



ABTCP-TAPPI 2000

Congresso Internacional de Celulose e Papel
23 a 26 de Outubro de 2000
São Paulo - Brasil

Pulp and Paper International Congress
October 23rd to 26th, 2000
Sao Paulo - Brazil

AMOSTRAGEM DE MADEIRAS DE EUCALYPTUS SALIGNA E E. GLOBULUS PARA DETERMINAÇÃO DE LIGNINA KLASON E EXTRATIVOS TOTAIS



**Andréia Guarienti
Claudia Adriana Bróglia da Rosa
Cristiane Pedrazzi
Gabriel Valim Cardoso
Marcia Catarina Holkem de Souza
Celso Edmundo Bochetti Foelkel
Sonia Maria Bitencourt Frizzo**

Universidade Federal de Santa Maria

Português / Portuguese



AMOSTRAGEM DE MADEIRAS DE *Eucalyptus saligna* E *E. globulus* **PARA DETERMINAÇÃO DE LIGNINA KLASON E EXTRATIVOS** **TOTAIS**

Andréia Guarienti
Claudia Adriana Bróglia da Rosa
Cristiane Pedrazzi
Gabriel Valim Cardoso
Marcia Catarina Holkem de Souza
Celso Edmundo Bochetti Foelkel
Sonia Maria Bitencourt Frizzo

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria -RS, BRASIL

RESUMO

Atualmente, torna-se cada vez mais importante o conhecimento das propriedades da madeira para otimização do processo de produção de celulose com maior rendimento, menor custo e melhor qualidade de produto. Dentre as características mais importantes da madeira, destacam-se os seus teores de lignina e de extrativos, já que afetam a produção de celulose e de papel. A lignina é justamente o constituinte da madeira que se quer remover seletivamente nos processos químicos de produção de celulose. Por outro lado, a remoção dos extrativos minimiza os problemas de incrustações e facilita o branqueamento. Árvores de uma mesma espécie com menores teores de lignina e extrativos são mais desejadas, já que existem correlações com maiores rendimentos em celulose e maior facilidade de deslignificação. Dentre os eucaliptos, as espécies *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* mostram teores relativamente distintos para lignina, o que as qualifica para estudos de melhoramento genético para essa propriedade. Frente à importância dada aos teores de lignina e extrativos, tornam-se cada vez mais críticas as fases de amostragem da madeira, preparação da amostra, e os procedimentos analíticos e estatísticos empregados, em função da variabilidade da madeira e da repetibilidade da metodologia analítica. Esse trabalho objetivou orientar sobre os procedimentos de coleta de amostras de madeira de árvores, cuidados analíticos e determinação do número de repetições para garantir confiabilidade dos dados médios para teores de lignina e extrativos. Recomenda-se que a coleta de amostras da árvore seja a mais representativa possível em sua altura e diâmetros. Para os discos coletados ao longo da altura da árvore, as suas espessuras devem ser as mais uniformes possíveis e os segmentos de madeira amostrados devem ter mesmo ângulo em relação à medula do disco e obrigatoriamente de quadrantes opostos. Frente às variações das metodologias analíticas, sugere-se que se obtenham valores médios a partir de seis repetições por amostra de madeira para teor de lignina e quatro para teor de extrativos totais.

Palavras-chave: extrativos, lignina, amostragem madeira, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus globulus*

Wood sampling studies on *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus* for evaluation of acid insoluble lignin and total extractive contents

SUMMARY

The knowledge of the wood properties is fundamental to optimize the pulping process to achieve better yields, lower costs and better quality in the final product. Among the wood properties, the lignin and extractive contents are very important because they are related to the pulp and paper production. Lignin is the wood component that the chemical pulping processes aim to selectively remove. Extractives are important due to their influence on pitch formation and on pulp bleaching. For these reasons, trees containing less lignin and less extractives are more desirable in a tree breeding program. *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus* have woods with somewhat different lignin contents. For this reason, they are species qualified to tree breeding regarding this property. Sampling and wood preparation for analysis are becoming essential steps on tree breeding programs. Since the objective is to improve trees regarding the lignin and extractive contents, the wood sample must be representative and the average results from the chemical analysis must be reliable. This paper had as objective to understand the sources of variability and to suggest procedures to obtain more reliable results from the wood chemical evaluation. Wood sampling from trees is recommended to be as representative as possible, both in height and in diameter. Wood segments collected from discs must come from opposite quarters and they must have the same angle in relation to pith. Discs are recommended to have thickness very uniform. Due to the variability on the results from the same sawdust sample, it is recommended to perform six tests for lignin and four for total extractives. This provides a more precise and representative average.

