



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 42

Campinas, 1983

Artigo nº 15

RENDIMENTO EM CELULOSE, DENSIDADE BÁSICA E DIMENSÕES DAS FIBRAS EM SORGO (1)

ANÍSIO AZZINI (2), ANTONIO LUIZ DE BARROS SALGADO(2), *Seção de Plantas Fibrosas*, e JOSÉ FERNANDO MACHADO MENTEN, *Seção de Genética, Instituto Agrônomo*.

RESUMO

Em diferentes materiais genéticos de sorgo, foram determinados os rendimentos macerados em celulose, densidades básicas dos colmos e dimensões das fibras. Os resultados obtidos mostraram que os rendimentos e as densidades básicas variaram significativamente, de 34,40 a 48,01% para os rendimentos macerados em celulose, de 0,204 a 0,358g/cm³ para as densidades básicas dos colmos, antes da extração dos açúcares em água quente, e de 0,141 a 0,221g/cm³ para as densidades básicas dos colmos após a extração dos açúcares. Não houve diferenças significativas entre os materiais estudados, quanto ao comprimento (1,51 a 2,34mm), espessura da parede celular e largura das fibras. Com relação ao diâmetro do lúmen, houve variações entre os materiais (2,26 micros a 5,6 micros) ao nível de 5%.

1. INTRODUÇÃO

Trabalhos de pesquisa têm salientado as grandes possibilidades da cultura do sorgo, em complementação às do milho e cana, visando à produção de grãos e açúcar. Nos Estados Unidos da América, o sorgo sacarino, introduzido da África em 1854, é uma cultura tradicional. Além dos Es-

tados Unidos, outros países, como o México e o Brasil, vêm desenvolvendo pesquisas para implantação dessa cultura (3).

No Brasil, o sorgo vem sendo estudado não só como substituto da cana nos meses da entressafra, mas, também, como substituto total ou parcial do milho na alimentação animal, principalmente no Nordeste, onde as condições de

(1) Recebido para publicação a 9 de fevereiro de 1982.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

seca, muitas vezes, inviabilizam o cultivo do milho (5).

Quanto à utilização industrial do resíduo fibroso da cultura de sorgo, visando à produção de celulose e papel, poucos foram os trabalhos encontrados na literatura especializada. BALSAC et alii (2) observaram que a espécie *Sorghum vulgare*, com 82% de celulose, 10% de lignina e 6% de cinzas, rende 37% de pasta celulósica branqueada, com dimensões de fibras variando de 3 a 6mm de comprimento e 10 a 35 micros de largura.

Estudos conduzidos por NIESCHLAG et alii (4) mostraram que os colmos das espécies *S. alatum*, *S. vulgare* e *S. halepense*, com altos teores de extrativos, apresentaram variações de 51,2 a 55,4% para rendimento macerado em celulose, de 0,22 a 0,30g/cm³ para a densidade básica dos colmos, e de 0,70 a 1,46mm para o comprimento das fibras.

O objetivo do presente estudo foi determinar algumas características tecnológicas de diferentes materiais genéticos de sorgo, tendo em vista sua utilização na produção de celulose e papel.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho, foram estudados os seguintes materiais genéticos de sorgo: BR-500, BR-501, BR-502, BR-503, BR-504, IPA-1218, (CMS) × (S-610), (CMS) × (S-613), (CMS) × (S-603), Sart, BR-601, (CMS) × (S-712), (CMS) × (S-717), (CMS) × (S-701), (CMS) × (S-708) e

(CMS) × (S-718). Esses materiais foram obtidos na coleção de espécies, estabelecida no ano agrícola de 1978/79, no Centro Experimental de Campinas, sob a responsabilidade da Seção de Genética do Instituto Agrônomo.

De cada material genético estudado, foram coletadas ao acaso dez plantas, com cinco meses de idade, determinando-lhes em seguida a altura e o diâmetro basal. A amostragem, para os estudos tecnológicos, foi feita na região mediana das plantas, utilizando amostras com aproximadamente 3cm de comprimento, retiradas da parte central dos internós.

