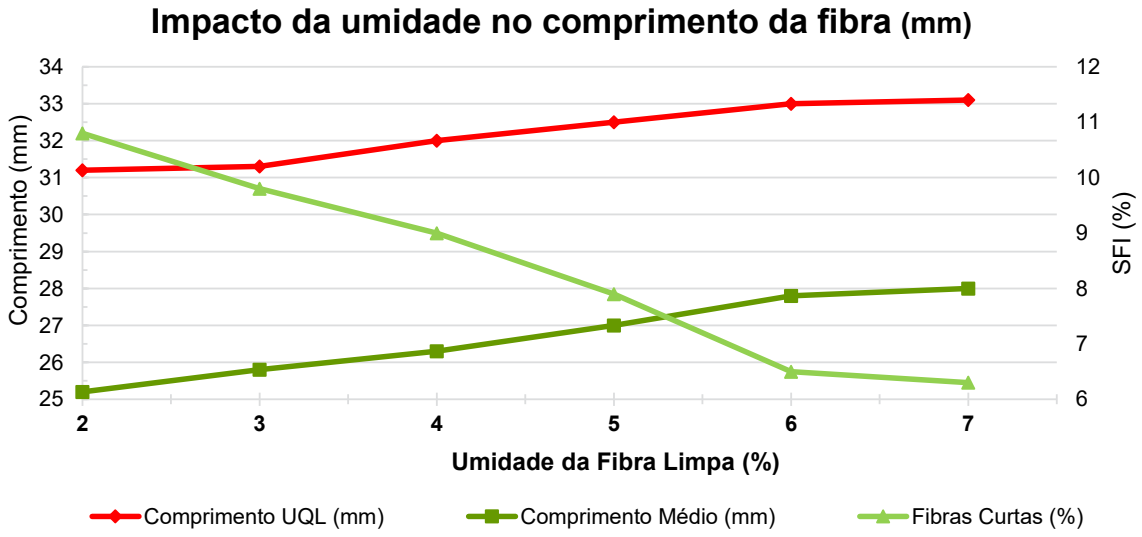


Figura 11. Impacto da umidade no comprimento da fibra (Fonte: CIRAD, 2005)

Percentuais de umidade menores podem afetar o comprimento da fibra, elevando o índice de fibras curtas, enquanto índices acima de 8% afetam o aspecto visual da fibra.

9. Limpador de pluma centrífugo

O limpador centrífugo pode passar despercebido dentro da UBA, mas possui grande importância e contribui muito para a qualidade do algodão. Os colaboradores envolvidos no processo de beneficiamento e com a qualidade do produto precisam conferir o seu resíduo de acordo com as trocas das variedades ou teor de umidade do algodão (Figura 12).

O limpador centrífugo deve ser inspecionado diariamente e ajustado em sua alavanca de regulagem, abrindo ou fechando a saída de resíduos de acordo com a condição do algodão que está sendo beneficiado. Isso é feito para evitar o excesso de impurezas na pluma do algodão, especialmente em variedades com tendência ao seed coat, a fim de não sobrecarregar o limpador de plumas e impedir que ele jogue algodão bom no sistema de resíduos.

10. Limpador de pluma de serra

Neste estágio é realizada a limpeza mais minuciosa da pluma do algodão, com remoção e eliminação das micropartículas de resíduos, fibras mortas e fibras curtas. Além disso, promove-se o penteamento e a formação de uma manta uniforme de plumas, agregando qualidade à análise visual do algodão e garantindo



Figura 12. Resíduos do limpador de pluma centrífugo – A: algodão normal; B e C: algodão com seed coat (Fonte: DE-COTTON, 2024)

uma melhor apresentação comercial da pluma (Figura 13). No entanto, é importante que o responsável pela qualidade conscientize os colaboradores a não utilizarem o by-pass para desviar a passagem da pluma do sistema de limpeza, a fim de evitar problemas relacionados à qualidade visual, ao excesso de fibras curtas e ao deságio do algodão.

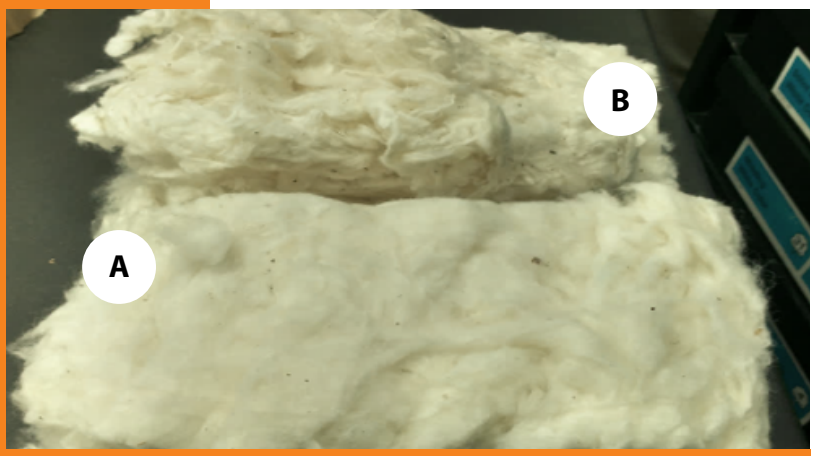


Figura 13. Comparativo de algodão com (A) e sem (B) limpador de pluma (Fonte: AGOPA, 2023)



Figura 14. Prensa de uma algodoeira (Fonte: DE-COTTON, 2024)



Figura 15. Dimensões recomendadas para faca de amostragem (Fonte: Abrapa, 2024)

Em caso de dúvidas, faça um fardo com e sem o limpador de pluma e confira a diferença do tipo visual; em seguida, envie ambas as amostras ao laboratório para a análise do índice de fibras curtas. É importante sempre conferir a regulagem das barras do limpador de plumas e a condição do rolo de serrilhas para evitar desperdícios e danos na qualidade.

11. Sistema de prensagem

O sistema da prensa do fardo de pluma de algodão (Figura 14) é a última etapa do fluxo do processo de beneficiamento, e nesta fase temos uma série de itens para realizar o controle de qualidade.

O gestor da UBA é responsável por garantir que todas as facas da prensa estejam dentro do padrão estabelecido pela Instrução Normativa 24 de 2016 do Mapa, para que as amostras extraídas de ambos os lados do fardo se encaixem nos padrões de qualidade adequados para a classificação instrumental e visual do algodão (Figura 15).

O peso mínimo da amostra preparada recomendado pela normativa é de 150 gramas.

O responsável pela qualidade do algodão deve orientar e acompanhar os colaboradores que preparam as amostras e realizam o lançamento da etiqueta SAI (Sistema Abrapa de Identificação) no sistema e fixar a mesma no fardo, para manter os padrões recomendados pela Instrução Normativa e garantir a sequência de rastreabilidade do algodão (Figuras 16 e 17).

É importante que o responsável pela qualidade confira a amostra para identificar o tipo visual do algodão. Se esse tipo está dentro do padrão estabelecido pela empresa, segue o fluxo normal. No entanto, se o algodão apresenta características inferiores ao padrão estabelecido, tais como estar encarneirado, com excesso de folhas e umidade elevada, o responsável deve solicitar ao técnico que faça os ajustes necessários ao longo do pro-

cesso, garantindo que, no final, se consiga produzir o algodão desejado. Além disso, é essencial conferir o peso médio dos fardos de pluma para evitar custos com frete morto, que ocorre quando o veículo transporta uma carga com peso inferior à sua capacidade máxima.

Em relação às usinas que utilizam fitas de poliéster para realizar a amarração do fardo, o responsável pela qualidade deve realizar inspeções periódicas da qualidade da solda das fitas (Figura 18) a fim de evitar rupturas até o destino final.

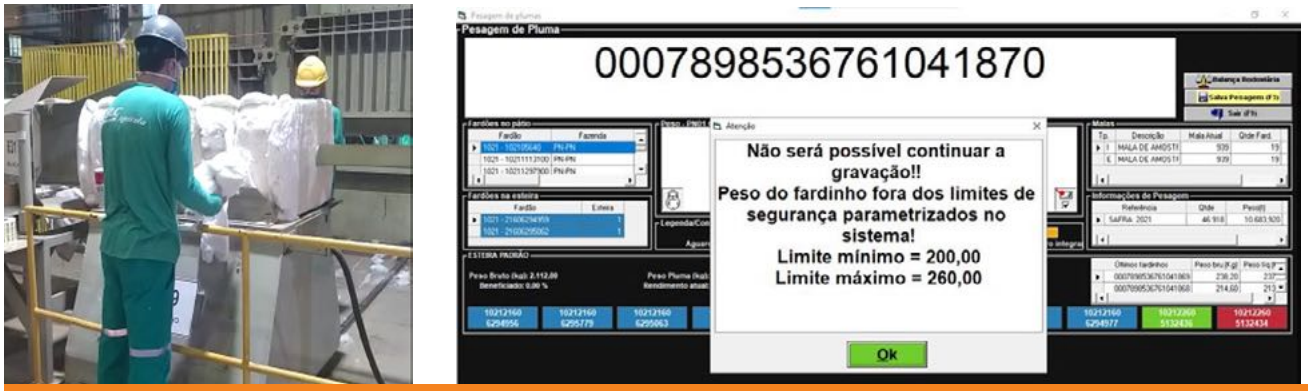


Figura 16. Retirada de amostra e apontamento do fardo (Fonte: SLC Agrícola)



Figura 17. Amostras de fardos de pluma de algodão (Fonte: DE-COTTON, 2024)

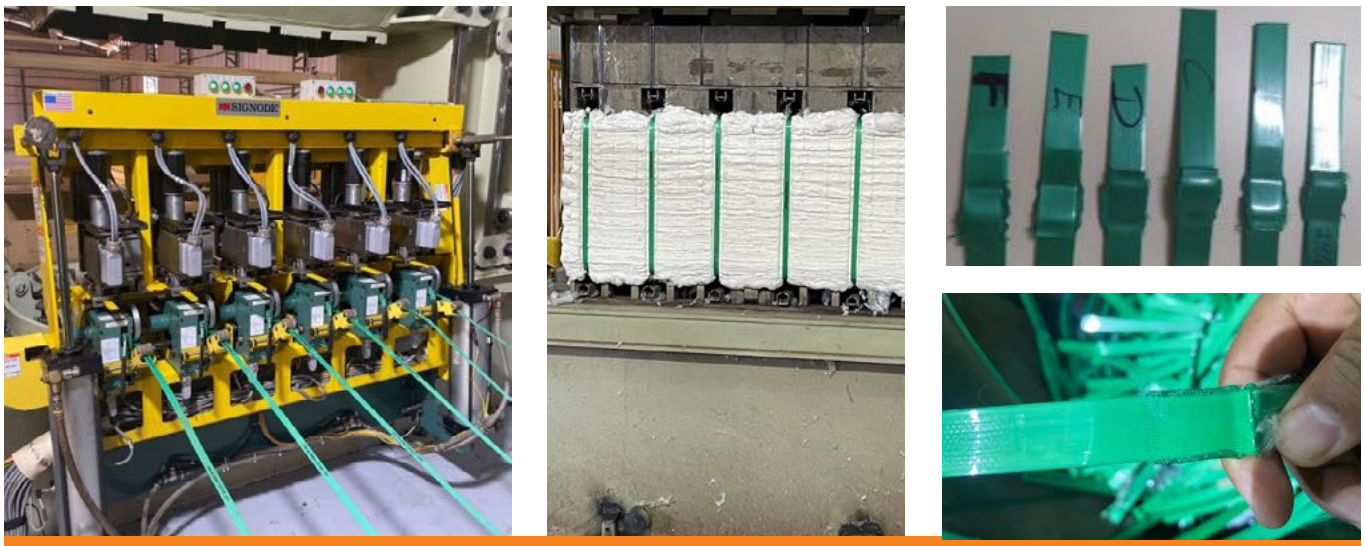


Figura 18. Amarração do fardo de pluma com fita de poliéster (Fonte: Signode, 2023)

No meio dos controles de processo, a gestão da umidade do fardo de pluma é crucial para que ele chegue ao destino final com suas fibras preservadas. A umidade recomendada nesta última etapa do processo é de 8%, conforme estipulado pela Instrução Normativa de 2016.

Os limites aceitáveis de umidade no fardo de pluma são de aproximadamente (±) 1. Caso ocorram intervalos maiores, o sistema de umidificação deve ser ajustado para facilitar a prensagem do fardo. O umidímetro deve estar com o eletrodo tipo garfo na escala 1, e a leitura sempre deve ser realizada na parte superior do fardo, de modo que as duas agulhas estejam introduzidas em diferentes camadas de prensagem. Se as agulhas estiverem inseridas alinhadas com a linha vermelha na Figura 19, será medida apenas a umidade de uma das camadas feitas pela prensa.

A medição deve ser realizada em três lugares diferentes do fardo. O valor médio das três medições é considerado como valor de umidade do fardo.

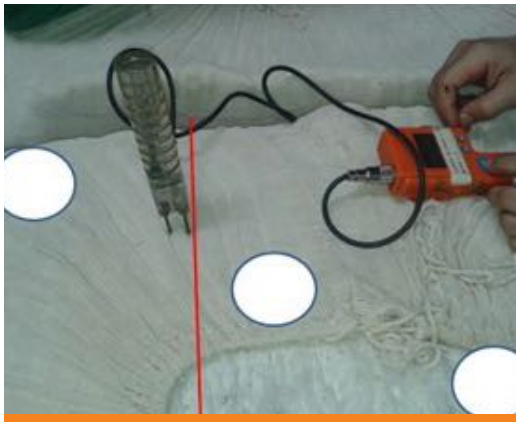


Figura 19. Leitura de umidade do fardo de pluma (Fonte: DE-COTTON, 2024)

12. Homogeneidade dos lotes

Uma vez finalizado o beneficiamento do algodão, as amostras retiradas dos fardos são enviadas para classificação visual, na sala de classificação da unidade ou terceirizada, e classificação instrumental, em um laboratório da preferência do produtor. As amostras são enviadas em malas com 50 ou 100 unidades e com etiqueta de rastreabilidade para garantir a confiabilidade do processo de classificação.

Após o retorno do laboratório, os fardos são agrupados por blocos correspondendo a uma carga. O emblocamento pode ser feito baseado na classificação visual ou na classificação visual + a classificação instrumental (*High Volume Instrument*, ou HVI). No caso do emblocamento baseado na classificação HVI, e para simplificar a logística e o armazenamento dos fardos, são definidas pelo produtor faixas para alguns parâmetros HVI. Em geral são considerados o comprimento de fibra, a resistência e o micronaire, com valores mínimo e máximo definidos a partir das exigências do mercado atendido pela empresa. Essa modalidade de formação de lotes requer maior dedicação e atenção para evitar misturas de fardos.

A Tabela 7 mostra um exemplo de categorias comerciais baseadas em combinação de tipos visuais e parâmetros HVI, com limites considerados para cada parâmetro.

Tabela 7. Formação de lotes por HVI - (High Volume Instrument) (Fonte: DE-COTTON, 2024)

Exemplo de Lotes Formado por Tipo e HVI					
Lote	**Quantidade de Fardos**	**Tipo**	**UHM**	**Resistência gf/tex**	**Micronaire**
Premium	110 ou 124	≤ 31- 4	≥ 1.11	≥ 28	3.7 - 4.7
Standard	110 ou 124	= 41- 4	≥ 1.10	≥ 27	3.5 - 4.9
Basic	111 ou 124	= 41- 4	< 1.10	< 28	Outros

13. Conclusão

Podemos observar de maneira abrangente e detalhada a evolução do processo de beneficiamento de algodão no Brasil. Desde o cultivo até as etapas finais de padronização, a indústria tem testemunhado uma transformação notável, impulsionada por inovações tecnológicas, práticas sustentáveis e o comprometimento de profissionais dedicados.

A introdução de tecnologias avançadas, como sistemas de rastreamento e controle de qualidade em tempo real, demonstra a busca incessante por melhorias. Essas inovações não apenas otimizam a eficiência operacional, mas também asseguram que a fibra de algodão brasileiro alcance os mais altos padrões internacionais.

Além disso, a adesão significativa de produtores e unidades de beneficiamento aos programas de certificação reflete o comprometimento coletivo em atender não apenas às demandas do mercado, mas também em promover práticas socioambientais responsáveis.

O resultado dessa evolução é evidente nos excelentes patamares atingidos pela qualidade do algodão brasileiro. A fibra produzida no país não apenas atende às expectativas globais, mas muitas vezes as supera, consolidando a posição do Brasil como um dos principais fornecedores de algodão de alta qualidade no cenário internacional.

O surgimento de programas como o Algodão Brasileiro Responsável (ABR) e o Programa de Qualidade do Algodão Brasileiro (PQAB) destaca o compromisso do setor com padrões rigorosos de qualidade.



Rodrigo
Sperotto

CAPÍTULO 17

Instrumentos de medição usados em algodoeiras

Introdução

Ter bons instrumentos de medição em uma indústria é crucial para assegurar a eficiência operacional, o cumprimento das normas regulatórias e a qualidade do produto. A precisão desses instrumentos garante que as especificações do produto sejam consistentemente atendidas, reduzindo variações indesejadas e otimizando a utilização de recursos, além de ser essencial para manter a conformidade com as normas de segurança e qualidade, aspecto fundamental em diversos setores industriais.

Ademais, os bons instrumentos de medição desempenham um papel essencial na manutenção preventiva e na economia de custos, permitindo a identificação precoce de problemas nos equipamentos e facilitando a implementação de programas de manutenção eficazes. A longo prazo, o investimento em instrumentos de qualidade pode resultar em uma significativa redução de desperdícios, retrabalho e tempo de inatividade, gerando uma considerável economia financeira.

