

INFLUÊNCIA DA IDADE E DA POSIÇÃO AO LONGO DO TRONCO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden¹

José de Castro Silva², Jorge Luis Monteiro de Matos³, José Tarcísio da Silva Oliveira⁴ e Weslei Viana Evangelista⁵

RESUMO – Este trabalho estudou a variação da composição química na madeira de *Eucalyptus grandis* de quatro diferentes idades (10, 14, 20 e 25 anos), proveniente de talhões comerciais. As amostras foram coletadas de três discos, retirados da base e das extremidades das duas primeiras toras, de 3 m cada uma, de 16 árvores (quatro para cada idade), totalizando 48 discos. Os valores médios dos teores de holocelulose, lignina e extrativos foram de 69, 27 e 4%, respectivamente. Verificou-se que os teores de extrativos e lignina aumentaram com a idade, com maiores concentrações nos discos próximos da base; verificou-se, também, que o teor de holocelulose diminuiu com a idade, com maiores concentrações nos discos retirados nas regiões superiores do tronco.

Palavras-chave: *Eucalyptus grandis*, composição química, idade e variação longitudinal.

INFLUENCE OF AGE AND POSITION ALONG THE TRUNK ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden WOOD

ABSTRACT – The objective of this work was to study the chemical composition variation of the *Eucalyptus grandis* wood, of four different ages (10, 14, 20 and 25 years), from commercial stands. The samples were removed from three disks taken from the base and top of the first two 3 m logs, from sixteen trees (four per age), totalizing forty-eight discs. The mean values of holocellulose, lignin and extractive contents were 69, 27 and 4%, respectively. The extractive and lignin contents increased with age, with greater concentrations near the base; the holocellulose content also decreased with age with greater concentrations in discs removed from the upper parts of the trunk.

Key words: *Eucalyptus grandis*, chemical composition, age, longitudinal variation.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material orgânico, e os seus constituintes químicos estão diretamente relacionados com as suas propriedades. A madeira, segundo Lepage (1986), é um biopolímero tridimensional, composto, principalmente, de celulose, hemiceluloses e lignina, responsáveis pela formação da parede celular e pela maioria de suas propriedades. Os extrativos, também

de reconhecida importância em várias situações, atuam como componentes complementares e apresentam grande variabilidade em sua quantidade e constituição. O conhecimento da natureza química da madeira possibilita o entendimento de seu comportamento como matéria-prima para diversos usos.

Segundo Hillis e Brown (1978), as diversas espécies de eucalipto apresentam a seguinte faixa de composição

¹ Recebido em 19.03.2003 e aceito para publicação em 20.04.2005.

² Departamento de Engenharia Florestal da UFV – 36570-000 Viçosa-MG.

³ DETR/UFPR, Rua Lothário Meissner, 3.400, Jardim Botânico, 80210-170 Curitiba-PR.

⁴ Departamento de Engenharia Rural da UFES, Caixa Postal 16, 29500-000 Alegre-ES.

⁵ Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da UFV, Viçosa-MG.

química de sua madeira: 40–62% de celulose, 12–22% de hemiceluloses e 15–25% de lignina. Segundo Raymond (2000), os teores de holocelulose e de extrativos aumentam com a idade, ocorrendo o inverso quanto aos teores de lignina. Diversos outros autores verificaram o inverso, quando os teores de lignina e extrativos apresentaram correlação direta com a idade e inversa com o teor de holocelulose.

Segundo Hillis e Brown (1978), Panshin e De Zeeuw (1980), o teor de extrativos é um dos mais importantes indicadores de conformidade da madeira para diversos usos industriais. Kramer e Koslowski (1979), Jankowsky (1979), Zobel e Bujtenen (1989), González (1993) e Chafe (1994) afirmaram que, durante a formação do cerne, ampla variedade de substâncias extrativas, incluindo taninos, corantes, óleos, gomas, resinas e sais de ácidos orgânicos, acumula-se nos lúmens das células e paredes celulares, resultando, às vezes, na coloração mais escura da madeira, além de aumento da massa específica e durabilidade.