O rendimento macerado em celulose foi calculado pela relação percentual entre o peso das fibras secas em estufa a 60°C e o peso inicial da amostra. A maceração das amostras, com finalidade de individualizar os elementos anômicos, foi realizada em solução contendo 50% de ácido acético concentrado, 40% de água oxigenada a 30% e 10% de água destilada. Essa solução foi mantida em banho-maria a 60°C, até completa deslignificação das amostras.

Após a maceração, foram determinadas as dimensões fundamentais das fibras com relação ao comprimento, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular. Para cada material em estudo, foram montadas duas lâminas, medindo-se cinco fibras por lâmina. Essas medições foram realizadas com auxílio de microscópio provido de ocular micrométrica especial, com filamento móvel. A largura das fibras foi determinada

indiretamente, somando-se o valor do diâmetro do lúmen e duas vezes a espessura da parede celular.

Além dessas dimensões fundamentais, foram calculadas algumas relações entre elas, que também estão associadas às propriedades físico-mecânicas do papel obtido. Essas relações foram assim calculadas:

— Índice de enfieltramento: relação entre comprimento e largura da fibra.

— Coeficiente de enfieltramento: relação percentual entre o diâmetro do lúmen e a largura da fibra.

— Fração-parede: relação entre duas vezes a espessura da parede celular e a largura da fibra.

— Índice de Runkel: relação entre duas vezes a espessura da parede celular e o diâmetro do lúmen da fibra.

Para a determinação da densidade básica, cada amostra do colmo foi dividida longitudinalmente ao meio, em duas subamostras, sendo uma delas submetida à extração dos sólidos solúveis (açúcares), com água quente, durante duas horas. Em seguida, a densidade básica das subamostras foi determinada de acordo com o método do deslocamento da água (1).

A percentagem de sólidos solúveis (açúcares) do caldo (Brix) das subamostras foi determinada diretamente em refratômetro Abbe, antes da extração com água quente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes ao Brix do caldo, altura e diâmetro basal das plantas dos diferentes materiais estudados são apresentados no quadro 1.

Com relação ao Brix, houve diferenças significativas entre os materiais, sendo a variação máxima da ordem de 42%, observada entre os materiais (CMS) × (S-603) e BR-503, respectivamente com Brix de 20,7 e 11,9%. Quanto às dimensões das plantas, os materiais BR-501 e (CMS) × (S-613), com o mesmo diâmetro basal (1,5cm), foram os mais baixos, respectivamente com 230 e 220cm de altura.

No quadro 2, pode-se observar que os rendimentos macerados em celulose e as densidades básicas dos colmos, antes e depois da extração dos açúcares, variaram significativamente entre os materiais estudados. Quanto aos rendimentos obtidos, embora tenham sido inferiores àqueles apresentados pelas espécies *S. alnum*, *S. vulgare* e *S. halepense* (4), podem ser considerados como medianos, para a maioria dos materiais estudados.

As densidades básicas dos colmos, antes da extração dos açúcares em água quente (0,204 a 0,358g/cm³), foram semelhantes àquelas obtidas por NIESCHLAG et alii (4) com as espécies *S. alnum*, *S. vulgare* e *S. halepense* (0,22 a 0,30g/cm³). Após a extração dos açúcares, as densidades básicas dos colmos foram menores (0,141 a 0,221g/cm³), ressaltando que essa característica tec-

nológica está associada não só com a constituição anatômica do material fibroso, mas, também, com outros elementos não estruturais, como os açúcares e outros extrativos.

As diferenças entre as densidades básicas, antes e depois da extração dos açúcares, variaram de 22,55 a 47,77% (quadro 3). Por esse motivo, a determinação da densidade básica do colmo de qualquer espécie ou material genético de sorgo deve ser feita após a extração dos açúcares, evitando-se, assim, a interferência desses extrativos não fibrosos.

Quanto às dimensões das fibras (quadro 4), os materiais estudados não apresentaram dife-

renças significativas para o comprimento, espessura da parede celular e largura das fibras. Para o diâmetro do lúmen, houve diferenças significativas ao nível de 5%, sendo os valores extremos (2,26 e 5,67 micros) apresentados, respectivamente, pelos materiais BR-502 e (CMS) x (S-603).

