

Influência da procedência das espécies de *Eucalyptus* sp. sobre os parâmetros de polpação kraft

Regina Maria Gomes ¹; Renato de Oliveira Baptista ²; Eduardo Leite de Almeida ³; Isabela Silva Filizola ⁴; Elias Costa de Souza ¹; Francides Gomes da Silva Jr. ⁵

¹ Doutorando(a) em Recursos Florestais ESALQ/USP; ² Mestre em Recursos Florestais ESALQ/USP; ³ Graduando em Engenharia Florestal ESALQ/USP; ⁴ Estagiária LQCE - ESALQ/USP; ⁵ Professor Associado ESALQ/USP

Resumo: O setor florestal brasileiro é competitivo devido à alta produtividade dos povoamentos, principalmente em razão das condições climáticas favoráveis à essa atividade. Isso contribui para que, além do rápido crescimento, o estabelecimento desses plantios apresenta um baixo custo de produção em comparação a outros países. Porém, no Brasil, as espécies de *Eucalyptus* sp. mais utilizadas apresentam características tecnológicas aquém das observadas em povoamentos estudados de outros países. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi comparar materiais oriundos de plantios nacionais com espécies de *Eucalyptus* sp. provenientes de outros países. Observou-se que, no processo industrial, as espécies nacionais exigiram maiores temperaturas e carga de álcali para atingirem o mesmo grau de deslignificação que as demais, além de resultarem em rendimentos inferiores.

Palavras-chave: Qualidade da madeira, *Eucalyptus globulus*, *E. nitens*, híbridos de eucalipto.

Influence of provenance in *Eucalyptus* sp. on kraft process parameters

Abstract: The Brazilian forest sector is competitive due to the high productivity of the stands, mainly due to the climatic conditions favorable to this activity. This contributes to the fact that, in addition to the rapid growth, the establishment of these plantations presents a low cost of production compared to other countries. However, in Brazil, the species of *Eucalyptus* sp. most used have technological characteristics lower than those observed in stands studied in other countries. Therefore, the objective of the present work was to compare materials from Brazilian plantations with species of *Eucalyptus* sp. from other countries. It was observed that, in the industrial process, the Brazilian species required higher temperatures and alkali load to reach the same delignification rate as the others, besides resulting in lower yields.

Keywords: Wood quality, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens*, hybrids of eucalyptus.



1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil ocupa a segunda posição entre os maiores produtores mundiais de celulose. Sendo que em 2018, foram produzidos 19,5 milhões de toneladas de polpa celulósica (IBÁ,2018). Embora, o Brasil venha apresentando nas últimas décadas incrementos na produtividade das florestas de *Eucalyptus* sp., as matérias primas utilizadas pelas indústrias distribuídas pelo país ainda apresentam características bem diversas e que comportam de maneira distintas frente aos processos de polpação, conforme pode ser observado nos trabalhos de Gomide et al. (2005); Gomide et al. (2010); Fantuzzi Neto (2012).

Segundo Duarte (2007), entre as principais espécies utilizadas para produção de polpa celulósica, destaca-se no Brasil clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, em Portugal o *E. globulus* e no Chile *E. globulus* e *E. nitens*. Tais espécies apresentam diferenças que vão desde os aspectos silviculturais até as propriedades dos produtos obtidos.

Este estudo tem como objetivo realizar a comparação tecnológica de 6 materiais de eucalipto de diferentes origens, frente ao processo de polpação kraft.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do material

Para a realização deste trabalho foram utilizados 6 materiais, em idade comercial de corte, de diferentes origens, a saber: B1, B2 e B3, clones comerciais de *Eucalyptus* sp. originários do Brasil; NC (*Eucalyptus nitens*) e GC (*Eucalyptus globulus*) originários do Chile, e GP (*E. globulus*) originário de Portugal.

Os cavacos foram amostrados e preparados segundo a norma TAPPI T 257 cm 85, em seguida foram determinados: a densidade básica (NBR 11941:2003), os teores de lignina total (TAPPI T222 om-98, adaptada), extrativos totais (TAPPI T264 cm-97). O teor de holocelulose foi calculado pela diferença (100 - teor de lignina + teor de extrativos).

2.2 Processo de polpação

Os cozimentos convencionais foram conduzidos em digestor laboratorial tipo TSI utilizando-se 800 g. de cavaco, sulfidez do licor igual a 30%, tempo de cozimento de 60 minutos



até atingir a temperatura máxima e 120 minutos na temperatura máxima. A carga de álcali e temperatura foram variáveis para cada material, visando polpa com número Kappa 18 ($\pm 0,9$); álcali ativo residual entre 7 e 10 g. L⁻¹ e pH final do licor negro maior ou igual a 11,0.

