

123

**Circular
Técnica***Campina Grande, PB
Julho, 2008***Autores****Odilon Reny Ribeiro Ferreira da Silva**
Eng. Agric., D.Sc., da Embrapa
Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143,
Centenário, CEP 58.428-095,
Campina Grande, PB, E-mail:
odilon@cnpa.embrapa.br**Wirton Macedo Coutinho**
Eng. Agrôn., M.Sc., da Embrapa
Algodão, E-mail:
wirton@cnpa.embrapa.br**Waltemilton Vieira Cartaxo**
Analista da Embrapa Algodão, E-mail:
cartaxo@cnpa.embrapa.br**Valdinei Sofiatti**
Eng. Agrôn., D.Sc., da Embrapa
Algodão, E-mail:
vsofiatti@cnpa.embrapa.br**João Luis da Silva Filho**
Eng. Agrôn., D.Sc., da Embrapa
Algodão, E-mail:
joaoluis@cnpa.embrapa.br**Orozimbo Silveira Carvalho**
Eng. Agrôn., D.Sc., da Embrapa SNT
Passo Fundo, RS.**Louriorlando Bidô da Costa**
Assistente da Embrapa Algodão**Cultivo do Sisal no Nordeste Brasileiro****1. Introdução**

O sisal dá origem à principal fibra dura produzida no mundo, contribuindo com, aproximadamente, 70% da produção comercial de todas as fibras desse tipo (FAO, 1996). No Nordeste do Brasil a exploração do sisal

concentra-se no interior dos Estados da Bahia (87%), Paraíba (7,4%) e Rio Grande do Norte (5,2%). De acordo com Santos (2006), em áreas onde, geralmente, as condições de clima e solo são pouco favoráveis ou há escassas alternativas para a exploração de outras culturas que ofereçam resultados econômicos satisfatórios.

A fibra do sisal, na forma bruta, beneficiada ou industrializada, representa importante fonte de divisas para esses Estados, por se tratar de um produto de exportação que gera divisas em torno de 80 milhões de dólares e, também, pela capacidade de gerar empregos, por meio de sua cadeia de serviços, que envolve as atividades de manutenção das lavouras, colheita, desfibramento, beneficiamento da fibra, industrialização e confecção de artesanato (SILVA; BELTRÃO, 1999).

A exploração do sisal concentra-se, geralmente, em áreas de pequenos produtores, com predomínio do trabalho familiar, sendo, portanto, importante agente de fixação do homem à região semiárida nordestina; serve também como atividade de apoio à pecuária a nível das fazendas, pelo uso direto da planta na alimentação dos bovinos ou através da pastagem nativa nas áreas exploradas com a cultura (BANDEIRA; SILVA, 2006).

Apesar da grande importância socioeconômica que o sisal representa para os 112 Municípios produtores do Semiárido do Nordeste (SANTOS, 2006) é fácil compreender o grau de dependência que o produto (fibra e manufaturados) sofre em relação às condições impostas pelo mercado internacional - depois da globalização da economia - o que tem agravado muito a situação da cultura; isto porque a baixa rentabilidade, inviabiliza a prática dos tratamentos culturais, resultando no abandono das lavouras ou na sua substituição por pastagens e/ou outras culturas, muitas vezes de alto risco, devido às condições locais de solo e clima.

Levando-se em consideração o número de pessoas envolvidas (em torno de 600 mil), direta ou indiretamente, no processo produtivo e de industrialização, é de fundamental importância a busca de alternativas

que viabilizem a competição desta fibra com os fios sintéticos, haja vista que eles se constituem, também, em um dos principais fatores responsáveis pelo baixo preço da fibra do sisal. Neste particular, a redução dos custos de produção, o aproveitamento dos subprodutos do desfibramento e a maior eficiência no processo de desfibramento, são pontos que devem ser avaliados em primeiro plano, para tornar a cultura atrativa. Assim, a Embrapa Algodão e seus parceiros vêm desenvolvendo pesquisas em diferentes áreas de conhecimento, com o objetivo de definir um novo sistema de produção, de viabilizar a mucilagem para alimentação animal e de apresentar alternativas de uso da fibra (SILVA; BELTRÃO, 1999). Apesar da decadência da cultura do sisal, espera-se que esta publicação possa oferecer subsídios para o soerguimento da cultura, que é uma das poucas alternativas de ocupação de uma parcela significativa do Semiárido nordestino.

2. A Planta do Sisal

O sisal, planta monocotiledônea, produz fibra dura e grossa, de cor creme ou amarelo pálido, de 1 a 1,5 m de comprimento, que abastece 70% do mercado mundial de fibras duras. Cerca de 60% da produção são empregados na fabricação de barbante usado na agricultura, especialmente nas máquinas enfardadeiras, para a amarração de feno. A seiva das folhas contém hecogenina, que se usa na síntese parcial da droga cortisona. Dos resíduos do desfibramento, pode-se produzir, também, pectato de sódio e cera; as varas do pendão floral da planta são usadas na cobertura de casas e na construção de cercas.

2.1. Classificação botânica

O sisal pertence à classe monocotiledônea, série *Liliflorea*, família *Agavaceae*, subfamília *Agavoidea*, gênero *Agave*, subgênero *Euagave*. O gênero *Agave* compreende, aproximadamente, 300 espécies nativas das zonas tropicais e subtropicais da América do Norte e América do Sul (MEDINA, 1954a; SANCHES POTES et al., 1991). Deste gênero, somente duas espécies se destacam por sua importância comercial para a produção de fibra: *A. sisalana* e *A. fourcroydes*.

2.2. Descrição morfológica

A morfologia do sisal é simples e sem muita variação nas partes constitutivas da planta, o que se deve à

preponderância da reprodução assexuada neste vegetal. Os detalhes da morfologia do sisal têm sido objeto de atenção de vários autores, podendo-se citar, entre outros, Medina (1954a), Lock (1969), Osborne e Singh (1980) e Sanches Pote et al. (1991). As considerações a seguir baseiam-se nas descrições de Lock (1969) e Sanches Pote et al. (1991).

2.3. Sistema radicular

O sisal possui sistema radicular fibroso, fasciculado, emergindo da base do pseudocaule (roseta) e possui dois tipos de raiz: as fixadoras e as alimentadoras. As fixadoras têm diâmetro de 2 a 4 mm, são de coloração marrom e enrugadas devido à suberização; possuem muitas ramificações e podem atingir crescimento horizontal de até 3 m. A maioria das raízes concentra-se na profundidade de 10 a 25 cm da superfície do solo e têm as funções de fixar e sustentar a planta e dar origem às raízes alimentadoras, cuja função é absorver água e nutrientes da solução do solo. Estas são de pequeno diâmetro (1 a 2 mm) e, dependendo das condições de fertilidade do solo, desenvolvem-se em grande número; com o tempo, também se suberizam e aumentam de tamanho. Quando o sisal entra em senescência, as raízes alimentadoras começam a morrer.

2.4. Tronco

A planta de sisal não tem caule aéreo e, portanto, é acaulescente, mas em seu lugar há um tronco (pseudocaule) ou eixo principal, sobre o qual se acham inseridos as folhas e o broto terminal. É a principal estrutura da planta que dá origem e sustentação às folhas. O pseudocaule de *A. sisalana* pode, quando adulto, atingir uma altura de até 1,20 m e um diâmetro de 20 cm; depois desta fase, em especial quando as plantas são regularmente cortadas, o tronco deixa de crescer em diâmetro, uma vez que todo o crescimento da planta passa a ser apical.

O tronco é coberto por uma casca dura lignificada de, aproximadamente, 3 mm de espessura, que serve para dar sustentação e fixação às folhas, além de servir como órgão de armazenamento. O interior do pseudocaule é composto por tecido de consistência dura, semelhante a madeira. Na parte média superior do caule, encontram-se tecidos menos fibrosos, de coloração esbranquiçada,

enrugados e suculentos e, logo acima, localiza-se o meristema principal ou superfície de crescimento, que é o ponto de origem das folhas, constituídas de pequenas células de alto poder reprodutivo.

2.5. Rizoma

O sisal produz rizomas de gemas situadas na base da planta, abaixo do nível do solo, e seu diâmetro varia de 1,5 a 3 cm; desenvolve-se em forma longitudinal, com diferentes comprimentos e a uma profundidade que varia entre 5 e 15 cm. São caules subterrâneos de cor branca, com pequenos primórdios foliares que protegem as gemas; cada primórdio floral tem 2 a 3 cm de comprimento e é constituído por uma fina camada de lignina, com pequeno espinho na extremidade.

Geralmente, as gemas permanecem dormentes, com exceção da extremidade que, a partir do segundo ou terceiro ano vegetativo da planta, começa a dar origem a uma nova planta, chamada "rebento". Quando o rizoma é extremamente curto, o rebento poderá sair na base da planta mãe, mas, em geral, ele cresce aproximadamente 2 m para alcançar a superfície do solo e dar origem ao rebento. Uma planta mãe poderá produzir de 5 a 10 rizomas, no caso da *A. sisalana*, mas existem outros genótipos, como o Híbrido 11648, que poderão emitir entre 30 e 50 rizomas. Após a emissão dos rebentos, recomenda-se a sua eliminação, para evitar concorrência de nutrientes e umidade do solo com a planta mãe. O rizoma, cujo rebento foi eliminado, após a sua recuperação, poderá dar origem a um novo rebento.

2.6. Folha

A folha do sisal é de forma linear lanceolada, destituída de pecíolo (sésil, ligada diretamente ao tronco), rígida, de cor verdeescuro e comprimento entre 120 e 160 cm, com 10 a 15 cm de largura na sua parte média. A superfície é côncava, desprovida de espinhos nas bordas, possuindo um único acúleo de 2 cm na extremidade da folha. A inserção da folha no pseudocaulo ocorre em forma de espiral, ascendente, formando rosetas; as mais jovens são verticais mas, a medida em que amadurecem, amplia-se o ângulo de sua inserção no caule até as folhas inferiores, que são horizontais.

Uma planta de *A. sisalana* produz entre 200 e 250 folhas durante o ciclo, com peso médio variando

entre 400 e 700 gramas. A epiderme da folha é composta por uma cutícula cerosa, que repele a água facilmente; nesta camada, encontram-se numerosos estômatos distribuídos de maneira contínua, realizando as trocas gasosas.

Internamente, as folhas são formadas por um tecido composto de células palissádicas; abaixo deste, encontra-se o parênquima, que é um tecido esponjoso, onde se localizam as fibras. Cada folha contém de 1000 a 1200 fios de fibra.

As fibras "mecânicas", que são as comerciais, constituem-se 75% do total das fibras da folha e concentram-se principalmente em três ou quatro fileiras da zona periférica, abaixo da epiderme; essas fibras são as responsáveis pela manutenção da rigidez da folha. As fibras "curtas" estão associadas aos tecidos condutores e se encontram na parte média dos tecidos da folha - essas fibras geralmente são perdidas no processo atual de desfibramento - enquanto algumas fibras "mecânicas", que possuem entre 45 e 50 fios, localizadas na camada média da folha, se unem e se lignificam para formarem o acúleo terminal da folha. Os fios das fibras são formados por células fusiformes, fortemente compactadas, com 3 mm de comprimento e 20 a 30 micra de diâmetro; são poligonais em corte transversal e apresentam paredes grossas e lúmen pequeno arredondado.

