



## **AValiação DE MADEIRAS DE *Eucalyptus globulus* LABIL. SUB-ESPÉCIE *Globulus* E CLASSIFICAÇÃO DA AMPLITUDE DE LIGNINA**

Claudia A. B. da Rosa<sup>1</sup>, Gabriel V. Cardoso<sup>1</sup>, Celso E. B. Foelkel<sup>1</sup>, Sonia M. B. Frizzo<sup>1</sup>, Patrícia de Oliveira<sup>2</sup>, Teotônio F. de Assis<sup>2</sup>.

### **RESUMO**

O presente trabalho teve por objetivo registrar e classificar a amplitude de lignina Klason presente em madeiras de árvores perfeitamente caracterizadas de *E. globulus*. Consiste em parte de um estudo que visa verificar o comportamento desta espécie para produção de celulose, avaliando a influência do teor de lignina em diferentes faixas de concentração na produção de polpa kraft. Foram selecionadas 50 árvores da espécie *E. globulus* Labil. sub-espécie *globulus*, com 8 anos de idade, de um povoamento florestal da Empresa Klabin Riocell S. A. Após o abate, retirou-se discos de 2,5 cm de espessura ao longo do tronco, nas seguintes posições: base, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e a 100% da altura comercial, e um disco do DAP. A altura comercial média foi de 13,84 m e a densidade básica média de 0,531 g/cm<sup>3</sup>. Para extrativos, o teor médio encontrado foi de 1,79%, máximo de 3,31% e o mínimo de 0,91%. A amplitude de 2,4% mostrou uma grande variabilidade entre as árvores. O teor

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria. CEP 97105-900. Santa Maria, RS.

<sup>2</sup> Klabin Riocell S.A. Rua São Geraldo, 1680. CEP 92500-000. Guaíba, RS.



médio geral de lignina foi de 21,85%, já para as 3 árvores escolhidas com alto teor a média foi de 23,02%, e para as 3 árvores de baixo teor a média foi de 20,53%. A amplitude de 4,45% permite mostrar a grande variabilidade, sendo que as madeiras foram estatisticamente diferentes quanto ao teor de lignina, o que permitiu fazer a seleção das 3 árvores com alto teor e das 3 árvores com baixo teor de lignina.

**Palavras-chave:** *E. globulus*, árvore, lignina, madeira, variação.

### ABSTRACT

This paper had as objective to evaluate the variability of wood Klason lignin content in 50 well-defined trees of to evaluate the pulping behavior of this species for the pulp manufacturing. The goal is to study pulp production with woods containing different levels of lignin content. Fifty trees were selected from a 8 year-old stand owned by Klabin Riocell S/A. Disks having 2.5 cm thickness were taken along the tree height: bottom, and 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% of the commercial height, and also a disk at the BHD. Overall average for commercial tree height was 13.84 meters, and the average of the wood basic density was 0.531 g/cm<sup>3</sup>. For wood extratives, the average was 1.79%, being 3.31% the maximum value, and 0.91% the minimum. The range of 2.4% is a good indication of the high variability. Overall lignin content was 21.85%. Three selected trees ranked as high lignin content had average of 23.02% Klason lignin. The 3 trees ranked as low lignin had 20.52% lignin. The range of 4.45% in lignin content involving all 50 trees shows the variability of this property. The wood from the different trees had variability and also differences in lignin and



extractives content, according to analysis of variance. From this, it was possible to select high lignin wood trees and also low lignin trees.

**Keywords:** *E. globulus*, tree, lignin, wood, variability

## 1. INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, a indústria de celulose Klabin Riocell S. A. tem usado com sucesso, algumas espécies de *Eucalyptus* em seu processo de fabricação, mas sempre buscando melhorar a qualidade da matéria-prima. Por isso, se deu a escolha do *Eucalyptus globulus* no presente estudo, uma espécie que vem sendo melhorada geneticamente, bem como a de seus materiais híbridos, buscando dados que facilitem a uniformização da matéria-prima que a abastece.

A partir da composição química da madeira pode-se selecionar árvores matrizes permitindo otimizar o rendimento da deslignificação, número kappa e consumo específico de madeira, indicando uma nova e viável possibilidade de identificação das melhores árvores para produção de celulose (Santos & Sansígolo, 2000).

De acordo com Pérez et al. (2000) estão sendo feitos estudos sobre a deslignificação da polpa do *E. globulus*, resultando em um baixo conteúdo de lignina, o que permite reduzir o consumo de reativos no branqueamento da polpa e melhorar a qualidade dos efluentes gerados.

O presente trabalho é parte complementar de um estudo que tem por objetivo principal estudar o comportamento do *Eucalyptus globulus* para produção de celulose, avaliando a



influência do teor de lignina, em diferentes faixas de concentração, na polpa celulósica produzida através do processo kraft.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O *Eucalyptus globulus* Labill. é de ampla distribuição, chegando a constituir quase a totalidade dos plantios de eucalipto no Chile e em Portugal, onde são explorados de forma intensiva em virtude dos excelentes atributos tecnológicos de sua madeira para obtenção de celulose. Citam-se aí características como alta densidade, baixo teor de lignina e baixo consumo específico, o que promove maior rendimento e economia no processo industrial (Del Ponte *apud* Pereira et al.1995).

