

INFLUÊNCIA DAS DIMENSÕES DOS CAVACOS DE Bambusa vulgaris
Schrad NO RENDIMENTO, PORCENTAGEM DE REJEITOS, NÚMERO
KAPPA E ALVURA DA CELULOSE OBTIDA PELO PROCESSO SULFATO

ANISIO AZZINI

Orientador: LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Fitotecnia

PIRACICABA
Estado de São Paulo-Brasil
Maio, 1976

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO, Prof. Assistente do Departamento de Silvicultura - ESALQ - USP, pela orientação deste trabalho.

A Eng^a Agr^a VIOLETA NAGAI, pelas sugestões e orientações nas análises estatísticas realizadas.

Ao Eng^o Agr^o DIRCEU CIARAMELLO, chefe da Seção de Plantas Fibrosas do Instituto Agronômico de Campinas, pelas críticas, sugestões e incentivo constante.

Ao CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO, pela bolsa de complementação salarial, auxiliando a realização deste trabalho.

Aos colegas da Seção de Plantas Fibrosas, que direta ou indiretamente procuraram colaborar.

Aos Técnicos de Laboratório MARIA TEREZA DE JESUS VIANNA GALLO e SERGIO RENATO MIANTE, pela colaboração em todas as etapas deste trabalho.

À srta. LEDA RAMALHO, pelo zelo nos trabalhos de datilografia.

Involuntariamente teremos omitido nomes de outras pessoas que nos prestaram colaboração. A todos, nossos sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

	Página
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. Influência das dimensões dos cavacos de madeira na obtenção de celulose pelo processo sulfato..	5
3.2. Influência das dimensões dos cavacos de bambu na obtenção de celulose pelo processo sulfato ..	6
4. MATERIAL E MÉTODOS	8
4.1. Material	8
4.2. Métodos para produção de celulose	8
4.2.1. Plano do experimento	8
4.2.2. Escolha dos colmos	9
4.2.3. Corte e transporte	9
4.2.4. Obtenção dos cavacos	10
4.2.5. Dimensões dos cavacos	10
4.2.6. Determinação da densidade básica dos cavacos	10
4.2.7. Determinação do volume de vazios dos cavacos	11
4.2.8. Determinação das dimensões das fibras de bambu	11
4.2.9. Análise química dos colmos de bambu ...	12
4.2.10. Produção de celulose	13
4.2.10.1. Processo	13
4.2.10.2. Condições de cozimento	13
4.2.10.3. Preparo do licor de cozimen- to	13
4.2.10.4. Cozimento	14
4.2.10.5. Cálculo do rendimento bruto	14
4.2.10.6. Determinação da porcentagem de rejeitos	14
4.2.10.7. Depuração e cálculo do ren- dimento	15

	Página
4.2.10.8. Determinação do número kappa	15
4.2.10.9. Determinação da alvura da celulose depurada	15
5. RESULTADOS	17
5.1. Dimensões dos cavacos	17
5.2. Rendimento bruto	18
5.3. Rendimento depurado	21
5.4. Porcentagem de rejeitos	24
5.5. Número kappa	27
5.6. Alvura da celulose depurada	30
6. DISCUSSÃO	33
6.1. Rendimento bruto	33
6.2. Rendimento depurado	34
6.3. Porcentagem de rejeitos	35
6.4. Número kappa	35
6.5. Alvura da celulose depurada	36
7. CONCLUSÕES	37
8. SUMMARY	39
9. LITERATURA CITADA	40
10. APÊNDICE	43
10.1. Densidade básica dos cavacos	43
10.2. Volume de vazios dos cavacos	45
10.3. Dimensões das fibras	46
10.4. Análises químicas	47

1. RESUMO

No presente trabalho determinou-se a influência das dimensões dos cavacos de Bambusa vulgaris Schrad, no rendimento bruto, rendimento depurado, porcentagem de rejeitos, número kappa e alvura da celulose obtida pelo processo sulfato.

As dimensões previamente estabelecidas para os cavacos foram:

<u>Comprimento</u>	<u>Largura</u>	<u>Espessura</u>
1,5 cm	0,4 cm	0,2 cm
3,0 cm	0,8 cm	0,6 cm
6,0 cm	1,2 cm	1,0 cm

O delineamento experimental obedeceu ao esquema fatorial 3 x 3 x 3, com duas repetições, considerando comprimento, largura e espessura dos cavacos de bambu.

Com a finalidade de caracterizar o material utilizado, foram determinados a densidade básica, o volume de vazios, as dimensões das fibras e a composição química quantitativa.

Tendo em vista a produção de celulose sulfato (kraft) a partir de Bambusa vulgaris Schrad, os melhores resultados em termos de rendimento depurado, porcentagem de rejeitos, número

kappa e alvura de celulose foram obtidos com cavacos de 6,0 x 0,8 x 0,6 cm. Os valores médios determinados para essas características foram respectivamente 42,20%, 1,15%, 51,60 e 12,50%.

2. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o bambu, bem como outras espécies conhecidas como não arbóreas, vêm sendo valorizadas pela indústria de celulose e papel, que está cada vez mais preocupada com o futuro suprimento de matérias-primas, para atender a crescente demanda mundial.

Para a indústria nacional de celulose e papel, o conhecimento das potencialidades do bambu, como matéria-prima, bem como de outras espécies não arbóreas, é de real importância, principalmente levando-se em consideração as metas de produções propostas no PROGRAMA NACIONAL DE PAPEL E CELULOSE, elaborado em 1974.

Embora o bambu represente, em alguns países como a Índia, o principal material fibroso utilizado na produção de celulose e papel, é ainda pouco estudado, tanto em suas características agrônômicas como tecnológicas.

Relativamente às características tecnológicas, visando à produção de celulose, sabe-se que as dimensões dos cavacos é um dos fatores que influem as variáveis convencionais do processo sulfato. Entretanto, com a finalidade de determinar quais as dimensões mais adequadas dos cavacos de bambu, poucos estudos foram encontrados na literatura especializada.

O presente trabalho teve por objetivo estudar, em condições de laboratório, a influência das dimensões dos cavacos de Bambusa vulgaris Schrad, no rendimento bruto, rendimento depurado, porcentagem de rejeitos, número kappa e alvura da celulose obtida pelo processo sulfato.