2.7. Escapo floral

Quando a planta está prestes a emitir a inflorescência, produz folhas curtas, estreitas e pontiagudas, em redor do ponto apical, até que ocorra a inflorescência, ou seja, o ápice do caule se transforme em pedúnculo floral de 6 a 8 m de altura; este possui algumas escamas similares às folhas e emitem entre 20 e 40 ramos que, por sua vez, originam grupos de flores de cor branca ou ligeiramente esverdeadas. O pedúnculo floral é uma grande panícula que cresce, no início e em condições normais, 10 a 12 cm por dia; cada ramo produz aproximadamente 40 flores e, por se tratar de uma planta monocárpica, ele floresce uma só vez durante o ciclo vegetativo, morrendo posteriormente.

2.8. Flor

A flor é hermafrodita e acha-se agrupada em cachos situados no final de cada ramo da panícula; primeiro, abrem-se as flores dos ramos inferiores e, quando os seus estigmas são receptivos, os estames dos ramos

imediatamente superiores abrem-se, vertem o pólen para fertilizar as flores inferiores e, assim, realiza-se a floração, até os ramos da inflorescência superior.

2.9. Frutos e sementes

Após a queda das flores, raramente verifica-se frutificação; entretanto, isto é possível quando o pedúnculo floral é decapitado antes da emissão dos ramos floríferos. São obtidos frutos e sementes viáveis nos ramos originados das gemas inferiores do escapo floral. Os frutos são de forma capsular, oblonga, trilobular, com pericarpo rígido, medindo 3 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro, de cor verde e consistência carnosa nos estágios iniciais; quando amadurecem, seis meses depois que a flor é polinizada, passam a ter coloração preta. As sementes, localizadas no interior do fruto, são delgadas, de tonalidade preta, lustrosa e de forma triangular; as estéreis são de cor branca e as férteis raramente são encontradas.

2.10. Bulbilho

Após a queda das flores, desenvolvem-se sobre a panícula novas plantas chamadas "bulbilhos", originadas de gemas que se encontram logo abaixo da linha de inserção das flores. Os bulbilhos - formados por tecido meristemático, com 6 e 10 cm e 6 a 8 folhas e pequenas raízes adventícias - caem da planta, após três meses, e servem como órgão de propagação de novas plantas.

3. Implantação da Cultura

No Nordeste brasileiro, a cultura do sisal tecnicamente é bastante simples, pois as diversas fases de sua exploração se desenvolvem com o mínimo de tecnologia. Os principais passos tecnológicos para o cultivo do sisal são descritos a seguir:

3.1. Clima

O sisal teria, possivelmente, origem na Península de Yucatã, México, situada entre os paralelos 19°41' e 21°38' de latitude Norte, e os meridianos 87°33' e 90°25' de longitude Oeste de Greenwich, com clima quente, semiárido, sem inverno e com primavera seca; pode ser cultivado em regiões tropicais e subtropicais, entretanto, as regiões de clima mais quente tendem a favorecer o desenvolvimento da

planta. Durante o seu desenvolvimento, se os dias não forem completamente ensolarados, as folhas tornam-se flácidas, diminuindo o vigor e enfraquecendo as fibras. A região Nordeste do Brasil, onde é cultivado o sisal, tem temperatura média anual de 30°C, velocidade média dos ventos da ordem de 3 m/segundo, pluviosidade variando entre 400 e 700 mm anuais e umidade relativa média de 60%.

3.2. Solo

O sisal desenvolve-se melhor em solos sílico arenosos, permeáveis, de média fertilidade e relativamente profundos; no entanto, na região Nordeste existe uma diversidade muito grande de tipos de solo, podendo ser rasos e pedregosos, arenosos e argilosos. O importante na escolha do terreno de plantio é evitarem-se as áreas compactadas e encharcadas, que dificultam o seu pleno desenvolvimento.

A área escolhida deve ter elevações suaves e, de preferência, ser com exposição leste-oeste, correspondente à maior luminosidade. Terrenos de forte inclinação devem ser evitados, a menos que sejam usadas práticas de conservação do solo.

3.3. Preparo do solo

O sistema de plantio do sisal envolve a limpeza do terreno para, posteriormente, proceder-se ao preparo do solo propriamente dito. Caso o terreno contenha vegetação arbustiva, recomenda-se a destoca ou roço, que poderá ser manual ou tratorizada. Tratando-se de campo de sisal velho, a eliminação das plantas poderá ser com trator de esteira ou trator de rodas, com uma lâmina na frente. No primeiro caso, o preparo do solo é feito, geralmente, com uma aração, utilizando-se o arado de discos, complementado com uma gradagem com grade leve. Em lavouras de sisal velho, recomenda-se o preparo do terreno com grade pesada, em solo seco, devido à dificuldade do arado em penetrar no solo em que há grande quantidade de raiz. É importante salientar que as condições topográficas e texturais do solo são fatores imprescindíveis na escolha dos equipamentos e no manejo do solo. Além desses cuidados, recomenda-se, também, a adoção de práticas conservacionistas, de modo a se evitar a degradação do solo, principalmente no primeiro ano de instalação da cultura.

3.4. Plantio

Após o preparo do terreno, procede-se à marcação da área para o plantio das mudas, que deve sempre acompanhar as curvas de nível do terreno.

Em terrenos planos, recomenda-se que as linhas de plantio sejam orientadas no sentido norte-sul, para se evitar o sombreamento entre as plantas; é aconselhável, também, dividir a área em talhões de aproximadamente 2 ha, com o objetivo de facilitar a operação de colheita e o transporte da produção.

Para o plantio definitivo, o produtor deverá proceder à abertura de sulcos, com sulcador tratorizado, em solos que permitam o tráfego de máquinas, ou em covas, com a enxada ou enxadão, em terrenos com topografia acidentada. No Nordeste, a época mais adequada para o plantio é antes do início da estação chuvosa.

3.5. Material para plantio

O sisal é propagado vegetativamente por bulbilhos e rebentos. Os bulbilhos são produzidos no escapo floral, após a queda das flores, enquanto os rebentos se originam de rizomas subterrâneos emitidos pela planta mãe. Os rebentos devem ser selecionados levando-se em consideração os seguintes aspectos:

- A planta mãe deve ser sadia, ter bom desenvolvimento vegetativo e estar em franca produção e em boas condições fitossanitárias.
- Os rebentos devem ser selecionados quanto à idade, tamanho e diâmetro do bulbo.
- Deve-se verificar o estado de maturidade da planta mãe, pois, caso a mesma esteja emitindo o pendão floral, deve-se descartar seus rebentos, já que estes terão menor longevidade.
- Os rebentos dispensam enviveiramento sendo, portanto, disponíveis a qualquer momento para o plantio, evitando-se, assim, despesas adicionais; são resistentes ao tempo, podendo ser arrancados e armazenados por alguns dias em lugares frescos e abrigados do sol e dos ventos; recomenda-se, para o plantio, os rebentos com 40 a 50 cm de altura, 12 a 15 folhas e 8 a 12 cm de diâmetro do bulbo (Figura 1).

Quando o agricultor optar pelo plantio por bulbilhos, deverá levar em consideração os seguintes aspectos:

- Será preciso fazer um viveiro em terreno fértil, de boa drenagem e em condições de irrigação, devendo-se situar o mais próximo possível da área do plantio definitivo; os bulbilhos selecionados deverão ter tamanho superior a 10 cm e, de preferência, serem isentos de espinho nos bordos laterais das folhas.
- Deve-se proceder à escolha dos bulbilhos, levando-se em consideração a produtividade, o porte, o vigor e o desenvolvimento do pendão floral da planta mãe.
- O plantio em viveiro (Figura 2) deverá ser feito no espaçamento de 20 cm entre plantas e de 50 cm entre linhas, devendo a planta permanecer neste local até atingir a altura de 40 a 50 cm, quando então será transportada para o local definitivo.

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 1. Rebentos para o plantio da lavoura definitiva de sisal.

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 2. Plantio de bulbilhos em viveiro

A não observação das recomendações, tanto para os rebentos (filhotes) quanto para os bulbilhos, poderá implicar na formação de sisalais desuniformes quanto ao tamanho das plantas, à época de corte, à produção e à maturidade das fibras produzidas.

No plantio, a muda deve ser colocada em perfeito alinhamento com a fileira, na posição vertical, e mantida em profundidade adequada, de forma a enterrar parcialmente o bulbo, deixando a parte de inserção das folhas do colo fora da terra. Com o fim de oferecer maior sustentação, deve-se comprimir, com os pés, a terra à sua volta e, neste período, deve-se fazer vigilância permanente da lavoura, uma vez que o vento ou a chuva pode provocar o tombamento ou mesmo o arranquio das mudas.

A escolha do tipo das mudas para a formação do sisalal deverá ser a mais econômica possível, pois não existem diferenças significativas em termos de produtividade, qualidade de fibra e longevidade das plantas, em sisalais formados por bulbilhos ou rebentos (MEDINA, 1963).

3.6. Escolha do genótipo

No Nordeste, os produtores têm duas opções quanto ao tipo de sisal a ser plantado: o sisal comum ou *Agave sisalana* (Figura 3), que é o material amplamente cultivado na região, e o Híbrido 11648, originário da África e introduzido no Brasil logo após o seu desenvolvimento (SOUZA SOBRINHO et al., 1985).

O híbrido 11648, nas condições do Nordeste, tem nítida vantagem com relação à produção de fibra, em comparação ao sisal comum (*Agave sisalana*), que constitui a maior parte dos plantios nos Estados da Bahia e da Paraíba (SOUZA SOBRINHO et al., 1985).

Para se ter idéia desta vantagem, basta citar que, em ensaios realizados na década de oitenta, pela Companhia de Celulose da Bahia (CCB), a produção de folhas do Híbrido 11648 (Figura 4) foi 116,0% superior à do sisal comum, em média de cinco cortes.

Com relação ao peso da folha, as folhas de *A. sisalana* foram 18% superiores em relação às do Híbrido 11648. Referente à percentagem de fibra na folha, o híbrido foi superior em 13% em relação à *A. sisalana*; já para rendimento de fibra por hectare, as plantas do material híbrido foram, em média, 196% superiores em relação ao sisal comum, o que é indicativo do alto potencial de produção do híbrido em questão.

Observou-se, ainda, emissão de pendão floral de 14% nas plantas do sisal comum, entre as quarta e quinta colheitas, o que não ocorreu com as plantas do híbrido; quanto à emissão de rebentos ou filhotes, o híbrido emitiu maior quantidade, quando comparado com o *A. sisalana*. Para ambos genótipos, as colheitas aconteceram ordenadamente aos 24, 31, 45, 57 e 68 meses.