Em resumo, os instrumentos de medição precisos são fundamentais para a segurança, inovação e competitividade da indústria, sendo essenciais para a manutenção da qualidade da fibra durante o processo de beneficiamento.

1. Multímetro digital

O multímetro digital é um instrumento de medição versátil e essencial na indústria moderna. Este dispositivo portátil combina várias funções de medição em uma única unidade, utilizando tecnologia digital para converter sinais analógicos em leituras precisas (Figura 1). Suas principais funções incluem a medição de tensão elétrica (voltímetro), corrente elétrica (amperímetro), resistência (ohmímetro), além de capacitância, frequência e testes de continuidade e diodos.

Na indústria, o multímetro digital desempenha um papel crucial em diversas áreas. Na manutenção elétrica, é utilizado para diagnosticar falhas em sistemas elétricos e eletrônicos, verificar tensões de alimentação e medir correntes em circuitos. Em instalações elétricas, auxilia na verificação da integridade da fiação, testes de aterramento e medição de tensão em quadros elétricos. No campo da automação industrial, é empregado para testar sensores, atuadores e verificar sinais de controle em PLCs.

A manutenção preventiva é outra área onde o multímetro digital se destaca, permitindo o monitoramento regular de parâmetros elétricos e a detecção precoce de problemas. Ele também é valioso em processos de calibração, desenvolvimento de protótipos e na busca por eficiência energética. Em termos de segurança, o multímetro é fundamental para verificar a ausência de tensão antes de trabalhos em sistemas elétricos e testar dispositivos de proteção.



Figura 1. Multímetro digital (Fonte: www.amazon.com.br)

As vantagens do multímetro digital incluem sua alta precisão, facilidade de leitura, portabilidade e versatilidade. No entanto, seu uso requer cuidados, como a seleção correta de funções e escalas, além de atenção às normas de segurança, especialmente ao lidar com altas tensões. A calibração regular é essencial para manter a precisão das medições, e em ambientes industriais, é recomendável o uso de modelos robustos e certificados.

Em suma, o multímetro digital é uma ferramenta indispensável que contribui significativamente para a manutenção, segurança e eficiência dos sistemas elétricos e eletrônicos na indústria. Sua ampla gama de aplicações e precisão o tornam um instrumento essencial para profissionais em praticamente todos os setores industriais, desde a manutenção rotineira até o desenvolvimento de novos produtos e sistemas.

2. Alicate amperímetro

O alicate amperímetro é um instrumento de medição essencial na indústria, incluindo as algodoeiras. Seu design único em forma de alicate permite medir corrente elétrica sem interromper o circuito, simplesmente abraçando o condutor com suas garras. Este dispositivo é principalmente usado para medir corrente alternada (AC), embora alguns modelos também possam medir corrente contínua (DC) (Figura 2).

Além da medição de corrente, muitos alicates amperímetros modernos são multifuncionais, capazes de medir tensão, resistência e continuidade. Eles geralmente apresentam um display digital para leituras precisas e fáceis de interpretar, e muitos modelos possuem seleção automática de escala. A abertura ajustável das garras permite acomodar condutores de diferentes espessuras, e o instrumento é projetado com altos padrões de segurança para operação em ambientes de alta tensão.

Nas algodoeiras, o alicate amperímetro desempenha um papel crucial em várias áreas. É amplamente utilizado para monitorar o consumo de corrente dos motores elétricos em equipamentos como descaroçadores, prensas e sistemas de transporte de algodão. Esta função é vital para identificar sobrecargas ou ineficiências nos motores, contribuindo significativamente para a manutenção preventiva.



Figura 2. Alicate Amperímetro (Fonte: www.lojadomecanico.com.br)

O instrumento também é fundamental para o balanceamento de cargas elétricas e diagnóstico de problemas elétricos nas instalações da algodoeira. Ele ajuda a distribuir adequadamente as cargas nos diferentes circuitos, evitando sobrecargas, e facilita a identificação de curtos-circuitos ou fugas de corrente em equipamentos. Além disso, o alicate amperímetro é uma ferramenta valiosa para avaliar a eficiência energética, permitindo a medição do consumo de energia de diferentes máquinas e processos.

Ele também é útil para testar geradores de emergência e sistemas de backup, essenciais em algodoeiras localizadas em áreas com fornecimento instável de energia.

A importância do alicate amperímetro nas algodoeiras se estende à segurança das operações. Ele permite realizar verificações de segurança em quadros elétricos e equipamentos sem necessidade de contato direto com condutores energizados. Isso não apenas protege os trabalhadores, mas também ajuda a manter a integridade dos equipamentos e a continuidade das operações.

Finalmente, o alicate amperímetro é uma ferramenta indispensável nas algodoeiras, contribuindo para a eficiência operacional, segurança e qualidade do produto final. Seu uso abrangente, desde a manutenção preventiva até a otimização do consumo de energia, faz dele um instrumento crucial na gestão eficaz de uma algodoeira moderna.

3. Câmera termográfica

A câmera termovisora, também conhecida como câmera térmica ou termográfica, é um dispositivo avançado de imageamento que revolucionou diversas áreas da indústria. Este instrumento sofisticado detecta a radiação infravermelha emitida por objetos e a converte em imagens visuais, permitindo a visualização e medição de diferenças de temperatura em tempo real, sem necessidade de contato físico com os objetos ou superfícies analisadas.

Entre as características principais da câmera termovisora, destaca-se sua capacidade de criar imagens baseadas em diferenças de temperatura, onde diferentes cores representam distintos níveis de calor (Figura 3). Sua alta sensibilidade térmica permite detectar variações mínimas de temperatura, muitas vezes inferiores a 0,1°C. Os modelos disponíveis variam em resolução, desde versões básicas até câmeras de alta definição para aplicações mais exigentes.

A portabilidade é outro aspecto crucial das câmeras termovisoras modernas, facilitando seu uso em campo. Muitos modelos oferecem capacidade de armazenamento de imagens para análise posterior e vêm acompanhados de software especializado para interpretação detalhada das imagens térmicas. Alguns dispositivos mais avançados podem até mesmo sobrepor imagens térmicas a imagens visuais normais, proporcionando uma interpretação mais precisa e contextualizada.

Na indústria, a câmera termovisora encontra uma ampla gama de aplicações. Uma de suas principais utilizações é na manutenção preditiva, onde identifica pontos quentes em equipamentos elétricos e mecânicos, sinalizando potenciais falhas antes que ocorram. Isso é particularmente valioso em sistemas elétricos, motores, rolamentos e outros componentes mecânicos críticos.

No campo da eficiência energética, estas câmeras são ferramentas

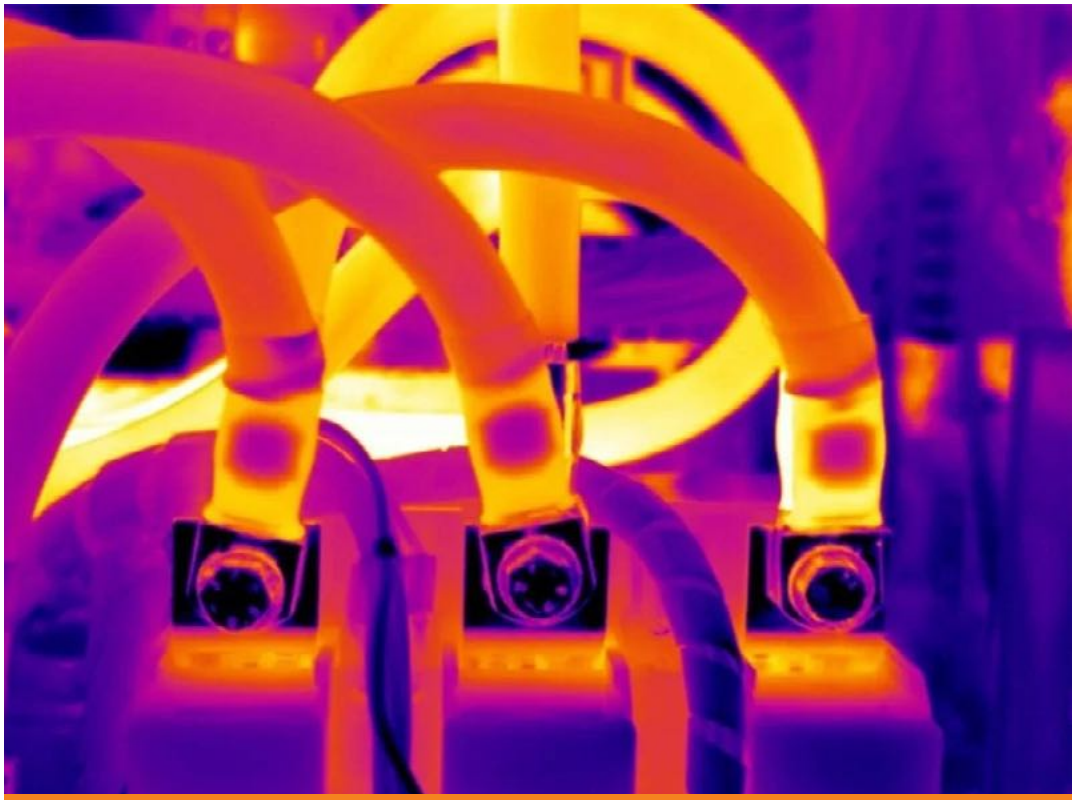


Figura 3. Imagem termográfica de disjuntor (Fonte: Bresimar Automação)

indispensáveis. Elas detectam perdas de calor em edifícios e sistemas de aquecimento e resfriamento, permitindo otimizar o consumo de energia. Na indústria de construção, são utilizadas para identificar problemas de isolamento térmico, infiltrações e umidade em estruturas.

O uso generalizado de câmeras termovisoras na indústria resulta em diversos benefícios tangíveis. Estes incluem a redução do tempo de inatividade não programado, aumento da eficiência energética, melhoria na qualidade dos produtos e processos, e significativo aumento da segurança. Ao permitir a detecção precoce de problemas, essas câmeras ajudam a prevenir falhas catastróficas, reduzir custos de manutenção e prolongar a vida útil dos equipamentos.

À medida que a tecnologia de imageamento térmico continua a evoluir, as câmeras termovisoras tornam-se cada vez mais precisas, portáteis e acessíveis. Isso solidifica sua posição como uma ferramenta indispensável em muitos setores industriais, sendo fundamental para diagnóstico, manutenção e otimização de processos. Seu impacto na eficiência operacional e na segurança industrial continua a crescer, tornando-as um componente essencial da indústria moderna.

4. Medidor de umidade de algodão portátil

O medidor de umidade de algodão portátil é um instrumento essencial na indústria algodoeira, desempenhando um papel crucial na gestão da umidade tanto na colheita e no beneficiamento. Este dispositivo utiliza princípios científicos avançados para fornecer medições rápidas e precisas do teor de umidade nas fibras ou caroço de algodão, contribuindo significativamente para a manutenção da qualidade do produto em várias etapas da cadeia produtiva.

O princípio de funcionamento destes medidores geralmente se baseia em métodos de condutividade elétrica ou capacitância. No método de condutividade elétrica, o dispositivo aplica uma pequena corrente através da amostra de algodão e mede a resistência elétrica. Como a água é um bom condutor de eletricidade, a resistência diminui com o aumento da umidade, permitindo que o medidor converta essa leitura em um valor percentual de umidade (Figura 4). Já o método de capacitância se baseia na mudança das propriedades dielétricas do algodão com diferentes níveis de umidade, medindo as alterações na capacitância da amostra quando submetida a um campo elétrico.

No âmbito do processamento, o teor de umidade ideal é crucial para um beneficiamento eficiente. O algodão com umidade adequada facilita o descaroçamento e a limpeza, enquanto o algodão muito seco pode gerar eletricidade estática, dificultando o manuseio, e o algodão muito úmido pode causar problemas na limpeza e provocar o encarneiramento. O controle da umidade também é vital para o armazenamento seguro do algodão. Manter níveis adequados de umidade durante o armazenamento previne a deterioração e

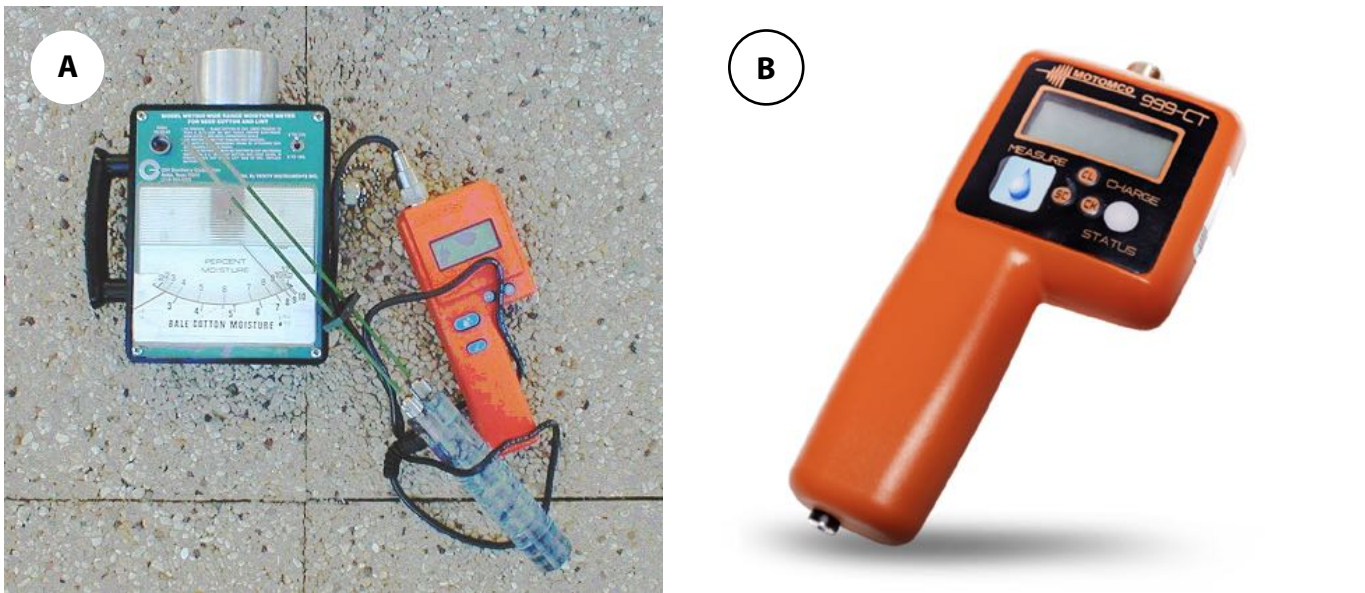


Figura 4. Medidores de umidade de algodão (Fonte: (A) Cotimes do Brasil, 2011 e (B) Dir. Motomco, 2024)

o crescimento de microrganismos, ajudando a preservar a qualidade da fibra e do caroço por períodos mais longos. Isso é particularmente importante para garantir que o produto mantenha suas características desejáveis até chegar ao consumidor final.

Em todos os aparelhos, existe uma escala para medição da umidade do algodão em caroço (eletrodo copo ou eletrodo bastão) e uma escala para medição da umidade da fibra (copo ou espetos). Para medir a umidade dos módulos (rolinhos), o uso do bastão permite uma medição profunda (50 cm), mais representativa e mais fácil (Figura 5).

Do ponto de vista econômico e ambiental, o uso eficiente do medidor de umidade pode resultar em significativa economia de energia. Ao evitar a secagem desnecessária do algodão, reduz-se o consumo energético e, consequentemente, os custos operacionais. Isso não apenas beneficia os produtores e processadores, mas também contribui para práticas mais sustentáveis na indústria algodoeira.

Em conclusão, o Medidor de Umidade de Fibra de Algodão portátil é uma ferramenta indispensável que permeia toda a cadeia de produção e processamento do algodão. Seu uso adequado resulta em melhor qualidade do produto, maior eficiência nos processos e, consequentemente, maior valor econômico para o algodão produzido. A capacidade de realizar medições rápidas e precisas in loco torna este instrumento um aliado valioso na busca contínua pela excelência na indústria algodoeira, contribuindo para a produção de fibras de alta qualidade que atendam às exigências do mercado global.

5. Termômetro infravermelho

O termômetro infravermelho, também conhecido como termômetro sem contato ou pirômetro, é um dispositivo de medição de temperatura que utiliza radiação infravermelha para determinar a temperatura de um objeto ou superfície à distância. Este instrumento versátil e não invasivo tem-se tornado cada vez mais popular em diversas aplicações, desde uso industrial até aplicações médicas e domésticas (Figura 6).

O princípio de funcionamento do termômetro infravermelho baseia-se na detecção da radiação térmica emitida por todos os objetos acima do zero absoluto. O dispositivo possui um sensor que capta essa radiação infraverme-



Figura 5. Eletrodo bastão (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

lha e a converte em um sinal elétrico proporcional à temperatura do objeto. Um microprocessador interno, então, processa esse sinal e exibe a temperatura medida em um display digital.



Figura 6. Termômetro Infravermelho (Fonte: www.eletropeças.com.br)

Uma das principais vantagens do termômetro infravermelho é sua capacidade de medir temperaturas sem contato físico com o objeto. Isso o torna particularmente útil em situações onde o contato direto é impraticável, perigoso ou poderia interferir na medição. Por exemplo, na medição de temperaturas de objetos em movimento, superfícies extremamente quentes ou em ambientes estéreis.

Na indústria, os termômetros infravermelhos são amplamente utilizados para monitoramento e manutenção de equipamentos. Eles podem detectar pontos quentes em sistemas elétricos, identificar problemas em motores e maquinário, e verificar a eficiência de sistemas de aquecimento e resfriamento.

