

Produção conjunta de fibras celulósicas e etanol a partir do bambu

MFN -0526

N CHAMADA:

TITULO: Produção conjunta de fibras celulósicas e etanol a partir do bambu

AUTOR(ES): AZZINI, A.ARRUDA, M.C.Q.CIARAMELLO, D.SALGADO, A.L.B.TOMAZELLO F., M.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 02. Celulose

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 19

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 24-28.11.1986

IMPRESSA: Sao Paulo, 1986, ABTCP

PAG/VOLUME: p.89-100,

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 19, 1986, São Paulo, p.89-100

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO: No presente estudo com *Bambusa vulgaris* Schrad, procurou-se desenvolver um novo processo de utilização do bambu, visando a produção conjunta de etanol e fibras celulósicas para papel. Os rendimentos em fibras celulósicas e etanol foram obtidos em função da idade do colmo (1, 3 e 5 anos) e região de amostragem em cada colmo (base, meio e ponta). Esses rendimentos, bem como outros relacionados com a fração fibrosa, glicose e amido foram determinados após o tratamento dos cavacos desfibrados com solução diluída de ácido sulfúrico. A densidade básica dos colmos foi determinada em cavacos antes do tratamento (ácido ou básico) dos cavacos. Os resultados obtidos mostraram que a produção conjunta de etanol e fibras celulósicas a partir do bambu é tecnicamente possível. Os rendimentos obtidos em fibras celulósicas (46,85 a 56,04 por cento) e etanol (12,77 a 14,79 litros/100 kg de cavacos) foram mais elevados nas regiões mediana e ponta dos colmos mais velhos. Essa mesma tendência foi observada para os teores de glicose (22,80 a 26,41 por cento) e amido hidrolisado (18,99 a 24,27 por cento). Os rendimentos em fibras brutas ou fração fibrosa (69,35 a 76,35 por cento) foi mais elevado nos cavacos provenientes dos colmos mais novos. A densidade básica dos cavacos não variou em função da idade do colmo (0,573 a 0,628 g/cm³), mas em função da região de amostragem (0,528 a 0,683 g/cm³), sendo os cavacos mais densos aqueles das regiões mediana e ponta dos colmos

PRODUÇÃO CONJUNTA DE FIBRAS CELULÓSICAS E ETANOL A PARTIR DO
BAMBU⁽¹⁾

Azzini, A.⁽²⁾; Arruda, M.C.Q.⁽³⁾; Ciaramello, D.; Salgado, A.L.B.
Instituto Agronômico de Campinas - São Paulo - Brasil.

Tomazello Fº, M.

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiros" - Piracicaba -
São Paulo - Brasil.

Resumo

No presente estudo com Bambusa vulgaris, Schrad, procurou-se desenvolver um novo processo de utilização do bambu, visando a produção conjunta de etanol e fibras celulósicas para papel. Os rendimentos em fibras celulósicas e etanol foram obtidos em função da idade do colmo (1,3 e 5 anos) e região de amostragem em cada colmo (base, meio e ponta). Esses rendimentos, bem como outros relacionados com a fração fibrosa, glicose e amido foram determinados após o tratamento dos cavacos desfibrados com solução diluída de ácido sulfúrico. A densidade básica dos colmos foi determinada em cavacos antes do tratamento (ácido ou básico) dos cavacos.

Os resultados obtidos mostraram que a produção conjunta de etanol e fibras celulósicas a partir do bambu é tecnicamente possível. Os rendimentos obtidos em fibras celulósicas (46,85 a 56,04 %) e etanol (12,77 a 14,79 litros/100 Kg de cavacos) foram mais elevados nas regiões mediana e ponta

(1) Trabalho apresentado no 19º Congresso Anual de Celulose e Papel - Semana do Papel, da ABCP, realizado em S. Paulo-SP-Brasil, de 24 a 28 de Novembro de 1986.

(2) Bolsista do C.N.Pq.