Santos (1996) e Raymond (2000) afirmaram que as variações químicas dos componentes fundamentais da madeira não têm qualquer correlação com os índices de qualidade para produtos sólidos; as variações dos componentes secundários, ao contrário, podem interferir nas propriedades de usinagem e acabamento, exigindo, às vezes, ajustes de processos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade da composição química da madeira de *Eucalyptus grandis*, de quatro diferentes idades (10, 14, 20 e 25 anos) e três diferentes posições longitudinais, no sentido base–topo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado neste estudo foi obtido de plantios comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, com idades de 10, 14, 20 e 25 anos, procedentes da Fazenda Monte Alegre, da KLABIN Fabricadora de Papel e Celulose S. A., localizada no município de Telêmaco Borba, no Estado do Paraná.

A amostragem do material na árvore foi feita através da coleta de três discos, retirados da base e das extremidades das duas primeiras toras, ambas com o comprimento comercial de 3 m, de cada uma das 16 árvores (quatro para cada idade), totalizando 48 discos. De cada disco, retirou-se uma cunha, correspondendo aproximadamente a 1/8 da seção do disco, sendo,

posteriormente, o material convertido em cavacos. Utilizando-se o moinho laboratorial Wiley, os cavacos foram transformados em serragem.

O material empregado nas análises químicas foi aquele que passou pela peneira de malha de 40 mesh e ficou retido na malha de 60 mesh, sendo utilizadas quatro repetições para cada amostra. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, procedendo-se à análise estatística, através da análise de variância e do teste de médias (Tukey), considerando os efeitos da variação da idade e da posição ao longo do tronco, bem como a interação entre os efeitos idade x posição. As análises químicas e as respectivas normas adotadas foram as seguintes: extrativos totais (norma TAPPI T624 om-82); lignina insolúvel (GOMIDE e DEMUNER, 1986); lignina solúvel (GOLDSCHIMID, 1971) e holocelulose (obtida por diferença).

O esquema de retirada das amostras está ilustrado na Figura 1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Teor de extrativos totais

Pela análise de variância, verificou-se que os efeitos da idade e da posição do disco ao longo da árvore no teor de extrativos foram significativos a 95% de probabilidade. Foi verificado, ainda, que os efeitos da posição do disco ao longo do tronco foram muito mais pronunciados que a idade; e a interação desses

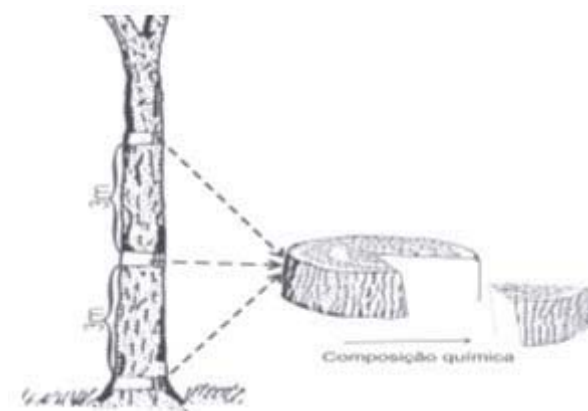


Figura 1 – Retirada das amostras para ensaios de composição química.

Figure 1 – Layout of chemical analysis sample location within the tree trunk.

efeitos teve muito pouca influência na definição dos valores relacionados aos teores de extrativos, conforme mostrado no Quadro 1.

O teor de extrativos totais apresentou tendência de crescimento em relação à idade e posição do disco ao longo do tronco, no sentido base–topo. O valor médio do teor de extrativos totais foi de 4,08%, enquanto os limites inferior e superior foram, respectivamente, de 2,76% (idade de 10 anos na posição correspondente à extremidade da segunda tora) e 6,34% (idade de 20 anos no disco da base), apresentando variação de mais de 297,0%. Os resultados do Quadro 2 ficaram dentro da faixa normalmente encontrada na literatura para *Eucalyptus grandis*, variando de 2,50 a 7,00%.

Os valores médios dos teores de extrativos estão apresentados no Quadro 2.