Os resultados obtidos neste trabalho poderão oferecer às indústrias de celulose e papel, que utilizam o bambu como matéria-prima, alguns subsídios para que possam obter melhores resultados no rendimento e qualidade da celulose, utilizando-se cavacos com dimensões mais adequadas. As fábricas de equipamentos para essa indústria, também poderão se utilizar desses dados na fabricação de picadores de bambu.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Influência das dimensões dos cavacos de madeira na obtenção de celulose pelo processo sulfato

Conforme salientaram KLEINERT e MARRACINI (1965), a densidade, o teor de umidade e as dimensões dos cavacos são os principais fatores relacionados com a penetração dos reagentes químicos na obtenção de celulose.

Com relação à densidade, FOELKEL e BARRICHELO (1975) relataram a existência de uma correlação positiva entre a densidade da madeira livre de extrativos e o rendimento em celulose.

NOLAN (1959), estudando a influência do teor de umidade dos cavacos no rendimento em celulose, observou que com a utilização de cavacos secos ao ar, o rendimento em celulose depurada decresceu de 3 a 4%.

No caso das dimensões dos cavacos, CHESLEY e ROBERTSON (1944) salientaram que a utilização de cavacos com dimensões reduzidas diminuiu o rendimento em celulose, na ordem de 7%.

Os trabalhos conduzidos por Cable e colaboradores, Farkas e Bland et alii, conforme citação de BORLEW e MULLER

(1970), demonstraram que o rendimento em celulose e quantidade de rejeitos não foram influenciados pelo comprimento e largura dos cavacos.

BACKMAN (1944), utilizando cavacos preparados manualmente, foi quem pela primeira vez demonstrou a importância, na produção e qualidade da celulose, de se utilizar cavacos com 0,3 cm de espessura. As dimensões utilizadas foram 3,5 cm para comprimento, 2,5 cm de largura e 0,05, 0,1, 0,3, 0,5 e 0,7 cm para espessura.

BACKMAN salientou também que quando se utilizam cavacos com dimensões maiores, deve-se aumentar a concentração dos reagentes químicos, para se obter o mesmo grau de deslignificação.

Os trabalhos desenvolvidos por HARTLER e ONISKO (1962), COLOMBO et alii (1964) também demonstraram que os melhores resultados com relação ao rendimento, quantidade de rejeitos e uniformidade da celulose, foram obtidos quando se utilizaram cavacos com aproximadamente 0,3 cm de espessura.

BORLEW e MULLER (1970), além de considerar a espessura dos cavacos como a dimensão crítica na obtenção de celulose, salientaram a necessidade de se desenvolverem métodos e picadores eficientes para controlar a espessura dos cavacos.

No Brasil, STONIS (1971) também confirmou a importância da espessura dos cavacos na produção de celulose, considerando-a como a dimensão crítica.

STONIS salientou ainda que a classificação de cavacos atualmente utilizada é antiquada e pouco eficiente, pois classificam-se cavacos pelo comprimento ao invés de classificá-los pela espessura.

3.2. Influência das dimensões dos cavacos de bambu na obtenção de celulose pelo processo sulfato

Com relação às dimensões dos cavacos de bambu e

sua influência na produção de celulose pelo processo sulfato, poucos foram os trabalhos encontrados na literatura especializada.

JANGALGI et alii (1969) observaram que as dimensões dos cavacos influenciaram no rendimento e qualidade da celulose obtida.

Entretanto, BANTHIA et alii (1969) salientaram que as dimensões dos cavacos não influenciaram na uniformidade da celulose obtida.

PANDA (1969), considerou as dimensões dos cavacos de bambu como um dos fatores que influenciou as variáveis convencionais do processo sulfato para se obter maior rendimento.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

Os colmos de bambu utilizado na produção de celulose foram obtidos em touceiras de Bambusa vulgaris Schrad, inicialmente plantadas no espaçamento de 6 x 6 m, em latossolo roxo, na Estação Experimental de Tatuí, do Instituto Agronômico de Campinas.

4.2. Métodos para produção de celulose

4.2.1. Plano de experimento

O experimento obedeceu ao esquema fatorial 3x3x3, com duas repetições do GRUPO W, de acordo com Yates, citação de GOMES, (1963), sendo os fatores o comprimento, largura e espessura dos cavacos de bambu.

Os 27 tratamentos divididos em três blocos, encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Blocos do Grupo W

GRUPO W		
BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
0 0 0	0 0 1	0 0 2
0 1 2	0 1 0	0 1 1
0 2 1	0 2 2	0 2 0
1 0 1	1 0 2	1 0 0
1 1 0	1 1 1	1 1 2
1 2 2	1 2 0	1 2 1
2 0 2	2 0 0	2 0 1
2 1 1	2 1 2	2 1 0
2 2 0	2 2 1	2 2 2

4.2.2. Escolha dos colmos

Em três touceiras de Bambusa vulgaris Schrad, foram retirados sete colmos de bambu com dois anos de idade, representativos da espécie considerada, quanto ao desenvolvimento médio.

O diâmetro à altura do peito (DAP), do colmo mais desenvolvido foi de 10,7 cm. As alturas oscilaram entre 12,60 e 19,20 m.

4.2.3. Corte e transporte

Os colmos foram colhidos e seccionados em toros de 1,80 m a partir da base e transportados para o laboratório de celulose da Seção de Plantas Fibrosas, do Instituto Agrônômico.

4.2.4. Obtenção dos cavacos

No laboratório, os internódios dos colmos de bambu foram separados com auxílio de serra circular, subdivididos e colocados em tabuleiros para uma prévia secagem natural.

Os cavacos foram obtidos manualmente, utilizando-se apenas os internódios dos colmos. Para cada tratamento foram obtidos aproximadamente 700 g de cavacos.

Antecedendo a cada cozimento, procedeu-se à determinação dos teores de umidade dos cavacos, em cada tratamento, utilizando-se três amostras de 20 g cada uma.

4.2.5. Dimensões dos cavacos

As dimensões previamente estabelecidas para os cavacos no presente trabalho foram 1,5 3,0 e 6,0 cm para comprimento, 0,4, 0,8 e 1,2 cm para largura, e 0,2, 0,6 e 1,0 cm para espessura.