Keywords: extractives, lignin, wood sampling, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus globulus*

INTRODUÇÃO

A composição química de uma madeira é um importante dado fundamental, não só como indicativo de possíveis utilizações desse material por uma indústria química, mas também no que se refere aos aspectos relacionados com a sua durabilidade (OLIVEIRA, 1971). A indústria de celulose e papel utiliza grandes quantidades de madeira em processos de conversão que tipicamente envolvem reações físico-químicas dos componentes fundamentais da madeira, exigindo por essa razão, um melhor conhecimento da constituição da madeira (FOELKEL, 1977).

A amostragem da madeira para análises químicas é de grande importância e se constitui num problema de difícil solução dada a heterogeneidade e variabilidade da madeira. Dentro de uma mesma árvore, a composição química varia longitudinalmente e transversalmente, entre o cerne e o alburno, entre madeira primaveril e madeira outonal. Devido a isto, o tipo de amostragem deve ser adequado para o objetivo do estudo previamente proposto. A extensão da amostragem ou a quantidade da amostra a ser colhida dependerão das conclusões que se esperam alcançar e do nível de precisão desejado. A par disso, uma condição básica deverá ser respeitada, isto é, a amostra deverá ser representativa do lote ou da população (SANSÍGOLO & BARREIROS, 1998).

Existem poucas informações disponíveis na literatura sobre resultados decorrentes de diversas formas e intensidades de amostragem para análises químicas da madeira.. De forma geral, os autores fixam arbitrariamente um número de árvores que lhes dê algum conforto na amostragem e amostram discos, segmentos ou cavacos dessas árvores. Em geral, o número de repetições é o mínimo possível (FLORES, 1999).

É usual nas análises químicas para a determinação dos conteúdos dos principais componentes da madeira proceder-se inicialmente à transformação da madeira amostrada em serragem. Essa serragem é classificada em frações em função da granulometria e conforme a análise em questão, usam-se algumas dessas frações (OLIVEIRA, 1971). Para a realização dos testes de composição química das madeiras tem-se utilizado tanto a fração F40/60 mesh (SANSÍGOLO & BARREIROS, 1998), como a fração 40 mesh (TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, 1998/1999).

Em geral, as quantidades amostrais são muito pequenas, na ordem de uma ou de poucas gramas. Por isso, os cuidados para que esses materiais realmente representem a população que se quer amostrar deveriam ser muito mais criteriosos do que hoje é a prática analítica. Por exemplo, são reduzidas as informações na literatura sobre as diferenças nos resultados decorrentes das variabilidades dos métodos de análise e também da variabilidade devido às amostragens. Por outro lado, nesse universo de incertezas e de erros, pesquisadores e empresas de papel e celulose necessitam analisar as madeiras quanto aos seus teores de lignina, celulose, hemiceluloses, extrativos, cinzas, etc. Para isso, precisam estar seguras sobre os tipos de amostragens a serem utilizadas (FONSECA et al., 1996). Na maioria das vezes, os resultados encontrados dão suporte a decisões de melhoramento florestal ou operacional que envolvem grandes somas econômicas.

Atualmente, com a evolução das técnicas de clonagem e multiplicação vegetativa, está se tornando comum a busca de espécies ou de árvores que tenham baixos teores de lignina e extrativos em suas madeiras. Espera-se com isso, aumentar a eficiência na deslignificação, aumentar o rendimento na conversão à celulose e reduzir os problemas de incrustações de substâncias causadas pelos extrativos da madeira (FLORES, 1999).

As avaliações tecnológicas em árvores são efetuadas objetivando caracterizar não só as propriedades de um indivíduo, mas também a variação dessas propriedades na população à qual o indivíduo pertence. Dessa forma, a amostragem para caracterização da árvore deverá levar em conta as variações que ocorrem com as propriedades da madeira em função da idade e da posição da amostra na árvore, bem como em função do ambiente onde ela está crescendo (FONSECA et al., 1996).

De acordo com FLORES (1999), foram encontradas variações significativas entre árvores clonais para algumas das propriedades avaliadas. Por isso, deve-se atentar tanto para o tamanho como para o número de amostras nas avaliações de cunho tecnológico. São variados também os resultados realizados para uma única amostra, quando se repete as determinações analíticas por diversas vezes. Isso foi constatado, por exemplo, para densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* (FLORES et al., 1999).