Apesar de suas muitas vantagens, os termômetros infravermelhos têm algumas limitações. A precisão da medição pode ser afetada por fatores como a emissividade da superfície medida (capacidade de emitir energia por radiação), a distância do objeto e condições ambientais como umidade e poeira no ar. Além disso, eles medem apenas a temperatura superficial, não sendo adequados para determinar temperaturas internas de objetos.

Para uso eficaz, é importante entender como ajustar as configurações do termômetro, como a emissividade, para diferentes tipos de superfícies. Muitos modelos avançados permitem esse ajuste, melhorando a precisão das medições em diferentes materiais.

Com o avanço da tecnologia, muitos termômetros infravermelhos agora vêm equipados com recursos adicionais, como armazenamento de dados, conectividade sem fio e até mesmo câmeras térmicas integradas, expandindo ainda mais suas aplicações e utilidades.

Finalmente, o termômetro infravermelho é uma ferramenta versátil e valiosa em diversos campos. Sua capacidade de fornecer medições rápidas e sem contato o torna indispensável em muitas aplicações industriais, comerciais e domésticas. Conforme a tecnologia continua a avançar, é provável que vejamos ainda mais inovações e aplicações para esses dispositivos, solidificando seu papel como um instrumento essencial de medição de temperatura.

6. Medidor de vibração

O medidor de vibração é uma ferramenta essencial na manutenção industrial moderna, particularmente no campo da manutenção preventiva e preditiva. Este dispositivo desempenha um papel crucial na detecção precoce de problemas em equipamentos rotativos, contribuindo significativamente para a eficiência operacional e a longevidade dos maquinários (Figura 7).

Na manutenção preventiva, o medidor de vibração é uma ferramenta indispensável para o monitoramento contínuo, identificação de tendências, planejamento das intervenções e detecção precoce de problemas em equipamentos rotativos.



Figura 7. Medidor de Vibrações (Fonte: www.fluke.com)

Os equipamentos rotativos, como motores, bombas, ventiladores e compressores, são componentes críticos em muitas operações industriais. O medidor de vibração é particularmente eficaz na detecção precoce de problemas nesses tipos de equipamentos, tais como desalinhamentos, desbalanceamento, falhas em rolamentos, folgas mecânicas, problemas de engrenagens, cavitação em bombas e ressonância.

A detecção precoce desses problemas oferece várias vantagens: intervenção oportuna, minimização de danos colaterais e segurança aprimorada.

O uso eficaz de medidores de vibração requer conhecimento técnico para interpretar os dados corretamente. Muitas organizações investem em treinamento ou em serviços especializados de análise de vibração para maximizar os benefícios dessa tecnologia.

Assim, o medidor de vibração é uma ferramenta poderosa na manutenção preventiva e na detecção precoce de problemas em equipamentos rotativos. Seu uso adequado pode resultar em operações mais confiáveis, custos reduzidos de manutenção e maior produtividade. À medida que a indústria avança em direção a práticas de manutenção mais inteligentes e baseadas em dados, o papel dos medidores de vibração continua a crescer em importância, tornando-se um componente essencial das estratégias de manutenção modernas.

7. Tacômetro

O tacômetro é uma ferramenta essencial na indústria moderna, desempenhando um papel crucial na medição precisa da velocidade rotacional de diversos equipamentos. Esse dispositivo é particularmente valioso em setores como o beneficiamento de produtos agrícolas, onde o controle preciso da velocidade é fundamental para a qualidade do produto final e a eficiência do processo (Figura 8).

No contexto específico das máquinas de beneficiamento, como aquelas utilizadas na indústria do algodão, o tacômetro permite o controle de velocidade em descaroçadores, garantindo que os rolos e serras operem na velocidade ideal para separar as fibras das sementes sem danificá-las. Além disso, o tacômetro é fundamental no monitoramento de quase todos os equipamentos de transporte de matéria (ventiladores, roscas, fitas, válvulas), de limpeza ou de separação (separadores e condensadores). Ele assegura que os equipamentos operam com eficiência e sem comprometer a integridade da fibra ou do caroço.

Para utilizar eficazmente os tacômetros em máquinas de beneficiamento, é necessário não apenas realizar medições precisas, mas também interpretar corretamente os dados obtidos. Por isso, é crucial que técnicos e operadores recebam treinamento adequado para entender as implicações das leituras de velocidade e como elas se relacionam com o desempenho e a saúde dos equipamentos.

Em conclusão, o tacômetro é uma ferramenta indispensável na indústria de beneficiamento, especialmente no processamento do algodão. Sua capacidade de medir com precisão a velocidade rotacional contribui significativamente para a eficiência operacional, qualidade do produto, manutenção preventiva e segurança.



Figura 8. Tacômetro (Fonte: www.triduar.com.br)

8. Manômetro e Tubo de Pitot

O manômetro é um instrumento que serve para medir a pressão exercida por um fluido em determinada superfície. Esses fluidos podem estar em estado líquido ou gasoso. Normalmente, os manômetros medem a pressão como pressão manométrica, que é a diferença entre a pressão absoluta do fluido e a pressão atmosférica. A pressão manométrica pode ser superior ou inferior à pressão atmosférica. Os manômetros que são feitos para medir pressões inferiores à atmosférica são chamados de manômetros de vácuo — ou vacuômetros.

O manômetro "Bourdon" é o tipo mais usado, que consiste em um tubo fechado em uma extremidade e aberto na outra. A extremidade aberta é conectada ao recipiente cuja pressão deve ser medida e o manômetro indica seu valor (Figura 9). Na algodoeira, este tipo de manômetro é utilizado para medir a pressão em circuitos hidráulicos (prensas), de vapor ou água (caldeira), de ar comprimido (compressor de ar). As unidades de pressão mais frequentes são o Bar e o PSI (libra-peso por polegada quadrada), com 1 bar = 14.5 PSI.

Devem ser tomados alguns cuidados na escolha do manômetro mais adequado à medição que precisa realizar, em termos de precisão (tamanho do aparelho e escala adaptada) e em termos de temperatura do líquido a ser medido. Quanto maior for o manômetro, mais precisa será a leitura de pressão. A faixa de pressões que o manômetro pode medir precisa ser adequada para não trabalhar na zona de pressão máxima, sem ter uma faixa muito ampla, para evitar falta de precisão na leitura.

Tubo de Pitot — ou tubo *pitot* — é um instrumento de medição de velocidade muito utilizado para medir a velocidade de fluidos, e nas algodoeiras, para medir as velocidades do ar nas tubulações (Figura 10). O tubo de Pitot é um dispositivo que permite medir a pressão estática e a pressão total (dinâmica + estática). Permite conseguir diretamente a pressão dinâmica por subtração, na condição de estar conectado a um manômetro diferencial (2 entradas). Para medições de pressão de ar, as unidades mais utilizadas são a polegada de coluna de água (in. WC ou in. H2O) ou o milímetro de coluna de água (mmCA).

Detalhes práticos sobre medições de ar e uso de tubo de Pitot com manômetro diferencial são apresentados no capítulo 5 deste manual.

Assim, manômetros e anemômetros com tubo Pitot fazem parte dos equipamentos mais importantes dentro de uma algodoeira, e devem receber especial atenção para sua manutenção e calibração periódica.



Figura 9. Manômetro (Fonte: www.amazon.com)



Figura 10. Anemômetro com Tubo de Pitot (Fonte: www.ltest.com.br)

9. Relógio comparador

O comparador consiste em um mostrador graduado com uma agulha giratória no centro ou com um display digital, tendo como finalidade medir o paralelismo entre duas superfícies ou a presença de empeno. O comparador de tipo digital, mais prático, indica diretamente a medição em polegadas ou mm (Figura 10).

Na algodoeira, o relógio comparador é muito útil para conferir com precisão o alinhamento ou a deformação de vários componentes de máquinas, principalmente eixos e rolos.

10. Importância da calibração e manutenção

A calibração e manutenção de instrumentos de medição, como medidores de umidade, manômetros, tacômetros, termômetros infravermelhos e medidores de vibração, são práticas essenciais na indústria moderna. A calibração assegura que os instrumentos forneçam leituras precisas ao longo do tempo, comparando-os com padrões conhecidos e ajustando-os conforme necessário. Isso é particularmente crucial em ambientes industriais desafiadores, onde fatores como temperatura, umidade e vibração podem afetar o desempenho dos equipamentos. A manutenção preventiva, por sua vez, envolve inspeções regulares, limpeza e substituição de componentes, prevenindo falhas e prolongando a vida útil dos instrumentos.

Estas práticas não apenas garantem a precisão e confiabilidade das medições, mas também contribuem para a eficiência energética, redução de desperdícios e conformidade com normas e regulamentos da indústria. Instrumentos bem calibrados e com manutenção preventiva adequada permitem operações otimizadas, detecção precoce de problemas e redução de custos a longo prazo. É fundamental estabelecer um cronograma adequado de calibração e manutenção, baseado nas recomendações do fabricante e nas necessidades específicas da operação, além de treinar operadores e técnicos para reconhecer sinais de que um instrumento pode precisar de atenção. Investir nessas práticas resulta em maior confiabilidade, redução de erros e melhor desempenho geral dos equipamentos e processos industriais.



Figura 11. Relógio Comparador (Fonte: www.amazon.com.br)

Fundada em 1961

SINCE 1961

BAJAJ STEEL INDUSTRIES LIMITADA

AN ISO 9001 : 2015, 14001 : 2015 & OHSAS 45001 : 2018 EMPRESA CERTIFICADA

CONTINENTAL EAGLE CORPORATION, USA SINCE 1832

COTTON GINNING SYSTEMS

SOLUÇÃO COMPLETA EM EQUIPAMENTOS E PROJETOS PARA USINAS ALGODOEIRAS

LINHA BAJAJ CONTINENTAL EAGLE MAX





Tubo de rolo de sementes & Transportador



Rolo Seletor

DESCAROÇADOR 201 SERRAS 16" - até 25 f/h
DESCAROÇADOR 161 SERRAS 16" - até 18 f/h



PRENSA BAJAJ CONTINENTAL 9300 DE FOSSO ATÉ 90 FARDOS POR HORA



PRENSA BAJAJ CONTINENTAL 9500 45 / 60 / 70 FARDOS POR HORA



PRENSA BAJAJ 25 / 32 /40 FARDOS HORA



PRENSA DE FIBRILHA

LINHA COMPLETA DE EQUIPAMENTOS : 96" 120" 144"

- **Piranha Fixa**
- **Controle de Alimentação**
- **Cata Pedras**
- **Torres de Secagem**
- **Batedor Horizontal 9 , 12 e 15 Rolos**
- **Batedor Inclinado**
- **HLST - Stick Machine**
- **Limpa Plumas**
- **Limpador Centrífigo**
- **Rosca e Fita de Transporte**
- **Bateria de Ciclones**
- **Estruturas**
- **Tubulação**
- **Ventiladores**
- **Painéis Elétricos CCM**
- **Automação Completa**

PAINÉIS ELÉTRICOS



IEC 61439-1&2







Sr. Clovis Gastaldi M: +55 (16) 99963-9550, brazil@bajajngp.com | Sr. Sourabh A. Balna M: +91 9503032899, balna.sourabh@bajajngp.com

SINCE 1961

BAJAJ STEEL INDUSTRIES LIMITADA

CIN L27100MH1961 PLC011936 I GST no.: 27 AAACB5340H1 Ii
Lote nº. C-108, Área Industrial MIDC, Hingna, Nagpur - 440016 (MH) Índia.
Tel. : +91-07104-238101 - 20, Fax: +91-07104- 237067
Correio eletrónico : bsi@bajajngp.com, inquiry@bajajngp.com

ANISO 9001 : 2015 14001 : 2015 & OHSAS 45001 : 2018 EMPRESA CERTIFICADA

CONTINENTAL EAGLE CORPORATION, USA SINCE 1832

Servindo em todo o mundo

Siga-nos em :

www.bajajngp.com | www.bajajpeb.com | www.bajajfirefightingsystems.com | www.bajajelectricalpanels.com | www.bajajsteeldoors.com | www.bajajngpexport.com


IMA 49

CAPÍTULOS 18, 19 E 20
PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO PARTICULARES



Este manual foi direcionado para apresentar o beneficiamento de algodão em caroço de fibra "média", colhido com máquinas *picker*. No entanto, existem situações específicas que podem exigir a adaptação dos processos de beneficiamento ou, eventualmente, equipamentos diferentes. É o caso das variedades de fibras longas, que precisam ser beneficiadas com descaroçadores de rolo. Alguns anos atrás, o sistema de produção do algodão com linhas estreitas, também chamado de algodão "adensado", colhido com máquinas *stripper*, era praticado nos cerrados, necessitando de um beneficiamento específico. Finalmente, é abordado também o beneficiamento de algodão visando à produção de sementes, e não à produção de fibra de qualidade.

Ueverton dos Santos Rizzi

Idimar Leoni

Rodrigo Chimenez-Franzon

CAPÍTULO 18

Beneficiamento para a produção de sementes

Introdução

Nos dias atuais, com o avanço da transgenia inserida em cultivares de algodão, a qualidade da semente passou a ter uma importância ainda maior. Como observado por Steven *et al.* (1999), isso representa um grande avanço para o melhoramento e ampliou significativamente o valor econômico das sementes de algodão.

Um dos primeiros problemas que afligem o cotonicultor é obter um *stand* uniforme e vigoroso das plantas de algodão, pois esse é um fator crucial para uma lavoura economicamente rentável (Delouche, 1986). Para se obter uma população de plantas adequada, a semente deve ter alta qualidade física, fisiológica, sanidade e pureza genética. Alcançar esses requisitos exige um ambiente onde se obtenha o máximo vigor e potencial germinativo das sementes, sem exposição às condições que possam promover a deterioração das mesmas.

As principais dificuldades são: o excesso de chuvas após o início da abertura dos capulhos, que promove a embebição pelas sementes e causa um alto índice de sementes ardidas; e a escassez de chuvas no final do ciclo, que pode provocar um nível muito alto de sementes imaturas. Os fatores que permitem obter uma melhor sanidade das sementes são um campo livre de patógenos considerados proibidos e a pureza genética controlada com a qualidade inicial da semente, o isolamento e todos os cuidados de limpeza de máquinas e equipamentos em cada etapa do processo.

Para se obter sementes de qualidade, diversos cuidados devem ser tomados durante todas as etapas do processo de produção, e todo o manejo deve ter como prioridade as sementes. De maneira geral, sementes de grande qualidade e alto vigor são obtidas no campo de produção; todas as etapas subsequentes ao campo tendem a diminuir a qualidade adquirida, e por esse motivo são pontos que necessitam maior cuidado e atenção.

Um dos principais fatores que contribuem para a perda de qualidade da semente de algodão é o nível de dano mecânico provocado durante os processos. Esse dano pode começar já na colheita e ser potencializado no beneficiamento na algodoeira e na usina deslintadora (Watson, 1965). Segundo Baudet *et al.* (1978), um dos principais obstáculos para se obter sementes de alta qualidade é a presença de dano mecânico causado nos diferentes equipamentos de beneficiamento das sementes. Isso está relacionado às características das diferentes cultivares comerciais, que apresentam diferenças quanto ao tamanho da semente, à fragilidade do tegumento e ainda quanto ao preenchimento das sementes.

O beneficiamento é uma das principais etapas no processo de produção de semente, e errar nessa fase pode causar danos irreversíveis na qualidade final das sementes. Os principais cuidados na algodoeira estão relacionados aos níveis de dano mecânico e pureza genética da cultivar.

Neste capítulo, vamos abordar os principais pontos de atenção na usina algodoeira para se preservar ao máximo a qualidade alcançada da semente.

1. Beneficiamento na usina algodoeira para se obter uma semente de qualidade

Quando não realizado com os devidos cuidados, o beneficiamento na

usina algodoeira pode prejudicar a qualidade física e fisiológica das sementes, aumentando consideravelmente o dano mecânico, e ainda pode prejudicar a pureza genética da cultivar em trabalho. Segundo Souza *et al.* (2009), o dano mecânico, ao lado da mistura varietal (perda da pureza genética), é apontado como um dos mais sérios problemas da produção de sementes.

1.1. Pureza genética das sementes na algodoeira

Um ponto importante para quem trabalha com sementes é a limpeza e descontaminação completa de todos os locais e equipamentos da usina de beneficiamento. Nesse sentido, um dos fatores mais relevantes na produção de sementes são as pessoas envolvidas no processo. Elas devem estar cientes da importância, da necessidade e dos cuidados para se alcançar sementes com índice de pureza estabelecido pela obtentora da tecnologia. Para isso, é crucial ter um controle de qualidade eficiente, capaz de detectar a qualidade das sementes nas diferentes etapas do processo, de modo que, na formação dos lotes, não ocorram surpresas indesejáveis.

Atualmente, o mercado de cultivares de algodão é bem diversificado em relação a tecnologias transgênicas. Segundo a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), até 2018 foram registrados para a cultura do algodão as seguintes tecnologias: **BG2RF** (Cry1Ac e Cry2Ab2 e CP4 EPSPS), **BGIIIRF** (VIP3A, Cry1Ac, Cry2Ab2, e CP4 EPSPS), **WS3** (Cry1Ac, Cry1F, VIP3A), **GLT** (Cry1Ab, Cry2Ae, Bar, 2mEPSPS), **GLTP** (2mEPSPS, Cry1Ab, Cry2Ae, Bar, VIP3A), **GL** (2mEPSPS, Bar).

Ao se trabalhar com estes diferentes eventos, a limpeza total excluindo-se as fontes de contaminação na usina algodoeira é extremamente importante, visto que cada tecnologia presente pode proporcionar uma resposta a determinado produto ou inseto-praga.