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 3. *Agave sisalana*

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 4. Híbrido 11648.

Em um ensaio de competição de genótipos realizado pela Embrapa Algodão, comprovaram-se tais características do sisal Híbrido 11648 e de outros híbridos em relação à *A. sisalana*. No ensaio conduzido no Município de Monteiro, PB (Tabelas 1 e 2), verificou-se que houve superioridade do *Agave sisalana* em relação aos demais materiais, no comprimento de folha e resistência de fibra, porém, inferioridade em relação ao número de folhas/planta e produção de fibra seca na segunda colheita. O comprimento da folha e a resistência da fibra são características importantes para a indústria na confecção de fios, cordas e cabos, qualidades essas intrínsecas de *Agave sisalana*; já os híbridos são mais resistentes à seca, o que permite colheita de suas folhas, praticamente, durante todo o ano. Esses genótipos não são susceptíveis às pragas e enfermidades e o desenvolvimento inicial

Tabela 1. Valores médios para características agrônômicas e resistência de fibra de diferentes genótipos de agave em sua primeira colheita. Monteiro, PB, 1996.

Genótipo	Altura planta (cm)	Nº de folha/planta (*)	Comprimento folha (cm)	Projeção horizontal da planta (cm)	Nº plantas colhidas por parcela	Peso da folha/planta (kg)	Produção fibra seca (kg/ha)	Resistência fibra (gf)
Híbrido 400 folhas	117,0	11,2a	77,7 b	144,5 b	9,5	39,0	3458	576 c
Híbrido Quênia	146,0	10,8a	81,0 b	174,7a	7,5	38,0	2708	647 bc
<i>A. sisalana</i>	145,0	7,7 b	101,0a	167,0ab	8,0	26,0	2208	1048a
Híbrido RN	131,8	10,9a	71,9 b	150,0ab	6,8	33,3	2500	697 bc
Híbrido 11648	143,5	10,8a	76,5 b	165,0ab	8,3	33,5	3083	781 b
Média	136,7	10,2	81,6	62,1	8,0	33,0	2792	750
CV (%)	14,8	5,2	6,5	7,4	25,9	26,3	32	9,9
F	1,5	27,8	18,5	3,6	0,9	1,3	1,3	24,3

As médias com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

*Dados transformados em raiz quadrada

Tabela 2. Valores médios para características agrônômicas e resistência de fibra de diferentes genótipos de agave na segunda colheita. Monteiro, PB, 1997.

Genótipo	Altura planta (cm)	Comprimento da folha (cm)	Nº de folha/planta (*)	Projeção horizontal da planta (cm)	Peso da folha/planta (kg)	Produção de fibra seca (kg/ha)	Resistência da fibra (gf)
Híbrido 400 folhas	154ab	94,6 b	8,87a	174	27,3a	3316a	784 bc
Híbrido Quênia	140 bc	97,8 b	9,27a	166	30,0a	4283a	736 cd
<i>A. sisalana</i>	165a	116,8a	6,09 b	173	18,8 b	1977 b	1046a
Híbrido RN	131 c	101,5 b	9,23a	154	26,7a	3527a	689 d
Híbrido 11648	140 c	97,0 b	9,13a	163	29,1a	3942a	831 b
Média	146,1	101,5	8,52	166	26,40	3409	817
CV (%)	4,3	4,1	2,77	7,4	12,70	20	4,1
F	17,8	18,1	133,31	1,75	7,27	6,6	70,1

As médias com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

*Dados transformados em raiz quadrada

normalmente é mais lento que no sisal comum, permitindo a primeira colheita a partir do quarto ano.

Os híbridos, com relação ao processo de desfibramento, têm como desvantagens o fato de as folhas, por serem mais largas e espessas, exigirem maior esforço do puxador, isto é, do operador da máquina desfibradora Paraibana. Esta desvantagem é, todavia, superada quando o desfibramento é realizado por meio de máquinas automáticas.

Portanto, a escolha do genótipo utilizado ficará a critério do produtor, que deverá levar em consideração aqueles disponíveis, as exigências do mercado consumidor de fibras e o tipo de máquina desfibradora existente na propriedade (BEZERRA et al., 1991; SILVA; BELTRÃO, 1999).

3.7. Configuração e densidade de plantio

Segundo Medina (1954a), a densidade de plantas por unidade de área tem sido assunto controverso.

Para Lock (1969), a melhor densidade de plantas varia com as condições de clima e solo. Em experimentos conduzidos durante 20 anos, a densidade de plantio teve influência na produção, na qualidade de fibra e no comprimento da folha.

3.7.1. Plantio em fileiras simples

Na região Nordeste, particularmente na Paraíba, os agricultores preferem o sistema de plantio em fileiras simples, cujo espaçamento mais utilizado é o de 2 x 1 m, com uma população de 5 mil plantas/ha; entretanto, para cultivos mais tecnificados, recomendam-se espaçamentos mais largos, como 2,5 x 0,8 m, ou 2,8 x 0,7 m, que mantêm uma densidade de 5.000 plantas/ha, possibilitando a implantação de culturas intercalares nos dois primeiros anos, além de permitir que algumas operações sejam mecanizadas, como o roço e o transporte das folhas.

Existem produtores que consorciaram o sisal com a pecuária bovina, caprina e ovina. Para o consórcio com bovinos, o espaçamento mais recomendado é o de 3 x 1,8 m, com densidade de 1.850 plantas/ha, o que permite a ampla circulação dos animais em volta das plantas, para o pastejo, além da planta ficar mais livre para a produção de folhas mais longas.

3.7.2. Plantio em fileira dupla

Este sistema de plantio, desenvolvido em Java, adquiriu muitos adeptos no Brasil, principalmente nas grandes áreas em que são utilizadas práticas de cultivo mais elaboradas. O sistema permite maior proteção do solo quanto aos efeitos da erosão; entretanto, torna os tratamentos culturais dispendiosos, em particular entre as fileiras duplas (MEDINA, 1954a; LOCK, 1969). Os espaçamentos mais recomendados para plantio em fileiras duplas são: 3 x 1 x 1 m, com 5 mil plantas/ha, e 4 x 1 x 1 m, com 4 mil plantas/ha.

Na Tabela 3, são descritas as vantagens e desvantagens do sistema de plantio de fileiras simples em comparação com o de fileiras duplas, descrito por Medina (1954a), Lock (1969) e Silva e Beltrão (1999).

Tabela 3. Características do plantio de sisal em fileiras simples e duplas.

Características das operações	Fileira simples	Fileira dupla
Preparo do solo	Exige preparo comum, sem esmero na operação.	Exige preparo bem feito com vistas à menor incidência possível de ervas daninhas.
Densidade de plantio	Densidade alta e, a medida em que a cultura é adensada, limita as operações mecanizadas para o controle das ervas daninhas.	A densidade elevada de plantas permite a mecanização dos tratamentos culturais entre os pares de fileira dupla e os dificuldades entre as fileiras formadoras desses pares.
Consórcio	Permite o consórcio entre as fileiras, nos três primeiros anos, com culturas alimentares quando o consórcio é com bovinos, dependendo do espaçamento entre as plantas, permite o livre trânsito dos animais.	Permite o consórcio entre as fileiras largas com culturas alimentares e forrageiras. O consórcio com bovinos apresenta limitações, por dificultar o trânsito dos animais por entre as plantas, principalmente na fileira dupla.
Capinas	Facilidades no controle das ervas daninhas entre as linhas e as plantas.	Dificuldades no controle das ervas daninhas, em particular entre as fileiras duplas e as plantas.
Roço	Facilidade para utilizar a roçadeira no controle das ervas daninhas.	Permite o uso da roçadeira somente nas fileiras de espaçamentos mais largos.
Rebentos	Permite melhor controle dos rebentos.	Dificuldades no controle dos rebentos.
Proteção ao solo	Menor proteção do solo contra a erosão.	Maior proteção do solo contra a erosão.
Corte e transporte das folhas	Maior facilidade de se proceder ao corte e ao transporte das folhas.	Maior dificuldade de se proceder ao corte e ao transporte das folhas.

3.8. Plantio consorciado

Tradicionalmente, na região Nordeste, o agricultor consorcia culturas alimentares com culturas industriais. O sisal tem sido, até então, plantado isoladamente, principalmente pela falta de resultados de pesquisa que indiquem opções técnicas e econômicas viáveis.

Considerando-se os altos custos de produção da cultura, o plantio intercalar com culturas regionais pode ser uma alternativa interessante e capaz de proporcionar ao produtor uma renda extra no período improdutivo do sisal, além de minimizar os custos das capinas, exigidos pelas culturas envolvidas.

Na Embrapa Algodão vem-se realizando estudos sobre a viabilidade produtiva e econômica da cultura do sisal Híbrido 11648 e sisal comum (*Agave sisalana*), envolvendo o consórcio com culturas alimentares como o milho e o feijão vigna, utilizando diferentes espaçamentos da cultura principal (sisal), cujos detalhes de consorciação podem ser observados nas Figuras 5 e 6.



Fig. 5. Híbrido 11648 consorciado com milho



Fig. 6. Híbrido 11648 consorciado com feijão vigna

Uma outra possibilidade é o plantio intercalar de forrageiras entre as fileiras do sisal, visando ao fornecimento de alimento aos animais nas épocas de maior escassez. Neste sentido, na Embrapa Algodão vem-se testando o capim buffel e a palma forrageira, consorciados com o sisal comum (*Agave sisalana*) e com o Híbrido 11648, cujos resultados preliminares são bastante promissores (Figuras 7 e 8).

Muito embora não se tenham dados da produção de fibras do sisal, os resultados alcançados com o consórcio do agave híbrido e de *A. sisalana* com culturas alimentares e forrageiras indicam que este procedimento pode ser usado com vantagem pelos produtores de sisal, com vistas a reduzir custos de produção no período em que esta fibrosa se encontra na fase de desenvolvimento, pois, além de propiciar a manutenção do sisal no limpo, oferece renda extra ao produtor; entretanto, a cultura intercalar não deve exercer competição drástica com o sisal, a ponto de prejudicar seu desenvolvimento e sua produção.

No consórcio com o capim buffel, em algumas configurações mais adensadas, tem-se observado concorrência entre as culturas; portanto, é necessário verificar o espaçamento adequado para evitar a competição por luz, água e nutrientes.

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 7. Híbrido 11648 consorciado com palma forrageira

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 8. *Agave sisalana* consorciado com capim-buffel.

Outra forma de redução dos custos de produção do sisal e que pode ser usada pelos agaveicultores da região, é o consórcio entre sisal e bovinos, através do pastoreio direto do animal no campo de sisal, com o aproveitamento do pasto natural e das folhas dos rebentos menores de sisal, como alimento. Esse tipo de consórcio é realizado a partir da primeira colheita, época em que o sisal está completamente formado e proporciona um espaço maior para circulação dos animais. Outra modalidade de consórcio é aquela feita com caprinos e ovinos. Observa-se que o caprino danifica as folhas do sisal, principalmente as mais tenras, enquanto o ovino, por ser um animal mais seletivo, permite o consórcio a partir do primeiro ano, sem dano à cultura.