Por esses motivos, optou-se pela realização desse trabalho, onde estudaram-se procedimentos para amostrar e analisar de forma representativa a madeira de uma mesma árvore para sua composição química.

Tendo em vista a importância do gênero *Eucalyptus* para a indústria de celulose brasileira e frente ao fato de se dispor no Rio Grande do Sul de espécies com teores distintos de lignina, como o *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus*, optou-se pelo desenvolvimento de metodologia amostral de madeira para essas duas espécies. Como faz parte da determinação da lignina insolúvel em ácido (Lignina Klason) a extração dos compostos da madeira, no caso específico extraíveis por diclorometano, etanol e tolueno (extrativos totais), foi incluída também essa determinação na avaliação.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

As amostras de madeira foram coletadas em árvores de duas espécies, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus*, com 7 anos de idade e provenientes de hortos florestais da empresa KLABIN RIOCELL S/A, localizada em Guaíba, RS. Foi abatida uma árvore representativa para cada espécie, já que o objetivo desse estudo foi definir o procedimento de amostragem, mas não o tamanho da amostra (número de árvores a amostrar).

De cada árvore foram coletados dois discos (na mesma orientação cardinal) para cada uma das seguintes alturas: base, 25% H, 50% H, 75% H e 100% H, sendo H a altura comercial da árvore. Os discos foram selecionados para não conterem nós, podridões, ou quaisquer outras anormalidades, tendo 25 + ou - 1mm de espessura. O número total de discos para cada árvore/espécie foi de 10. Destes, um disco por altura foi guardado em ambiente climatizado como reserva. O outro disco foi submetido aos ensaios, sendo que a preparação das amostras foi realizada da seguinte forma:

- ◆ cada disco foi segmentado em 8 partes de mesmo ângulo em relação à medula a partir da orientação cardeal, as quais foram numeradas em função da espécie, altura e orientação cardeal ;
- ◆ de cada segmento foram tiradas duas fatias com mesmo ângulo de segmentação (5°) em relação à medula, uma de cada lado do segmento. Consequentemente, para cada altura existiram 8 amostras de madeira, na forma de 2 fatias por amostra (16 fatias por cada altura amostrada da árvore);
- ◆ as amostras de micro-fatias correspondentes à mesma espécie e nas posições dos pontos cardiais (Norte, Sul, Leste e Oeste) , representavam as amostras por árvore ou espécie. Foram misturadas as micro-fatias tomadas dos discos nas diferentes alturas, correspondentes a cada espécie e cada ponto cardeal. Consequentemente, cada árvore teve 4 amostras que foram representativas da mesma, da base até o topo: N(norte), S(sul), L(leste) e O(oeste).
- ◆ as 8 amostras de madeira foram individualmente reduzidas a mini-palitos que foram totalmente transformados em serragem, utilizando-se moinho Wiley, para produção da fração F40 mesh (Fração F40 - é toda fração que atravessou a peneira de 40 mesh);
- ◆ as serragens individualizadas por tratamento (2 espécies x 4 pontos cardiais = 8 tratamentos) foram secas ao ar livre e posteriormente armazenadas em frascos hermeticamente fechados para posteriores determinações.

Métodos de Análise

As amostras foram preparadas de acordo com os métodos da Technical Association of the Pulp and Paper Industry - TAPPI T 257cm-85 e T264 cm-97 (modificado pela substituição do benzeno por tolueno) :

Cada fração foi analisada em relação à

- ◆ **teor de umidade** - de acordo com (OLIVEIRA, 1971);
- ◆ **teor de extrativos totais** - de acordo com (TAPPI 204 cm-97, modificado pelo uso de tolueno);
- ◆ **teor de lignina** - de acordo com (TAPPI 222 om-98).

Procedimentos estatísticos

Os resultados foram avaliados quanto à sua variabilidade por parâmetros estatísticos de medida de dispersão (média aritmética, desvio padrão, coeficiente de variação). As diferenças entre tratamentos foram testadas por análise de variância ANOVA, valendo-se do teste F de significância. Adotou-se o nível de 5% de significância para as comparações.

Para a determinação do número de repetições a adotar por tipo de análise, foi utilizada a fórmula adaptada a partir de GUENTHER (1965) e FREESE (1967) e expressa por:

$$n = [(t_{1-\alpha/2} \cdot DP) + (IC \cdot 2)]^2$$

onde: n = Número de repetições a adotar; t = valor estatístico "t" de Student, considerando a amostra de n análises realizadas a título de pré-teste ,DP = Desvio padrão; IC = Amplitude do intervalo de confiança ou amplitude máxima para que a média verdadeira esteja contida na mesma para o nível de significância adotado (ou seja, o "erro máximo" que se quer cometer). Para teor de lignina decidiu-se avaliar IC = 1,0 % e IC= 1,5% e para teor de extrativos IC = 0,3%.