Outro fator determinante relativo à pureza da tecnologia presente na semente é que o cliente recebe visitas para verificação da tecnologia em sua propriedade. Se as sementes adquiridas constam de outro evento que o cliente não adquiriu, este acabará tendo que arcar com o custo relativo à tecnologia detectada. Dessa forma, a limpeza e purificação de todas as etapas tem uma importância ainda maior, principalmente na usina algodoeira, uma das principais fontes de contaminação possíveis. A pureza dos *traits* deve ser verificada pelo controle de qualidade a fim de se garantir que as sementes apresentem pureza, sem presença de contaminantes.

Na prática, é realizada a limpeza integral da algodoeira, higienizando-se todos os pontos que podem se tornar fonte de contaminação, ou seja, sementes remanescentes da cultivar beneficiada anteriormente. Para isso, toda a equipe da usina deve estar preparada e entender a necessidade de realizar uma limpeza bem criteriosa em todos os locais e equipamentos da usina.

Posteriormente, a descontaminação completa é essencial. Deve-se realizar uma inspeção minuciosa para assegurar que não haja mais contaminação presente, garantindo assim a segurança da operação. Após a vistoria na prática, são utilizados alguns fardos do campo de semente como purificador da algodoeira. Esses fardos são beneficiados com a função apenas de purificação da máquina, e as sementes (caroço) provenientes de tais fardos são descartadas. Depois dessas etapas, inicia-se o beneficiamento para a retirada das sementes que serão futuramente beneficiadas na usina de deslintamento.

1.2. Danos mecânicos

Outro ponto muito importante na escolha da algodoeira para o beneficiamento com a finalidade de produzir semente é que o equipamento seja capaz de entregar o menor dano mecânico possível nas sementes, o ideal é abaixo de 5%. O dano mecânico em sementes de algodão refere-se a danos físicos causados no tegumento (casca) das sementes. Como resultado disso, as sementes apresentam-se quebradas, trincadas, fragmentadas, arranhadas e internamente danificadas (Souza *et al.*, 2009). Na Figura 1, podemos visualizar os tipos de dano mecânico causados na semente do algodão. Para se contabilizar esse dano, as sementes devem estar deslintadas.

A maior preocupação que se deve ter na algodoeira visando à qualidade física e fisiológica das sementes é referente à porcentagem de dano mecânico visível (%DMV). Se a algodoeira não é adaptada ou não se tem a preocupação com esse item, uma semente de alta qualidade pode

perder grande parte do seu potencial adquirido no campo. Para Delouche (1986), o dano mecânico é a principal causa direta e indireta da perda de qualidade das sementes de algodão, pois, além de prejudicar fisicamente a estrutura do embrião com amassamento ou corte, ele pode expor a parte interna das sementes.

Os danos mecânicos têm o potencial de avariar estruturas vitais das sementes, tornando-as mais suscetíveis a microrganismos e mais sensíveis a fungos. Isso resulta na diminuição da germinação, do vigor, da capacidade de armazenamento e do desempenho no campo (Carvalho & Nakagawa, 1988).

O alto índice de dano mecânico pode prejudicar a qualidade final do lote de sementes. Souza *et al.* (2009), ao avaliarem os danos mecânicos e seus efeitos nas sementes de algodoeiro, concluíram que o dano mecânico, além de reduzir a germinação, prejudica também o vigor das sementes. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), danos mecânicos imediatos e latentes fazem com que as sementes mobilizem energia com o objetivo de cicatrizar o tecido e, como consequência, a energia que resta não é suficiente para que o processo de germinação se complete.

Contudo, de acordo com Souza *et al.* (2009), não são todos os danos que inviabilizam as sementes de algodão. Para esses autores, a influência de danos mecânicos na qualidade das sementes depende do tamanho, da profundidade e da localização do dano, e os maiores prejuízos nas sementes se manifestam principalmente quando o dano está localizado nas regiões da radícula e da plúmula.



Figura 1. Níveis de danos mecânicos visíveis (DMV) em sementes de algodão: A) sementes sem DMV; B) sementes com DMV rasos; C) sementes com DMV médios a profundos; D) sementes com DMV profundos (Fonte: Idimar Leoni, 2024)

Existem diferenças na sensibilidade de tegumento (casca) para as diferentes cultivares disponíveis comercialmente. Por isso, conhecer as características da cultivar é crucial.

2. Conhecer a cultivar

Conhecer as características da cultivar é um ponto de grande atenção para o setor de produção de sementes, pois a partir deste conhecimento serão recomendados os critérios de trabalho a fim de se obter sementes de alta qualidade para cada cultivar. O modelo de produção de semente de algodão vem passando por mudanças, e no cenário atual obter sementes de qualidade é um grande desafio. Somam-se a isso ainda os equipamentos modernos de alto rendimento operacional e as cultivares disponíveis, que, por sua vez, apresentam peculiaridades quanto ao tamanho de sementes, à fragilidade da casca e ao preenchimento interno das sementes.

2.1. Tamanho e peso da semente

Você que trabalha há muito tempo com a cultura do algodoeiro certamente já deve ter percebido que as sementes da maioria das cultivares ficaram menores. Isto ocorre porque o incremento na produtividade de fibra se deu através do aumento do rendimento de fibra (RF%) das cultivares, mas, por outro lado, causou a redução do peso individual das sementes (Kloth & Turley, 2010; Campbell *et al.*, 2011).

O tamanho da semente passa a ser ainda mais importante para a cadeia produtiva do algodão, pois tem impactado o processo de beneficiamento. Em resumo, ao longo de anos houve uma série de modificações nas usinas algodoeiras, como o aumento do número de serras, maior rotação, aumento da carga, crescimento do tamanho das serras e também a diminuição do espaço entre serras e costelas, tudo isso com o objetivo de melhorar a capacidade produtiva dos conjuntos descaroçadores.

A partir disso, temos que analisar se as cultivares atuais suportam esses novos sistemas de beneficiamento. Se essas cultivares tiverem sementes pequenas e frágeis, que passam entre as costelas e quebram com facilidade nos dentes das serras, tais sementes não poderão ser utilizadas, pois consequentemente seus pedaços iriam junto à fibra, causando a contaminação, como já relatado por Kriffa *et al.* (1999).

No Brasil, é utilizado o Peso de Mil Sementes (PMS) como critério de tamanho das sementes. Ele também é um parâmetro comercial, pois atualmente a comercialização é realizada com embalagens contendo um número de sementes baseado no PMS. Um exemplo do tamanho da semente com informação do PMS utilizando sementes deslintadas pode ser observado na Figura 2; a diferença entre as sementes de lotes comerciais de três cultivares é bem visual.

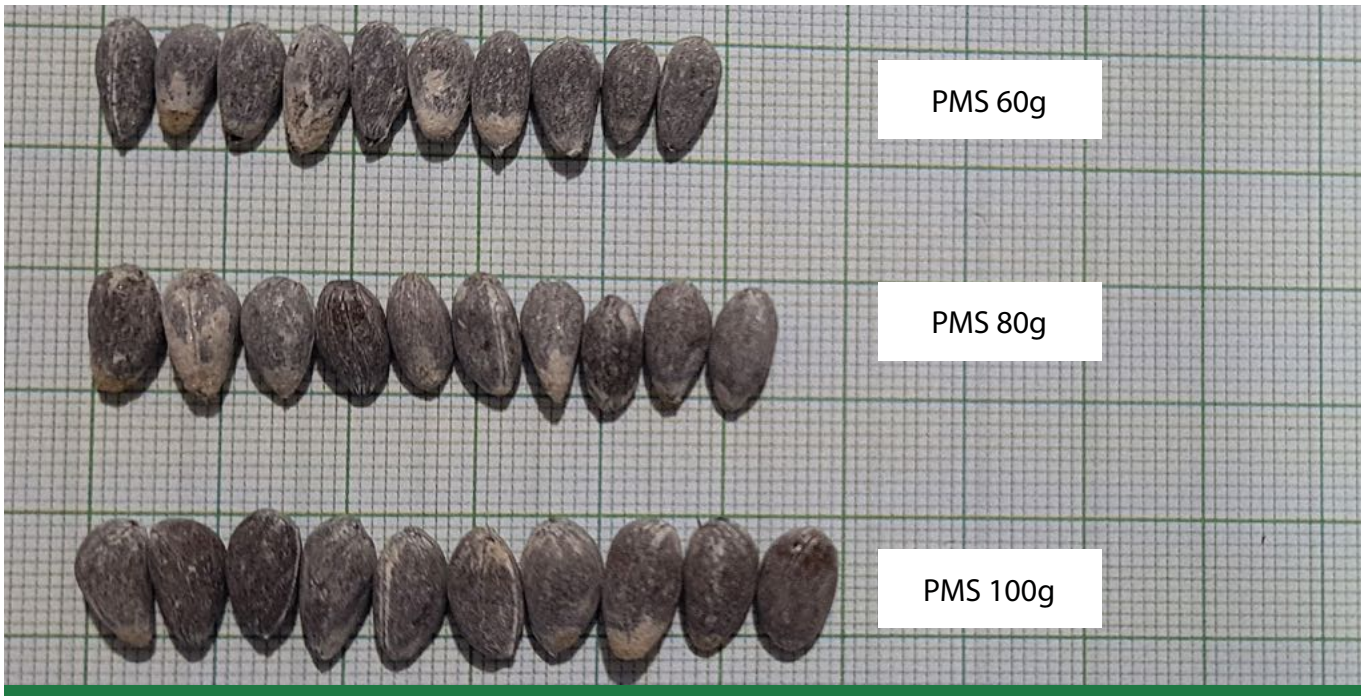


Figura 2. Exemplificação da diferença do tamanho da semente em três classificações de PMS (Fonte: Idimar Leoni, 2024)

Recentemente, foi desenvolvido um estudo pelo IMAmt com o objetivo de conhecer melhor as características das sementes de 25 cultivares de algodão (Chimenez-Franzon *et al.*, 2022). Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos de rendimento de fibra (RF%), Peso de Mil Sementes (PMS), força de ruptura (Kgf) e do preenchimento das sementes pelo embrião (%), os quais vão ser comentados mais adiante.

Partindo da questão do tamanho das sementes, as cultivares apresentaram PMS de 66 gramas até 122 gramas, e quase 25% das cultivares avaliadas tiveram suas sementes com PMS inferior a 80 g. Isso nos alerta sobre a importância

Tabela 1. Dados médios das características relacionadas às sementes de 25 cultivares de algodão conduzidas em dois ambientes em Mato Grosso na safra 2020/21 (Fonte: Rodrigo Chimenez-Franzon, 2022).

Nº	Material	RF (%)	PMS (g)	Força de ruptura (Kgf)	Preenchimento da semente (%)
1	IMA 5802B2RF	40,2 kl	122 a	7,868 a	97
2	IMA 5801B2RF	39,5 l	122 a	7,767 ab	97
3	IMA 243B2RF	43,3 fh	105 bc	7,164 ac	96
4	FM 906GLT	41,2 jl	103 bc	7,009 ad	98
5	IMA 8002WS	43,1 fi	106 b	6,910 ae	93
6	TMG 91WS3	41,6 ik	99 bd	6,516 bf	95
7	IMA 709B2RF	43,3 eh	91 ef	6,379 cg	93
8	FM 975WS	41,7 hk	99 cd	6,304 cg	94
9	TMG 50WS3	43,3 fh	100 bd	6,274 cg	96
10	FM 985GLTP	42,6 gj	88 ef	6,158 cg	92
11	FM 911GLTP	41,7 hk	102 bc	6,000 ch	91
12	IMA 525B2RF	42,6 gj	91ef	5,859 ci	92
13	IMA 8001WS	45,0 be	93 de	5,834 ci	94
14	FM 954GLT	42,3 gj	90 ef	5,797 di	97
15	IMA 2106GL	42,6 gj	89 ef	5,747 dj	95
16	IMA 648B2RF	43,7 dg	81gh	5,568 ek	90
17	FM 944GL	42,3 gj	88 ef	5,546 fk	92
18	FM 974GLT	46,3 ab	86 fg	5,423 fk	94
19	DP 1734B2RF	45,1 bd	73 ij	5,136 g	91
20	DP 1637B2RF	45,4 bd	74 ij	5,038 gl	91
21	DP 1746B2RF	45,5 bc	85 fg	4,783 hl	88
22	FM 940GLT	44,5 cf	75 hj	4,580 il	93
23	TMG 44B2RF	43,2 fi	78 hi	4,415 jl	89
24	TMG 47B2RF	44,7 bf	71 jk	4,324 kl	90
25	TMG 61RF	47,6 a	66 k	3,951 l	93
Média		43,3	91	5,854	93
CV (%)		2,1	3,9	9,9	-

PMC = peso médio do capulho; RF = rendimento de fibra obtido de máquina de 10 serras experimental; PMS = peso de 1.000 sementes; Força de ruptura = força exigida para quebra do tegumento de uma semente; Preenchimento (%) = porcentagem de preenchimento da semente por meio de imagem de raio X;
*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

de cuidados a serem tomados na usina de beneficiamento, pois quanto menores forem as sementes, maiores as dificuldades para se obter uma semente de qualidade.

2.2. Fragilidade da casca (tegumento)

Algumas cultivares de algodão possuem um rendimento de fibra elevado, com relatos de até 49%, sendo esse RF% bem superior ao do algodão cultivado inicialmente no cerrado. Essa característica é desejada pelo produtor de algodão, pois a fibra é o produto de maior valor de venda. Por outro lado, é observada nessas cultivares de alto rendimento de fibra a alta sensibilidade do tegumento das sementes. Ao serem submetidas a esforços durante o processo de beneficiamento, as sementes acabam sofrendo ruptura e os pedaços do tegumento que se soltam contaminam a fibra.

São crescentes os problemas relacionados aos prejuízos que a fragilidade do tegumento causa na qualidade final das sementes produzidas em virtude do aumento expressivo de danos mecânicos. Isto ocorre principalmente pela utilização de cultivares com sementes que não suportam os impactos dos processos aos quais são submetidas.

É importante saber quão frágeis são as sementes das cultivares de algodão para se obter o melhor ajuste da colheita e beneficiamento da mesma. Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios em quilograma-força (Kgf) da força exercida para ruptura do tegumento das sementes de cada cultivar. São informações que podem alertar sobre os possíveis problemas com algumas cultivares disponíveis comercialmente.

Estes resultados corroboram o que é observado na prática, pois as cultivares com sementes mais frágeis (menor Kgf) são as que apresentam menor tamanho das sementes e atingem facilmente altos índices de danos mecânicos, inclusive ainda na colheita. Para essas cultivares, se não forem tomados os devidos cuidados, o DMV pode passar de 10%; passando ainda pelo processo de descaroçamento, ele pode chegar a 20-25%. Além disso, essas sementes com DMV de 25% irão passar por mais uma etapa de beneficiamento, o deslintamento por ácido sulfúrico, caracterizado pela alta temperatura e pelo atrito entre as sementes dentro do reator. Logo, se já tivermos DMV alto antes deste processo, é praticamente impossível chegar à formação de lotes comerciais com sementes de grande potencial germinativo e alto vigor.

Para cultivares que apresentam maior fragilidade do tegumento, é fundamental o controle de qualidade nas diferentes etapas do processo de produção. Não fazer o acompanhamento de cada etapa pode levar à perda da origem do DMV, o que acarretaria um problema irreversível.

2.3. Embrião e a parte interna das sementes

Outra característica importante observada em alguns cultivares é o espaço vazio que existe entre o embrião e a casca. Este espaço pode ocorrer por diversos fatores, um dos quais é o fator genético. Mas também o fator ambiente interfere, uma vez que a maturidade da semente se dá pela deposição de fotoassimilados. Se as condições ambientais não favorecerem este processo, haverá a má-formação do embrião, que não conseguirá preencher o espaço interno da semente.

Na Figura 3 podemos verificar a diferença do preenchimento das sementes de dois lotes comerciais de diferentes cultivares. Uma cultivar apresentou a parte interna das sementes de maior preenchimento, com 98%, e outra mostrou má-formação

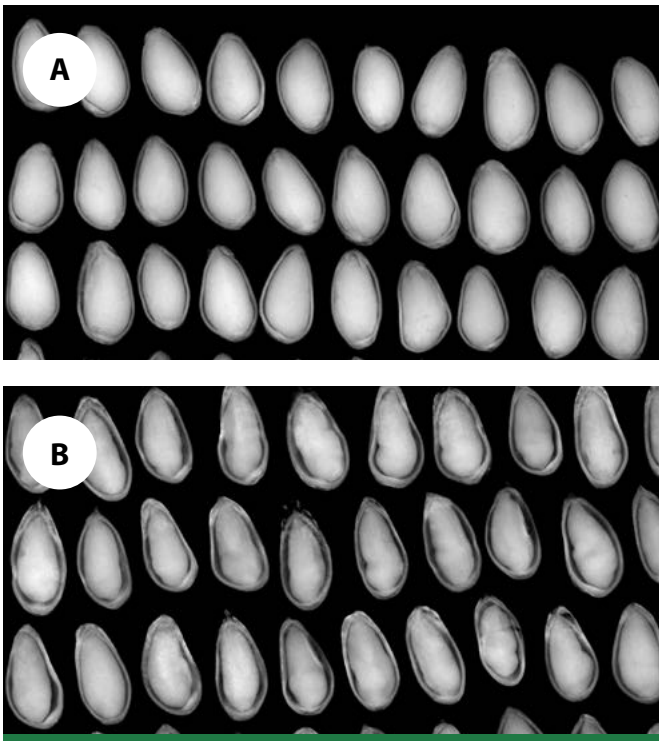


Figura 3. Imagens de raio X que permitem visualização da parte interna da semente de algodão: sementes com alta porcentagem de preenchimento (A) e sementes com baixa porcentagem de preenchimento (B) pelo embrião (Fonte: Ueverton Rizzi, 2023)

dos embriões e menor preenchimento, cerca de 88%. Essa característica de menor preenchimento dificulta bastante a produção de sementes com alto vigor. Isso se explica porque, na usina algodoeira, as sementes passam por diversos processos que as impactam, e a presença do espaço vazio pode favorecer seu amassamento e o dano mecânico.