3.9. Tratos culturais

3.9.1. Capinas ou roço

O sisal é bastante sensível à concorrência das ervas daninhas, especialmente nos dois primeiros anos. Alguns autores, como Medina (1954a), Serra e Silva (1952) e Lock (1969), com experiência na condução de campos de produção, recomendam duas a três capinas no primeiro ano, dependendo da incidência das invasoras, e uma ou duas capinas no segundo ano, podendo ser uma logo após o início da estação chuvosa e outra ao final.

As limpas podem ser feitas com o cultivador a tração animal ou, então, tratorizadas com uma grade leve, quando o espaçamento entre fileiras o permitir. Em ambos os casos, indica-se a limpa manual com enxada ou enxadão, entre as plantas de sisal, como complemento das operações anteriores.

O sisal adulto tem sistema radicular em forma de cabeleira, que se expande horizontalmente e cuja maior densidade está nos primeiros 20 a 40 cm da camada superficial do solo, razão pela qual, a partir do terceiro ano, recomenda-se o roço manual ou tratorizado, uma ou duas vezes ao ano. Caso se proceda ao roço uma vez por ano, este deverá ser ao final da estação chuvosa e, se for duas vezes ao ano, deverão ser realizados uma vez em meados da estação chuvosa e o outro ao final. Quando as operações de limpeza forem realizadas com o trator (Figura 9), deve-se guardar uma distância de aproximadamente 50 cm da planta, para evitar danos às raízes e folhas.

3.9.2. Erradicação dos rebentos

Os rebentos desenvolvem-se por meio da assimilação de substâncias nutritivas elaboradas pela planta mãe. Para evitar o carreamento dessas substâncias em atividades não produtivas, é necessária a erradicação sistemática dos rebentos, que deve ocorrer sempre após o corte. Esta prática é importante porque o crescimento desordenado dos rebentos acarreta problemas na lavoura, dificultando a circulação dos trabalhadores nas operações de capinas e colheita.

A erradicação é feita através do roço manual ou por meio do enxadão. O roço, que consiste no corte do rebento próximo ao solo, permite o seu rebrotamento após algum tempo.



Fig. 9. Roço com roçadeira tratorizada entre as linhas do sisal

3.10. Adubação

No Brasil, as áreas cultivadas com sisal normalmente são cultivadas há mais de 20 a 30 anos e não recebem aporte de nutrientes externos por meio da adubação. Nestas áreas de cultivo, o solo tem baixo teor de matéria orgânica, geralmente inferior a 1%, o que gera um déficit de nitrogênio às plantas, caso o mesmo não seja fornecido por meio de adubação mineral. O teor de fósforo também é baixo, sendo outro macronutriente que pode ser limitante ao crescimento da cultura. Quanto ao teor de potássio, os solos das regiões onde o sisal é cultivado têm altos teores, devido principalmente à origem destes solos e à baixa precipitação, o que reduz a perda por lixiviação. Essas deficiências de macronutrientes podem estar limitando a produtividade do sisal no Nordeste do Brasil, diminuindo sua rentabilidade e tornando a cultura pouco lucrativa.

Uma das alternativas para a reposição de parte dos nutrientes extraídos pela cultura é a restituição do resíduo do desfibramento, prática que é recomendada há muito tempo (DOOP, 1940). Como apenas 3-5% da folha são de fibra aproveitável, constituída de celulose, os 95-97% restante contém a maior parte dos nutrientes extraídos anualmente pela cultura.

Nas condições da Tanzânia, alguns autores relatam a exportação de até 492, 100, 1.067, 1.400 e 605 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , Ca e Mg, respectivamente, em um período de 24 anos de cultivo (HARTEMINK, 1997). O sisal comum (*Agave sisalana*) exporta entre 27-33, 5-7, 59-69, 42-70 e 34 kg/t de fibra/ano de N, P_2O_5 , K_2O , Ca e Mg, respectivamente (HARTEMINK, 2002). Essa extração de nutrientes do solo, sem sua reposição pela adubação, pode exaurir a fertilidade natural em dois ou três ciclos de cultivo (20 a 30 anos).

Para o cultivo do sisal, recomenda-se que o solo tenha pH entre 5,5 e 6,5; em solos ácidos deve-se fazer a calagem preferencialmente com calcário dolomítico (MALAVOLTA, 1996). A adubação nitrogenada atualmente recomendada para a cultura do sisal na região Nordeste é de 20 kg/ha de Nitrogênio no plantio das mudas e 40 kg/ha no início da estação chuvosa do ano seguinte; recomenda-se também adubação de manutenção de 40 kg/ha/ano de Nitrogênio. A adubação fosfatada e a potássica deverão ser feitas conforme os resultados da análise do solo e de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4. Recomendação de Fósforo (P) e Potássio (K) para cultura do sisal de acordo com os níveis de P e K extraído pelo método de Mehlich.

Nutriente	Adubação de base	Adubação de cobertura
P_2O_5 – ppm de P no solo		
< 6	70	-
7-13	50	-
14-20	30	-
K_2O – ppm de K no solo		
< 30	35	35
31-60	25	25
61-90	15	15

Fonte: Malavolta (1996)

4. Doenças

Embora a epiderme da folha de sisal, com cutícula espessa e cerosa, possa conferir uma barreira natural à penetração de microrganismos patogênicos, esta planta pode ser afetada por várias doenças, capazes de causar sérios prejuízos à cultura (BOCK, 1965).

Dentre elas, apenas duas foram relatadas até o presente no Brasil: a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum agaves* (MEDINA, 1954a) - que não se constitui propriamente em um problema fitossanitário de importância econômica - e a podridão vermelha do tronco, ou simplesmente podridão do tronco do sisal (LIMA et al., 1998; COUTINHO et al., 2006) - que tem afetado, de forma isolada, desde a década de setenta, os sisalais do Brasil, nas principais áreas produtoras dos estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte, atingindo níveis críticos a partir de 1998.

A incidência da podridão do tronco varia entre as regiões de cultivo; em algumas, não ultrapassa 5% da área e, em outras, pode alcançar 40% de infestação (ALVES et al., 2004). As folhas de plantas afetadas pela doença não se prestam ao desfibramento e as plantas sintomáticas morrem com o seu progresso.

Três fungos já foram relatados, causando podridões no tronco do sisal: *Pythium aphanidermatum*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Aspergillus niger* (BOCK, 1965; LIMA et al., 1998; IKITOO; KHAYRALLAH, 2001; COUTINHO et al., 2006). Esses fungos são classificados como saprófitas ou parasitas fracos em função de serem dependentes de lesões de origem mecânica ou fisiológica e de condições ambientais adversas ao hospedeiro, para iniciarem o processo de infecção. No Brasil, *L. theobromae* (LIMA et al., 1998) e *A. niger* (COUTINHO et al., 2006) foram relatados, causando podridão no tronco do sisal.

A doença é caracterizada pelo escurecimento dos tecidos internos do tronco; as áreas afetadas variam da coloração cinza escuro a rosa pálido e se estendem da base das folhas à base do tronco da planta (LIMA et al., 1998; COUTINHO et al., 2006). Em plantas com estádios avançados da doença as folhas se tornam amareladas (Figura 10) e o tronco completamente apodrecido (Figura 11). Embora seja

fatal para a cultura, plantas de sisal infectadas pela doença podem sobreviver por algum tempo, em função de o apodrecimento resultante da colonização pelo(s) agente(s) etiológico(s) ocorrer de forma lenta (BOCK, 1965). A podridão do tronco afeta plantas de sisal em todos os estádios fenológicos, desde rebentos a plantas no final do ciclo.

Os fungos relatados até o momento como causadores de podridões no tronco de sisal, como já foi mencionado anteriormente, não penetram em tecidos não injuriados do hospedeiro (WALLACE;

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 10. Planta de sisal sadia (esquerda) e com sintomas da podridão do tronco (direita).

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 11. Tronco de sisal com sintomas da podridão-do-tronco.

DIEKMAHNS, 1952; LOCK, 1969; LIMA et al., 1998; COUTINHO et al., 2006), necessitando de lesões de origem mecânica ou fisiológica; portanto, ferimentos causados na base das folhas por ocasião do seu corte para o desfibramento e aqueles causados abaixo da superfície do solo por instrumentos utilizados para realização de tratamentos culturais - como capinas, desbaste de touceiras ou mesmo a retirada de filhotes (rebentos) da planta mãe para implantação de novos campos ou renovação de áreas - poderão constituir-se em importantes vias de penetração para esses patógenos, principalmente em plantas submetidas a algum tipo de estresse (hídrico e/ou nutricional).

Não existe tratamento curativo para a podridão do tronco do sisal, porém, algumas medidas preventivas podem ser implementadas no manejo da doença, como arrancar e queimar plantas com sintomas da doença, utilizar rebentos provenientes de campos saudáveis para implantação de novos campos e utilizar o resíduo do desfibramento como adubação orgânica para melhorar a fertilidade do solo.

Em ensaios realizados na estação da Embrapa Algodão no Município de Monteiro, PB, tem-se verificado que o Híbrido 11648 é menos susceptível à podridão do tronco do que o sisal comum (*Agave sisalana*).

5. Colheita

5.1. Corte das folhas

A primeira etapa do processo de colheita do sisal consiste no corte periódico de determinado número de folhas da planta, por meio de um instrumento adequado. Para *A. sisalana*, é possível realizar-se o primeiro corte aproximadamente aos 36 meses após a data de plantio, em lugar definitivo, podendo-se colher de 50 a 60 folhas, das quais 30 a 40% são curtas (as do baixeiro) e impróprias para a cordoaria; nas colheitas subsequentes, são retiradas cerca de 30 folhas. O ciclo da planta dura em média 8 a 10 anos. No Híbrido 11648, mais tardio, o tempo para se fazer o primeiro corte é, em média, 48 meses, quando podem ser colhidas cerca de 110 folhas/planta; nas colheitas subsequentes são retiradas de 50 a 70 folhas/planta e o ciclo dura entre 8 e 10 anos. O corte para ambos os materiais é realizado manualmente, com uma pequena foice ou faca bem afiada, rente ao tronco.

Em estudos realizados com *A. sisalana*, Medina (1951, 1954b), verificou que, quanto mais frequente e severo for o corte, maior será a longevidade das plantas; entretanto, essa operação afeta o crescimento das plantas e o conteúdo de fibra da folha. Portanto, em que pese o corte severo induzir maior longevidade, torna a planta inviável, econômica e comercialmente. Estas mesmas observações foram constatadas para o agave híbrido, em estudos realizados na Embrapa Algodão, no Campo Experimental de Monteiro (BEZERRA et al., 1991; VALE et al., 1992).