Segundo Wehr *apud* Lima (1987), as variações ocorridas nas diferentes espécies de *Eucalyptus* e em diversas regiões do Brasil são devidas, principalmente, a distintas procedências de sementes, clima, solo, técnicas de manejo florestal, entre outras causas, determinando, assim, que as fábricas de celulose, ao utilizarem madeiras com diferentes qualidades, precisam conhecer as implicações destas variações no processo de produção de celulose.

O comportamento do processo de polpação kraft é determinado pelas relações entre as velocidades e eficiências dos sistemas físicos e químicos envolvidos, pela composição química da madeira e temperatura do licor de cozimento. Aspectos deste comportamento incluem a seletividade, habilidade de remover lignina sem ataque extensivo a fração de carboidratos da madeira (Rydholm, 1965).

De acordo com Danielsson *apud* Silva Júnior (1997), atualmente o principal objetivo do setor celulósico mundial é a



produção de polpa com alta qualidade, com preços competitivos e com mínimo impacto ambiental. A forma de se atingir este objetivo é melhorar a seletividade da etapa de deslignificação, maximizando o rendimento.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material

As amostras de madeira foram obtidas de povoamentos de *Eucalyptus globulus* Labil., sub-espécie *globulus* com 8 anos de idade provenientes de povoamentos florestais da Empresa Klabin Riocell S. A., localizados no município de Barra do Ribeiro, RS, distante 32 km de Guarba, onde se encontram as instalações fabris da empresa.

A preparação das amostras foi feita nos laboratórios do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria e as análises químicas foram realizadas nos laboratórios do Centro Tecnológico da Empresa Klabin Riocell S. A.

#### 3.2. Métodos

##### 3.2.1 Escolha das árvores

Foram escolhidas e abatidas 50 árvores de um povoamento com aproximadamente 1,9 hectares. Após o abate, de cada árvore retirou-se uma porção do tronco de 0,40 m a partir da base a fim de evitar influência do sistema radicular. Retirou-se, então, seis discos de aproximadamente 2,5 cm de espessura, a cada 10% d



altura comercial, ou seja, a 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e a 100% da altura comercial da árvore da base ao topo, levando-se em conta o diâmetro limite de 6,0 cm com casca estabelecido para os toros. Foi retirado, também, um disco no DAP (diâmetro à altura do peito) para cada árvore abatida.

### 3.2.2. Determinação das características dendrométricas

As árvores tiveram suas características dendrométricas avaliadas, a saber: altura total, altura comercial, diâmetro com casca, diâmetro sem casca, diâmetro a altura do peito (DAP), fator de forma, volume com casca, volume sem casca, teor de casca, teor volumétrico de cerne, teor volumétrico de alburno, densidade básica e peso seco da árvore.

### 3.2.3. Análises da madeira

As amostras de madeira de cada árvore, sob a forma de serragem, foram preparadas (TAPPI 264 cm-97) e avaliados seus compostos químicos: teores de extrativos (TAPPI 204 cm-97) e lignina (TAPPI 211 cm-97).

Foram feitas seis repetições para determinar o conteúdo de lignina Klason nas madeiras das 50 árvores amostradas. Sendo que, a serragem extraída em diclorometano e álcool-tolueno, e teve seu conteúdo de extrativos quantificado. Dessas seis repetições, obteve-se uma média representativa do teor de lignina presente em cada árvore amostrada. Foram selecionadas 6 árvores, 3 delas apresentando baixo teor de lignina, e outras 3 com alto teor de lignina, em relação aos 50 valores encontrados.



## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados dendrométricos médios encontrados para as 50 árvores amostradas encontram-se na Tabela 1. Também são apresentados o desvio padrão, o coeficiente de variação e os valores máximos e mínimos encontrados para cada um dos parâmetros analisados.

Os resultados das análises de extrativos médios para as 50 árvores amostradas são apresentados na Tabela 2. Também são apresentados o desvio padrão, o coeficiente de variação e os valores máximo e mínimo encontrados. Já na Tabela 3 estão os resultados das análises de variância para extrativos.

De acordo com os dados amostrados, existe uma variabilidade significativa nos teores de extrativos encontrados nas 50 árvores estudadas.



**TABELA 1:** Média, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV%) e valores máximos e mínimos dos resultados dendrométricos analisados para as 50 árvores amostradas.