Estas diferenças de preenchimento também podem nos orientar sobre os cuidados a serem tomados em relação a cada uma das cultivares no processo de produção de sementes; algumas dessas cultivares são mais problemáticas, enquanto outras são menos. Pode existir a variação do preenchimento da semente indiferentemente de seu tamanho, ou seja, podemos ter cultivares de sementes pequenas com bom preenchimento e cultivares de sementes grandes com preenchimento menor, e o contrário também é verdadeiro. Deve-se ressaltar que a semente mostrada na Figura 3 tem origem em lotes comerciais.

Diante disso, realizou-se outra avaliação com sementes oriundas do terço médio de cultivares e foi extraído o PMS por peneira a fim de se entender a relação peso x tamanho

Nº	Material	Peneiras (mm)							
		5.25	5	4.75	4.5	4.25	4	3.75	3.5
1	DP 1637B2RF		98	88	85	74	62	57	57
2	DP 1734B2RF		93	87	81	73	63	56	56
3	DP 1746B2RF	100	92	86	83	80	69		63
4	FM 906GLT	126	116	106	102	92	71		66
5	FM 940GLT		95	89	86	78	67	62	59
6	FM 944GL	111	104	97	94	86	78	78	69
7	FM 954GLT		113	104	97	91	77	72	65
8	FM 974GLT	118	108	95	93	81	69	64	61
9	FM 985GLTP	112	104	97	93	85	74	73	68
10	FM 975WS	125	115	105	99	89		69	62
11	IMA 2106GL	114	110	102	96	86	73	73	61
12	IMA 5801B2RF	135	125	115	108	104	75		
13	IMA 5802B2RF	135	124	115	114	108			
14	IMA 8001WS	111	102	95	90	84	71		
15	IMA 8002WS	111	109	102	99	91	71		
16	FM 911GLTP	120	111	103	99	93	81		
17	IMA 525B2RF		102	96	94	88	81	77	73
18	IMA 709B2RF	108	103	94	91	85	75	74	68
19	IMA 243B2RF	137	117	107	104	92	78	72	66
20	IMA 648B2RF	131	114	93	86	76	66	64	62
21	TMG 44B2RF	98	90	84	81	73	63	62	57
22	TMG 47B2RF		91	83	78	68	60	56	53
23	TMG 61RF		92	85	80	69	60	59	54
24	TMG 50WS3	135	114	107	103	94	73	71	
25	TMG 91WS3	125	115	106	101	90	80		72

Figura 4. Mapa de calor da relação do PMS (g) x tamanho da semente via peneiras de 25 cultivares cultivadas em Primavera do Leste (MT) na safra 2020/21 (Fonte: Rodrigo Chimenez-Franzon, 2022)

da semente. Para isso, as sementes foram classificadas em oito peneiras. É evidente que o espaço vazio da semente interfere em seu peso, pois dentro de uma mesma peneira há diferentes pesos para as diferentes cultivares (Figura 4).

Para obtenção de sementes comerciais, as cultivares são plantadas em diferentes ambientes. Assim, existe uma relação entre a cultivar e o ambiente de produção, como já relatado por Dever (2019), em que o ambiente pode interferir na distribuição dos capulhos nos diferentes terços da planta. Deve-se ainda tomar ciência da origem da semente que chega até a usina algodoeira, pois a diferente localização da semente na planta interfere em seu tamanho, densidade e preenchimento, e isso demanda maiores cuidados no processo para obtenção de sementes. Como observado na Tabela 1, algumas cultivares que apresentam alto RF%, baixo PMS e baixa porcentagem de preenchimento têm o processo de produção de sementes extremamente dificultado, sobretudo quando a ele se somam as etapas das usinas algodoeiras de alto rendimento operacional.

3. Manejo na algodoeira para uma produção de qualidade

Atualmente, as usinas algodoeiras são caracterizadas pela alta produtividade no beneficiamento. Dessa forma, com a rápida extração da fibra, torna-se muito difícil obter sementes com baixo Índice de dano mecânico. Por esse motivo, as empresas que trabalham com a produção de sementes com finalidade comercial procuram beneficiá-las em usinas algodoeiras com menor rotação e menor produtividade, de modo a preservar sua qualidade natural.

3.1. Avaliação da algodoeira

A avaliação prévia dos equipamentos da algodoeira indicará qual procedimento será adotado para o beneficiamento de semente na usina, visando minimizar ao máximo os possíveis danos mecânicos às sementes. Logo, deve-se ter atenção com as partes dos equipamentos que possam provocar estes danos. Pode-se ajustá-las ou até mesmo eliminá-las do equipamento, dependendo do caso.

Recomenda-se realizar um mapeamento dos pontos mais críticos causadores de dano mecânico. Para isso, é necessário trabalhar com diferentes rotações, carga de entrada e pressão no rolo de caroço no descaroçador, fazendo amostragens na sequência de cada um dos equipamentos. Os processos e metodologias para avaliações das amostras ficam a critério interno de cada algodoeira. Contudo, o importante é identificar o local exato que está provocando o dano e encontrar uma forma técnica de corrigi-lo com eficiência.

3.2. Equipamentos da algodoeira

Com os resultados das avaliações segmentadas em mãos, teremos maiores probabilidades de manter a porcentagem de DMV entre 2% e 5%, no máximo. De maneira geral, todos os pontos da usina que provocam a colisão das sementes com a estrutura de ferro da algodoeira podem causar danos. O processo começa no desmanchador de fardos, passa pelos rolos de pré-limpeza e HLST. Essa parte da preparação para o descaroçamento tende a não ser a maior fonte de dano mecânico na algodoeira, pois nessa fase o algodão ainda está com a fibra presente em sua estrutura e isso funciona como uma espécie de "amortecedor" para os impactos que ocorrem.

Um dos principais pontos de produção de dano mecânico às sementes sem dúvida reside no conjunto de serras do descaroçador. Neste ponto estão envolvidos vários fatores, como a rotação do rolo descaroçador, o volume de entrada de algodão em caroço, o tipo de serras, o espaçamento entre elas e, ainda, a pressão exercida sobre o rolo de caroço. Após o descaroçamento, a preocupação com o dano se torna maior, pois o caroço tem somente o línter como proteção.

Outro ponto de fundamental importância é a umidade que o algodão apresenta ao chegar à algodoeira. A baixa umidade do caroço (inferior a 8%) pode causar às sementes uma condição de maior sensibilidade a trincas ou até mesmo a quebra integral delas, levando assim o tegumento a separar-se do embrião. Se a umidade está entre 11% e 13% na descompactação do fardo, há um grande dano físico na semente, conhecido como dano latente (Figura 5). Portanto, a umidade ideal está entre 8% e 11%, o que favorece menor porcentagem de danos às sementes.

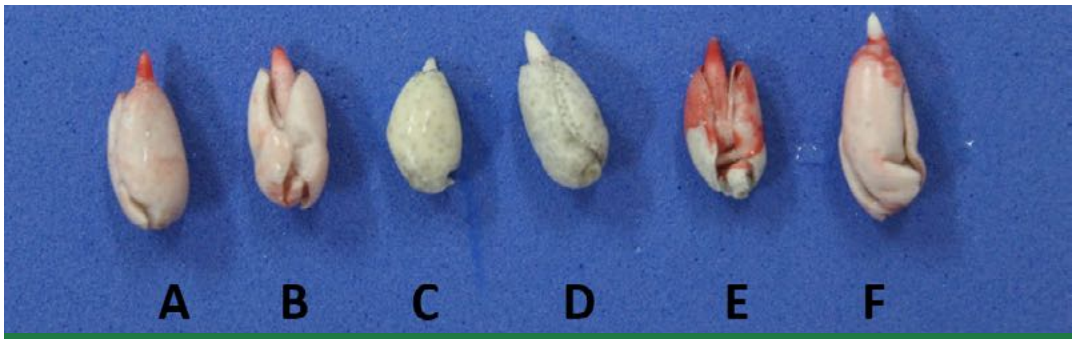


Figura 5. Avaliação de tetrazólio mostrando dano por deterioração por umidade: A e B – sementes normais e viáveis; C e D – sementes mortas; E – sementes com danos por umidade nos cotilédones; F – sementes com dano físico no eixo embrionário (Fonte: Oldson Thiago Martins da Fonseca, 2024)

O beneficiamento na algodoeira inicia-se com a descompactação dos fardos, realizada por uma máquina popularmente conhecida como "piranha" (Figura 6). Esse equipamento tem a função de desmanchar o fardo, e permite a regulagem da rotação dos eixos descompactadores, mas o importante é estabelecer uma menor compactação do fardo no momento da colheita. Alguns danos já são observados nas sementes no momento da descompactação, ainda mais se se tratar de cultivares com tegumento sensível. Se o desmanchador móvel for equipado com rolos batedores (Figura 7), fica mais fácil escolher o sentido de rotação para que o algodão em caroço passe por cima.



Figura 6. Equipamento descompactador de fardão, móvel e fixo (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011 e 2024)



Figura 7. Rolos batedores num descompactador móvel de fardo (Fonte: Idimar Leoni, 2024)

Em seguida, o algodão passa pelos batedores, que são capazes de extrair cerca de 60% das impurezas finas. Cabem aí também ajustes para diminuir os danos às sementes, como a alteração do formato dos pinos para arredondados em vez de quadrados e a distância deles em relação à grelha. Entre o desmanchador e o batedor (horizontal ou inclinado), o algodão em caroço passa por um secador. A temperatura do ar de transporte é ajustada em função da umidade encontrada no momento da descompactação. No caso de uso de ar aquecido, as sementes devem ser analisadas com maior critério após o descaroçamento, principalmente em relação ao seu vigor.

Continuando com o objetivo de preservar a integridade física das sementes, o ideal seria utilizar apenas um batedor inclinado, que é um tipo de pré-limpeza. Esse equipamento é provido de rolos cilíndricos com pinos arredondados e grelhas geralmente côncavas, e existe um padrão fixo de distância entre eles (Figura 8).

O transporte de algodão em caroço por ar nos circuitos de secagem e pré-limpeza não provoca trincas no tegumento quando as velocidades de ar recomendadas para o algodão em caroço (3.500 a 5.000 pés por minuto) são respeitadas.

A pré-limpeza na maioria das UBAs inclui um extrator para separar a sujeira grossa (casquinhas e caules). Tal equipamento é necessário para evitar desgastes no descaroçador e limpador de pluma por resíduos duros e para evitar fragmentação dos mesmos e prejuízo na qualidade da fibra. Extratores (HL) utilizam serrilhas e atuam por batida do algodão em caroço sobre barras metálicas (Figura 9). Para preservação da integridade da semente, é importante não ultrapassar as rotações dos rolos de serrilhas.

Na saída da pré-limpeza, o algodão em caroço cai por gravidade numa rosca distribuidora posicionada acima do conjunto de descaroçadores. Na base côncava da calha existem aberturas para alimentação de cada descaroçador. O excedente do algodão que não entrou nos descaroçadores cai numa sobra e retorna ao início da rosca distribuidora (Figura 10).

Antes de entrar no descaroçador, o algodão em caroço passa por uma última etapa de pré-limpeza, no alimentador, onde segue por diversos rolos de pinos e rolos de serrilhas. No descaroçador (Figura 11), temos o atrito das serras com



Figura 8. Rolos de pinos e grelha de batedor (Fonte: Idimar Leoni, 2024)



Figura 9. Rolo de serrilhas de extrator e barras de batida (Fonte: Cotimes do Brasil, 2007)



Figura 10. Rosca distribuidora e sobra (Fonte: Idimar Leoni, 2024)

o caroço, e aí se faz necessário o ajuste da rotação de trabalho para evitar danos às sementes. Jerônimo *et al.* (2014) observaram que o menor dano mecânico, nos modelos de descaroçadores utilizados no seu estudo, foi alcançado na rotação de 500 e 550 rpm; logo, em maiores rotações, os danos mecânicos são maiores.

Nos descaroçadores antigos de tipo Mitchell/Piratininga de 90 serras, existem adaptações práticas em que são adicionadas de oito a 20 serras no mesmo eixo descaroçador; para esse ajuste, diminui-se o espaçamento entre serras. Outras adaptações são o aumento do número de dentes em serras com o mesmo diâmetro, passando de 264 para 282, e ainda dentes com maiores profundidades (Figura 12).

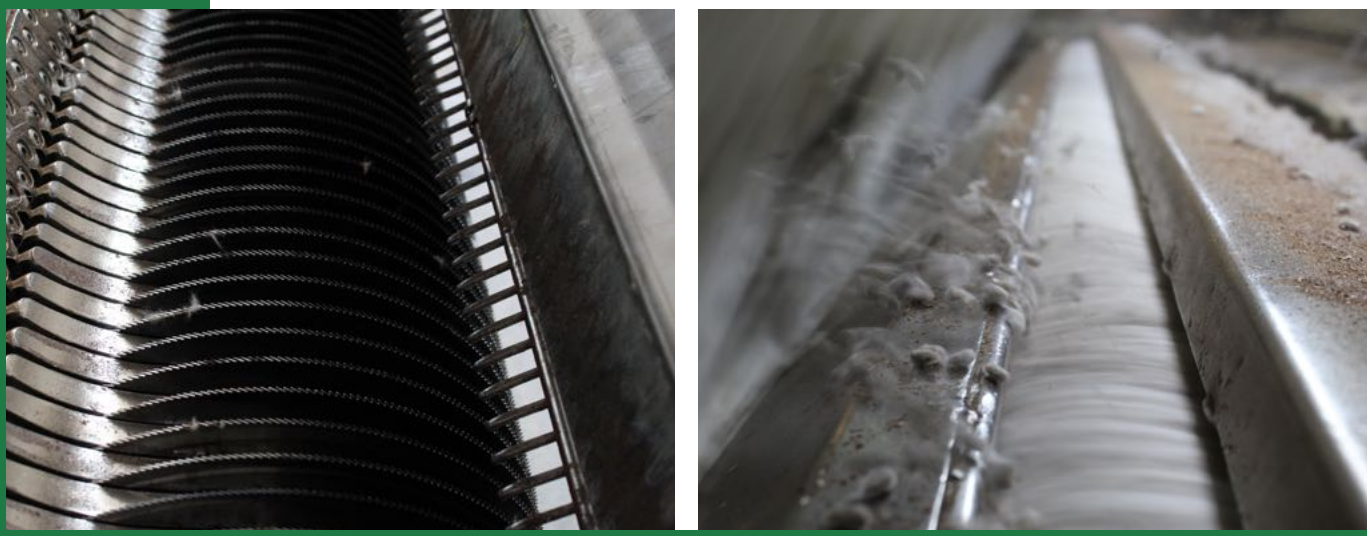


Figura 11. Cilindro de 90 serras de 12 polegadas e rolo de algodão girando no peito para extração das fibras (Fonte: Idimar Leoni, 2024)



Figura 12. Comparação entre as serras de 264 dentes e de 282 dentes (Fonte: Idimar Leoni, 2024)

Essas adaptações podem fazer o equipamento em questão render mais. No entanto, deve-se ter cautela, pois tais adaptações poderão trazer efeito negativo na qualidade de fibra e, sem dúvida, maiores DMV nas sementes.

Após o descaroçamento, o ideal é que todo o transporte da semente (caroço) seja realizado através de fitas e elevadores. O transporte de sementes com ar soprado nas UBAs modernas (soprador Roots) não é recomendado no caso de beneficiamento de sementes, pois, apesar de sempre ter curvas de raio grande, pode causar impactos na parede da tubulação, elevando os níveis de DMV%.

Nas algodoeiras antigas, o transporte de caroço por ar soprado não é raro. São utilizados ventiladores centrífugos clássicos, tubulações de diâmetro maior e velocidades de ar menores do que nas UBAs modernas (Figura 13). Neste caso, é recomendado usar curvas de raios igual a no mínimo quatro vezes o diâmetro. O uso de um ciclone no final da tubulação não constitui um risco se ele é dimensionado para que a velocidade de entrada esteja conforme o recomendado, ou seja, 2.000 a 2.300 pés por minuto.



Figura 13. Tubulação de transporte das sementes com línter "caroço" (Fonte: Idimar Leoni, 2024)

Conclusões

Conhecendo-se todas as etapas por onde passam as sementes de algodão, é difícil entender como no final se alcançam sementes de qualidade. Isso acontece justamente pelos cuidados seguidos em cada etapa do processo. É importante que o controle de qualidade esteja envolvido em todas as fases de produção, para assim garantir que a semente obtida tenha germinação, vigor, pureza genética e sanidade.

Sem dúvida, a escolha da algodoeira e o ajuste correto se tornam pontos-chave para o sucesso na produção de sementes, principalmente das cultivares com as características de sensibilidade do tegumento, pois essa informação norteará a forma como esse algodão será beneficiado na usina algodoeira. Sabe-se ainda que é fundamental o acompanhamento através de análises a fim de se garantir que o potencial de qualidade da semente esteja sendo preservado.