Em geral, na região Nordeste, a planta de sisal é submetida a um corte por ano, mas este intervalo (12 meses) nem sempre é observado, pois, dependendo da conjuntura de preços do mercado, o produtor pode protelar ou antecipar o corte e, quando o antecipa, geralmente procede a um corte drástico, incluindo folhas prematuras, o que afeta a qualidade da fibra. Em condições normais de colheita, a prática viável é deixarem-se entre 7 e 9 folhas para a *A. sisalana* e de 9 a 12 folhas para o Híbrido 11648.

As operações de corte, enfeixamento, transporte e desfibramento devem ser sincronizadas, de modo que as folhas cortadas sejam beneficiadas no mesmo dia, para evitar o murchamento, fato que dificulta o desfibramento, assim como a fermentação e a depreciação da fibra.

Por outro lado, deve-se ter o cuidado de se proceder ao corte da folha o mais próximo possível da roseta caulinar, para evitar a entrada de patógenos e a perda de fibras. Na Figura 12, é demonstrado o corte das folhas no sisal híbrido, com detalhes para o tipo de material utilizado e a altura em que deve ser procedida a retirada das folhas.

5.2. Transporte

O transporte das folhas cortadas para o local de desfibramento é um dos componentes importantes do custo de produção da cultura; assim, deve-se buscar sempre a menor distância a percorrer, de forma que as folhas cheguem com regularidade e em abundância, sempre no menor tempo possível.

No Nordeste, o transporte mais comum é feito por jumentos (Figura 13), com a utilização de cangalhas com cambitos (gancho tipo V, de madeira) em seu dorso, onde são colocadas as folhas. O animal pode

transportar aproximadamente 200 folhas por vez, as quais pesam em torno de 100 a 130 kg.

Um animal e um operário são suficientes para abastecer de folhas uma máquina Paraibana. O número de viagens do animal varia com a distância e, em média, são realizadas 40 a 60 viagens/dia, percorrendo entre 12 e 20 km. Quando a máquina desfibadora é automática, sua instalação é fixa, constituindo-se em uma usina de desfibramento e, neste caso, as folhas são reunidas em feixes de aproximadamente 50 unidades e transportadas em trator com reboque ou caminhão.

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 12. Detalhe do corte das folhas do sisal Híbrido 11648.

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 13. Transporte das folhas por um jumento.

6. Tratos Pós-colheita

6.1. Desfibramento

A principal operação pós-colheita é o desfibramento do sisal, processo pelo qual se elimina a polpa das fibras, mediante uma raspagem mecânica, o que torna esta prática complexa e de custo elevado. No Brasil, a extração da fibra era feita, de início, por meio de um instrumento simples, chamado farracho ou alicate, cujo processo, bastante rudimentar, baseava-se na raspagem da folha para a retirada da polpa ou da mucilagem que envolve a fibra, por meio de lâminas de ferro.

Depois, com o aumento da área plantada, desenvolveram-se rotores raspadores, de acionamento mecânico. Esta máquina, denominada "motor de agave" ou "máquina Paraibana" é, ainda hoje, a principal desfibadora dos campos de sisal (SILVA; BELTRÃO, 1999). Por sua simplicidade e rusticidade, a máquina Paraibana (Figura 14) tem baixa capacidade operacional (em torno de 150 a 200 kg de fibra seca em um turno de 10 horas/dia) e produz grande desperdício de fibras (em média 20 a 30% da fibra contida na folha) e, sobretudo, envolve um número elevado de pessoas para a sua operacionalização, aumentando os custos de produção (SILVA et al., 1993).

Além disso, pela sua rusticidade, a máquina Paraibana exige grande esforço do(s) puxador(es). O processo de desfibramento, na Bahia, é feito por uma única pessoa (puxador) e na Paraíba por duas pessoas, que trabalham em perfeita sintonia, da seguinte maneira: o primeiro operador segura a folha pela parte apical e a introduz na outra extremidade, aproximadamente 60% do seu comprimento, na

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 14. Máquina Paraibana desfibrando folhas de sisal em regiões produtoras do Estado da Paraíba.

boca de alimentação da máquina; em seguida, auxiliado pelo segundo operador, inverte a posição da folha e introduz a parte ainda não desfibrada, para completar a operação. Este procedimento, também é feito quando o desfibramento é realizado por um único puxador. Em operação normal desfibram-se, em média, 20 a 30 folhas por minuto, ou 1.200 a 1.800 folhas por hora ou, ainda, 550 a 820 kg de folhas/hora.

A fadiga, aliada à falta de segurança da máquina, expõe os operadores a constantes riscos de acidentes, o que constitui um dos principais problemas da máquina e da operação propriamente dita. Nas regiões produtoras de sisal existe um grande número de pessoas com mãos mutiladas pela máquina Paraibana; no entanto, é importante salientar que este equipamento - por ser um dos únicos disponíveis no mercado, ter baixo custo aquisitivo, ser de fácil manutenção, de concepção simples e rústica - tem grande aceitação por parte dos produtores, principalmente dos pequenos e médios ou por pessoas que prestam serviços neste segmento. Desde o aparecimento da máquina Paraibana, poucas modificações lhe foram introduzidas com o propósito de melhorar sua capacidade produtiva e reduzir os riscos de acidente.

Por iniciativa dos próprios operadores, para evitar acidentes no desfibramento da folha, algumas máquinas Paraibanas são dotadas de uma caixa protetora do rotor (capuz) com a boca mais prolongada ou coloca-se um pedaço de madeira (cepo) na boca da máquina para impedir que a mão do operador se aproxime do rotor desfibrador e, assim, evitar acidentes (Figura 15).

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 15. Detalhe da madeira ou cepo colocada próximo ao rotor.

No Município de Nova Floresta, na Paraíba, o mecânico José Faustino idealizou uma máquina automática de desfibramento, que pode ser itinerante ou fixa, com mecânica baseada no princípio das máquinas Corona, de fabricação alemã. O primeiro protótipo (Figura 16) foi confeccionado com o apoio da Embrapa Algodão e da Brasil Cordas S.A. (BRASCORDA) e foi bastante promissor. Hoje, esta máquina encontra-se instalada em algumas fazendas da Paraíba e da Bahia. Basicamente, consta de: chassi, sistema de alimentação e de transporte das folhas para o desfibramento, rotores raspadores com côncavo, sistema de recepção da fibra e resíduos e de motor de acionamento.

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 16. Protótipo Nova Floresta para o desfibramento do sisal.

A operação consiste na colocação adequada das folhas sobre a mesa alimentadora, as quais, a partir daí, são conduzidas, por meio de cordas de sisal, para o primeiro rotor, que desfibra a parte basal da folha (40%); em seguida, as folhas continuam a trajetória, em direção ao segundo rotor, a fim de completar o desfibramento. A fibra que está sobre a corda é conduzida para a recepção e a máquina pode ser acionada por um trator de média potência ou por dois motores, elétricos ou a diesel, de potência média de 10 cv (SILVA et al., 1993).

Em testes realizados em 1988 (Tabelas 5 e 6), observou-se que a capacidade operacional do protótipo era equivalente a três máquinas Paraibana, com melhor aproveitamento de fibra e menores custos.

6.2. Lavagem e secagem da fibra

Após o término da jornada diária do desfibramento, a fibra obtida é transportada em padiola ou no dorso de jumentos, para tanques com água limpa, onde deverá ser imersa durante a noite (8 a 12 horas)

Tabela 5. Quantidade de fibra úmida e seca obtida pela máquina Paraibana e o protótipo Nova Floresta, durante o tempo de 15 minutos de operação. Cuité, 1988.

Máquina	Variáveis ¹		
	Peso de fibra úmida (kg)	Peso de fibra seca (kg)	Fibra seca/fibra úmida (%)
Nova Floresta	66,2a	33,4a	50a
Paraibana	22,2b	10,4b	46b
CV (%)	9,4	8,8	2,7
F	674,4	852,6	17,6

¹Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, segundo o teste F.

Tabela 6. Resultados de fibra de sisal obtida pelo desfibramento com a máquina Paraibana e o protótipo Nova Floresta, em amostra de 40 kg de folhas. Cuité, PB. 1988.

Máquina	Variáveis ¹			
	Peso da fibra úmida (g)	Peso da fibra seca (g)	Fibra seca/fibra úmida (%)	Perdas de fibra (%)
Nova Floresta	4665b	2195a	47,1a	18,4b
Paraibana	5247a	2215a	42,1b	24,8a
CV(%)	8,1	7,4	2,7	12,4
F	10,6	0,1	33,3	8,1

¹Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, segundo o teste F.

para a limpeza, que consiste no desprendimento dos resíduos da mucilagem péctica e da seiva clorofílica, agregados à fibra. Ao amanhecer, as fibras deverão ser secas, expondo-as ao sol, durante 8 a 10 horas. Se este período for ultrapassado, os raios solares poderão produzir amarelecimento, depreciando o produto.

O local de secagem poderá ser uma área onde as fibras não absorvam impurezas, como em varais ou estaleiros tipo triângulo ou estrado, ambos feitos com fio de arame galvanizado (Figura 17), ou em área cimentada devidamente limpa. Recomenda-se, para melhor secagem, revirar as fibras uma ou duas vezes e, a seguir, arrumá-las em pequenas manocas (pequenos feixes) amarradas pela parte mais espessa e conduzi-las ao depósito para serem armazenadas sem serem dobradas.

Não se aconselha a utilização de água salobra para a lavagem da fibra do sisal, em virtude da sua alta higroscopicidade e da mobilização da vida bacteriana, que poderão afetar a qualidade da fibra depois de seca.

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 17. Fibra estendida no estaleiro de arame para secagem.

6.3. Limpeza da fibra

No Nordeste, grande parte dos produtores de sisal comercializa seu produto na forma bruta, sem realizar qualquer processo de melhoria da fibra, como o batimento ou o penteamento. Essas operações removem o pó e o tecido parenquimatoso aderente aos feixes fibrosos, além de remover as fibras de pequeno comprimento, resultando em um produto limpo, brilhoso, macio e valorizado.

As batedeiras são máquinas de concepção semelhante à das desfibradoras e dotadas de um tambor rotativo de aproximadamente 0,60 m de diâmetro e de seis lâminas planas de 5 cm de largura, protegidas por uma capa metálica, que gira no sentido inverso ao das desfibradoras. A velocidade de giro do tambor está em torno de 200 rpm.

Para realizar o batimento da fibra, um operador segura na extremidade mais espessa da manoca e a introduz na máquina para proceder à limpeza, através do batimento das lâminas sobre as fibras, numa extensão de 70% do comprimento; a seguir, inverte a posição para completar a limpeza da outra extremidade, operação em que geralmente se perde entre 8 e 10% do peso original da fibra, pela eliminação dos resíduos parenquimatosos, em forma de pó e fibras curtas.

O pó pode ser aproveitado como adubo orgânico e até mesmo em misturas para ração animal; a bucha pode ser utilizada para a produção de celulose, estofados e como componente de polímeros para uso doméstico ou na indústria automobilística.