Entretanto, como os cavacos foram preparados manualmente, sem a possibilidade de se controlar exatamente as dimensões obtidas, foram dimensionados 100 cavacos, tomados inteiramente ao acaso em cada tratamento, para se verificar as variações das dimensões estabelecidas.

4.2.6. Determinação da densidade básica dos cavacos

Para a determinação da densidade básica foram considerados 405 cavacos, tomando-se, inteiramente ao acaso, quinze cavacos de cada tratamento. O método utilizado foi o de máximo teor de umidade, empregando-se a seguinte expressão:

$$db = \frac{1}{\frac{P_u - P_{as}}{P_{as}} + \frac{1}{G_s}}, \text{ onde}$$

db = densidade básica, expressa em g/cm³

Pu = peso ao ar dos cavacos saturados após remoção em papel absorvente da água superficial.

Pas = peso absolutamente seco dos cavacos, conseguido através da secagem em estufa a 105 + 3°C, até peso constante.

Gs = densidade da "substância madeira"

Admitindo-se que a densidade média da "substância madeira" seja de 1,53 g/cm³, conforme citação de FOELKEL et alii (1972), a expressão acima ficará:

$$db = \frac{1}{\frac{Pu}{Pas} - 0,346}$$

4.2.7. Determinação do volume de vazios dos cavacos

Para a determinação do volume de vazios dos cavacos de bambu, procedeu-se à amostragem semelhante ao item anterior.

De acordo com Stamm, citação de SINGH (1952), o volume de vazios nos cavacos pode ser calculado utilizando-se a seguinte expressão:

$$Vp = \left(1 - \frac{db}{Gs} \right) \times 100, \text{ onde}$$

Vp = volume de vazios, em porcentagem

db = densidade básica, expressa em g/cm³

Gs = densidade da "substância madeira", que é de 1,53 g/cm³ conforme o item anterior.

4.2.8. Determinação das dimensões das fibras de bambu

A amostragem para a determinação das dimensões das fibras dos colmos de bambu foi feita diretamente sobre os cavacos, considerando-se todos os tratamentos.

As amostras obtidas foram maceradas em solução contendo uma parte de água oxigenada a 30%, cinco partes de ácido acético glacial e quatro partes de água destilada.

Após a maceração foram montadas as lâminas e, em seguida, com auxílio de microscópio provido de ocular especial com filamento móvel, procedeu-se à determinação do comprimento, largura, espessura das paredes e largura do lúmen das fibras.

Foram preparadas 30 lâminas, medindo-se dez fibras em cada uma, num total de 300 medições.

4.2.9. Análise química dos colmos de bambu

Para a análise química dos colmos de bambu, utilizou-se a serragem obtida durante a separação dos internódios. A seguir a serragem foi moída em moilho Wiley, semi-industrial, utilizando-se telas de 20, 40 e 60 "mesh", conforme granulometria requerida nas diversas análises.

A serragem assim obtida foi analisada pelos métodos de Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI) e Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel (ABCP), com relação a:

- Solubilidade da madeira em água quente - ABCP M 4/68
- Solubilidade da madeira em NaOH a 1% - ABCP M 5/68
- Solubilidade da madeira em álcool-benzeno - ABCP M 6/68
- Celulose Cross & Bevan na madeira - ABCP M 9/68
- Lignina na madeira - TAPPI - T 13 m - 54
- Pentosanas na madeira - TAPPI - T 15 m - 58
- Cinzas na madeira - TAPPI - T 15 m - 58

No apêndice são apresentados os valores da densidade básica, volume de vazios, dimensões das fibras e análises químicas. Esses valores foram determinados exclusivamente para caracterizar a matéria-prima utilizada, o que é de grande interesse industrial.

4.2.10. Produção de celulose

4.2.10.1. Processo

Foi utilizado o processo químico sulfato.

4.2.10.2. Condições de cozimento

Com a finalidade de fazer comparações entre os tratamentos, no que diz respeito às dimensões dos cavacos, para rendimento bruto, rendimento depurado, porcentagem de rejeitos, número kappa e alvura da celulose, adotou-se uma única condição de cozimento:

Álcali ativo	15,00%
Sulfidez	25,00%
Temperatura máxima	165°C
Tempo até temperatura máxima	90 minutos
Tempo a temperatura máxima	60 minutos
Relação licor/madeira	4 ℓ:1 kg

4.2.10.3. Preparo do licor de cozimento

As soluções aquosas de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio foram preparadas e armazenadas separadamente em garrafas com capacidade para 10 litros.

Antecedendo a cada cozimento, o licor de cozimento foi preparado em função da quantidade de cavacos de bambu seco em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, porcentagem de álcali ativo, sulfidez e relação licor/madeira. O volume final de cada cozimento foi completado com água, levando-se em consideração os volumes das soluções de hidróxido de sódio, sulfeto de sódio e a quantidade de água existente nos cavacos.

4.2.10.4. Cozimento

Os cozimentos foram conduzidos em digestor de aço unoxidável, com 20 litros de capacidade, rotativo (2 rpm), aquecido eletricamente, provido de manômetro e termômetro.

Em cada cozimento foi utilizado o equivalente a 1.800 gramas de cavacos secos, em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, acondicionados separadamente em nove tubos de tela de aço inoxidável, correspondendo a nove tratamentos de 200 gramas.

Após o cozimento o digestor foi aberto e os tubos de tela, contendo a celulose, foram retirados e colocados em água. A seguir a celulose obtida em cada tratamento foi lavada, comprimida manualmente para eliminar o excesso de água e pesada.

4.2.10.5. Cálculo do rendimento bruto

O rendimento bruto foi calculado pela relação percentual entre a quantidade de celulose seca obtida em cada tratamento e a quantidade de cavacos livres de umidade utilizada. O peso seco da celulose bruta foi calculado conhecendo-se o seu teor médio de umidade, que foi determinado utilizando-se três amostras de 10 g.

4.2.10.6. Determinação da porcentagem de rejeitos

Para a determinação da porcentagem de rejeitos utilizou-se o classificador de fibras BH 6/12 tipo Brechet & Holl, com peneiras de 0,5 mm.

Cada amostra utilizada no classificador foi constituída por 1.500 ml de uma suspensão aquosa, contendo equivalente a 10 g de celulose seca.