RESULTADOS

Resultados médios

Os teores de lignina das madeiras de *E.saligna* e *E. globulus*, para as posições correspondentes às faces de exposição cardinal Norte, Sul, Leste e Oeste, estão relatadas no Quadro 1, com respectivos valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação. Para esse caso, o número de repetições para cada amostra foi de 10 . Nesse quadro também estão apresentados os números mínimos de repetições para que a média verdadeira da árvore esteja contida dentro do intervalo de confiança (IC) pré-estabelecido em relação à média amostral, com 95% de probabilidades.

Quadro 1: Teores de lignina das madeiras de *E. saligna* e *E.globulus*

Espécie	Face de exposição cardinal	Média %	Desvio Padrão	Coef. Variação %	Número de Repetições	
					IC=1%	IC=1,5%
<i>E.saligna</i>	Norte	26,05	0,64	2,45	9	4
	Sul	26,21	0,58	2,22	7	3
	Leste	25,69	1,02	3,98	21	10
	Oeste	25,30	0,79	3,12	13	6
	Média geral	25,81	0,83	3,20	12	5
<i>E. globulus</i>	Norte	22,44	0,67	2,99	9	4
	Sul	22,76	0,72	3,18	11	5
	Leste	22,73	0,98	4,32	20	9
	Oeste	23,58	0,98	4,17	20	9
	Média geral	22,88	0,92	4,04	14	7

Os resultados para teores de extrativos totais estão apresentados no Quadro 2. Para cada tratamento, o número de repetições foi de 5. Nesse quadro está também apresentado o número mínimo de repetições para que a média verdadeira tenha 95% de probabilidades de estar contida no intervalo de confiança (IC) pré-estabelecido em relação à média da amostra.

Quadro 2: Teores de extrativos totais das madeiras de *E. saligna* e *E. globulus*

Espécie	Face de exposição cardeal	Média %	Desvio Padrão	Coef. Variação %	Número de Repetições IC = 0,3%
<i>E. saligna</i>					
	Norte	1,32	0,163	12,3	9
	Sul	1,49	0,126	8,5	6
	Leste	1,33	0,068	5,1	2
	Oeste	1,50	0,098	6,5	4
	Média geral	1,41	0,138	9,8	4
<i>E. globulus</i>					
	Norte	1,44	0,058	4,0	2
	Sul	1,32	0,103	7,8	4
	Leste	1,18	0,115	9,8	5
	Oeste	1,39	0,118	8,5	5
	Média geral	1,33	0,137	10,3	4

Os resultados para teores de lignina e de extrativos totais correspondentes às médias de quadrantes opostos e à média geral da árvore estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Teores médios de lignina e de extrativos totais para quadrantes opostos dos discos das madeiras de *E. saligna* e *E. globulus*

Espécie	Quadrantes	Lignina %	Extrativos %
<i>E. saligna</i>			
	Norte + Sul	26,13	1,40
	Leste + Oeste	25,49	1,41
	Média geral	25,81	1,41
<i>E. globulus</i>			
	Norte + Sul	22,60	1,38
	Leste + Oeste	23,16	1,28
	Média geral	22,88	1,33

Comparações estatísticas

1. Comparações entre as médias globais de teor de lignina para as madeiras de *E. saligna* e *E. globulus*

F calculado = 223,94 (**significativo**)

F crítico (5% nível de significância) (1 GL tratamento e 78 GL resíduo) = 3,96

GL = graus de liberdade

2. Comparações entre as médias globais de teor de extrativos totais para as madeiras de *E. saligna* e *E. globulus*

F calculado = 3,12 (não significativo)

F crítico (5% nível de significância) (1 GL tratamento e 38 GL resíduo) = 4,10

3. Comparações entre as médias de teor de lignina da madeira conforme a face de exposição cardeal da árvore (N x S x L x O), dentro da espécie *E. saligna*

F calculado = 2,71 (não significativo)

F crítico (5% nível de significância) (3 GL tratamento e 36 GL resíduo) = 2,86

4. Comparações entre as médias de teor de lignina da madeira conforme a face de exposição cardeal da árvore (N x S x L x O), dentro da espécie *E. globulus*