É aconselhável que a manoca não seja muito espessa, para tornar o escovamento mais eficiente. Uma fibra escovada deve apresentar-se sem ondas, sem espirais torcidos, bem penteada, sem entrelaçamento e, acima de tudo, isenta de partículas de polpa, uma vez que este material é higroscópico e poderá absorver umidade do ar, o que pode expor as fibras à fermentação e à ação bacteriológica.

Existem batedeiras automáticas que não necessitam da intervenção de uma pessoa para limpeza da fibra; trata-se de máquinas de alta capacidade de trabalho e bastante eficientes na operação de escovamento.

Quando se trata de pequeno produtor, a operação de batimento não é realizada, sendo a fibra comercializada na forma bruta; entretanto, existem, hoje, algumas associações de produtores de sisal que adotam batedeiras comunitárias, para obter um produto de melhor qualidade e para agregar valor a este produto. A diferença do valor entre a fibra comercializada bruta e a batida, varia de 15% a 20%.

6.4. Seleção e classificação da fibra

Após o batimento, as fibras são selecionadas de acordo com os padrões de classificação vigentes no país produtor. No Brasil, com o objetivo de padronizar a comercialização, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento aprovou portarias (Brasil 1987; 1989) que identificam e qualificam a fibra do sisal, fundamentando-se nos seguintes critérios:

6.4.1. Classe

Segundo o comprimento, medido em centímetros, entre as partes extremas da amostra, a fibra de sisal é classificada em quatro classes, não se admitindo sua mistura:

- Extra-Longo (EL): fibra de comprimento acima de 1,10 m (um metro e dez centímetros).
- Longa (L): fibra de comprimento acima de 0,90 m (noventa centímetros) até 1,10 m (um metro e dez centímetros).
- Média (M): fibra de comprimento acima de 0,70 m (setenta centímetros) até 0,90 m (noventa centímetros).
- Curta: fibra de comprimento de 0,60 m (sessenta centímetros) até 0,70 m (setenta centímetros).

6.4.2. Tipo

Com relação à qualidade, a fibra de sisal é classificada em quatro tipos, caracterizados pelas especificações abaixo:

- **Tipo superior:** material constituído de fibras lavadas, secas e bem batidas ou escovadas, de coloração creme claro, em ótimo estado de maturação, macias, brilhosas e resistentes, teor de umidade máxima de 13,5% (treze e meio por cento), bem soltas e desembaraçadas, isentas de manchas e impurezas, de substâncias pécticas, de entrançamentos, nós, fragmentos de folhas e cascas e de quaisquer outros defeitos.

- **Tipo 1:** material constituído de fibras secas e bem batidas ou escovadas, de coloração creme claro ou amarelada, em ótimo estado de maturação, com maciez, brilho e resistência normais, manchas com pequena variação em relação à cor, umidade máxima de 13,5% (treze e meio por cento) soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, substâncias pécticas, entrançamentos e nós, fragmento de folhas e cascas e de quaisquer outros defeitos.

- **Tipo 2:** Material composto de fibras secas e bem batidas ou escovadas, de coloração amarelada ou pardacenta, com pequenas extensões esverdeadas, em bom estado de maturação, brilho e resistência normais, ligeiramente ásperas, umidade máxima de 13,5% (treze e meio por cento) soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, entrançamentos, nós e cascas.

Tolerância: defeitos de beneficiamento e maceração, constituído por algumas fibras emaranhadas de pouca extensão e profundidade, esparsas concentrações de substâncias pécticas e manchas com acentuada variação em relação à cor.

- **Tipo 3:** material formado de fibras secas, bem batidas ou escovadas, de coloração amarelada, com parte de tonalidade esverdeada, pardacenta ou avermelhada, em bom estado de maturação, com brilho e resistência normais, ásperas, manchas com variação bem acentuada em relação à cor, umidade máxima de 13,5% (treze e meio por cento) soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, entrançamentos, nós e cascas.

Tolerância: Defeitos de beneficiamento e maceração constituídos por algumas fibras emaranhadas, de pouca extensão e profundidade,

maiores concentrações de substâncias pécnicas, manchas com variação bem acentuada em relação à cor.

- **Refugo:** são as fibras de sisal com menos de 0,60 m (sessenta centímetros) ou cujas características não se enquadrem nos tipos descrito anteriormente.

6.5. Enfardamento

Depois de escovada e classificada, a fibra deve ser conduzida para o enfardamento, operação de acondicionamento para o seu transporte até a indústria. Atualmente, no Brasil poucos produtores dispõem de prensas para enfardar a fibra e quase sempre o enfardamento é feito pelo beneficiador do sisal, que pode utilizar prensas hidráulicas, compostas basicamente de um caixão para o recebimento da matéria prima, cilindro para prensagem da fibra, motor elétrico com depósito de óleo, conexões e válvulas de comando para o acionamento do cilindro de prensagem.

Há prensas de um caixão de ferro do tipo fixo ou de dois caixões móveis ou giratórios. A de caixão fixo é aquela em que o enfardamento é feito fardo a fardo e o fardo produzido é geralmente de baixa densidade; a prensa com dois caixões móveis ou giratórios apresenta grande rendimento operacional, uma vez que, enquanto se prensa a fibra em um caixão, o outro está sendo abastecido para se proceder à prensagem. Esse tipo de prensa é indicado para grandes produtores ou beneficiadores e a densidade depende da capacidade do motor de acionamento do cilindro. As dimensões médias de cada caixão estão na faixa de 150 x 50 x 70 cm, produzindo fardos que variam entre 120 e 200 kg.

Segundo Medina (1954a) e Lock (1969) a operação de abastecimento dos caixões deve ser de maneira cuidadosa, ou seja, os manojos da fibra devem ser arrumados em toda a sua extensão, para evitar danos à fibra por ocasião da prensagem e, por conseguinte, produzir fardos com boa aparência e uniformes. A amarração do fardo é feita, em geral, com fio de arame ou corda de sisal, dando-se de 5 a 8 voltas, de forma paralela; cada fardo terá que ser identificado através de etiqueta ou outro processo equivalente, indicando a classificação, empresa de origem, local e data de produção.

A portaria nº 071, de 16 de março de 1983 (BRASIL, 1989) normaliza a embalagem ou

enfardamento da fibra de sisal beneficiada, observando as seguintes especificações:

- As fibras devem ser postas na prensa e adequadamente estiradas, em curvas suaves, nos cantos da caixa.
- O fardo deve ser amarrado com corda de sisal, arame ou cinta metálica; deve ser aplicada no fardo, por baixo do material de amarração e no ato do enfardamento, uma faixa de tecido de algodão ou polipropileno de dimensão e textura apropriadas para receber a marcação.
- O fardo deve apresentar dimensões, forma e densidade condizentes com os equipamentos utilizados para a sua prensagem e que atendam às exigências oficiais para transporte e armazenagem do produto e a embalagem deve garantir a inviolabilidade do produto.

6.5.1. Marcação do fardo

A marcação do fardo deve ser feita sobre a faixa de tecido com caracteres perfeitamente legíveis e de fácil visualização.

O fardo deverá conter as seguintes indicações:

- Produto
- Safra
- Lote
- Número do fardo
- Nome da prensa (marca comercial)
- Classe
- Tipo
- Peso bruto
- Local de prensagem (cidade e unidade federativa)
- Data da prensagem

6.6. Amostragem da fibra

A retirada de amostras deverá ser procedida no mínimo em 10% (dez por cento) dos fardos de cada lote, escolhidos inteiramente ao acaso, de forma que se possa garantir a sua perfeita representatividade.

6.7. Armazenamento

O armazenamento é uma operação fácil, desde que se observem os seguintes pontos:

- Os locais destinados à armazenagem da fibra de sisal deverão oferecer plena segurança, principalmente contra sinistros, dispor de condições técnicas imprescindíveis à conservação

da qualidade comercial do produto e à fiscalização, além de atender às especificações da legislação vigente; a fibra deve conter no máximo 13,5% de umidade e ser armazenada em fardos prensados, obedecendo às especificações e à classificação do tipo de fibra.

- Os fardos deverão ser colocados em pilhas cruzadas, em número de 2, em cada lado do corredor central do armazém; a altura da pilha deverá ter no máximo 2,4 m, de modo a facilitar a ventilação dos fardos.
- O armazém deverá oferecer segurança contra incêndio, ter boa aeração e ter número suficiente de portas para o escoamento do produto armazenado.
- Deverá ser rigorosamente proibido fumar nos armazéns e, por medida de precaução, os mesmos deverão contar com extintores de incêndio.

6.8. Transporte

Os meios de transporte da fibra de sisal deverão oferecer plena segurança, principalmente contra sinistros, dispor de condições técnicas imprescindíveis à conservação da qualidade comercial do produto e à fiscalização, além de atender às especificações da legislação vigente.

Os lotes de sisal beneficiado serão obrigatoriamente, formados de fardos da mesma classe e totalmente identificados.

7. Renovação do Campo de Sisal

De modo geral, uma planta de sisal poderá produzir durante 10 a 12 anos; entretanto, existem campos produtivos com mais de 20 anos e, neste caso, o agricultor renova o campo naturalmente, ou seja, da planta que apresentar declínio na produção seleciona-se um rebento vigoroso e que se localize na fileira das plantas, deixando-o, com vistas à substituição da planta mãe, após o seu período produtivo; entretanto, e de maneira geral, aconselha-se a erradicação total do campo quando este se tornar improdutivo, ou seja, quando 70% das plantas emitirem pendão floral.

Nesta circunstância, sugere-se o corte total das folhas até a vela para, posteriormente, proceder à erradicação do sisal através de um trator de esteira ou trator de pneus equipados com lâmina frontal. Também uma outra forma econômica para se realizar o arranquio é através do conjunto trator e arado, desde que se retire o disco da frente do arado e se conduza o trator sob a linha do sisal, sendo o amontoamento realizado de forma manual.

8. Aproveitamento da Fibra

Das folhas do sisal, aproveitam-se 3 a 5% do seu peso em fibras, enquanto o restante constitui os chamados resíduos do desfibramento que representam, em média, 15% de mucilagem ou polpa (constituído pela cutícula e por tecido pallsídico e parenquimatoso), 1% de bucha (fibras curtas) e 81% de suco - seiva clorofilada (HARRISON, 1984).

A fibra é industrializada e convertida em corda, barbante, tapetes, sacos, bolsas, chapéus, vassouras e também em artesanato; além disso, tem utilização industrial na fabricação de pasta celulósica, que dará origem ao papel *Kraft*, de alta resistência, e a outros tipos de papel fino, cigarros, filtros, papéis dielétricos, absorventes higiênicos, fraldas etc., e ainda na indústria de plástico reforçado (SILVA; BELTRÃO, 1999). Porém, a principal utilização da fibra do sisal é na fabricação de fios agrícolas (*twines*), que são fios torcidos, elaborados a partir de fibras de sisal paralelizadas e individuais que, necessariamente, terão uniformidade de peso por comprimento e serão tratadas contra roedores, mofo e putrefação (SOUZA et al., 1998).