(3) Bolsista da FAPESP.

dos colmos mais velhos. Essa mesma tendência foi observada para os teores de glicose (22,80 a 26,41 %) e amido hidrolisado (18,99 a 24,27 %). Os rendimentos em fibras brutas ou fração fibrosa (69,35 a 76,35 %) foi mais elevado nos cavacos provenientes dos colmos mais novos. A densidade básica dos cavacos não variou em função da idade do colmo (0,573 a 0,628 g/cm³), mas em função da região de amostragem (0,518 a 0,683 g/cm³), sendo os cavacos mais densos aqueles das regiões mediana e ponta dos colmos.

1. Introdução

Vários trabalhos de pesquisa encontrados na literatura especializada têm ressaltado as grandes possibilidades do bambu como matéria-prima celulósica para a produção de papel de fibras longas. Os aspectos favoráveis na utilização do bambu estão relacionados, principalmente com suas características agrônômicas, aliadas ao elevado comprimento de suas fibras celulósicas (1,65 a 3,43 mm) que ocupam uma posição intermediária entre as fibras do *Eucalyptus* spp (1,0 mm) e a do *Pinus* spp (3,5 mm).

O bambu, por ser uma espécie de rápido crescimento com elevados níveis de produção agrícola mesmo em condições adversas de clima e solo, vêm despertando o interesse do setor de celulose e papel localizado na Região Nordeste de nosso País, principalmente nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Piauí, Maranhão e Bahia, onde a área reflorestada com bambu ultrapassa dos 40 mil hectares. Apesar da grande potencialidade agrícola do bambu, deve-se ressaltar que seu baixo nível de utilização como matéria-prima celulósica está intimamente ligado a falta de conhecimentos tecnológicos específicos, desde as atividades relacionadas com a produção de biomassa até o processamento industrial de obtenção de fibras celulósicas e manufatura do papel.

O colmo de bambu com 40% de tecido fibroso e 50% de tecido parenquimatoso rico em amido, não deve ser processado convencionalmente na forma de cavacos à semelhança das espécies arbóreas (madeiras), pois a elevada concentração de amido nos cavacos (20 a 35 %) contribui para reduzir o rendimento de conversão em fibras celulósicas e elevar o consumo de reagentes químicos durante a deslignificação dos cavacos. Além disso, os açúcares (glicose) provenientes do desdobramento

do amido são acumulados no licor negro após a deslignificação, elevando sobremaneira sua densidade e viscosidade, dificultando em muito sua movimentação nas várias etapas do processamento. Principalmente por estas razões, o aproveitamento do amido antes da deslignificação dos cavacos é de fundamental importância para uma otimização na produção de fibras celulósicas a partir do bambu.

O objetivo do presente estudo foi determinar os rendimentos em fibras celulósicas e etanol, obtidos após o tratamento dos cavacos desfibrados de bambu com solução diluída (1 % v/v) de ácido sulfúrico, tendo em vista o desenvolvimento de um novo processo de utilização do bambu. Além desses rendimentos, outras determinações como densidade básica dos cavacos, fração fibrosa, glicose e amido foram determinadas.

2. Material e Métodos

No presente estudo optou-se pela espécie Bambusa vulgaris, Schrad, por ser a mais empregada em programas de reflorestamento com bambu, visando a produção de fibras celulósicas para papel. Foram coletados nove colmos com idades de 1, 3 e 5 anos, provenientes da coleção de espécies mantida pela Seção de Plantas Fibrosas no Centro Experimental de Campinas.

No laboratório, as amostras provenientes das diferentes regiões de cada colmo (base, meio e ponta) foram transformadas em cavacos com auxílio de um picador semi-industrial específico para bambu. Os materiais picados de acordo com a idade e região do colmo foram previamente selecionados, considerando apenas os cavacos provenientes dos internódios do colmo. A amostragem para a execução do presente estudo foi obtida a partir desses cavacos selecionados e homogêneos quanto a espessura da parede do colmo. O método para a determinação da densidade básica e as condições de tratamento dos cavacos para as determinações da fração fibrosa, fibras celulósicas, glicose, amido e etanol serão expostas a seguir:

2.1. Densidade básica

A densidade básica dos cavacos foi determinada pelo método do Máximo Teor de Umidade, conforme preconizou FOELKEL et alii (1971).