F calculado = **3,30 (significativo)**

F crítico (5% nível de significância) (3 GL tratamento e 36 GL resíduo) = 2,86

5. Comparações entre as médias de teor de extrativos totais da madeira conforme a face de exposição cardeal da árvore (N x S x L x O), dentro da espécie *E. saligna*

F calculado = 3,28 (**significativo**)

F crítico (5% nível de significância) (3 GL tratamento e 16 GL resíduo) = 3,24

6. Comparações entre as médias de teor de extrativos totais da madeira conforme a face de exposição cardeal da árvore (N x S x L x O), dentro da espécie *E. globulus*

F calculado = 6,13 (**significativo**)

F crítico (5% nível de significância) (3 GL tratamento e 16 GL resíduo) = 3,24

7. Comparações entre as médias de teor de lignina de *E. saligna* para amostragens de quadrantes opostos dos discos conforme a face de exposição cardeal: (N+S) x (L+O) x Média geral da árvore

F calculado = 2,36 (não significativo)

F crítico (5% nível de significância) (2 GL tratamento e 12 GL resíduo) = 3,89

8. Comparações entre as médias de teor de lignina de *E. globulus* para amostragens de quadrantes opostos dos discos conforme a face de exposição cardeal : (N+S) x (L+O) x Média geral da árvore

F calculado = 1,60 (não significativo)

F crítico (5% nível de significância) (2 GL tratamento e 12 GL resíduo) = 3,89

9. Comparações entre as médias de teor de extrativos totais de *E. saligna* para amostragens de quadrantes opostos dos discos conforme a face de exposição cardeal : (N+S) x (L+O) x Média geral da árvore

F calculado = 0,0092 (não significativo)

F crítico (5% nível de significância) (2 GL tratamento e 12 GL resíduo) = 3,89

10. Comparações entre as médias de teor de extrativos totais de *E. globulus* para amostragens de quadrantes opostos dos discos conforme a face de exposição cardeal : (N+S) x (L+O) x Média geral da árvore

F calculado = 1,78 (não significativo)

F crítico (5% nível de significância) (2 GL tratamento e 12 GL resíduo) = 3,89

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme reconhecido pela literatura (FOELKEL, 1998) , a madeira de *Eucalyptus globulus* mostrou ter teor de lignina significativamente menor que a de *Eucalyptus saligna*, em média 2,93% menor. No caso dos extrativos totais, os resultados foram estatisticamente iguais e as médias gerais muito semelhantes para as duas espécies.

Entretanto, o objetivo fundamental desse trabalho não era o de comparar as espécies, até porque trabalhou-se com apenas uma árvore de cada espécie, mas adequar a metodologia de amostragem e análise. As diferenças entre as espécies foram importantes mais para analisar a sensibilidade metodológica a dois níveis de lignina do que realmente comparar as espécies. Nesse caso, importantes observações puderam ser comprovadas. A primeira delas foi que as amostragens precisam ser muito mais cuidadosas do que tem acontecido na prática normal. Mesmo tendo-se procurado trabalhar com amostras as mais uniformes possíveis e com condições extremamente controladas e padronizadas nas análises químicas no laboratório, foram encontradas variações entre as faces de exposição cardeal das árvores, tanto para as determinações de teor de lignina, como de extrativos totais. Foram também encontradas significativas variações nos resultados de uma mesma amostra, quando se repetiam as determinações de lignina e extrativos por diversas vezes, mostrando que a análise em duplicata é insuficiente para se garantir resultados precisos.

Os resultados mostraram que as amostragens nos discos de madeira devem ser obrigatoriamente feitas em quadrantes opostos independentemente da orientação cardeal. Além disso, a mistura da serragem deve ser muito bem feita. Sugere-se tomar amostras representativas de cada disco e de preferência em maior número de alturas de amostragem. Os discos devem ter todos a mesma espessura e as fatias coletadas em quadrantes opostos devem ter o mesmo ângulo em relação à medula. Com isso está se retirando proporções de madeiras correspondentes às que existem naturalmente na árvore, não privilegiando nem uma altura, nem um lado da árvore. Certamente discos retirados a cada 10% da altura comercial deverão produzir amostras mais representativas do que da forma como foi coletada nesse trabalho, a cada 25%. Os autores pretendem incluir essas sugestões para amostragem em altura em seus procedimentos amostrais a partir dessa pesquisa.