É fundamental entender o funcionamento dos equipamentos e o que ele pode alterar na qualidade das sementes beneficiadas. Em algumas algodoeiras, geralmente as mais antigas, poucas adaptações já bastam para se extraírem sementes de qualidade; no caso das mais modernas, as adaptações e os cuidados devem ser aumentados, sabendo-se que a produtividade precisará ser reduzida quando o beneficiamento é voltado para a produção de sementes.

Referências bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (1975). Standard test method for seed-coat fragments and funiculi in cotton. D2496-75, **Annual Book of ASTM standards**.

BAUDET, L.; POPINIGIS, F.; PESKE, S. (1978). Danificações mecânicas em sementes de soja {*Glycine Max* (L.) Merrill) transportadas por um sistema elevador-secador. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 3, n. 4, p. 29-38.

BECHERE, E.; HARDIN IV, R. G.; ZENG, L. (2021). Seed Size, Ginning Rate, and Net Ginning Energy Requirement in Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **The Journal of Cotton Science**, v. 25, p. 91-100.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. (1988). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 424 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. (2000). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ªed. Jaboticabal: Funep, 588 p.

CHIMENEZ-FRANZON, R.; BELOT, J. L.; VILELA, P. M. C. A.; LEONI, I.; LOPES, D. A.; RIZZI, U. S. (2022). Estudo de alguns componentes em sementes de cultivares comerciais de algodão. **Resumo**; 13º Congresso Brasileiro do Algodão, Salvador, BA.

COOMES, D. A.; GRUBB, P. J. (2003). Colonization tolerance, competition, and seed-size variation within functional groups. **Trends Ecol. Evol**. 18: 283-291.

CTNBio – Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Tabela de Plantas Aprovadas para Comercialização** (2018). Disponível em: http://ctnbio.mctic.gov.br/documents/566529/1684467/tabela+de+plantas+aprovadas+para+comercializa%C3%A7%C3%A3o/e3087f9c-476e-a9bd-bfe75def842f?version=1.18. Acesso em: 7 de outubro de 2023.

DELOUCHE, J. C. (1986). Harvest and post-harvest factors affecting the quality of cotton planting seed and seed quality evaluation. p. 483-518. In: Mauney, J. R. & Stewart, J. McD. (eds.). **Cotton Physiology**. The Cotton Foundation, Memphis, Tenn., EUA.

GREGORY, S. R.; HERNANDEZ, E.; SAVOY, B. R. (1999). Cottonseed processing. P. 793-816. In: Smith, C. W., e Cothren, J. T. (eds.). **Cotton History, Technology, and Production**. Texas A&M University, EUA.

JERÔNIMO, J. F.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, O. R. R. F.; BRANDÃO, Z. N.; SOFIATTI, V.; GOMES, J. P. Qualidade da semente e fibra de algodão na caracterização do descaroçador de 25 serras. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 664-671, 2014.

KOHEL R. J.; CHERRY J. P. (1983). Variation of cottonseed quality with stratified harvests. **Crop Sci**. 23, 1119–1124.

KRIFA, M.; GOURLOT, J.-P.; DRÉAN, J.-Y. (1999), Seed-Coat Fragments, a major source of cotton yarn imperfections, Beltwide Cotton Conferences, January 3-7, Orlando, FL (EUA), **Proceedings...** National Cotton Council of America. Memphis, TN (EUA), p. 722-724.

LEFFLER, H.R. (1986). Development aspects of planting seed quality. p. 465-474. In J.R. Mauney & J. McD. Stewart (ed.) **Cotton physiology.** The Cotton Foundation, Memphis, TN

MULLER-LANDAU, H. C. (2012). The tolerance-fecundity trade-off and the maintenance of diversity in seed size. **Proc. Natl. Acad. Sci.** USA. 107:4242-4247.

SNIDER, J. L.; COLLINS, G. D.; WHITAKER, J.; CHAPMAN, K. D.; HORN, P.; GREY, T. L. (2014). Seed size and oil content are key determinants of seedling vigor in *Gossypium hirsutum*. **J. Cotton Sci.** 18:1-9.

SOUZA, D. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; ZORATO, M. F.; CARVALHO, D. C. (2009). Análise de danos mecânicos e qualidade de sementes de algodoeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 3, p. 123-131.

DEVER, J. K. (2019). Seed size considerations in cotton variety development. Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, LA, EUA, January 8-10, 2019, **Proceedings...** National Cotton Council of America p. 53.

Paulo V. Ribas

Jean-Luc Chanselme

CAPÍTULO 19

O beneficiamento do algodão adensado

Introdução

O beneficiamento do algodão adensado, em especial o colhido com *stripper* (pente ou escova), necessita de um tratamento diferente se comparado ao algodão convencional. São fatores essenciais numa Unidade de Beneficiamento de Algodão (UBA) a sequência das máquinas, a produtividade e a qualidade do produto desejado. A pré-limpeza exige uma sequência mais completa e bem dimensionada, assim como é indispensável reduzir o ritmo. O custo do beneficiamento aumenta, uma vez que há maior demanda de energia e redução da produtividade. Independentemente do tipo de usina, moderna ou antiga, várias providências são fundamentais para a qualidade do produto, de maneira a reduzir a entrada de sujeira nos descaroçadores, limitando as perdas de produtividade e evitando a contaminação com fibra de caule (*barks*).

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 descaroçadores. 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

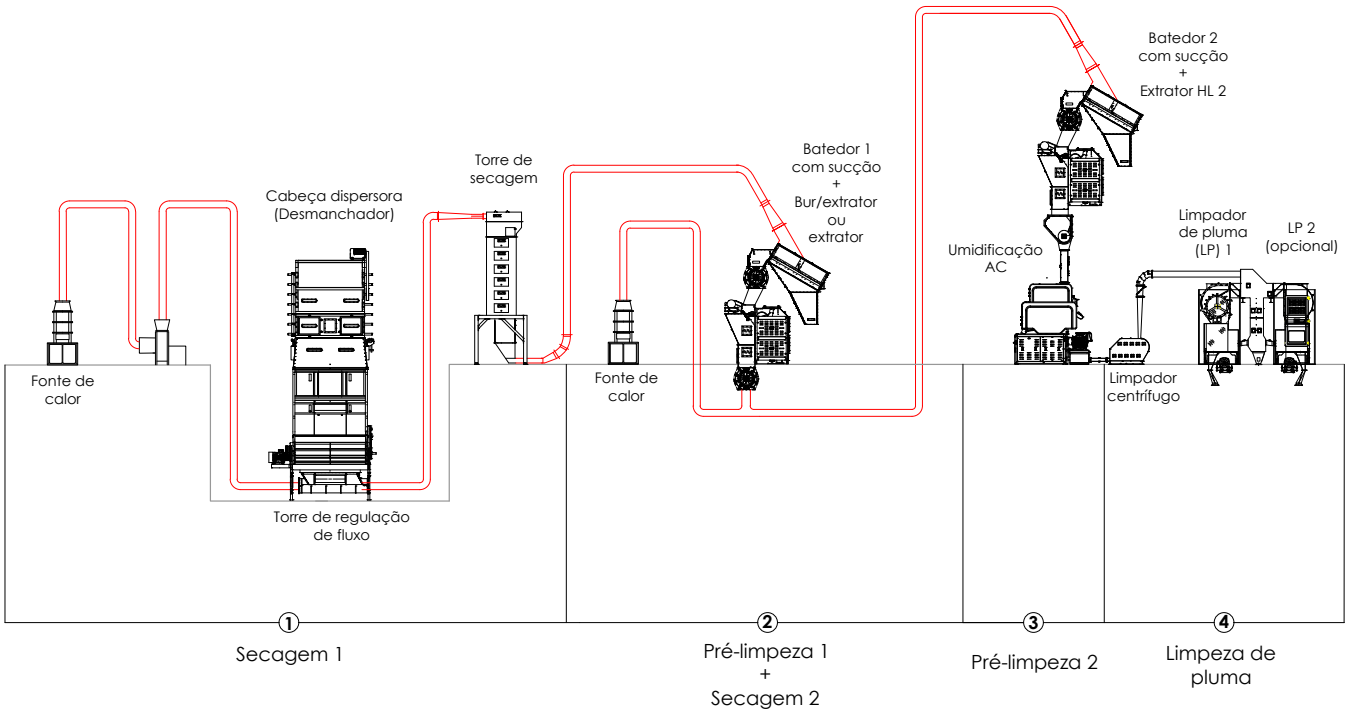


Figura 1. Sequência de máquinas recomendada para o algodão colhido com *stripper* de pente ou escova (Fonte: Cotimes do Brasil, 2010)

algodoeira deve ser aumentada, para ela poder limpar e beneficiar o algodão adensado. A umidade deste tipo de algodão pode ser muito heterogênea num fardão; por isso, o equipamento de secagem necessita de um sistema automatizado e com tempo de resposta curto.

A sequência pode ser reforçada também na etapa de limpeza da fibra (Figura 1), acrescentando-se mais um limpador de pluma, utilizado em série ou eventualmente 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 (SFC e *neps*) e perdas de fibra adicionais no caso de uma utilização em série. Nas usinas antigas, a limpeza de pluma é quase sempre subdimensionada. 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 algodão 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 entre 27% e 29% quando a colheita é feita sem extrator embarcado (Ribas & Chanselme, 2011).

No caso do algodão colhido com pente ou escova, a produtividade da usina diminui. Em primeiro lugar, porque é preciso beneficiar muito mais algodão em caroço para produzir um fardo de fibra. Com base nos dados da Figura 2 e mantendo-se 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 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.

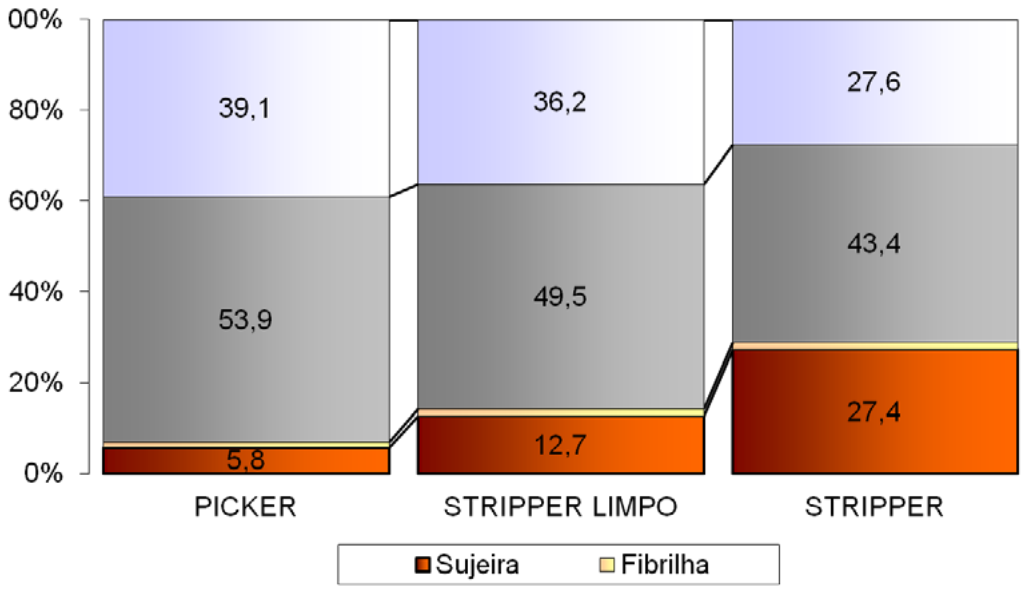


Figura 2. Composição típica do fardão por tipo de colheita em Mato Grosso (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

Um aumento no ritmo de produção, de 40 para 50 fardos por hora, provoca um aumento de sujeira de 25% na pré-limpeza (Tabela 1). Uma taxa de sujeira no fardão que passa 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 importante do ritmo de beneficiamento é indispensável, mas não pode compensar significativamente o excesso de sujeira. Fica com pouco efeito.

Nos EUA, 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 de o 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 fatores que se acumulam. Uma queda mínima de produtividade de 20% em relação à capacidade nominal parece inevitável nas usinas modernas. No caso de algodões carregados de 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 deixarão essas usinas numa situação muito difícil ao beneficiar um algodão adensado colhido com pente ou escova, e com risco maior de incêndio.

No Brasil, em 2009 e 2010, os estudos do IMAmt mostraram que o ritmo de beneficiamento cai com o algodão adensado colhido com *stripper*. A produção baixa em proporções 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 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 do algodão convencional. Isso ocorre porque: 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; e a presença de muita sujeira grossa no algodão desgasta as máquinas (serrilhas e escovas de extra-

Tabela 1. Efeito da sujeira e do ritmo sobre a carga da primeira etapa de pré-limpeza (Fonte: Cotimes do Brasil, 2010)

Rendimento de fibra (%)	Taxa de sujeira (%)	Ritmo de produção da ALGODOEIRA (fardos de 200 kg/h)				
		30	35	40	45	50
		Kgs de sujeira /pé/h nos batedores e extratores				
40	3,13	23	27	31	35	39
38,4	7,00	55	64	73	82	91
37	10,39	84	98	112	126	140
35	15,23	131	152	174	196	218
33	20,08	183	213	243	274	304
31	24,92	241	281	322	362	402

Processo de três descaroçadores de alta capacidade, duas linhas de pré-limpeza de 120".

tores, serras e costelas de descaroçadores, serra de limpador de pluma, etc.), aumentando consequentemente os gastos com manutenção.

Existem poucos dados 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 (200 serras), 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$ 5,76/fardo de 227 kg. No caso de uma usina antiga de 10 descaroçadores de 90 serras, o aumento de custo foi estimado em R$ 6,31/fardo de 200 kg (Chanselme & Ribas, 2010 atualizado 2024).

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 & 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 número de máquinas na sequência recomendada podem explicar as diferenças registradas.

Diferenças significativas são observadas para componentes do grau medidos com instrumentos HVI, com redução da reflectância (Rd), aumento do grau de amarelecimento (+b) e aumento importante das matérias estranhas em número, ou *Trash* (+50%) e percentual da área da amostra, ou *Área* (+100%), em qualquer tipo de usina, no caso do algodão adensado colhido com *stripper*. Comparando, em Mato Grosso, em dois processos de beneficiamento diferentes pela composição da pré-limpeza (uma etapa ou duas etapas, cada uma com um batedor e um extrator), mostrou-se que o processo melhorado com mais pré-limpeza consegue reduzir essas diferenças, mas não as elimina totalmente (Chanselme & Ribas, 2011).

No entanto, há vários exemplos nos EUA 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 numa usina antiga em Mato Grosso em 2010, 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 3 e 4). No caso do algodão colhido sem extrator embarcado e beneficiado numa usina moderna com três etapas de pré-limpeza, o processo melhorado não consegue corrigir os defeitos trazidos pela colheita e a classificação visual piora significativamente (Figuras 3 e 4).

Tabela 2. Efeito do algodão adensado sobre o ritmo de beneficiamento (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

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
	Perda de produtividade (%)	**-15,2**	**-11,7**
	Ensaios comparativos	4	4
Moderno (3 usinas)	Convencional	36,0	/
	Adensado com extrator	30,1	/
	Perda de produtividade (%)	**-16,4**	**/**
	Ensaios comparativos	3	/
Moderno (1 usina)	Convencional	/	20,3
	Adensado sem extrator	/	18,3
	Perda de produtividade (%)	**/**	**-9,9**
	Ensaios comparativos	/	2

5. O problema específico do *bark*

Todos os estudos nos EUA 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 descaroçadores pela trituração dos caules (Figura 5). A grande quantidade de caules arrancados da planta pelos pentes ou escovas favorece muito a produção de fibra contaminada por *bark* (Figura 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$ 93,00/fardo de 227 kg, e nível 2, R$ 135,00/fardo de 227 kg) com uma taxa de câmbio de US$ 1 = R$ 5,00. Os produtores e beneficiadores que trabalham com algodão adensado e colheitadeira *stripper* devem evitar ao máximo que a fibra produzida seja classificada com *bark*, ou seja, devem impedir a contaminação com fibra de caule.