Com tais resultados, verificou-se uma tendência de estabilização dos teores, a partir de certa idade. Observou-se uma diferença estatística entre os teores encontrados nas madeiras de 10, 14 e 25 anos, mas tal diferença não foi constatada entre os teores encontrados nas madeiras de 20 e 25 anos, indicando a tendência de estabilização com a idade. O teor de extrativos da madeira de árvores mais jovens tende a apresentar valores mais reduzidos que os encontrados nas madeiras mais maduras, conforme os resultados da literatura.

3. 2. Teor de lignina total

Pela análise de variância, verificou-se que os efeitos da idade e da posição do disco ao longo do tronco no teor de lignina total foram significativos em nível de probabilidade de 95%. Também foi verificado que tais efeitos apresentaram a mesma intensidade entre

si no teor de lignina; a interação desses efeitos, no entanto, não teve qualquer influência na definição dos valores relacionados aos teores de lignina, não sendo significativo a 95% de probabilidade. Os dados da análise de variância estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 2 – Valores médios dos teores de extrativos totais (%) da madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes idades e posições ao longo do tronco

Table 2 – Average extractive content (%) along the trunk of *Eucalyptus grandis* of different ages

Tratamento	Amostras	Médias	Tukey	CV (%)	DP (%)
Idade 10 anos	24	3,41	a ^{1/}	14,78	0,505
Idade 14 anos	24	3,85	b	19,71	0,760
Idade 25 anos	24	4,46	c	25,31	1,129
Idade 20 anos	24	4,60	c	24,82	1,143
Disco 2	32	3,46	a	9,74	0,337
Disco 1	32	3,68	a	14,27	0,525
Disco base	32	5,11	b	21,45	1,096
Interação Idade X Disco					
10 anos x disco 2	8	3,09	a	9,71	0,300
14 anos x disco 2	8	3,17	a	9,27	0,294
10 anos x disco 1	8	3,24	ab	8,95	0,290
20 anos x disco 2	8	3,65	ab	3,56	0,130
25 anos x disco 2	8	3,72	ab	6,69	0,249
14 anos x disco 1	8	3,75	bc	13,72	0,516
25 anos x disco 1	8	3,76	bc	2,18	0,082
10 anos x disco base	8	3,90	cd	12,49	0,487
20 anos x disco 1	8	4,15	cd	9,18	0,381
14 anos x disco base	8	4,63	de	11,90	0,551
25 anos x disco base	8	5,88	f	10,49	0,617
20 anos x disco base	8	6,02	f	12,52	0,754
Média Geral				4,08	

^{1/} Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey com significância de 5% (p<0,05).

Quadro 1 – Análise de variância do teor de extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis*, em função da variação da idade e da posição ao longo do tronco

Table 1 – Variance analysis of extractive content (%) along the trunk of *Eucalyptus grandis* of different ages

Causa da Variação	G. L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	P
Principais Efeitos					
A: Idade	3	21,9883	7,32943	34,67*	0,0000
B: Posição do Disco	2	51,2	25,6	121,09*	0,0000
Interações					
AB	6	9,53998	1,58998	7,52*	0,0000
Resíduo	84	17,7587	0,211413		
Total (Corrigido)	95	100,487			

* Significativo A 95% de probabilidade.



Quadro 3 – Análise de variância do teor de lignina da madeira de *Eucalyptus grandis*, em função da variação da idade e da posição ao longo do tronco

Table 3 – Variance analysis of lignin content (%) along the trunk of *Eucalyptus grandis* of different ages

Causa da Variação	G. L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	P
Principais Efeitos					
A: Idade	3	108,63	36,2101	20,29*	0,0000
B: Posição do disco	2	85,4452	42,7226	23,94*	0,0000
Interações					
AB	6	3,33563	0,555938	0,31NS	0,9293
Resíduo	84	149,904	1,78457		
Total (Corrigido)	95	347,315			

* Significativo a 95% de probabilidade e NS não-significativo.