Após a passagem das fibras através da peneira, a quantidade de material retida, relacionada com o peso inicial de 10 g e multiplicada por 100, expressou a porcentagem de rejeitos baseada na quantidade de celulose em cada tratamento. A seguir relacionou-se a porcentagem de rejeitos em função da quantidade de cavacos de bambu empregada.

4.2.10.7. Depuração e cálculo do rendimento depurado

Depuração consiste na separação dos rejeitos da celulose bruta. Para a depuração da celulose utilizou-se o mesmo classificador de fibras descrito no item anterior, tendo a celulose bruta inicialmente passado por um desintegrador padrão, a 3000 rpm durante dois minutos.

O rendimento depurado foi calculado a partir do rendimento bruto e da porcentagem de rejeitos, de acordo com PEREIRA (1969).

4.2.10.8. Determinação do número kappa

O número kappa é, por definição, o número de mililitros de uma solução decinormal de permanganato de potássio, que reage com uma grama de celulose depurada absolutamente seca, sob certas condições específicas e cuidadosamente controladas. Os resultados são corrigidos para dar um consumo de 50% da solução decinormal de permanganato de potássio adicionada.

A determinação do número kappa foi feita de acordo com o método ABCP C 5/69.

4.2.10.9. Determinação da alvura da celulose depurada

A determinação da porcentagem de alvura da celulose depurada foi feita no Instituto de Pesquisas Tecnológicas em aparelho Photovolt, utilizando-se quatro folhas de celulose

para cada tratamento, com duas repetições. As folhas utilizadas foram confeccionadas em aparelho tipo Rapid Kothern, com gramatura aproximada de 60 g/m².

5. RESULTADOS

5.1. Dimensões dos cavacos

As dimensões médias dos cavacos em cada tratamento encontram-se na tabela 2.

Tabela 2 - Dimensões médias dos cavacos de bambu

Valores	Dimensões estabelecidas dos cavacos	Dimensões médias dos cavacos
	cm	cm
Comprimento mínimo	1,500	1,499
" médio	3,000	3,051
" máximo	6,000	6,048
Largura mínima	0,400	0,375
" média	0,800	0,772
" máxima	1,200	1,170
Espessura mínima	0,200	0,182
" média	0,600	0,570
" máxima	1,000	0,972

5.2. Rendimento Bruto

Os valores dos rendimentos brutos obtidos em cada tratamento e sua análise estatística, encontram-se nas tabelas 3 e 4. Para a análise da variância os resultados foram transformados em arc. sen. $\sqrt{\text{porcentagem}}$, conforme SNEDECOR(1946).

Tabela 3 - Rendimentos brutos dos 27 tratamentos nas duas repetições

Tratamentos	BLOCO 1		BLOCO 2		BLOCO 3	
	1.ª	2.ª	1.ª	2.ª	1.ª	2.ª
	repetição	repetição	repetição	repetição	repetição	repetição
	%	%	%	%	%	%
1	34,58	33,02	39,87	35,45	31,00	30,01
2	40,54	38,23	39,53	34,65	34,01	35,57
3	41,67	38,49	38,40	40,50	33,77	32,12
4	39,63	36,75	38,43	34,40	35,32	33,89
5	40,82	34,86	46,90	39,98	36,84	38,91
6	47,05	42,63	35,49	35,01	41,18	40,15
7	39,06	37,66	39,22	36,41	34,13	35,98
8	42,59	44,12	48,64	44,12	33,55	36,44
9	38,03	37,36	47,68	39,12	38,59	43,44

Tabela 4 - Análise da variância para rendimento bruto

F. VARIAÇÃO	C.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	5	88,3707	17,6741	15,60**
C	2	43,1811	21,5905	19,06**
C1 (+)	1	40,3648	40,3648	35,64**
Cq	1	2,8163	2,8163	2,48 n.s.
L	2	55,3296	27,6648	24,42**
L1 (+)	1	41,8393	41,8393	36,94**
Lq (-)	1	13,4903	13,4903	11,91**
E	2	57,2314	28,6157	25,26**
E1 (+)	1	39,1667	39,1667	34,58**
Eq (-)	1	18,0647	18,0647	15,95**
CL	4	1,5172	0,3793	0,30 n.s.
C.E.	4	7,7374	1,9343	1,71 n.s.
C1E1 (+)	1	5,4340	5,4340	4,80*
LE	4	26,8033	6,7008	5,91**
L1E1 (+)	1	23,9800	23,9800	21,17**
CLE	6	13,7846	1,0604	0,93 n.s.
Resíduo	24	27,1825	1,1326	-
Total	53	321,1378	-	-

$$s = 1,0642 \quad \bar{x} = 38,18 \quad CV = 2,8\%$$

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** " " " " " 1% " " " "

C = Comprimento

L = Largura

E = Espessura

l = componente linear

c = " " quadrático

s = desvio padrão

\bar{x} = estimativa da média

CV = coeficiente de variação

5.3. Rendimento depurado

Os valores dos rendimento depurados obtidos em cada tratamento e sua análise estatística, encontram-se nas tabelas 5 e 6. Para análise da variância os resultados foram transformados em $\text{arc. sen. } \sqrt{\text{percentagem}}$, conforme SNEDECOR(1946).

Tabela 5 - Rendimentos depurados dos 27 tratamentos nas duas repetições

Tratamentos	BLOCO 1		BLOCO 2		BLOCO 3			
	1.ª Repetição	2.ª Repetição	Tratamentos	1.ª Repetição	2.ª Repetição	Tratamentos	1.ª Repetição	2.ª Repetição
	%	%		%	%		%	%
1	34,58	33,02	10	30,85	35,35	19	31,00	29,96
2	35,76	35,75	11	30,53	34,62	20	33,75	34,84
3	36,80	36,53	12	34,30	35,57	21	33,76	32,11
4	39,29	36,74	13	38,12	34,30	22	35,32	33,89
5	40,02	34,85	14	37,61	39,26	23	35,37	37,10
6	41,10	40,27	15	35,49	34,07	24	40,15	38,63
7	38,91	37,66	16	39,22	36,41	25	34,13	35,99
8	41,48	42,03	17	36,28	41,08	26	33,55	36,44
9	38,03	37,36	18	42,56	39,40	27	35,60	38,09