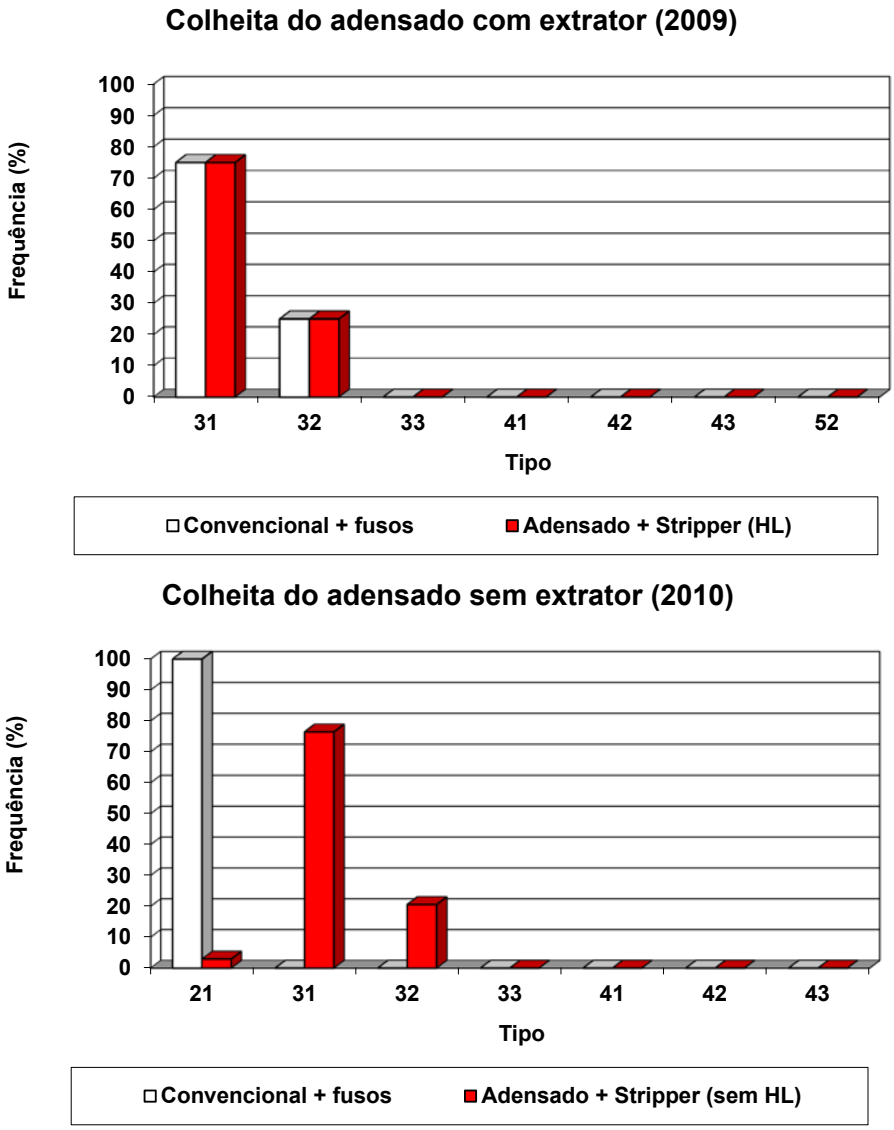


Figura 3. Efeito do processo sobre a classificação visual da fibra (Tipo) (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

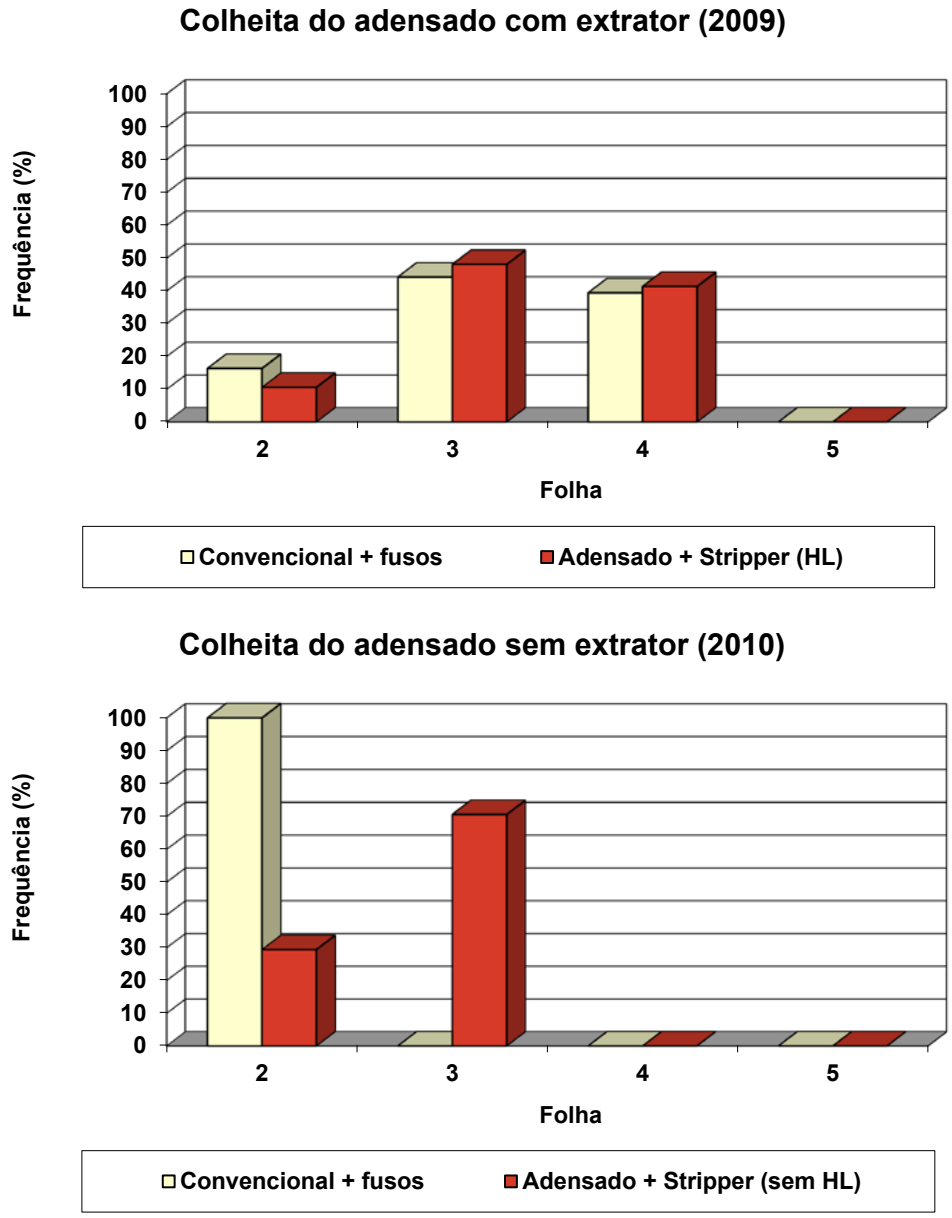


Figura 4. Efeito do processo sobre a classificação visual da fibra (Folha) (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)



Figura 5. Caules desmanchados pelas serras (Fonte: Cotimes do Brasil, 2009)



Figura 6. Contaminação com fibra de caule (*bark*) (Fonte: Cotimes do Brasil, 2009)

No Brasil, apesar da modernização e das adequações de muitas usinas, a maioria dos processos antigos é inadaptada à colheita com fusos. 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 duas etapas) e da limpeza de pluma. Essa limitação pode levar a um 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 ao maior domínio técnico do cultivo e da colheita do adensado, amostras com *bark* raramente foram observadas nas experimentações no caso da colheita com extrator embarcado. Mas no caso da colheita com *stripper* sem extrator, a fibra produzida foi classificada como *bark*, qualquer que fosse o processo de beneficiamento.

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 a sequência recomendada nos EUA 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, e até em dimensionamento.

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 estar preparadas para poder beneficiar algodões muito sujos. Será imprescindível compor o processo de mais

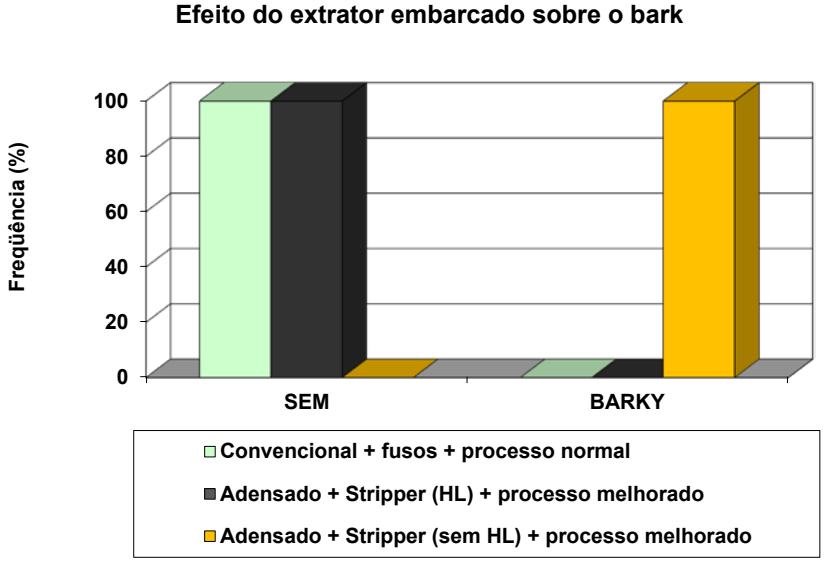


Figura 7. Classificação dos fardos com relação a bark (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

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 três 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 para as usinas antigas, a fim de reduzir ao máximo a entrada de caules e casquinhas nos descaroçadores, limitando as perdas de produtividade e evitando a contaminação com fibra de caules. Uma primeira etapa de pré-limpeza com secagem deverá ser instalada, muito bem dimensionada e, preferencialmente, com os mais eficientes equipamentos modernos que combinem secagem e abertura. 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). Se tal excesso persistir, há importantes prejuízos para o beneficiamento e a qualidade da fibra:

- Desgastes das máquinas;
- Alta perda de produtividade.

A colheita do adensado com *stripper* sem extrator pode ser considerada incompatível com as usinas antigas e prejudicial às 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. O custo do horário do funcionamento da usina é quase constante, qualquer que seja a cadência de produção. 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: BELTWIDE COTTON CONFERENCES, 1., 1999, Memphis, Tennesse, USA. **Proceedings...** Memphis-Tennesse-USA: National Cotton Council, 1999.

CHANSELME, J. L.; RIBAS, P. V.; **Projeto 051/2008** – "Algodão Adensado". Relatório final. Cuiabá-MT: IMAmt, 2009. 55 p.

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: BELTWIDE COTTON CONFERENCES, 3., 2001, Memphis, Tennesse, USA. **Proceedings...** Memphis-Tennesse-USA: National Cotton Council, 2001.

Jean-Luc
Chanselme

CAPÍTULO 20

O beneficiamento de rolo

Introdução e história

O beneficiamento de rolo é um processo mais lento e 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 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 é beneficiado com rolo.

Em 1840, o descaroçador de rolo de Fones McCarthy (Figura 1) foi um grande avanço em relação ao do tipo "Churka". A máquina, mais eficiente, consiste em um rolo de couro, uma faca fixa segurada firmemente contra o rolo e uma faca em movimento vertical alternativo, que puxa a semente da pluma enquanto a mesma fica presa entre o rolo e a faca estacionária. A produtividade ficava limitada de 35 kg 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 na Turquia, em 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 kg 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

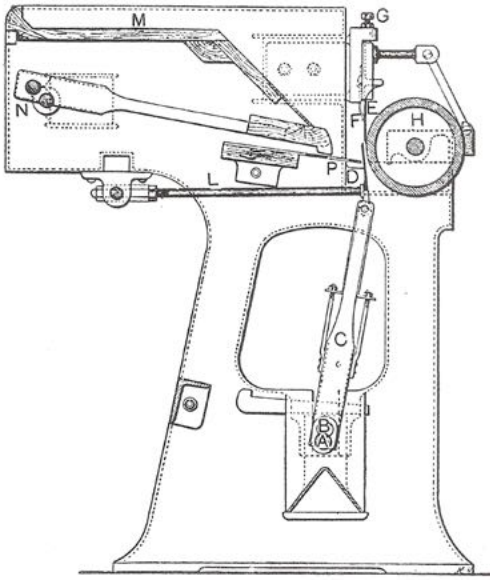


Figura 1. Corte da máquina de McCarthy (Fonte: Pilette, 1959, p. 189)

pode ser reta ou helicoidal e permite uma produtividade muito maior.

Durante a temporada 1993-1994, havia 38 usinas de beneficiamento de rolo nos EUA. A produtividade atinge de 250 kg a 350 kg de fibra de algodão arbóreo e de 170 kg 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.

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 & 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 ao 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 é que 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.

1. 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 quatro a cinco máquinas é recomendado para evitar encarneiramentos.

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.

2. 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 2). Em geral, o alimentador combina dois a quatro cilindros de pinos e um 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 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 3).

2.1. 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 helicoide. O tipo helicoide reduz as vibrações e melhora a separação de fibra torcida, mas não

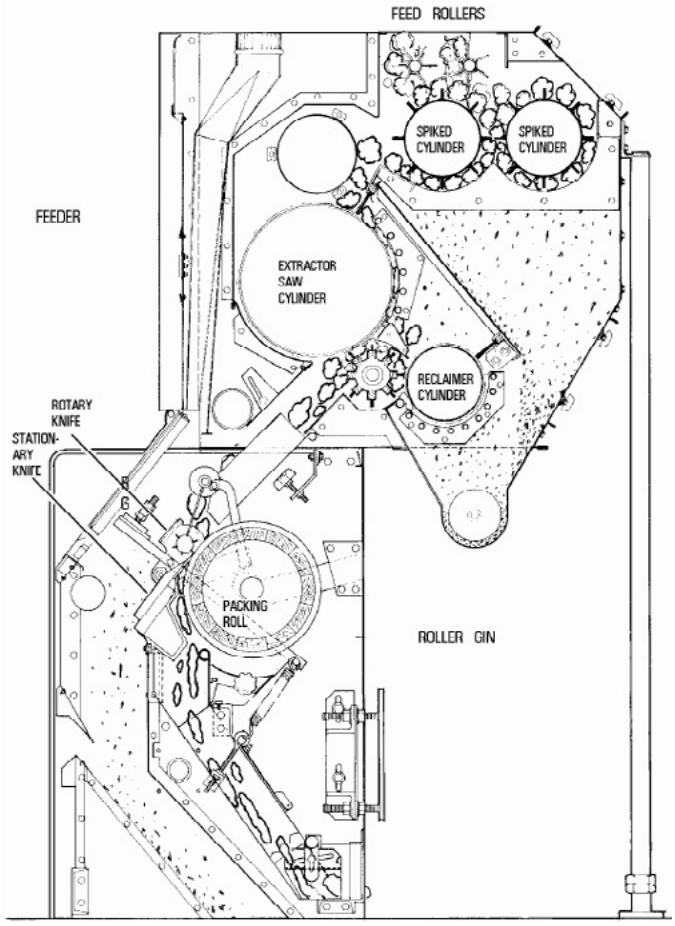


Figura 2. Corte de um descaroçador de rolo moderno com alimentador (Fonte: Lummus, 2002)

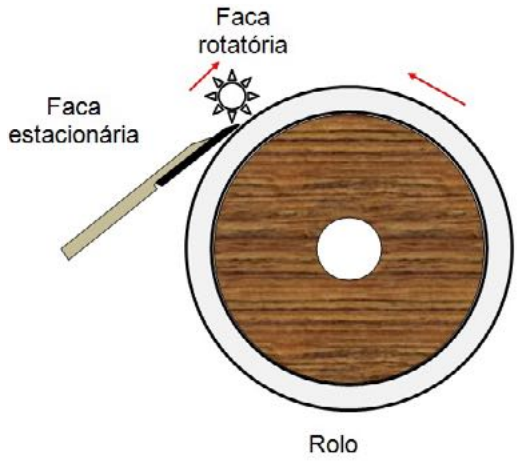


Figura 3. Principais componentes do descaroçador de rolo moderno (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

melhora a produtividade.

A distância entre a faca estacionária e a rotatória é crítica e varia com o modelo e o fabricante; é uma regulagem precisa e importante para reduzir os encarneiramentos de fibra e acúmulos de pluma na borda da faca estacionária.

Os valores recomendados pelos dois princi-

pais 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 1.

2.2. 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 1. Uma típica força da faca contra o rolo é de 1.000 kg/m de comprimento de rolo. Ela é controlada por cilindros de ar comprimido, assim como a retratação da faca rotatória, para evitar desgastes na faca estacionária e no rolo.

A maior parte 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.

2.3. 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.

2.4. Funcionamento

O princípio é um beneficiamento por fricção. Quando o algodão em caroço entra 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 se desgasta e o algodão acumulado é rejeitado pela faca rotatória. A subalimentação deixa partes do rolo sem

Tabela 1. Características de dois descaroçadores de rolo modernos (Fonte: Anthony & Mayfield, 1994)

Fabricante	Nome (modelo)	Velocidade rolo		Velocidade rolo de facas			Relação de velocidade	Força de aplicação faca	Distancia entre facas
		RPM	m/s	RPM	m/s	Batidas/s	Rolo/faca	kN/m	(mm)
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

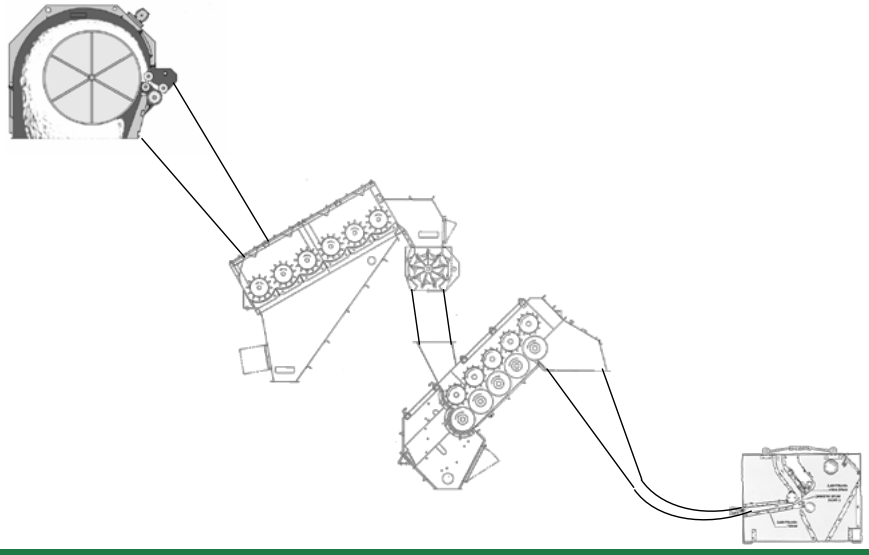


Figura 4. Exemplo de sequência de limpeza de pluma para fibra beneficiada com rolo (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

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.

3. Limpeza de pluma

A limpeza de pluma é importante para a remoção de piolho, sementes quebradas e várias outras impurezas não removidas na limpeza do algodão em caroço, assim como para corrigir o encarneiramento da fibra (torcido). 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, não existe uma sequência de maquinário padrão para a limpeza de pluma do algodão beneficiado por rolos, mas a sequência mais utilizada combina um batedor inclinado, um batedor de impacto e um limpador por jato de ar (Figura 4). A Lummus desenvolveu um limpador de pluma específico chamado *Guardian*® (Figura 5), mais parecido com limpadores de fibra convencionais ou certos batedores utilizados na indústria têxtil, com barras de limpeza, porém sem rolo de serrilha.