O teor de lignina total apresentou tendência crescente em relação à idade e à posição longitudinal, sentido base–topo. Os resultados do presente estudo estão em consonância com os normalmente encontrados na literatura. O valor médio do teor de lignina total foi de 27,22%, sendo os limites inferior e superior, respectivamente, de 23,78% (idade de 10 anos no disco da posição 2) e 30,70% (idade de 20 anos no disco da base), apresentando variação de mais de 29,0%. Considerando os valores apresentados no Quadro 4, verificou-se a maior variação dos valores (6,23%) entre as madeiras de 10 e 14 anos, seguida da variação de 3,06% entre as madeiras de 14 e 25 anos; entre as madeiras de 20 e 25 anos, a variação foi de apenas 1,21%. Diversos autores confirmaram, em seus trabalhos, um aumento sistemático do teor de lignina total da madeira com a idade, havendo uma tendência de estabilização, após certa idade da árvore. Os valores médios dos teores de lignina total estão apresentados no Quadro 4.

Quanto à posição no disco, observaram-se diferenças estatísticas entre os valores encontrados nos discos 1 e 2, mas tais diferenças não foram observadas nos discos 1 e da base. O teor de lignina total da madeira de árvores mais jovens tendeu a apresentar valores mais reduzidos que os encontrados nas madeiras mais maduras.

3. 3. Teor de holocelulose

Pela análise de variância, verificou-se que os efeitos da idade e da posição do disco ao longo do tronco no teor de holocelulose foram significativos em nível de probabilidade de 95%. Também foi verificado que o efeito da posição do disco ao longo do tronco foi muito mais pronunciado que a idade; a interação desses

efeitos não teve qualquer influência na definição dos valores relacionados aos teores de holocelulose, não sendo significativa em nível de 95% de probabilidade. Os valores da análise de variância estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 4 – Valores médios dos teores de lignina total (%) da madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes idades e posições ao longo do tronco

Table 4 – Average lignin content (%) of disks taken at different positions along the trunk of *Eucalyptus grandis*, of different ages

Tratamento	Amostras	Médias	Tukey	CV (%)	DP (%)
Idade 10 anos	24	25,53	a ¹	5,58	1,426
Idade 14 anos	24	27,12	b	6,22	1,686
Idade 25 anos	24	27,95	bc	5,33	1,491
Idade 20 anos	24	28,29	c	6,40	1,811
Disco 2	32	26,41	a	6,34	1,675
Disco 1	32	26,71	a	5,79	1,546
Disco base	32	28,59	b	6,31	1,803
Interação Idade X Disco					
10 anos x disco 2	8	24,73	a	7,27	1,798
10 anos x disco 1	8	25,35	ab	4,11	1,041
14 anos x disco 1	8	26,35	ab	6,20	1,634
14 anos x disco 2	8	26,40	abc	5,86	1,547
10 anos x disco base	8	26,53	abc	2,55	0,676
25 anos x disco 2	8	27,01	bc	2,24	0,606
20 anos x disco 2	8	27,51	bcd	4,27	1,176
25 anos x disco 1	8	27,56	bcde	2,80	0,773
20 anos x disco 1	8	27,59	bcde	5,46	1,507
14 anos x disco 1	8	28,63	cde	2,28	0,650
25 anos x disco base	8	29,23	de	6,07	1,776
20 anos x disco base	8	29,76	e	6,18	1,840
Média Geral				27,22	

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% (p<0,05) de significância.

Quadro 5 – Análise de variância do teor de holocelulose da madeira de *Eucalyptus grandis*, em função da variação da idade e da posição ao longo do tronco

Table 5 – Variance analysis of holocelulose content (%) along the trunk of *Eucalyptus grandis* of different ages

Causa da Variação	G. L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	P
Principais Efeitos					
A: Idade	3	192,244	64,0813	31,25*	0,0000
B: Posição do disco	2	85,4452	42,7226	23,94*	0,0000
Interações					
AB	6	3,33563	0,555938	0,31NS	0,9293
Resíduo	84	149,904	1,78457		
Total (Corrigido)	95	347,315			

* Significativo a 95% de probabilidade e NS Não-significativo.

O teor de holocelulose apresentou tendência inversamente proporcional em relação à idade. O valor médio do teor de holocelulose foi de 68,69%, sendo os limites inferior e superior, respectivamente, de 63,21% (idade de 20 anos no disco da base) e 73,11% (idade de 14 anos no disco da posição 2), apresentando variação de mais de 15,66%. Os valores médios encontram-se no Quadro 6.