As fibras são os elementos anatômicos básicos na fabricação do papel, e suas características morfológicas influem nas propriedades físico-mecânicas do produto obtido. Assim, fibras longas, com espessas paredes celulares e pouco lúmen, produzem papéis com alta resistência ao rasgo e elevada porosidade. As fibras dos materiais estudados, com comprimento médio de 1,51 a 2,34mm, ocupam

QUADRO 1. Porcentagem de sólidos solúveis do caldo (Brix), altura e diâmetro basal das plantas em diferentes materiais genéticos de sorgo

Material	Brix (1)	Altura (2)	Diâmetro basal (2)
	%	cm	cm
(CMS) x (S-603)	20,7 a	240	1,5
(CMS) x (S-701)	19,8 ab	290	1,5
(CMS) x (S-613)	19,6 ab	220	1,5
(CMS) x (S-712)	19,6 ab	280	1,6
BR-502	18,7 abc	260	1,3
BR-504	18,5 abc	280	1,5
(CMS) x (S-708)	17,9 abcd	290	1,4
(CMS) x (S-717)	17,7 abcd	290	1,6
IPA-1.218	17,3 bcd	280	1,7
(CMS) x (S-610)	16,8 bcd	310	1,5
(CMS) x (S-718)	16,8 bcd	310	1,7
Sart	15,8 cd	290	1,4
BR-501	15,2 d	230	1,5
BR-601	15,2 d	270	1,5
BR-500	14,8 de	300	1,5
BR-503	11,9 e	300	1,4
F	13,74 **	—	—
Tukey (5%)	3,10	—	—
C.V. (%)	8,02	—	—

(1) Médias de cinco repetições. (2) Médias de dez plantas.

QUADRO 2. Rendimento macerado em celulose e densidade básica dos caules em diferentes materiais genéticos de sorgo (1)

Material	Rm	Material	D ₁	Material	D ₂
nº	%	nº	g/cm ³	nº	g/cm ³
Sart	48,01 a	(CMS) x (S-712)	0,358 a	(CMS) x (S-610)	0,221 a
(CMS) x (S-712)	47,99 a	(CMS) x (S-610)	0,341 ab	BR-501	0,213 ab
BR-601	46,85 a	(CMS) x (S-701)	0,333 abc	(CMS) x (S-603)	0,218 ab
BR-503	45,38 a	(CMS) x (S-613)	0,292 abcd	Sart	0,209 abc
(CMS) x (S-718)	44,89 a	Sart	0,286 abcd	IPA-1218	0,207 abc
BR-500	44,81 a	BR-501	0,276 abcd	(CMS) x (S-613)	0,199 abc
(CMS) x (S-613)	43,74 a	IPA 1218	0,276 abcd	(CMS) x (S-701)	0,197 abc
BR-501	43,13 a	(CMS) x (S-603)	0,275 abcd	BR-502	0,194 abc
(CMS) x (S-610)	42,53 a	BR-504	0,274 abcd	(CMS) x (S-712)	0,187 abc
BR-502	42,44 a	BR-500	0,274 abcd	BR-500	0,182 abc
(CMS) x (S-708)	40,66 a	(CMS) x (S-717)	0,272 abcd	(CMS) x (S-708)	0,178 abc
IPA-1.218	39,45 a	BR-502	0,253 bcd	(CMS) x (S-717)	0,169 abc
(CMS) x (S-717)	38,87 a	(CMS) x (S-708)	0,247 cd	(CMS) x (S-718)	0,165 abc
(CMS) x (S-603)	38,53 a	BR-601	0,245 cd	BR-504	0,149 bc
(CMS) x (S-701)	35,87 a	(CMS) x (S-718)	0,224 d	BR-503	0,148 bc
BR-504	34,40 b	BR-503	0,204 d	BR-601	0,141 c
F	2,88**		4,87**		3,42**
Tukey (5%)	12,63		0,090		0,068
C.V. (%)	10,10		14,80		16,33

(1) Médias de cinco repetições. Rm = Rendimento macerado em celulose. D₁ = Densidade básica do colmo antes da extração dos açúcares em água quente. D₂ = Densidade básica do colmo depois da extração dos açúcares em água quente.