O *baler twine* é o principal fio agrícola para exportação, feito de fio torcido, elaborado a partir de fibras de sisal paralelizadas que, necessariamente, devem ter uniformidade de comprimento para regularidade do seu diâmetro e melhor resistência (Figura 18); é utilizado para a amarração de fardos de feno de cereais (alfafa, palhada de aveia, trigo, centeio etc.) nos Estados Unidos da América, Canadá e Europa (WRIGHT, 1985) e, mais recentemente, no Brasil.

Existem inúmeros tipos de fios agrícolas diferenciados pelo seu "título", que é a relação

metro/quilo; os fios mais utilizados têm "títulos" de 155 m/kg, 200 m/kg e 270 m/kg, ou seja, quanto maior é o "título", mais fino é o fio e, portanto, maior comprimento terá a bobina, que tem tamanho padronizado para ser utilizada em máquinas enfardadeiras, as quais realizam os trabalhos de colheita do feno, prensagem e amarração de forma automática.

Foto: Orozimbo Silveira Carvalho



Fig. 18. Detalhe do *baler twine*.

8.1. Produção do fio (*baler twine*)

Na primeira etapa da industrialização do *baler twine* utilizam-se dois tipos de máquina: as "espalhadeiras" ou máquinas *Goods* e as "penteadeiras" ou "passadeiras" (WRIGHT, 1985). O processo inicia-se nas máquinas *Goods*, em número de quatro, e tem a finalidade de pentear, estirar e arrumar as fibras por meio de esteiras dotadas de agulhas, formando mechas com fibras paralelizadas, arrumadas em forma de rolo padronizado e regular, medindo aproximadamente 150 m de comprimento e peso ao redor de 90 kg.

Os rolos alimentam as "passadeiras", em número de quatro, e têm a função de promover a "estiragem" das fibras, através de engrenagens, tornando as mechas da fibra ainda mais padronizadas e regulares. Nessas máquinas são produzidos tambores individuais com peso de 40 kg e mechas bem

regulares e prontas para alimentar a segunda etapa do processo, que é o de fiação.

As "fiadeiras" são máquinas compostas por gaiola de alimentação, camada de agulhas, cilindro *draft* (estiragem e torção), conjunto de fusos e seção de bancadas. O tamanho de cada "fiadeira" é determinado pelo seu conjunto de fusos, sendo a de 24 fusos a mais usual para produzir o *baler twine*. A camada de agulhas, composta de barretas com três séries de agulhas, tem a função de puxar as mechas e enviá-las ao cilindro de *draft* que, além de estirá-las, torce as mechas, produzindo o fio. É regulado por meio de engrenagens, selecionadas em função do título do fio (155, 200 ou 270 m/kg) ou seja, de acordo com a gramatura (diâmetro) pré-estabelecida (Figura 19).

Na seção de bancadas localizam-se os carretéis, que recebem os fios do cilindro *draft* e os conduz às "bobinadeiras", que são máquinas destinadas ao enrolamento dos fios em forma de bobinas; a seguir, as bobinas de fio são envolvidas numa cinta de papel tipo *Kraft*, que as protege contra todo tipo de sujeira, estando prontas para o processo de embalagem (Figura 19).

Foto: Odilon Remy Ribeiro Ferreira da Silva



Fig. 19. Vista de uma "fiadeira" em produção do *baler twine*.

Para a embalagem, sempre se utiliza um saco de papel composto de várias camadas para proteção e especificação do produto.

Toda a fabricação de fios destinados ao uso agrícola (*baler twine*) obedece a padrões internacionais, que determinam rígido controle de torção, diâmetro e grau de oleosidade. Normalmente, o *baler twine* tem classificação em quatro níveis de diâmetro e

comprimento, internacionalmente diferenciado pelo número de pés por metro; tem-se o fio com 7.200 pés, o de 9.000 pés, o de 10.000 pés e o de 16.000 pés. O cliente escolhe cada um em função do tipo de equipamento de que dispõe para o enfardamento e do tipo de enfardamento que vai fazer para o feno. Fardos quadrados normalmente na presangem recebem maior pressão e exigem fios mais grossos; os fardos redondos recebem menor pressão e podem ser amarrados com fio mais fino, como o de 16.000 pés; desta série de fios, os que mais se destacam são o de 9.000 e o de 16.000 pés.

8.2. Cordoalha

O setor de cordoalha inclui fios, barbantes, cordéis para embalagem e todos os tipos de corda utilizados na agricultura, na pecuária, na indústria e no comércio; no entanto, sabe-se que cerca de 2/3 do uso da fibra de sisal se destinam à produção de *baler twine*. Outros produtos oriundos da fibra do sisal merecem referência, como: barbante singelo, também chamado fio comercial ou não oleado, que difere do *baler twine* no "título" (em geral mais finos) e na composição da emulsão que lhe é aplicada; cordéis, assim conhecidos por serem formados por dois ou três fios (não oleados) retorcidos e cordas, fabricadas tanto com fios oleados (*baler twine*) como com fios secos (sem óleo), têm diâmetro que varia conforme a aplicação desejada pelo cliente.

Para a fabricação de cordas calibradas, os fios precisam ter melhor acabamento, eliminando-se os "pelos" (fibrilas que se destacam ao longo do corpo do fio) utilizando-se, para isto, máquinas "barbeadeiras" que contêm lâminas com grande poder de corte, deixando o fio com máxima regularidade. Esse tipo de corda destina-se às indústrias e aos fabricantes de cabo de aço, que as utilizam como "alma", ou seja, entram no centro do cabo de aço, principalmente dos cabos destinados a usos especiais, como os de elevadores.

A corda calibrada de sisal, por ser de fibra natural, permite melhores condições de trabalho para o cabo de aço, no que diz respeito à sua lubrificação interna, vez que no processo de produção dos cabos de aço aplicam-se, sobre a corda, produtos lubrificantes.

Antigamente, também se utilizava o sisal para fabricação de cabos para uso marítimo. Esses cabos recebiam tratamento à base de alcatrão e outros agentes químicos para proteção contra o desgaste pela água salgada do mar, que possibilitava sua utilização na amarração de navios nos portos. Atualmente, com o surgimento das fibras químicas e petroquímicas, como a poliamida (nylon), o polipropileno, o poliéster e o polysteel, o sisal perdeu esse tipo de utilização porque sua durabilidade e resistência são bem inferiores às dos sintéticos.

Além do setor de cordoalha, ainda existem outros campos de aplicação para o sisal, como:

- **Papel:** as "buchas" de sisal são utilizadas na manufatura de papel *Kraft*, que oferece tenacidade especial e grande resistência, apesar de, atualmente, esse tipo de utilização estar tornando-se inviável, uma vez que a celulose de madeira tem menores custos de produção. Também se utiliza sisal na fabricação de papéis finos para embalagem de cigarros, filtros especiais e absorventes (SILVA; BELTRÃO, 1999).
- **Construção Civil:** "buchas" de sisal também são utilizadas neste setor, para polimento de revestimentos cerâmicos e na composição de "massas" para a fabricação de forros de gesso. No campo da construção civil, o sisal poderá, ainda, ter espaço para outras aplicações, como na construção de casas residenciais, com o objetivo de oferecer maior resistência aos compósitos, além de substituição do amianto na composição de telhas para cobertura de imóveis industriais ou residenciais, cujos estudos estão sendo realizados na Universidade Federal da Paraíba, Campus II, em Campina Grande, PB (SILVA; BELTRÃO, 1999).
- **Tapete:** artefato de crescimento significativo, principalmente na Europa, nos Estados Unidos da América do Norte e no Brasil. Os tapetes de sisal deixaram de ser instalados apenas em ambientes rústicos e, estão, hoje, decorando escritórios de grandes e modernas empresas. Para a sua fabricação são necessários fios muito finos (de 800 a 1.000 m/kg) e de qualidade, o que só será possível se houver fibras de comprimento longo (em torno de 1,10 m) e de alto grau de limpeza. Apesar de ser um setor em crescimento, a quantidade de sisal utilizada na fabricação de tapetes ainda é pequena, comparada com a

quantidade que normalmente se utiliza na indústria de fios agrícolas (SILVA; BELTRÃO, 1999).

- **Sacaria:** alguns países, como a Venezuela e, durante algum tempo, o México, fabricavam sacos com fibras de sisal, talvez por não disporem de juta, fibra de qualidade muito superior para esse tipo de utilização. No Brasil, a preferência sempre foi pela juta para os chamados sacos de aniagem, principalmente para armazenamento de café. Não se tem notícias, portanto, de que tenha havido desenvolvimento da indústria de sacaria com fibras de sisal. Hoje, o grande volume de sacaria fabricada no Brasil (e no mundo) é de ráfia de polipropileno, ou seja, de fibras sintéticas (SILVA; BELTRÃO, 1999).
- **Artesanato:** fibra de sisal, fios, cordéis e cordas, são utilizadas na fabricação de vários tipos de artesanato, entre os quais bolsas, cadeiras de balanço, escovas, objetos de adorno e decoração em geral.

9. Resíduos do Desfibramento

9.1. Aproveitamento dos resíduos do desfibramento

No Nordeste brasileiro, é comum bovinos, ovinos e caprinos alimentarem-se dos resíduos frescos do desfibramento (Figura 20); entretanto, esse alimento, quando utilizado *in natura*, pode ocasionar problemas aos animais, pela presença de grande quantidade de fibra (bucha) e suco (seiva). A ingestão desses resíduos poderá ocasionar a oclusão do rúmen do animal em função da sua não degradação pela flora bacteriana, causando timpanismo (FIGUEIREDO, 1974; PAIVA et al., 1986).

A separação da bucha da mucilagem poderá ser realizada por meio de um equipamento de concepção simples e de baixo custo, denominado peneira ou gaiola rotativa, desenvolvido na Embrapa Algodão. O equipamento deverá ser instalado próximo à máquina desfibradora para aproveitar todo o resíduo produzido no processo de desfibramento (Figura 21).

A mucilagem contém altas concentrações de cinza e cálcio e baixos teores de proteína bruta e fósforo. Para viabilizar uma ração equilibrada é conveniente a adição de elementos ausentes como, por exemplo, o nitrogênio, por meio da uréia pecuária, que pode

Foto: Wirton Macedo Coutinho



Fig. 20. Animais se alimentando espontaneamente de resíduos do desfibramento.

Foto: Wirton Macedo Coutinho



Fig.21. Peneira rotativa utilizada para separar a bucha da mucilagem do sisal.

elevar os níveis de proteína bruta, melhorando a conversão do nitrogênio não protéico (NNP) em proteína, pela microbiota do rúmen (SAID, 1970; FIGUEIREDO, 1974; LAKSESVELA; GOHL, 1975 PAIVA et al., 1986).

A mucilagem de sisal pode ser utilizada na alimentação animal *in natura*, na forma de feno ou silagem. O processo de fenação e a ensilagem da mucilagem de sisal são descritos a seguir:

Fenação: A mucilagem peneirada deverá ser exposta ao sol em área cimentada ou chão batido limpo, em camadas finas e uniformes de 5 cm a 7 cm de espessura durante dois a três dias, até alcançar teor de umidade entre 15 e 20% (Figura 22); recomenda-se fazer, durante o dia, o revolvimento da massa para uniformizar a secagem e, ao final deste, amontoar e cobrir a massa com lona plástica para evitar a umidade noturna.