Tabela 6 - Análise de variância para rendimento depurado

F. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	5	36,1228	7,2246	6,34**
C	2	36,4899	18,2449	16,02**
C1 (+)	1	32,7565	32,7565	28,76**
Cc	1	3,7334	3,7334	3,28 n.s.
L	2	9,4951	4,7475	4,17**
L1 (+)	1	6,8034	6,8034	5,97*
Lc	1	2,6917	2,6917	2,36 n.s.
E	2	17,4771	8,7385	7,67**
E1	1	1,9881	1,9881	1,75 n.s.
Ec (-)	1	15,4890	15,4890	13,59**
CL	4	2,1312	0,5328	0,47 n.s.
CLL1	1	0,0828	0,0828	0,07 n.s.
CE	4	4,5274	1,1318	0,99 n.s.
C1E1	1	2,2940	2,2940	2,01 n.s.
LE	4	4,3982	1,0995	0,96 n.s.
L1E1	1	3,6270	3,6270	3,18 n.s.
CLE	6	14,1244	2,3541	2,07 n.s.
Resíduo	24	27,3402	1,1391	-
Total	53	152,1063	-	-

s = 1,0673

 \bar{x} = 37,31

CV = 2,8

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** " " " " 1% " "

C = comprimento

L = largura

E = espessura

l = componente linear

c = " quadrático

s = desvio padrão

 \bar{x} = estimativa da média

CV = coeficiente de variação

5.4. Porcentagem de rejeitos

As porcentagens de rejeitos em cada tratamento e sua respectiva análise estatística, encontram-se nas tabelas 7 e 8. Para a análise da variância os dados foram transformados em $\text{arc. sen. } \sqrt{\text{porcentagem}}$, conforme SNEDECOR(1946).

Tabela 7 - Porcentagem de rejeitos, sobre a quantidade de cavacos de bambu livres de umidade

Tratamentos	BLOCO 1			BLOCO 2			BLOCO 3		
	1.ª		2.ª	1.ª		2.ª	1.ª		2.ª
	Repetição	Repetição	%	Repetição	Repetição	%	Repetição	Repetição	%
1	0,00	0,00	0,00	10	0,02	0,11	19	0,00	0,05
2	4,78	2,48	0,00	11	0,00	0,03	20	0,26	0,73
3	4,87	1,96	4,01	12	4,01	4,93	21	0,01	0,01
4	0,34	0,01	0,31	13	0,31	0,02	22	0,00	0,00
5	0,80	0,01	9,09	14	9,09	0,72	23	1,47	1,81
6	5,95	2,36	0,00	15	0,00	0,04	24	1,03	1,52
7	0,15	0,00	0,00	16	0,00	0,00	25	0,00	0,00
8	1,11	1,19	12,36	17	12,36	2,24	26	0,00	0,00
9	0,00	0,00	5,12	18	5,12	0,64	27	2,99	5,35

Tabela 8 - Análise da variância para porcentagem de rejeitos

F. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	5	136,6178	27,3235	3,97**
C	2	1,3478	0,6739	0,10 n.s.
L	2	416,0215	208,0107	30,23**
Ll (+)	1	338,8054	338,8054	49,25**
Lq (-)	1	77,2161	77,2161	11,22**
E	2	527,6268	263,8134	38,35**
E1 (+)	1	506,4000	506,4000	73,61**
Eq	1	21,2268	21,2268	3,08 n.s.
CL	4	23,9828	5,9957	0,87 n.s.
CE	4	24,9506	6,2376	0,91 n.s.
LE	4	188,0851	47,0212	6,83**
L1E1 (+)	1	155,2959	155,2959	22,57**
CLE	6	40,9212	6,8202	0,99 n.s.
Resíduo	24	165,1144	6,8798	-
Total	53	1.524,6680	-	-

s = 2.620

 \bar{x} = 4,69

CV = 55,8

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** " " " 1% "

C = comprimento

L = largura

E = espessura

l = componente linear

q = " quadrático

s = desvio padrão

 \bar{x} = estimativa da média

CV = coeficiente de variação

5.5. Número kappa

Os valores obtidos para o número kappa em cada tratamento e sua respectiva análise estatística, encontram-se nas tabelas 9 e 10.

Tabela 9 - Número kappa dos 27 tratamentos nas duas repetições

Tratamentos	BLOCO 1			BLOCO 2			BLOCO 3		
	1.ª		Tratamentos	1.ª		Tratamentos	1.ª		Tratamentos
	Repetição	2.ª		Repetição	2.ª		Repetição	2.ª	
1	10,2	11,3	10	17,1	25,5	19	19,7	21,2	
2	63,5	72,0	11	10,8	13,1	20	39,6	43,5	
3	54,8	57,7	12	71,7	86,7	21	11,4	12,5	
4	26,6	19,7	13	21,5	18,4	22	10,2	11,6	
5	17,5	12,6	14	68,0	55,4	23	80,5	81,8	
6	93,1	102,0	15	12,5	14,0	24	83,6	76,0	
7	26,0	18,6	16	10,6	13,8	25	14,8	17,0	
8	46,6	56,7	17	73,4	82,2	26	10,4	12,1	
9	9,8	12,2	18	66,7	60,2	27	103,0	102,0	

5.6. Alvura da celulose depurada

Os resultados relativos à alvura da celulose depurada em cada tratamento, bem como sua respectiva análise estatística, encontram-se nas tabelas 11 e 12. Para análise da variância os resultados foram transformados em $\arcsen \sqrt{\text{percentagem}}$ conforme SNEDECOR (1946).