Para ter-se um resultado médio mais confiável e capaz de permitir decisões mais seguras nos programas de melhoramento florestal e otimizações industriais, observou-se que pelo menos 6 repetições da análise de lignina são necessárias e 4 repetições para a análise de extrativos totais. Deve-se enfatizar que as análises com apenas repetições em duplicata conduzem a intervalos de confiança muito amplos, sendo que a média verdadeira para a amostra poderá ser muito diferente do valor médio encontrado para as duas análises.

CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser tiradas pela realização dessa pesquisa:

- ◆ Existe variabilidade significativa nas determinações dos teores de lignina e de extrativos totais da madeira de uma única árvore, tanto para *Eucalyptus saligna* como *E. globulus* ;
- ◆ A madeira de *E. globulus* apresenta-se com menor teor de lignina em relação à de *E. saligna*, enquanto os teores de extrativos totais foram estatisticamente iguais, a 95 % de probabilidade ;
- ◆ Para a obtenção de resultados mais precisos para essas análises são necessárias amostragens representativas das árvores, quer seja em sua altura, como dos discos coletados a cada altura ;
- ◆ Sugere-se coletar discos a cada 10% da altura comercial da árvore, sendo a espessura dos discos a mais uniforme possível ;
- ◆ Para cada disco, coletar fatias de mesmo ângulo em relação à medula e obrigatoriamente, no mínimo, de quadrantes opostos ;
- ◆ A quantidade de madeira a amostrar para representar a árvore deve ser suficiente às necessidades do trabalho, evitando-se tomar amostras ou em falta, ou em excesso de material ;
- ◆ A serragem produzida de malha 40 mesh deve representar de forma proporcional toda a árvore em sua altura e em seus diâmetros nas alturas de onde se coletaram os discos ;
- ◆ Frente à variação dos resultados entre repetições das análises para uma mesma amostra, deve-se adotar um mínimo de 6 determinações para teor de lignina e 4 para teor de extrativos totais, garantindo-se assim resultados médios mais próximos às médias verdadeiras dessas propriedades para a madeira em teste.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Klabin Riocell S/A, ao PIBIC-CNPq e à Universidade Federal de Santa Maria por criarem as condições para a execução e elaboração desse trabalho de pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- FLORES, D. M. M. Variação das características dendrométricas, da qualidade da madeira e da celulose entre árvores de um clone de *Eucalyptus saligna* SMITH. Santa Maria: UFSM, 1999. 88p. **Dissertação.** (mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, 1999.
- FLORES, D. M. M.; CARDOSO, G. V. ; FOELKEL, C.E.B. & FRIZZO, S. M. B. Amostragem de árvores para estudos tecnológicos da madeira para produção de celulose: tamanho da amostra, número mínimo de repetições e variabilidade das propriedades para um clone de *Eucalyptus saligna* Smith . **O Papel**; São Paulo ; V. 61; n. 3 ; p.44-55; 2000.
- FOELKEL, C. E. B. **Qualidade da madeira.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. n. p. 1977.
- FOELKEL, C. E. B. Eucalypt wood and pulp quality requirements oriented to the manufacture of tissue and printing & writing papers. In: 52nd Annual General Conference. Brisbane, Australia. **Anais...APPITA**, 1998. 6p.
- FONSECA, S. M.; OLIVEIRA, R. C.; SILVEIRA, P. N. Seleção da árvore industrial: procedimentos, riscos e benefícios. **Revista Árvore**; Viçosa, Minas Gerais; V. 20; n. 1; p. 69-85; 1996.
- FREESE, F. **Elementary statistical methods for foresters.** Washington: Department of Agriculture Forest Service, 1967. 87p.
- GUENTHER , W. C. **Concepts of statistical inference.** New York; McGraw-Hill Book; 1965. 353p.
- OLIVEIRA, J. S. Análise química de madeiras tropicais. **Ciências Agronômicas Lourenço Marques**; Lisboa; V. 4; n. 3; p.1-32; 1971.

SANSÍGOLO, C. A.; BARREIROS, R. M. Qualidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de celulose kraft. In: 31º Congresso Anual de Celulose e Papel, 1998, São Paulo: **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1998. 721p. p. 417-429.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Sampling and preparing wood for analysis.** Atlanta, 1998/1999 (T 257 cm-85).

--- **Solvent extractives of wood and pulp.** Atlanta, 1998/1999 (T204 cm-97).

--- **Preparation of wood for chemical analysis.** Atlanta, 1998/1999 (T264 cm-97).

--- **Acid-insoluble lignin in wood and pulp.** Atlanta, 1998/1999 (T222 om-98).