Ao final de cada cozimento a polpa foi descarregada e lavada até a remoção completa do licor, em seguida foi desagregada em *hidrapulper* laboratorial, acondicionada em sacos de microfibras, centrifugada e se determinou o rendimento bruto (Relação entre massa seca de polpa produzida e massa seca de madeira). Na sequência a polpa foi depurada em depurador laboratorial com fenda de 0,2 mm; após esta etapa, os rejeitos foram coletados na superfície da tela e secos em estufa a 103 ± 2 °C, determinou-se o teor de rejeitos (Relação entre massa seca de rejeitos e massa seca de madeira) e o rendimento depurado (Diferença entre rendimento bruto e teor de rejeitos). E posterior à depuração, a polpa celulósica foi centrifugada e armazenada para determinação do número kappa (TAPPI T 236 om-99).

O licor negro foi coletado ao final de cada cozimento e estas amostras foram analisadas quanto ao álcali ativo residual e pH final (SCAN N 33:94), teor de sólidos totais (TAPPI T 650 om-89) e o teste de formação de espuma que foi feito por uma adaptação do Teste de Ross-Miles (1941).

3. RESULTADOS

Os dados referentes à caracterização dos materiais estão apresentados na Tabela 1.

As condições e resultados dos processos de polpação são apresentados na Tabela 2. Na Figura 1 apresenta-se a relação entre rendimento e teor de sólidos e na Figura 2 são apresentados os resultados do teste de formação de espuma.

Tabela 1. Caracterização dos materiais

Material	DB (g.cm-3)	LT (%)	Ext (%)	Holo (%)
B1	0,500	27,98	4,85	67,17
B2	0,522	27,36	2,58	70,06
B3	0,454	28,20	3,34	68,46
NC	0,490	25,78	3,76	70,46
GC	0,551	24,13	3,03	72,84
GP	0,563	25,38	3,63	70,99

DB = densidade básica, g/cm³; LT = teor de lignina total, %; Ext = teor de extrativos totais, %;

Holo = teor de holocelulose, %.

Tabela 2. Condições de polpação kraft e resultados obtidos na análise das polpas produzidas e do licor negro gerado.

Parâmetro	Material					
	B1	B2	B3	NC	GC	GP
AAA (% como NaOH)	20,0	19,5	20,0	19,0	17,5	17,5
Temperatura (°C)	162	160	162	158	155	155
Fator H	1045	881	1045	745	573	573
Número Kappa	17,7	18,3	17,6	17,4	18,6	18,6
RB. (%)	50,1	50,2	49,6	53,5	56,3	59,7
T.R. (%)	0,	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
R.D. (%)	50,1	49,9	49,6	53,6	56,3	59,7
AAR (g/L como NaOH)	10,0	9,1	9,4	7,7	8,9	8,6
pH final	11,1	12,1	11,2	11,5	11,6	11,2
Teor de sólidos (%)	14,3	14,0	14,9	14,0	13,3	12,9

AAA = carga de álcali ativo aplicado, % como NaOH; R.B. = Rendimento bruto, %; T.R. = Teor de rejeitos, %; R.D. = Rendimento depurado, %; AAR = concentração de álcali ativo residual, g/L como NaOH.

Figura 1. Relação entre rendimento bruto e teor de sólidos totais no licor.

Figura 2. Teste de formação de espuma dos licores negros obtidos ao final de cada processo de polpação.

4. DISCUSSÃO

Em termo de caracterização, os materiais empregados neste trabalho apresentaram densidade básica variando entre 0,454 e 0,563 g/cm³, teor de lignina entre 24,3 e 28,20% e teor de extrativos variando entre 2,58 e 4,85%, resultados estes que dentro da faixa encontrada por Gomide et al. (2010), em estudo sobre polpação kraft utilizando 70 amostras de eucaliptos plantados em diferentes regiões do Brasil, observou densidade variando de 0,429 a 0,555 g/cm³, lignina entre 23,3 e 30,9% e extrativos variando de 1,24 a 7,29%. Duarte (2007) ao trabalhar com *E. globulus* plantado em Portugal, obteve densidade básica de 0,590 g/cm³, valor superior ao obtido no presente estudo (0,563 g/cm³), menor teor de lignina (21,80%) e teor de extrativos similar aos aqui encontrados. Em relação à caracterização dos demais originários do Chile, Antunes (2009), ao trabalhar com *E. nitens* e *E. globulus*, encontrou 0,525 e 0,544 g/cm³ de densidade básica,

respectivamente, e valores de extrativos (4,41 e 5,45%) e lignina total (27,0 e 25,9%) superiores aos materiais aqui estudados.

Como apresentado na Tabela 3, os materiais analisados se comportaram de forma bem distinta durante o processo de polpação, exigindo carga de álcali e temperatura diferentes para chegarem ao mesmo número kappa ($18 \pm 0,9$). A carga de álcali ativo aplicada variou entre 17,5 a 20%, tais resultados estão na faixa aplicada por Fantuzzi Neto (2012), analisando 75 clones de eucaliptos brasileiros em cozimentos convencionais com 25% de sulfidez e tempo de 50+90 minutos), aplicou carga de álcali ativo entre 16,9 a 23,7% para obtenção de polpa com número kappa 18. Dentre os materiais estudados, o *Eucalyptus globulus*, independente da origem, exigiu menor álcali ativo e temperatura para atingir o mesmo grau de deslignificação que os outros materiais.