2.2. Condições de hidrólise do amido existente nos cavacos de bambu e sua determinação

As diferentes amostras de cavacos de bambu, após o desfibramento axial até dimensões próximas de 3 cm de comprimento e 2 mm de espessura foram submetidos a um tratamento com ácido sulfúrico diluído, com a finalidade de hidrolisar ou desdobrar em glicose, o amido presente nos cavacos de bambu, preservando suas frações fibrosas para serem convertidas em fibras celulósicas. As condições desse tratamento com relação a concentração de ácido sulfúrico (1,0 % base volume), tempo de reação sob refluxo em chapa de aquecimento (120 min.) e relação entre o peso seco da amostra e volume da solução (1:30), foram estabelecidas após diversos estudos preliminares, onde se procurou preservar ao máximo a integridade física dos cavacos desfibrados.

Após o tratamento dos cavacos desfibrados com solução diluída de ácido sulfúrico, determinou-se na fração hidrolisada a concentração de glicose, que inclui a glicose proveniente do desdobramento do amido e os açúcares (glicose) existentes nos cavacos antes do tratamento ácido. Esses açúcares existentes nos cavacos foram dosados como glicose através de uma prova em branco substituindo-se a sol. diluída de ácido pela água destilada.

O teor de amido foi calculado em função da concentração de glicose proveniente da hidrólise do amido, após o tratamento dos cavacos (amido hidrolisado) e da seragem (amido no colmo), conforme metodologia adaptada por AZZINI & ARRUDA (1985).

2.3. Rendimento em etanol

O rendimento em etanol (litros/ 100 Kg de cavacos) foi obtido teoricamente, multiplicando-se a concentração de glicose fermentecível pelo fator de conversão de glicose para etanol (0,56). Esse fator foi obtido, considerando os níveis normais de fermentação (90 %), destilação (95 %), densidade do etanol a 25°C (0,785 g/cm³) e dos pesos moleculares da glicose (180 g) e etanol (46 g).

2.4. Rendimentos da fração fibrosa e fibras celulósicas.

Após o tratamento dos cavacos desfibrados com solução diluída de ácido sulfúrico, as frações fibrosas resultantes foram lavadas sob peneira de malha fina para retirar o excesso da solução ácida. A seguir, essas frações foram secas em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ até peso constante. O rendimento da fração fibrosa ou fibras brutas foi calculado pela relação percentual entre o peso seco dessas fibras e o peso seco da amostra inicial de cavacos desfibrados.

As fibras celulósicas de interesse à manufatura de papel foram obtidas a partir das frações fibrosas após suas deslignificações ácida e básica. Na deslignificação ácida as amostras foram tratadas com solução composta de ácido acético glacial (50 %), água destilada (10 %) e água oxigenada (40 %). O tratamento alcalino foi com solução de hidróxido de sódio a 5 % de concentração. Esses tratamentos, tanto ácido como básico, foram mantidos em banho-maria até completa individualização das fibras celulósicas e outros elementos anatômicos. A seguir, as fibras celulósicas foram lavadas sobre peneira de malha fina (120 mesh) e secas em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ até peso constante. A relação percentual entre o peso seco das fibras celulósicas e o peso seco da amostra inicial de cavacos desfibrados forneceu o rendimento em fibras celulósicas.

3. Resultados e discussão

A densidade básica dos cavacos de bambu e os rendimentos das frações fibrosas e fibras celulósicas em função da idade (1,3 e 5 anos) e região do colmo (base, meio e ponta), são apresentados nos quadros 1 e 2.