QUADRO 3. Variação da densidade básica do colmo, após a extração com água quente em diferentes materiais genéticos de sorgo ⁽¹⁾

Material	D _{b1}	D _{b2}	D _{b1} -D _{b2}	Variação percentual
nº	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%
BR-500	0,274	0,182	0,092	33,58
BR-501	0,276	0,213	0,063	22,83
BR-502	0,253	0,194	0,059	23,32
BR-503	0,204	0,148	0,056	27,45
BR-504	0,274	0,149	0,125	45,62
IPA-1218	0,276	0,207	0,069	25,00
(CMS) x (S-610)	0,341	0,221	0,120	35,19
(CMS) x (S-613)	0,292	0,199	0,093	31,85
(CMS) x (S-603)	0,275	0,213	0,062	22,55
Sart	0,286	0,209	0,077	26,92
BR-601	0,245	0,141	0,104	42,44
(CMS) x (S-712)	0,358	0,187	0,171	47,77
(CMS) x (S-717)	0,272	0,169	0,103	37,87
(CMS) x (S-701)	0,333	0,197	0,136	40,84
(CMS) x (S-708)	0,247	0,178	0,069	27,94
(CMS) x (S-718)	0,224	0,165	0,059	25,34

(1) Médias de cinco repetições. D_{b1}: Densidade básica do colmo antes da extração dos açúcares em água quente. D_{b2}: Densidade básica do colmo depois da extração dos açúcares em água quente.

QUADRO 4. Dimensões das fibras em diferentes materiais genéticos de sorgo ⁽¹⁾

Material	Comprimento	Espessura da parede celular	Diâmetro do lúmen	Largura das fibras
nº	mm	micros	micros	micros
(CMS) x (S-603)	1,61	5,72	5,67 a	17,11
(CMS) x (S-717)	1,51	5,18	5,38 a	15,74
(CMS) x (S-701)	1,76	3,76	5,38 ab	12,90
(CMS) x (S-708)	1,99	5,26	4,61 abc	15,13
Sart	1,79	4,81	4,39 abc	14,01
BR-501	1,78	3,98	4,24 abc	12,20
(CMS) x (S-712)	2,34	5,23	4,01 abc	14,47
BR-504	1,86	5,07	3,96 abc	14,10
(CMS) x (S-718)	1,90	5,10	3,96 abc	14,16
(CMS) x (S-610)	2,13	5,96	3,70 abc	15,62
BR-601	1,76	4,81	3,57 abc	13,19
BR-500	2,00	4,34	3,53 abc	12,21
IPA-1218	1,81	5,99	3,46 abc	15,44
(CMS) x (S-613)	2,17	6,23	3,00 abc	15,46
BR-503	2,17	5,45	2,80 bc	13,70
BR-502	1,93	4,29	2,26 c	10,64
F	0,65 n.s	1,11 n.s	2,93 *	1,61 n.s
Tukey (5%)	—	—	2,86	—
C.V. (%)	20,04	18,84	17,86	12,76

(1) Médias de cinco repetições.

uma posição intermediária entre as fibras do *Pinus* (3,5mm) e as do eucalipto (1,0mm).

Em comparação com as fibra do *Eucaliptus grandis*, nossa principal matéria-prima celulósica utilizada na produção de papel, as fibras dos materiais estudados são mais longas e semelhantes quanto às demais dimensões. Segundo TAMEZAVA et alii (6), as dimensões médias das fibras do *E. grandis* são 1,07mm para o comprimento, 4,95 micros para a espessura da parede celular, 8,05 micros para o diâmetro do lúmen e 17,96 micros para a largura.

Assim como as dimensões fundamentais, as relações entre as dimensões das fibras (quadro 5) são importantes índices associados às características físico-mecânicas do papel produzido.

Com exceção do coeficiente de flexibilidade, as demais relações obtidas, para os diversos materiais estudados, são superiores àquelas obtidas com *Pinus strobus* var. *Chiapensis*, e *E. grandis* (6). O menor coeficiente de flexibilidade obtido está associado ao menor lúmen apresentado pelas fibras de sorgo.