Tabela 11 - Alvura da celulose depurada dos 27 tratamentos nas duas repetições

Tratamentos	BLOCO 1			BLOCO 2			BLOCO 3		
	1.ª		2.ª	1.ª		2.ª	1.ª		2.ª
	Repetição	Repetição	%	Repetição	Repetição	%	Repetição	Repetição	%
1	26,0	24,8	10	22,2	18,0	19	19,8	18,8	
2	11,8	10,5	11	25,8	23,8	20	15,5	15,0	
3	12,0	13,0	12	12,5	10,5	21	26,0	14,5	
4	18,0	19,8	13	19,3	20,3	22	26,3	16,0	
5	22,8	25,0	14	10,0	12,8	23	9,8	10,3	
6	8,0	8,8	15	25,0	22,5	24	10,0	12,5	
7	15,8	18,5	16	25,5	23,0	25	21,3	21,0	
8	12,8	12,3	17	9,8	10,0	26	24,8	27,0	
9	25,5	25,3	18	10,5	13,5	27	9,0	9,8	

Tabela 12 - Análise da variância para alvura da celulose

F. VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	5	11,4467	2,2893	n.s.
C	2	12,0060	6,0030	1,84 n.s.
C1	1	0,7282	0,7282	0,22 n.s.
Cq	1	11,2778	11,2778	3,46 n.s.
L	2	226,3571	113,1785	34,76 **
L1 (-)	1	203,6329	203,6329	62,54 **
Lq (+)	1	22,7242	22,7242	6,98 *
E	2	684,2164	342,1082	105,08 **
E1 (-)	1	641,7920	641,7920	188,83 **
Eg (+)	1	69,4243	69,4243	21,32 **
CL	4	3,0716	0,7679	0,24 n.s.
CE	4	12,9657	3,2414	0,99 n.s.
C1E1	1	10,4676	10,4676	3,21 n.s.
LE	4	126,5994	31,6498	9,72 **
LiE1 (-)	1	76,3267	76,3267	23,44 **
CLE	6	26,9185	4,4864	1,38
Resíduo	24	78,1373	3,2557	-
Total	53	1.181,7187	-	-

s = 1,8043

 \bar{x} = 24,25

CV = 7,4

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** " " " " " 1% " "

C = comprimento

L = largura

E = espessura

l = componente linear

q = " " quadrático

s = desvio padrão

 \bar{x} = estimativa da média

CV = coeficiente de variação

6. DISCUSSÃO

Levando-se em consideração a imprecisão do método manual utilizado na obtenção dos cavacos de bambu, foram observadas algumas variações entre as dimensões estabelecidas e as dimensões médias obtidas, conforme os dados constantes da tabela 2.

As análises das variâncias que se encontram nas tabelas 4, 6, 8, 10 e 12 mostram a influência do comprimento, largura e espessura dos cavacos de bambu no rendimento bruto, rendimento depurado, porcentagem de rejeitos, número kappa e alvura da celulose obtida pelo processo sulfato.

6.1. Rendimento bruto

Pela análise da variância que se encontra na tabela 4, observa-se que as interações lineares entre comprimento e espessura e entre largura e espessura, foram positivas e altamente significativas. Portanto, os maiores valores para rendimento bruto foram obtidos com as dimensões máximas dos cavacos, isto é, 6,0 cm para comprimento, 1,2 cm para largura e 1,0 para espessura.

Esses resultados coincidem com aqueles obtidos por

JANGALGI *et alii* (1969) que salientaram ser o rendimento em celulose influenciado pelas dimensões dos cavacos de bambu.

Por outro lado STONIS (1971) trabalhando com cavacos de Eucaliptus spp. concluiu que o comprimento e largura dos cavacos não influenciaram no rendimento em celulose. Segundo STONIS, a espessura dos cavacos foi a dimensão crítica na obtenção de celulose sulfato.

6.2. Rendimento depurado

Pelos dados da análise da variância da tabela 6 observa-se que as interações duplas entre as dimensões dos cavacos não foram significativas.

Considerando o comprimento e largura dos cavacos verificou-se que os melhores resultados para rendimento em celulose depurada foram obtidos nos tratamentos onde o comprimento e a largura dos cavacos foram máximas, isto é 6,0 e 1,2 cm.

Entretanto, para a espessura dos cavacos os maiores rendimentos depurados foram obtidos com cavacos de 0,6 cm. Nos tratamentos onde a espessura foi de 1,0 cm, o rendimento em celulose depurada decresceu.

Portanto, a espessura dos cavacos de Bambusa vulgaris, é semelhante do que ocorre com os cavacos de madeira, foi a dimensão crítica que influiu no rendimento em celulose.

Esse resultado coincide com aqueles obtidos por BACKMAN (1944) HARTLER e ONSKO (1962) e COLOMBO *et alii* (1964) que trabalhando com cavacos de madeira salientaram que a espessura de 0,3 cm, é a mais indicada na obtenção de celulose.

Portanto a espessura dos cavacos de bambu para se obter o maior rendimento foi de 0,6 cm, enquanto para cavacos de madeira foi de 0,3 cm. Essas diferenças existem provavelmente por se tratar de matérias primas anatomicamente diferentes.

Os rendimentos depurados variaram desde 42,20%, obtido com cavacos de 6,0 x 0,8 x 0,6 cm até 29,96%, obtido com cavacos de 1,5 x 0,4 x 1,0 cm.

Considerando todos os tratamentos, o rendimento médio em celulose depurada foi de 37,31%, considerado baixo, pois CIARAMELLO e AZZINI (1970) trabalhando nas mesmas condições com a mesma matéria-prima obtiveram 40,47%.

Entretanto, conforme os trabalhos de NOLAN (1959) e CHESLEY e ROBERTSON (1944) o rendimento em celulose depurada pode descrever até 11% quando se utilizam cavacos secos com dimensões reduzidas.

No presente trabalho foram utilizados, em alguns tratamentos, cavacos secos com dimensões reduzidas. Os teores de umidade estiveram entre os limites de 17% nos cavacos maiores, e 6% nos cavacos menores.

6.3. Porcentagem de rejeitos

As maiores porcentagens de rejeitos foram determinadas nos tratamentos onde as dimensões dos cavacos para largura e espessura foram, respectivamente, de 1,2 e 1,0 cm. Isso porque a interação linear entre largura e espessura foi positiva e altamente significativa, conforme os dados da análise da variância da tabela 3.

O comprimento dos cavacos, levando-se em consideração as dimensões estudadas, não influenciou na porcentagem de rejeitos. Esse resultado coincide com a citação de BORLEW e MULLER (1970) e STONIS (1971) que afirmaram ser a porcentagem de rejeitos não influenciada pelo comprimento dos cavacos de madeira.

6.4. Número kappa

Conforme salientou BARRICHELO (1971), o número

kappa está relacionado com o teor de lignina residual que acompanha as fibras.

Os menores valores para o número kappa foram obtidos nos tratamentos onde o comprimento, a largura e a espessura dos cavacos foram respectivamente 1,5, 0,4 e 0,2 cm.