A densidade básica dos cavacos não variou significativamente em função da idade do colmo ($0,573$ a $0,628$ g/cm^3), salientando que os colmos de B. vulgaris, a partir de um ano de idade completaram sua maturidade fisiológica, principalmente com relação a sua lignificação e desenvolvimento em altura. Esses dados coincidem com as observações de ITOH & SHI-MAJI (1981) que constataram que a lignificação dos colmos de bambu se processa gradativamente com seu crescimento axial até o aparecimento das folhas, quando atinge o nível máximo. A partir daí, a lignificação dos tecidos não se altera com a idade

do colmo. Para a espécie B. vulgaris, o desenvolvimento em altura dos colmos se completa em aproximadamente seis meses, aparecendo a seguir as ramificações laterais e fôlhas. O ciclo vegetativo dos colmos é de sete anos, fim dos quais perdem a coloração esverdeada, secam e gradativamente se deterioram.

Quadro 1. Densidade básica do colmo e rendimentos da fração fibrosa e fibras celulósicas em função da idade do colmo de bambu. Médias de cinco repetições.

| Determinações (1) | Idade do colmo | | | Teste F | Tukey (5%) | C.V. (%) |
|---------------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------------|-------------|
| | 1 ano | 3 anos | 5 anos | | | |
| Densidade básica (g/cm ³) | 0,573 | 0,628 | 0,619 | 1,96 ns | - | 13,16 |
| Fração fibrosa (%) | 76,13 a | 75,34 a | 69,35 b | 11,04** | 3,95 | 6,64 |
| Fibras celulósicas | | | | | | |
| - deslignificação ácida (%) | 50,73 a | 48,32 b | 48,89 b | 19,39** | 2,18 | 5,48 |
| - deslignificação básica (%) | 55,16 | 54,09 | 53,80 | 1,59 ns | - | 4,43 |

(**) Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

(1) Valores relacionados com peso seco inicial da amostra.

Quadro 2. Densidade básica do colmo e rendimentos da fração fibrosa e fibras celulósicas em diferentes regiões do colmo de bambu. Médias de cinco repetições.

| Determinações (1) | Regiões do colmo | | | Teste F | Tukey (5%) | C.V. (%) |
|---------------------------------------|------------------|---------|---------|---------|------------|----------|
| | base | meio | ponta | | | |
| Densidade básica (g/cm ³) | 0,518 c | 0,619 b | 0,683 a | 47,34** | 0,041 | 7,63 |
| Fração fibrosa (%) | 76,35 | 72,81 | 72,16 | 2,97 ns | - | 7,52 |
| Fibras celulósicas | | | | | | |
| - deslignificação ácida (%) | 51,26 a | 49,86 a | 46,85 b | 19,39** | 1,76 | 4,44 |
| - deslignificação básica (%) | 56,04 a | 54,44 a | 52,57 b | 13,41** | 1,62 | 3,70 |

(**) Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

(1) Valores relacionados com o peso seco inicial da amostra.

Quanto às regiões do colmo (base, meio e ponta), a densidade básica dos cavacos variou de 0,518 a 0,683 g/cm³, sendo os maiores valores obtidos nas regiões mediana e ponta do colmo. Esses valores são semelhantes àqueles obtidos com o eucalipto (0,530 g/cm³) e superiores aos do pinus (0,412 g/cm³), conforme dados obtidos por BARRICHELLO & BRITO (1976).

As frações fibrosas ou fibras brutas obtidas após a hidrólise do amido existente nos cavacos, variaram com a idade dos colmos de 69,35 a 76,13 % (quadro 1), sendo os menores valores obtidos em colmos com 5 anos de idade. Para as diferentes regiões do colmo (base, meio e ponta) não houve diferenças significativas entre os rendimentos da fração fibrosa (72,16 a 76,35 %) (quadro 2). Esses dados ressaltam que o tratamento dos cavacos com solução diluída (1,0%) de ácido sulfúrico, apenas desdobrou o amido em glicose, não alterando a a-

parência física dos cavacos. Após esse tratamento, observou-se apenas um leve escurecimento dos cavacos.