Nos materiais estudados, as variações observadas foram de 182,76 a 93,67 para os índices de enfieltramento, 89,93 a 49,74% para as frações parede, 4,11 a 1,41 para os índices de Runkel e 44,97% a 19,58% para os coeficientes de flexibilidade. Os coeficientes de flexibilidade obtidos com os materiais (SMC) × (S-717) e (CMS) × (S-718) foram semelhantes àquele do *E. grandis* (44,8%) (6).

QUADRO 5. Relações entre as dimensões das fibras em diferentes materiais genéticos de sorgo

Material	Índice de enfieltramento	Coeficiente de flexibilidade	Fração parede	Índice de Runkel
nº		%	%	
BR-500	157,47	21,77	78,23	3,59
BR-501	182,76	21,58	78,41	3,63
BR-502	174,67	29,81	70,19	2,35
BR-503	130,92	30,53	69,47	2,27
BR-504	134,64	27,19	72,81	2,67
IPA-1218	93,67	32,79	67,21	2,04
(CMS) x (S-610)	143,07	30,12	69,88	2,32
(CMS) x (S-613)	152,82	19,58	80,42	4,11
(CMS) x (S-603)	141,55	30,44	68,21	2,28
Sart	133,28	32,98	67,01	2,03
BR-601	137,08	25,28	50,55	3,19
(CMS) x (S-712)	140,15	24,87	49,74	3,02
(CMS) x (S-717)	126,68	44,97	89,93	1,22
(CMS) x (S-701)	163,67	28,64	57,28	2,49
(CMS) x (S-708)	144,95	34,85	70,16	1,87
(CMS) x (S-718)	132,35	41,49	82,97	1,41

4. CONCLUSÕES

a) De modo geral, os diversos materiais genéticos estudados apresentaram elevados teores de açúcares em seus colmos.

b) De acordo com a classificação de NIESCHLAG et alii (4), os rendimentos macerados em celulose foram considerados médios para a maioria dos materiais estudados.

c) A presença de açúcares nos colmos dos diversos materiais estudados, influiu na determinação da densidade básica, superestimando-as.

d) Os comprimentos das fibras dos materiais estudados ocupam uma posição intermediária entre as do pínus e do eucalipto.

e) Levando em consideração as características tecnológicas estudadas, pode-se afirmar que os diferentes materiais estudados são viáveis para a produção de celulose e papel, após a extração dos açúcares de seus colmos. As pastas celulósicas obtidas a partir desses materiais seriam subprodutos da produção de açúcares e grãos.

SUMMARY

CELLULOSE YIELD, BASIC DENSITY AND FIBER DIMENSIONS IN SORGHUM

A study was made with different genetic material of sorghum to determine cellulose yield; basic density and fiber dimension (length, width, lumen and cell wall thickness).

The results showed that cellulose yield and basic density of the culms altered significantly among the material. The basic density was smaller after the sugar extraction with hot water. The fiber length (1.51mm to 2.34mm) did not alter significantly among the material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZZINI, A. & SALGADO, A. L. B. Determinação da densidade básica de caules de crotalária (*Crotalaria juncea* L.). *Bragantia*, Campinas, **38**:XLIX-LII, 1979. (Nota, 11)
2. BALSAC, H. F.; MAHEV, J.; CERCELET, M. Paper-making materials: Sorghum from Madagascar. *Bulletin Imperial Institute*, **23**:366, 1925.
3. INSTITUTO AGRONÔMICO: Documento elaborado pelo Grupo de Trabalho do Instituto Agronômico de Campinas, para estudo de fontes de matéria-prima vegetal para fins energéticos. Campinas, 1979. 37f.
4. NIESCHLAG, H. J.; NELSON, G. H.; WOLFF, I. A.; PERDUE Jr., R. E. A search for new fiber crops. *Tappi*, **43**:193-201, 1960.
5. SORGO na alimentação animal. *Ciência e Cultura*, São Paulo, **33**:735-736, 1981.
6. TAMEZAVA, J.; FOELKEL, C. E. B.; REGAZZI, A. J. Influência de alguns aditivos nas propriedades de papéis kraft de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 14., São Paulo, 1981. Anais. p. 397-477.