O valor mais elevado para o número kappa foi determinado quando se utilizaram cavacos com 6,0 x 1,2 x 1,0 cm, pois pela análise da variância da tabela 10, as interações lineares entre comprimento e largura, comprimento e espessura, e entre largura e espessura foram positivas e altamente significativas.

6.5. Alvura da celulose depurada

Pelos dados da análise da variância da tabela 12 observa-se que os menores valores para a alvura da celulose foram obtidos nos tratamentos onde os cavacos apresentaram dimensões máximas para a largura e espessura isto é, 1,2 x 1,0 cm. O comprimento dos cavacos, considerando as dimensões de 1,5, 3,0 e 6,0 cm, não influenciou na alvura da celulose.

Os maiores valores para a alvura da celulose foram determinados nos tratamentos onde a largura e espessura dos cavacos foram respectivamente 0,4 e 0,2 cm.

7. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos podem ser tiradas as seguintes conclusões:

a) Os rendimentos mais elevados em celulose bruta e depurada foram determinados nos tratamentos onde as dimensões dos cavacos de bambu foram respectivamente de 6,0 x 0,6 x 1,0 cm e 6,0 x 0,3 x 0,6 cm, para comprimento largura e espessura.

b) Os maiores rendimentos em celulose depurada foram obtidos quando se utilizaram cavacos de bambu com 0,6 cm de espessura.

c) Nos tratamentos onde a espessura dos cavacos de bambu foi de 1,0 cm, o rendimento depurado decresceu.

d) A espessura dos cavacos de Bambusa vulgaris Schrad, foi a dimensão crítica que influenciou no rendimento em celulose depurada obtida pelo processo sulfato.

e) Considerando as dimensões estudadas, o comprimento dos cavacos de bambu não influenciou na porcentagem de rejeitos e alvura da celulose.

f) A maior quantidade de rejeitos e o menor valor para alvura da celulose, foram obtidos quando se utilizaram cavacos com 1,2 cm para largura e 1,0 cm para espessura.

g) O número kappa mais elevado foi obtido quando se utilizarar cavacos de bambu com as dimensões de 6,0 x 1,2 x 1,0 cm.

h) Tendo em vista a produção de celulose sulfato (kraft) a partir de Barbusa vulgaris Schrad, os melhores resultados em termos de rendimento depurado, percentagem de rejeitos, número kappa e alvura da celulose, foram obtidos com cavacos de 6,0 x 0,8 x 0,6 cm. Os valores médios determinados para essas características foram respectivamente, 42,20%, 1,15%, 51,60 e 12,50%.

8. SUMMARY

The influence of chip dimensions of Barbusa vulgaris Schrad, on the total yield, percentage of screenings, kappa number and pulp brightness was determined by using the sulphate process.

The chip dimensions studied were:

Length	Width	Thickness
1,5 cm	0,4 cm	0,2 cm
3,0 "	0,8 "	0,6 "
6,0 "	1,2 "	1,0 "

The experimental design followed the factorial 3 x 3 x 3, with two repetitions.

The basic density, void volume, dimensions of fibers and chemical composition of the bamboo utilized in this work were determined.

The best results in terms of screening yield, percentage of screenings, kappa number and pulp brightness were obtained with chip dimensions of 6,0 x 0,8 x 0,6 cm. The average values for these characteristics were respectively 42,20%, 1,15%, 51,60 and 12,50%.

9. LITERATURA CITADA

- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, São Paulo, 1969. Normas de ensaio.
- BACKMAN, A., 1946. The influence of the thickness of chips upon pulp yield and pulp quality in pulping with parallelliped-shaped chips. Paper and Timber. Helsinki, 28:200-208.
- BANTHIA, K.M. e N.D. MISRA e A.V. RAO e G.M. RAO, 1969. Towards higher yield pulps from bamboo. Indian Pulp and Paper Technical Association. Bombay, 6:14-17.
- BARRICHELO, L.E.C., 1971. O uso da madeira de Eucalyptus saligna Smith na obtenção de celulose pelo processo bissulfito-base magnésio. Piracicaba, ESALQ/USP, 85 p. (Tese de Doutorado).
- BORLEV, P.B. e R.L. MULLER, 1970. Chip thickness. A critical dimension in kraft pulping. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. New York, 53:2107-2111.
- BRASIL. Programa Nacional de Papel e celulose, 1974.
- CIARAMELLO, D e A. AZZINI, 1970. Barbu como matéria-prima para papel. I Estudos sobre o emprego de Bambusa vulgaris,

- Bambusa vulgaris var. vittata e Bambusa oldhami, na produção de celulose sulfato. O Papel. São Paulo, 32:33-40.
- CHESLEY, K.C. e N.F. ROBERTSON, 1944. The effect of small chip sizes in sulphate pulping. Svensk Papperstidning. Estocolmo, 27:368-379.
- COLOMBO, D.C. e A.P. CORBETTA e G. RUFINI, 1964. The influence of thickness of chips on pulps properties in kraft cooking. Svensk Papperstidning, Stockholm, 67:495-505.
- FOELKEL, C.E. e L.E.G. BARRICHELO e M.A.B. BRASIL, 1972. Métodos para a determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. O Papel. São Paulo, 33:57-61.
- FOELKEL, C.E. e L.E.G. BARRICHELO, 1975. Relação entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. O Papel. São Paulo, 36:49-53.
- GOMES, F.P., 1963. Curso de Estatística Experimental. 2ª Edição. Piracicaba, ESALQ/USP, 384 p.
- HARTLER, N e W. ONISKO, 1962. The interdependence of chip thickness, cooking temperature and screenings in kraft cooking of pine. Svensk Papperstidning. Stockholm, 65:896-905.
- JANGALGI, N.R. e M.B. JAUNRI e R.D. AGARWAL e N.S. JASPAL e R.L. BHARGAVA, 1969. Improve yield at the West Coast Paper Mills. Indian Pulp and Paper Technical Association. Bombay, 6:17-23.
- KLEINERT, T.N. e L.M. MARRACCINI, 1965. Distribution of chemicals in commercial wood chips. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. New York, 48:159-165.
- NOLAN, W.J., 1959. The importance of chip moisture in kraft pulping. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. New York, 42:320-327.
- PANDA, A., 1969. Theoretical approaches to improvement of pulp yield by sulphate pulping. Indian Pulp and Paper Technical Association. Bombay, 6:37-41.