Os rendimentos em fibras celulósicas foram quantificados após as deslignificações ácida e alcalina das frações fibrosas. No tratamento ácido, onde o nível de lignina residual nas fibras celulósicas foi praticamente nulo, os rendimentos, tanto em função da idade como da região do colmo, variaram de 46,85 a 51,26 % (quadros 1 e 2), sendo os menores valores obtidos nas extremidades dos colmos com 5 anos de idade. Na deslignificação básica, os rendimentos obtidos foram ligeiramente superiores aos do tratamento ácido (52,57 a 56,04 %), com a mesma tendência, de menor quantidade de fibras celulósicas nas extremidades dos colmos.

Nos quadros 3 e 4, são apresentados os teores médios de glicose, amido e etanol, obtidos após o tratamento dos cavacos com solução diluída de ácido sulfúrico.

Pelos dados obtidos, observou-se que a concentração de glicose na fração hidrolisada após a sacarificação do amido pela solução ácida diluída variou em função da região do colmo (23,36 a 26,41 %) e idade (22,80 a 25,58 %) sendo os valores mais elevados obtidos nas regiões mediana e extremidade dos colmos com 3 e 5 anos de idade. Nessas determinações estão incluídos os açúcares (dosados como glicose) existentes nos cavacos desfibrados antes do tratamento com ácido diluído. A concentração desses açúcares foi de 1,61 a 1,70% e de 1,52 a 1,80 %, respectivamente em função das diferentes regiões e idades dos colmos.

Os teores de amido hidrolisado ou desdobrado após o tratamento dos cavacos, variaram com a idade (19,65 a 22,29 %) e região do colmo (18,99 a 24,27 %), sendo os valores mais elevados fornecidos pelas regiões da ponta dos colmos com 3 e 5 anos de idade. Com esse tratamento à base de ácido sulfúrico diluído a 1% de concentração, foi possível eliminar de 83 a 85 % do amido existente nos cavacos de bambu. A concentração de amido observada nos cavacos antes do tratamento ácido foi de 25,48 a 26,01 % em função das idades e de 22,80 a 28,51% em função das regiões do colmo. Esses dados mostraram que o teor de amido no colmo não foi influenciado pela idade, mas pela região de amostragem, sendo a região basal do colmo a que apresentou a menor concentração de amido.

Quanto ao rendimento em etanol, os resultados obtidos variaram em função da idade do colmo (13,08

a 14,79 litros/100 Kg de cavacos) e região de amostragem (12,77 a 14,32 litros/100 Kg de cavacos). Esses rendimentos alcoólic^os em conjunto com os rendimentos em fibras celulósicas (46,85 a 56,04 %) evidenciaram a grande potencialidade do bambu como matéria-prima industrial, para a produção conjunta de energia e fibras celulósicas para papel. Esse novo processo de utilização do bambu é mais competitivo que o processo convencional na forma de cavacos cujos rendimentos em fibras celulósicas variaram de 37 a 42 %, conforme dados encontrados na literatura especializada.

Quadro 3. Teores de glicose, amido e etanol em função da idade do colmo de bambu. Médias de três repetições.

| Determinações (1) | Idade do colmo | | | Teste F | Tukey (5%) | C.V. (%) |
|-----------------------------------|----------------|----------|---------|---------|------------|----------|
| | 1 ano | 3 anos | 5 anos | | | |
| Glicose nos cavacos (%) | 1,52 | 1,80 | 1,65 | 2,05 ns | - | 17,41 |
| Glicose na fração hidrolisada (%) | 23,36 b | 25,54 ab | 26,41 a | 3,55* | 2,85 | 14,10 |
| Amido hidrolisado (%) | 19,65 | 21,03 | 22,29 | 1,37 ns | - | 16,07 |
| Amido no colmo (%) | 25,48 | 25,92 | 26,01 | 0,06 ns | - | 13,16 |
| Etanol (litros/100 Kg de cav.) | 13,08 b | 14,03 ab | 14,79 a | 3,54* | 2,85 | 14,10 |

(*) Significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

(1) Valores relacionados com o peso seco inicial da amostra.