PARÂMETROS	Média	DP	CV%	Máximo	Mínimo
Altura total (m)	17,69	1,357	7,67	21,2	14,0
Alt. Comercial (m)	13,84	1,319	9,53	17,0	10,4
DAP c/ casca (cm)	21,05	3,433	16,31	31,05	15,15
DAP s/ casca (cm)	19,36	3,284	16,97	29,05	13,08
Vol. Cilínd. c/c (m <sup>3</sup> )	0,504	0,215	42,67	1,287	0,215
Vol. Cilínd. s/c (m <sup>3</sup> )	0,428	0,190	44,41	1,127	0,179
Vol. Real c/c (m <sup>3</sup> )	0,298	0,095	35,41	0,589	0,124
Vol real s/c (m <sup>3</sup> )	0,226	0,083	36,94	0,514	0,103
<b>Fator de forma c/c</b>	0,545	0,046	8,43	0,630	0,446
Fator de forma s/c	0,541	0,047	8,71	0,635	0,442
Vol de cerne (m <sup>3</sup> )	0,099	0,046	46,61	0,247	0,037
Vol. Alburno (m <sup>3</sup> )	0,127	0,045	35,72	0,267	0,057
% volumétr. cerne	43,24	8,519	19,70	67,69	27,80
% volumétr alburno	56,76	8,519	15,01	72,20	32,31
Vol. de casca (m <sup>3</sup> )	0,042	0,013	29,77	0,078	0,021
% volumétr. casca	16,11	1,993	12,37	20,28	12,35
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,531	0,024	4,51	0,580	0,461
Peso seco árvore s/c (ton)	0,119	0,041	34,64	0,237	0,057





**TABELA 2:** Média, desvio padrão, coeficiente de variação (CV%) e valores máximo e mínimo dos resultados do teor de extrativos analisados para as 50 árvores amostradas.

<b>E. globulus</b>	
<b>TRATAMENTO</b>	
Média geral, %	1,79
Máximo, %	3,31
Mínimo, %	0,91
DP	0,43
CV%	24,18

**TABELA 3:** Análise de variância para o teor de extrativos.

<b>CV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ftab.</b>
Trat.	49	33,72	0,69	28,93	1,45*
Erro	150	3,57	0,02		
Total	199	37,28			

\* significativo a um nível de 5% de erro.

Os resultados das análises de lignina estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, as quais mostram o teor médio de lignina para as 50 árvores amostradas e também o desvio padrão, o coeficiente de variação e os valores máximo e mínimo encontrados, e os resultados das análises de variância para extrativos, respectivamente.

Estes resultados mostram que houve diferença significativa no teor de lignina.



**TABELA 4:** Média, desvio padrão, coeficiente de variação (CV%) e valores máximo e mínimo dos resultados do teor de lignina analisados para as 50 árvores amostradas.

<b>Tratamento</b>	<b>E. globulus</b>
Média das 3 árvores com alto teor,%	23,02
Média das 3 árvores com baixo teor,%	20,53
Média geral, %	21,85
Máximo, %	24,23
Mínimo, %	19,78
DP	0,89
	4,08
<b>CV%</b>	

**TABELA 5:** Análise de variância para o teor de lignina.

<b>CV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ftab.</b>
Trat.	49	151,84	3,0987	9,031	1,45*
Erro	250	85,78	0,3431		
Total	299	237,62			

\* significativo a um nível de 5% de erro.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que:

A amplitude encontrada de 2,4% para os dados de teor de extrativos indica uma grande variabilidade existente entre as árvores, mesmo sendo estas de mesma espécie e talhão, sendo isto comprovado estatisticamente pela análise de variância, o que



permite uma seleção de árvores para o melhoramento florestal conforme a necessidade da empresa.

Os dados do teor de lignina mostrou uma amplitude de 4,45%, mostrando grande variabilidade. As madeiras foram estatisticamente diferentes quanto ao teor de lignina, o que permitiu selecionar das 50 árvores amostradas, as 3 árvores com menor teor de lignina (20,53) e as 3 com alto teor de lignina (23,02).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIMA, W. P. **O reflorestamento com Eucalipto e seus impactos ambientais**. São Paulo: ARTPRESS, 1987. 101p.

PÉREZ, J. M. Et al. Estudio sobre la cinética de la deslignificación en la fase residual de las cacciones kraft. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN EN CELULOSA Y PAPEL, 2000. Iguazú, Argentina. **Anais...** Iguazú: CIADICYP, 2000.

RYDHOLM, S. V. **Pulping processes**. New York: Interscience, 1965. 1269p.

SANTOS, C. R.; SANSÍGOLO, C. A. Métodos não convencionais para determinação de celulose como parâmetro de seleção de árvores matrizes visando a produção de polpa Kraft-AQ. In: 33º CONGRESSO INTERNACIONAL DE CELULOSE E PAPEL, Seção Técnica 1, **Anais...** São Paulo: ABTCP, 2000.



SILVA JÚNIOR, F. G. Polpação kraft do eucalipto com adição de antraquinona, polissulfetos e surfactante.1997. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Acid – insoluble lignin in wood and pulp:** T222 om-98. Atlanta, 1998/1999.

\_\_\_.**Preparation of wood for chemical analysis:** T264 cm-97. Atlanta, 1998/1999.

\_\_\_.**Solvent extratives of wood and pulp:** T204 cm-97. Atlanta, 1998/1999.

UFSM. **Estrutura e apresentação de monografias, dissertação e tese. MDF.** 5 ed. Santa Maria, 2000.