Ensilagem: A mucilagem pós-desfibramento contém entre 80 e 85% de umidade e, para ser ensilada adequadamente, esta umidade deverá ser reduzida para 30%, através da exposição ao sol, em procedimento semelhante ao descrito para fenação, devendo ser armazenada na forma de monte sobre o solo coberto com lona ou em silos do tipo trincheira ou, ainda, em sacos plásticos. Para todos esses métodos é necessário que se faça a compressão do material, visando à expulsão do ar contido na massa ensilada.

Foto: Wirtton Macedo Coutinho



Fig. 22. Mucilagem peneirada e posta para secar ao sol.

A mucilagem fenada ou ensilada deve ser oferecida aos animais misturada a uma fonte de nitrogênio, como a uréia pecuária e a uma fonte de enxofre, que pode ser sulfato de cálcio ou sulfato de amônio; se a fonte de enxofre escolhida for o sulfato de cálcio (gesso agrícola), deverá ser utilizada uma parte para quatro partes de uréia pecuária; se for sulfato de amônio, deverá ser adicionada uma parte para nove partes de uréia pecuária. A uréia pecuária e a fonte de enxofre escolhida devem ser bem misturadas com o auxílio de uma pá ou enxada e o composto resultante guardado em local seco, fora do alcance dos animais.

O composto uréia pecuária e fonte de enxofre deve ser diluído em água e adicionado à mucilagem fenada, uniformemente, iniciando-se com 0,5%, nos três primeiros dias, aumentando-se para 1,0% nos três dias subseqüentes, até atingir 2,0%, a partir do nono dia (período de rotina).

Além desta mistura, recomenda-se que a mucilagem seja associada a outros alimentos, protéicos ou não protéicos, a fim de tornar a ração mais equilibrada e

melhorar a sua palatabilidade. Dentre os alimentos utilizados destacam-se a torta de algodão, o farelo de trigo, o milho moído, a leucena, o capim buffel e a palma forrageira, entre outros (SILVA et. al., 1998).

10. Conclusões

Neste trabalho são apresentados, de forma clara, aspectos botânicos da planta de sisal, bem como as principais tecnologias para a correta instalação, condução, colheita e renovação de sisalais. São abordados, também, aspectos sobre o beneficiamento de fibras e sugestões para o aproveitamento dos resíduos oriundos do desfibramento de sisal. O uso correto das tecnologias apresentadas, contribuirá para que o produtor de sisal maximize lucros e obtenha maior sustentabilidade econômica.

11. Referências Bibliográficas

- ALVES, M.O.; SANTIAGO, E.S.; LIMA, A.R.M. **Diagnóstico socioeconômico da região nordestina produtora de sisal** (versão preliminar). Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 75 p.
- BANDEIRA, D.A.; SILVA, O.R.R.F. Aproveitamento de resíduos. In: ANDRADE, W. (org.). **O sisal no Brasil**. Salvador: SINDIFIBRAS; Brasília, DF. Apex, 2006. cap.5, p.56-61.
- BEZERRA, J.E.S.; SILVA, O.R.R.F. da; CARVALHO, O.S.; SANTOS, J.W. dos; ALVES, I. Estudo da severidade de corte das folhas do sisal híbrido 11648 cultivado na Paraíba. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB) **Relatório técnico anual 1987-1989**. Campina Grande, 1991. p.593-595.
- BOCK, K.R. Diseases of sisal. **World Crops**, v.17, n.1, p.64-67, 1965.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Especificações para padronização, classificação e comercialização interna do sisal bruto**. Brasília, 1987. 7p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normas de identidade, qualidade, apresentação e embalagem da fibra beneficiada de sisal ou agave e seus resíduos de valor econômico**. Brasília, 1989. 15p.
- CONAB. **Produtos regionais: preços mínimos 1995/96**. Brasília, 1996. p.50.

- COUTINHO, W.M.; SUASSUNA, N.D.; LUZ, C.M. da; SUINAGA, F.A.; SILVA, O.R.R.F. da. Bole rot of sisal caused by *Aspergillus niger* in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. p. p.605, 2006.
- DOOP, J.E.A. The utilization of sisal waste in Java and Sumatra. Part. V. **East African Agricultural Journal**, v.5, p.312-320, 1940.
- FAO, Roma. **Sisal and henequem**: summary note on developments in 1995 and 1996. Roma, 1996. Não Paginado.
- FIGUEIREDO, K.J.C. **Estudo experimental da toxicidade do resíduo do sisal (*Agave sisalana*, Perrine) para bovinos**. Belo Horizonte: UFMG, 1974. 40p. Tese Mestrado.
- GOHL, B. **Feasibility study on the use of sisal waste as feed for cattle**. Roma: FAO, 1975. 12p.
- HARTEMINK, A.E. Input and output of major nutrients under monocropping sisal in Tanzania. London, **Land Degradation & Development**, v.8, p.305-310, 1997.
- HARTEMINK, A.E. **Soil fertility decline in the tropics: with case studies on plantations**. Cambridge, 2002. 360p.
- IKITOO, E.C., KHAYRALLAH, W.A. **Sisal**: Past research results and present production practices in East Africa - present status, problems, opportunities and future prospects. Vienna: United Nations Industrial Development Organization, Common Fund for Commodities, 2001 (Technical Paper no. 8).
- LAKSESVELA, B.; SAID, A.N. Experiments on the nutritive value of sisal waste. **Kenya Sisal Board Bulletin**. Feb., p.13-18, 1970.
- LIMA, E.F.; MOREIRA, J. de A.N.; BATISTA, F.A.S.; SILVA, O.R.R.F.da; FARIAS, F.J.C.; ARAÚJO, A.E. Podridão vermelha do tronco do sisal (*Agave sisalana* Perr.) causada por *Botryodiplodia theobromae* Pat. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.2, n.2, p.109-112, 1998.
- LOCK, G.W. **Sisal**. London: Longman, 1969. 365p.
- MALAVOLTA, E. Sisal (*Agave sisalana* Perr.). In: **International Fertilizer Industry Association (IFA) World Fertilizer Use Manual**. Paris, 1996. s/p. Disponível em: <http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/sisal.htm>
- MEDINA, J.C. Efeito da freqüência e severidade de corte das folhas sobre a duração de vida do sisal. **Bragantia**, Campinas, v.11, p. 19-22, 1951.
- MEDINA, J.C. Freqüência e severidade de corte das folhas de sisal. **Bragantia**, v.13, n.3, p.27-53, 1954b.
- MEDINA, J.C. Multiplicação do sisal (*Agave sisalana* Perrine) por bulbilhos e rebentões e métodos de preparo e plantio das mudas. **Bragantia**, v.22, n.45, p.559-74, 1963.
- MEDINA, J.C. **O sisal**. São Paulo: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1954a. 286p.
- OSBORNE, J.F.; SINGH, D.P. Sisal and other long fiber agaves. In: FEHR, W.R.; HADLEY, H.H. **Hybridization of crop plants**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p.565-575, cap.40.
- PAIVA, J.A. de J.; VALE, O.E. do; MOREIRA, W.M.; SAMPAIO, A.O. **Utilização do resíduo do desfibramento do sisal (*Agave sisalana*, Perrine) na alimentação de novilhos**. Salvador: EPABA, 1986. p.27. (EPABA. Boletim de Pesquisa,5).
- SANCHES POTES, A.; KIRCHNGR SALINAS, F.R.; LOPEZ GONSÁLEZ, E.; PAULIN TORRES, N.; USAMI OLMOS, C. Manuales para educación agropecuária: **cultivos de fibras**. México: Trillas, 1991. 84p.
- SANTOS, D'A.J. Produção e consumo. In: ANDRADE, W. (org.). **O sisal no Brasil**. Salvador: SINDIFIBRAS; Brasília, DF. Apex, 2006. cap.4, p.45-55.
- SERRA, A.R. de M.; SILVA, S.F. da. **Cultura do sisal**. Rio de Janeiro: SIA, 1952. 64p.
- SILVA, O.R.R.F. da; CARVALHO, O.S.; ALVES, I.; VALLE, L.V. Evaluación de un prototipo descortizador de hojas de sisal. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE MECANIZACIÓN AGRARIA, 25., 1993, Zaragoza. **Ponencias comunicaciones**. p.269-176.
- SILVA, O.R.R.F. da; BELTRÃO, N.E. de M. org. **Agronegócio do sisal no Brasil**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPA, 1999. 205p.
- SILVA, O.R.R.F. da; CARVALHO, O.S.; MOREIRA, J. de A.N.; BANDEIRA, D.A.; COSTA, L.B. da; ALVES, I. **Peneira rotativa CNPA, uma alternativa para o aproveitamento da mucilagem na alimentação**

animal. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1998. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 27).

SOUZA R.B.; SOUZA, A.A.; SILVA, O.R.R.F. da; SILVEIRA, C.O. Uso da fibra do sisal para confecção de fios e cordas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB)

Agronegócio do sisal no Brasil. Campina Grande, 1998. p.145-160

SOUZA SOBRINHO, J. de; SILVA, D.D. da; SILVA, F. de A.S. **Estudo sobre competição das variedades híbrido 11.648 e *Agave sisalana* na zona fisiográfica tabuleiro.** Salvador: Campanhia de Celulose da Bahia, 1985. p. irr.

VALE, L.V.; MOREIRA, J. de A.N.; SANTOS, J.W. dos; ALVES, I. Estudo da severidade de corte das folhas do sisal híbrido 11648 cultivado na Paraíba. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB) **Relatório técnico anual 1990-1991.** Campina Grande, 1992. p. 507-508.

WALLACE, M.M.; DIECKMAHNS, E.C. Bole rot of sisal. **The East African Agricultural Journal**, v.18, n.1, p.24-29, 1952.

WRIGHT, W.K. **Fabricação de baler twine.** João Pessoa: Brascorda, 1985. 88p.

**Circular
Técnica, 123**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143 Centenário, CP 174
58428-095 Campina Grande, PB
Fone: (83) 3182 4300 Fax: (83) 3182 4367
e-mail: sac@cnpa.embrapa.br

1ª Edição
Tiragem: 500

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**



**Comitê de
Publicações**

Presidente: Carlos Alberto Domingues da Silva
Secretário Executivo: Valter Freire de Castro
Membros: Fábio Aquino de Albuquerque
Giovani Greigh de Brito
João Luiz da Silva Filho
Máira Milani
Maria da Conceição Santana Carvalho
Nair Helena Castro Arriel
Valdinei Sofiatti
Wirton Macedo Coutinho

Expedientes: Supervisor Editorial: Valter Freire de Castro
Revisão de Texto: Maria José da Silva e Luz
Tratamento das ilustrações: Geraldo Fernandes de S. Filho
Editoração Eletrônica: Geraldo Fernandes de S. Filho