Quadro 4. Teores de glicose, amido e etanol obtidos em diferentes regiões do colmo de bambu. Médias de três repetições.

| Determinações (1) | Região do colmo | | | Teste F | Tukey (%) | C.V. (%) |
|-----------------------------------|-----------------|----------|---------|----------|-----------|----------|
| | base | meio | ponta | | | |
| Glicose nos cavacos (%) | 1,70 | 1,66 | 1,66 | 0,21 ns | - | 18,67 |
| Glicose na fração hidrolisada (%) | 22,80 b | 24,93 ab | 25,58 a | 22,15 ** | 2,23 | 11,01 |
| Amido hidrolisado (%) | 18,99 b | 19,71 b | 24,27 a | 11,34 ** | 3,01 | 12,16 |
| Amido no colmo (%) | 22,80 b | 26,10 a | 28,51 a | 13,64 ** | 2,74 | 9,02 |
| Etanol (litros/100 Kg de cav.) | 12,77 b | 13,40 ab | 14,32 a | 22,15 ** | 2,23 | 11,01 |

(**) Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

(1) Valores relacionados com o peso seco inicial da amostra.

4. Conclusões

Considerando as condições específicas em que o presente estudo foi conduzido, pode-se tirar as seguintes conclusões:

a) A densidade básica dos cavacos de Bambusa vulgaris, Schrad, não variou em função da idade do colmo (0,573 a 0,628 g/cm³) mas em função da região de amostragem no colmo (0,518 a 0,683 g/cm³), sendo os cavacos mais densos aqueles provenientes das regiões mediana e ponta dos colmos:

b) Os rendimentos da fração fibrosa (69,35 a 76,35 %) e fibras celulósicas (46,85 a 56,04 %) foram mais elevados nas regiões basal e mediana dos colmos mais novos, principalmente com relação a deslignificação ácida, onde o nível de lignina residual nas fibras foi praticamente nulo;

c) Os teores de glicose (22,80 a 26,41 %), amido (18,99 a 24,27 %) e etanol (12,77 a 14,79 litros/ 100 Kg de cavacos), foram mais elevados em cavacos das extremidades dos colmos;

d) O tratamento dos cavacos desfibrados com solução diluída de ácido sulfúrico (1,0 % de concentração-base volume) não alterou o aspecto físico dos cavacos, apenas tornando-os levemente escurecidos. Com esse tratamento foi possível retirar de 83 a 85 % do amido existente nos cavacos de bambu, permanecendo a fração fibrosa dos cavacos praticamente inalterada;

e) Com a execução do presente estudo, demonstrou-se a viabilidade técnica de um novo processo de utilização do bambu, tendo em vista a produção conjunta de etanol e fibras celulósicas para papel.

5. Literatura citada

1. AZZINI, A. & QUEIROZ, M.C. Método de determinação de açúcares aldeídicos a partir do amido de bambu. Bragantia, Campinas, 44(1): 411 - 416, 1985.
2. AZZINI, A. & ARRUDA, M.C.Q. Sacarificação da serragem de bambu, visando o estabelecimento de um método de determinação de amido. Bragantia, Campinas, 41(1): , 1986.
3. BARRICHELLO, L.E.G. & BRITO, J.O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para produção de celulose sulfato branqueada. IPEF, Piracicaba, 13: 9 - 37, 1976.

4. FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M. & BARRICHELLO, L.E.G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. IPEP, Piracicaba, 213: 65 - 74, 1971.

5. ITOH, T. & SHIMAJI, K, Lignification of bamboo culm (phyllostachys pubescens) during its growth and maturation. In XVII Congresso "The International Union of Forestry Research Organization (IUFRO), World Congress Kyoto, Japan : 104 - 110, 1981.