- PEREIRA, R.A.G., 1969. Estudo comparativo das propriedades físico-mecânicas da celulose sulfato de madeira de Eucalyptus saligna Smith. Eucalyptus alba Reinw e Eucalyptus grandis Hill ex Maiden. Piracicaba, ESALQ/USP, 129 p. (Tese de Doutorado).
- SINGH, K. 1952. Studies on the penetration of cooking liquors into bamboo chips. Journal Applied of Chemistry. New York 2:299-681.
- SNEDECOR, G.M., 1946. Statistical Methods. Ames, The Iowa State College Press. 485 p.
- STONIS, A., 1971. Considerações sobre cozimento de eucalipto pelo processo sulfato em relação ao tamanho dos cavacos. O Papel. São Paulo, 32:29-33.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry, New York, 1968. Testing methods and recommended practices.

10. APÊNDICE

A seguir são apresentados os valores encontrados nas determinações da densidade básica, volume de vazios, dimensões das fibras e análise químicas quantitativas dos colmos de bambu.

10.1. Densidade básica dos cavacos

Na tabela 13 encontram-se valores obtidos para densidade básica dos cavacos de bambu, em cada tratamento.

Tabela 13 - Densidade básica dos cavacos em cada tratamento

Tratamento	Valores em g/cm ³				Coeficiente de Variação(%)
	Médio	Máximo	Mínimo	Desvio	
1	0,619	0,895	0,361	0,067	24,39
2	0,588	0,826	0,425	0,056	21,71
3	0,567	0,717	0,473	0,031	12,42
4	0,608	0,814	0,468	0,050	18,52
5	0,558	0,784	0,368	0,049	19,76
6	0,586	0,726	0,433	0,044	16,87
7	0,526	0,761	0,407	0,037	16,01
8	0,574	0,687	0,483	0,029	11,30
9	0,583	0,812	0,392	0,051	19,71
10	0,551	0,761	0,409	0,041	16,64
11	0,567	0,805	0,351	0,070	27,93
12	0,547	0,639	0,481	0,023	9,39
13	0,487	0,620	0,358	0,035	16,03
14	0,559	0,706	0,473	0,028	11,51
15	0,596	0,791	0,367	0,063	23,94
16	0,565	0,829	0,344	0,071	28,43
17	0,549	0,643	0,446	0,029	11,99
18	0,531	0,722	0,423	0,039	16,47
19	0,516	0,599	0,408	0,030	12,98
20	0,580	0,632	0,498	0,016	6,30
21	0,608	0,822	0,348	0,060	22,24
22	0,601	0,784	0,263	0,070	26,31
23	0,517	0,571	0,427	0,020	8,84
24	0,539	0,667	0,396	0,033	13,88
25	0,563	0,662	0,467	0,024	9,51
26	0,537	0,735	0,332	0,061	25,86
27	0,521	0,605	0,432	0,023	9,91
Valores médios	0,561	0,727	0,409	-	-

10.2. Volume de vazios dos cavacos

Na tabela 14, encontram-se as porcentagens dos volumes de vazios dos cavacos de bambu, em cada tratamento.

Tabela 14 - Volume de vazios dos cavacos em cada tratamento

Tratamentos	Valores em porcentagem				Coeficiente de Variação
	Médio	Máximo	Mínimo	Desvio	
1	59,72	76,51	41,77	4,35	16,44
2	61,78	72,35	46,26	3,67	13,43
3	63,12	69,22	53,35	2,03	7,25
4	60,45	69,55	47,04	3,24	12,12
5	63,72	76,06	48,99	3,17	11,25
6	61,84	71,83	52,76	2,85	10,40
7	65,76	73,52	50,49	2,43	8,33
8	62,67	68,57	55,30	1,87	6,72
9	62,04	74,49	47,17	3,31	12,05
10	64,15	73,39	50,49	2,64	9,29
11	63,14	77,16	47,62	4,56	16,30
12	64,40	68,70	58,42	1,48	5,19
13	68,31	76,71	59,60	2,25	7,43
14	63,61	69,22	54,06	1,85	6,58
15	61,20	76,12	48,53	4,11	15,17
16	63,24	77,62	46,06	4,63	16,52
17	64,30	70,98	58,16	1,90	6,66
18	65,43	72,48	53,02	2,52	8,70
19	66,41	73,45	61,03	1,93	6,56
20	62,29	67,60	58,88	1,05	3,81
21	60,46	77,36	46,52	3,89	14,54
22	60,91	82,89	48,99	4,55	16,88
23	66,33	72,22	62,85	1,32	4,48
24	64,91	74,23	56,60	2,16	7,50
25	63,38	69,61	56,93	1,54	5,49
26	65,08	78,40	52,18	4,00	13,87
27	66,08	71,89	60,64	1,49	5,08
Valores médio	63,51	73,41	52,73	-	-

10.3. Dimensões das fibras

As dimensões das fibras de Bambusa vulgaris, encontram-se na tabela 15.

Tabela 15 - Dimensões das fibras de Bambusa vulgaris

Valores	Comprimento em milímetros	Largura em microns	Lumen em microns	Espessuras das paredes	
				1. ^a parede	2. ^a parede
Médio	3,07	17,60	4,34	6,63	6,63
Máximo	5,25	50,04	21,60	14,40	14,04
Mínimo	1,05	6,48	1,08	2,88	2,52
Desvio	0,16	-	0,58	0,29	0,27
Coefficiente de Variação(%)	31,44	-	82,32	26,92	28,55

10.4. Análises químicas

Na tabela 16, encontram-se os valores obtidos com as análises químicas dos colmos de Bambusa vulgaris, conforme foi especificado em MATERIAL E MÉTODOS. Esses valores são médias de duas determinações.

Tabela 16 - Análises químicas dos colmos de Bambusa vulgaris

Análises químicas	Valores em porcentagem
Celulose Cross & Bevan	49,2
Lignina	14,5
Pentosanas	22,3
Solubilidade em água quente	15,0
Solubilidade em álcool benzeno	5,2
Solubilidade em NaOH a 1%	33,4
Cinzas	1,8