Em relação ao rendimento do processo, os materiais nacionais apresentaram praticamente o mesmo rendimento, com valores variando entre 49,6 a 50,2. Tais valores estão dentro da faixa descrita na literatura (GOMIDE et al., 2010; FANTUZZI NETO, 2012). Os demais eucaliptos, apresentaram rendimentos superiores, com valores entre 53,5 a 59,7%. Dentre todos os materiais analisados, somente o material B2 gerou rejeito ao final do processo de polpação, 0,3%, vale ressaltar que tal material apresenta a maior densidade dentre os eucaliptos brasileiros.

Quanto à análise dos licores coletados, todos os cozimentos realizados ficaram com álcali ativo residual na faixa previamente estipulada que era de 7,0 a 10 g/L. Vivian (2015), relata que vários autores afirmam que os valores de álcali ativo residual não devem cair a níveis muito baixos, para evitar que a lignina dissolvida no licor precipite novamente sobre a polpa. Visando evitar tal inconveniente, além do álcali residual torna-se também necessário controlar o pH final do licor negro. Segundo Santos (2005), o recomendável é que se mantenha o pH acima de 11,0 para evitar a reprecipitação da lignina. Os resultados de pH obtidos no presente estudo situam-se na faixa de 11,1 a 12,1, ou seja, todos os materiais apresentaram pH acima do mínimo citado pelo autor.

Segundo Vivian (2015), outro fator importante na análise do licor negro é o teor de sólidos, que pode ser expresso como sólidos totais, orgânicos e inorgânicos. No presente trabalho, foram quantificados os teores de sólidos totais, os quais variaram entre 12,9 a 14,9%. O teor de sólidos totais se relaciona diretamente ao rendimento do processo, o que pode ser observado na Figura 1, onde é possível destacar os materiais B3 e GP. O material B3 apresentou o menor rendimento e maior teor de sólidos totais dissolvidos, inversamente a isto, tem-se o material GP, com maior rendimento e menor teor de sólidos.

A formação de espuma do licor negro é um problema para a etapa de evaporação. Conforme



citado por Diel (2013), o licor negro fraco, com teor de sólidos de aproximadamente 17%, apresenta baixa tensão superficial e apresentam maior tendência à formação de espuma. Uma forma de controlar, industrialmente, tal problema é o aumento da concentração do licor. Além, do teor de sólidos dissolvidos no licor, os componentes químicos da madeira podem favorecer a formação de espuma. Pela análise da Figura 2, é possível notar que o material B3 apresentou maior tendência à formação de espuma, enquanto o material GP apresentou menor tendência.

5. CONCLUSÕES

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- Diferentes materiais, de diferentes origens exigem condições distintas de polpação, para a obtenção do mesmo grau de deslignificação.
- Rendimento bruto e teor de sólidos são características inversamente proporcionais.
- Dentre os materiais estudados, é possível destacar o *Eucalyptus globulus*, que independentemente da origem, apresentou os maiores valores de densidade básica, mas exigiu menores temperaturas e cargas de álcali durante o processo de polpação, e ainda gerou os maiores rendimentos e menores teores de sólidos totais.

6. REFERÊNCIAS

ANTUNES, F.S. Avaliação da qualidade da madeira das espécies *Acacia crassicarpa*, *Acacia mangium*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus* e *Populus tremuloides*. 2009. 82p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 1194 - Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

DIEL, C.L. Modelagem matemática do processo de evaporação do licor negro proveniente do sistema de lavagem da polpa celulósica. 2013. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2013.

DUARTE, F.A.S. Avaliação da madeira de *Betula pendula*, *Eucalyptus globulus* e de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* destinados à produção de polpa celulósica kraft. 2007. 107p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FANTUZZI NETO, H. Qualidade da madeira de eucalipto para a produção de celulose kraft. 2012. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

GOMIDE, J.L.; FANTUZZI NETO, H.; REGAZZI, A.J. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para a produção de celulose kraft. Revista Árvore 2010, 34(2): 339-344.

Indústria Brasileira de Árvores -IBÁ: Sumário executivo de 2018. 6p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digital-sumarioexecutivo-2018.pdf>. Acesso em 02 mai 2019.

ROSS, J.; MILES, G. D. An Apparatus for Comparison of Foaming Properties of Soaps and Detergents. Oil & Soap 1941, may: 99-102.

SCANDINAVIAN STANDARD, (1994). SCAN N 33:94, Residual alkali (Hydroxide ion content), in black liquor.

SANTOS, S.R. Influência da qualidade da madeira de híbridos de Eucalyptus gaudichaudii x Eucalyptus urophylla e do processo kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada. 2005. 160p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. Test methods. Atlanta: TAPPI Press, 2007. 2 v.

VIVIAN, M.A. Aumento da eficiência do processo kraft de polpação a partir de pré-tratamento de cavacos de madeira de eucalipto. 2015. 125p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015