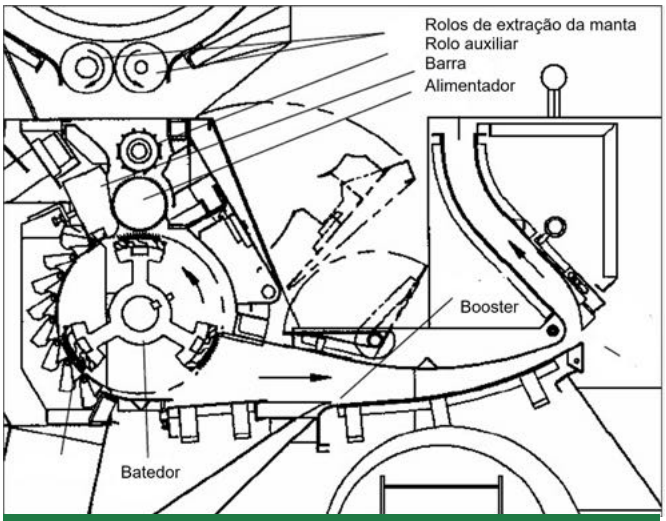


Figura 5. Corte do limpador de pluma *Guardian*®
(Fonte: Lummus Corp., 2004)

Referências bibliográficas

ANTHONY, W. S.; MAYFIELD, W. D. **Cotton Ginners Handbook**. Agricultural Handbook. [s.l.], US Department of Agriculture, nº 503, p. 1-6, 1994.

GILLUM, M. N. High speed roller ginning. **Transaction of A. S. A. E.**, [s.l.], nº 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.], nº 90, p. 10-12, 1989.

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

Informações e contatos dos autores do Manual de Beneficiamento

Introdução



Jean- Louis BELOT
Engenheiro agrônomo, formado na ENSA de Montpellier na França, com mestrado e doutorado na Universidade USTL-Montpellier. Trabalha com melhoramento genético do algodoeiro há 40 anos. Inicialmente pelo CIRAD, em diversos países da África e da América Latina. Atualmente, é coordenador do programa de melhoramento de algodão do IMAmt em Mato Grosso, conduzindo também diversos projetos ligados à qualidade da fibra.
E-mail: jeanbelot@imamt.org.br



Jean-Luc CHANSELME
Mestre pela Universidade de Paris XI. Especialista em Manejamento e Tecnologia do Beneficiamento do Algodão pela Mississippi State University (EUA). Administrador e Diretor Técnico da empresa de engenharia e consultoria em beneficiamento e classificação do algodão, Cotimes do Brasil.
E-mail: jean@cotimesdobrasil.com.br



Paulo Vicente RIBAS
Bacharel em Administração de Empresas (ASPES/URCAMP-RS), e Eletrotécnico (FETLSVC-RS). Especialista em indústrias de beneficiamento de algodão e laboratórios de classificação de fibra. Sócio e Diretor Comercial da empresa de engenharia e consultoria em beneficiamento e classificação do algodão, Cotimes do Brasil.
E-mail: paulo@cotimesdobrasil.com.br

Capítulo 1

Cultivo algodoeiro no cerrado brasileiro

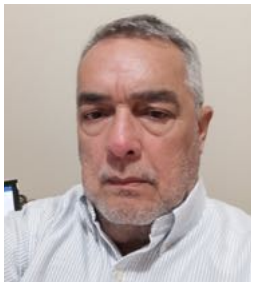
Jean- Louis BELOT (Cf. capítulo anterior)



Patricia Coury de Andrade VILELA
Engenheira Agrônoma, formada pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Mestre em Agricultura Tropical pela UFMT. Trabalha no Instituto Mato-Grossense do Algodão – IMAmt, como pesquisadora na área de melhoramento genético do algodão.
E-mail: patriciavilela@imamt.org.br

Capítulo 2
A colheita mecanizada do algodão

Jean- Louis BELOT (Cf. capítulo anterior)



Amândio PIRES Jr.
Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso – 1987. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade de Cuiabá – UNIC – 2010. Atuando na área de Engenharia de Segurança do Trabalho, na elaboração de projetos de incêndios e treinamentos de certificadores no processo ABRUBA da ABRAPA na área de Segurança do Trabalho.
✉ E-mail: amandiopires58@gmail.com

Paulo Vicente RIBAS (Cf. capítulo anterior)

Capítulo 3
Implantação e projeto de unidade de beneficiamento



Giancarlo GOLDONI Jr.
Bacharel em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), com ênfase em Engenharia do Ambiente em Instalações Agrícolas. Especialista em metodologias de manutenção. Atua na área de beneficiamento de algodão desde 2013. Sócio e Coordenador de Engenharia da empresa de engenharia e consultoria em beneficiamento e classificação do algodão, Cotimes do Brasil.
✉ E-mail: giancarlo@cotimesdobrasil.com.br

Capítulo 4
O processo de beneficiamento

Jean-Luc CHANSELME (Cf. capítulo anterior)

Capítulo 5
Transporte de matérias na algodoeira

Jean-Luc CHANSELME (Cf. capítulo anterior)



Eduardo MORAES COUTO
Bacharel em Engenharia Agrícola pela UNIOESTE, com ênfase em Máquinas Agrícolas. Técnico em Eletromecânica. Atua na área de beneficiamento de algodão. Engenheiro Agrícola analista de projetos na empresa de engenharia e consultoria em beneficiamento e classificação do algodão, Cotimes do Brasil.
✉ E-mail: eduardo@cotimesdobrasil.com.br

Capítulo 6
Aplicações elétricas na algodoeira



Wataru ONOUÉ
Engenheiro Eletricista pela UNESP-Bauru/SP. Responsável pela área elétrica e de automação da BUSA. Atua na área de algodoeiras e coletores de lixo automatizados.
E-mail: wonoue@gmail.com



Bruno AVILA
Especialista em Mecatrônica com mais de 12 anos de experiência em Automação Agroindustrial. Possui vasta experiência no mercado de algodão e grãos, colaborando com os principais produtores do Brasil. Sua carreira inclui o desenvolvimento de sistemas automatizados, manutenção e melhorias em sistemas de automação, e gestão completa de projetos. Destaca-se na otimização de processos e na redução de custos, além de atuar na implementação de soluções de Indústria 4.0. Atualmente, desempenha um papel crucial na empresa AGR Automação Industrial.
E-mail: b.avila@agrautomacao.com.br



Rodrigo Kriesel SPEROTTO
Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso (2017). Atua desde fevereiro de 2017 na área de automação e mecatrônica no Instituto Mato-Grossense do Algodão. Coordenador da Escola de Beneficiamento de Algodão do Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMAmt).
E-mail: rodrigosperotto@imamt.org.br

Capítulo 7
Automação na algodoeira

Rodrigo Kriesel SPEROTTO (Cf. capítulo anterior)

Capítulo 8
Funções da equipe operacional da algodoeira



Marcelo VENCESLAU
Formado em Engenharia de Produção e Engenharia de Segurança do Trabalho com pós-graduação em Gestão da Qualidade e Engenharia de Produção pela IPOG. Formação em *Coach* de carreira e desenvolvimento pessoal, e como Analista de perfil comportamental pelo IGT. Com 32 anos de experiência em gestão de algodoeira, tendo atuado em grandes empresas como SLC, Grupo Caimbé e Amaggi, como responsável pela segurança, qualidade, produção, manutenção, prevenção de riscos e gestão de pessoas. Administrador da "Marcelo Venceslau Treinamentos" empresa que atua no treinamento e qualificação operacional para gestores de algodoeira.
✉ E-mail: marcelovdasilva@hotmail.com
marcelovdasilva43@gmail.com

Paulo Vicente RIBAS (Cf. capítulo anterior)

Capítulo 9
Gestão da manutenção nas algodoeiras

Giancarlo GOLDONI Jr. (Cf. capítulo anterior)
Paulo Vicente RIBAS (Cf. capítulo anterior)

Capítulo 10
Segurança do trabalho e prevenção de incêndio

Amândio PIRES Jr. (Cf. capítulo anterior)



Carlos Roberto Gomes FERRAZ
Graduado em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT – 1982. Pós-graduado em Proteção de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa-MG - 2002. Atua desde 2013 no Programa de Treinamentos e atualmente no Programa Algodão Brasileiro Responsável para Unidade de Beneficiamento – ABR-UBA pelo Instituto Mato-Grossense do Algodão – IMAmt.
✉ E-mail: carlosferraz@imamt.org.br



José Marcos de LIMA
Graduado em Gestão Ambiental pela Uninter - 2015, Técnico em Segurança do Trabalho pelo Senai – Várzea Grande – MT 2002. Atua no Programa de Treinamento e Qualidade de Fibra do Algodão de Mato Grosso, da Associação Mato-Grossense dos Produtores de Algodão (AMPA) e do Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMAmt), desde 2012.
✉ E-mail: joselima@imamt.org.br



Sérgio Gonçalves DUTRA
Graduado em Agronomia pela Universidade de Brasília (UnB) – 1990, Mestre em Agronomia pela ESALQ/USP - Piracicaba-SP – 2001, Doutor em Energia na Agricultura pela FCA/UNESP - Botucatu-SP – 2013. Atua no Programa de Qualidade de Fibra do Algodão de Mato Grosso, da Associação Mato-Grossense dos Produtores de Algodão (AMPA) e do Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMAmt), desde 2012. Sócio-Diretor na Dutra Projetos Ltda. e Consultor Técnico Agronômico.
E-mail: sgdutra.sc@gmail.com

Capítulo 11
Gestão de pátios e armazéns na algodoeira

Giancarlo GOLDONI Jr. (Cf. capítulo anterior)



Gilmar DELIBERAES
Formado em Administração de Empresas pela UNIRONDON-2003. Atualmente é Gerente Geral da COOPERBEM – Cooperativa de Beneficiamento de Algodão de MT- Campo Verde-MT. Gestor responsável por coordenar e administrar as áreas administrativa, de pátio (fardão e bolinhas, fardinhos de pluma), beneficiamento e embarque dos produtos oriundos do beneficiamento. Responsável também pela comercialização de caroço, fibrilha e resíduo.
E-mail: gilmar@cooperbem.com.br

Capítulo 12
O custo do beneficiamento



Cleiton Jair GAUER
Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Pelotas, com pós-graduação em Gestão de Negócios pela Fundação Dom Cabral. Iniciou sua trajetória no IMEA- Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária em 2016, atuando em diversas funções, como analista de mercado das cadeias de algodão, milho e soja, além de gerente da área de inteligência de mercado. Desde 2021, ocupa o cargo de Superintendente do Instituto.
E-mail: cleiton@imea.com.br

Cintia TEIXEIRA NUNES
Trainee algodão do IMEA

Juan Carlos BOLSONI PORTO
Trainee algodão do IMEA

Rodrigo Matheus da SILVA
IMEA - Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária
E-mail: rodrigo@imea.com.br

Capítulo 13
Utilização e conservação da energia em algodoeiras

Paulo Vicente RIBAS (Cf. capítulo anterior)

Capítulo 14
Impactos ESG na algodoeira

Eduardo MORAES COUTO (Cf. capítulo anterior)



Ricardo TOMAZ
Engenheiro Ambiental pela UNIPINHAL- 2005; Engenheiro de Segurança do Trabalho pela UNIC BARÃO- 2011. Atualmente é Proprietário e Responsável Técnico da "Tomaz Engenharia Ambiental Ltda". Realiza prestação de serviços na área de consultoria ambiental, e projetos que atendem às exigências dos principais órgãos (IBAMA, SEMA--MT, Secretarias de Meio Ambiente Municipais, INDEA-MT).
✉ E-mail: ricardo@tomazengenharia.com.br



Fábio Antônio CARNEIRO
Especialista em Agronegócio pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ-USP), Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Técnico Agrícola pela Escola Agrotécnica Federal de Santa Catarina. Gestor Nacional de Programas de Certificação de Sustentabilidade da Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa), que inclui o programa ABR (fazenda), ABR-UBA (unidades de beneficiamento) e ABR-LOG (terminais retroportuários).
✉ E-mail: gestor.sustentabilidade@abrapa.com.br

Capítulo 15
A fibra do algodão: qualidade, classificação e importância para a indústria

Jean- Louis BELOT (Cf. capítulo anterior)



Jorge José de LIMA
Possui Pós-graduação em Gestão pela Qualidade Total, é Licenciado em Matemática, Técnico Têxtil e Instrutor de Classificação de Algodão em pluma, credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). É professor aposentado do SENAI CETIQT do Rio de Janeiro nos cursos Técnicos e de Engenharia Têxtil. Atuou durante 40 anos na função de instrutor e classificador de algodão em pluma, auditor e assistente técnico para empresas do setor têxtil e da cadeia do algodão.
✉ E-mail: jorgealgodão@gmail.com

Capítulo 16
Gestão do beneficiamento para a produção de uma fibra de qualidade



Edmilson Souza SANTOS
Técnico Têxtil, formado em Administração de Empresas, com MBA em Gestão do Agronegócio e Agroindústria. Especialista em qualidade de fibra de algodão, com mais de 25 anos de experiência no setor têxtil e agroindustrial. Possui domínio em malharia, fiação de algodão, fiação de fibras sintéticas e usina de beneficiamento de algodão. Focado em treinamento e desenvolvimento de equipes, além de análise e acompanhamento da qualidade do algodão e seus subprodutos.
✉ E-mail: de-cotton@outlook.com

Capítulo 17
Instrumentos de medição usados em algodoeiras

Rodrigo Kriesel SPEROTTO (Cf. capítulo anterior)

Capítulo 18
Beneficiamento para a produção de sementes



Ueverton dos Santos RIZZI
Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Sinop (UFMT) - 2010. Possui Especialização em Ciência do Solo e Nutrição de Plantas pela Universidade de Cuiabá, UNIC, Cuiabá- 2015. Atuou por 14 anos na área de produção de sementes de algodão, desempenhando o papel de gerente de produção na COMDEAGRO, como responsável pelo controle de qualidade e pela supervisão de todas as etapas do processo produtivo, desde a semeadura até a entrega final das sementes. Atualmente é consultor de algodão na "Bettini Consultoria Agrícola".
✉ E-mail: uevertonrizzi@hotmail.com



Idimar LEONI
Natural do norte do Paraná, filho de pequeno agricultor e produtor de algodão. Estudou Engenharia Agronômica na Fundação Faculdade de Agronomia Luiz Meneguel em Bandeirantes/PR, concluindo em 1999. Tem especialização em Gestão e Manejo na Cultura do Algodoeiro pelo CEFET/MT, 2009. Cursou Mestrado Técnico em Produção de Sementes pela UFPEL, concluído em 2015. Atualmente está cursando MBA em Agronegócios pela Faculdade IBG Business School, conclusão para julho/2025. Em 2009, ingressou no Instituto Mato-Grossense do Algodão, onde atua na função de Manutenção e Produção de Sementes Genéticas.
✉ E-mail: idimarleoni@imamt.org.br



Rodrigo Chimenez FRANZON
Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de Cuiabá, Mestrado e Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá-PR. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Melhoramento Vegetal. Desde 2018, atua como pesquisador/melhorista de algodoeiro no IMAmt, com ênfase na obtenção de cultivares com resistência às principais doenças e nematoides, e na qualidade da fibra e do caroço.
✉ E-mail: rodrigofranzon@imamt.org.br

Capítulo 19
O beneficiamento do algodão adensado

Paulo Vicente RIBAS (Cf. capítulo anterior)
Jean-Luc CHANSELME (Cf. capítulo anterior)

Capítulo 20
O beneficiamento de rolo

Jean-Luc CHANSELME (Cf. capítulo anterior)

BOLLGARD II RRFLEX™

LANÇAMENTO 24/25

RMR | BOLLGARD II RRFLEX™ | Ra2R

IMA 3010 B2RF

ima mt INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO | COMDEAGRO

LANÇAMENTO 24/25

RMR | BOLLGARD II RRFLEX™ | Ra2R

IMA 4807 B2RF

ima mt INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO | COMDEAGRO

LANÇAMENTO 24/25

RNm | BOLLGARD II RRFLEX™ | Ra2R

IMA 3764 B2RF

ima mt INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO | COMDEAGRO

BOLLGARD II RRFLEX™

IMA 243B2RF

ima mt INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO | COMDEAGRO

RNm | BOLLGARD II RRFLEX™ | Ra2R

IMA 5901B2RF

ima mt INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO | COMDEAGRO

RNm | BOLLGARD II RRFLEX™ | Ra2R

IMA 5801B2RF

ima mt INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO | COMDEAGRO

ima mt | COMDEAGRO

De Agricultor para AGRICULTOR

Conectando soluções em **benefício do agricultor.**

Fale com um de nossos consultores


Bollgard 3
XTENDFLEX
RNm
Bollgard 3 XTENDFLEX
RaR
IMA 497 B3XF
imamt
COMDEAGRO
RNm
Bollgard 3 XTENDFLEX
RaR
IMA 707 B3XF
imamt
COMDEAGRO
RNm
Bollgard 3 XTENDFLEX
RaR
IMA 712 B3XF
imamt
COMDEAGRO
imamt
COMDEAGRO
De Agricultor para AGRICULTOR
Conectando soluções em benefício do agricultor.
Fale com um de nossos consultores

MANUAL DE BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO

REALIZAÇÃO

COORDENAÇÃO TÉCNICA

PATROCINADORES