O teor de holocelulose é maior nas árvores mais jovens que os encontrados nas madeiras mais maduras. Embora haja controvérsias, diversos autores confirmaram a diminuição sistemática do teor de holocelulose da madeira com o aumento da idade, havendo tendência de estabilização após certa idade da árvore. Os resultados do presente estudo para o teor de celulose estão em consonância com os normalmente encontrados na literatura. Estatisticamente, os discos nas posições 1 e 2 não apresentaram diferenças significativas entre si, mas diferiram significativamente do disco da base; entre as idades de 10, 14 e 25 anos, observaram-se diferenças significativas entre si, as quais, porém, não foram encontradas nas idades de 20 e 25 anos.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, pode-se concluir que:

a) A composição química da madeira foi influenciada pela idade e pela variação da posição do disco no sentido longitudinal.

b) A variabilidade interna das árvores no sentido longitudinal influenciou mais decisivamente na composição química da madeira que a variação da idade.

c) As toras da base das árvores e de maior idade

apresentaram maiores teores de extrativos e lignina que as demais toras, correspondendo a madeiras mais maduras.

e) A madeira das árvores mais jovens e localizada nas partes mais superiores do tronco apresentaram maiores teores de holocelulose.

Quadro 6 – Valores médios dos teores de holocelulose (%) da madeira de *Eucalyptus grandis*, de diferentes idades (anos) e posições ao longo do tronco

Table 6 – Average holocellulose content (%) of disks taken at different positions along the trunk of *Eucalyptus grandis*, of different ages

Tratamento	Amostras	Médias	Tukey	CV (%)	DP (%)
Idade 20 anos	24	67,11	a ¹	3,74	2,513
Idade 25 anos	24	67,59	a	3,72	2,517
Idade 10 anos	24	69,46	b	2,95	2,050
Idade 14 anos	24	70,61	c	2,44	1,726
Disco base	32	66,34	a	3,72	2,471
Disco 1	32	69,61	b	2,45	1,705
Disco 2	32	70,13	b	2,56	1,796
Interação Idade X Disco					
20 anos x disco base	8	64,22	a	2,68	1,720
25 anos x disco base	8	64,85	a	3,93	2,550
14 anos x disco base	8	67,47	b	1,61	1,088
20 anos x disco 1	8	68,26	bc	2,09	1,429
25 anos x disco 1	8	68,71	bcd	1,38	0,950
10 anos x disco base	8	68,84	bcd	0,42	0,288
20 anos x disco 2	8	68,85	bcd	3,70	2,550
25 anos x disco 2	8	69,21	bcd	0,89	0,615
14 anos x disco 1	8	70,35	cde	2,40	1,687
14 anos x disco 2	8	70,59	cde	2,44	1,722
10 anos x disco 1	8	70,89	de	1,47	1,040
10 anos x disco 2	8	72,11	e	2,15	1,548
Média Geral		68,69			

^{1/} Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey com significância de 5% (p<0,05).



5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAFE, S.C. Relationships between shrinkage and specific gravity in the wood of Eucalyptus. **Australian Forestry**, v. 57, p. 59-61, 1994 .

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. **Lignins: occurrence, formation, structure and reactions**. New York: John Wiley Interprice, 1971. p. 241-298.

GOMIDE, J. L. ; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método klason modificado. **O Papel**, v. 47, n. 8, p. 36–38. 1986.

GONÇALEZ, J. C. **Caracterization technologique de quatre espèces peu connues de la Forêt Amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques**. 1993. 444f. Thèse (Doctorat- Technologie du Bois) École Nationale du Gêne Rural des Eaux et des Forêts. Nancy, 1993.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. Eucalyptus for wood production. Melbourne: **CSIRO**, 1978. 434p.

JANKOWSKY, I. P. **Influência da densidade básica e do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira**. 1979. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. 745p.

LEPAGE, E. S. Química da Madeira. In: **MANUAL de preservação de madeiras**, São Paulo: IPT, 1986. p. 69-97

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4. ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722p.

RAYMOND, C. A. Tree breeding issues for solid wood products. In: **THE FUTURE OF EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS**. 2000, Launceston, Tasmania. **Proceedings....** Launceston: IUFRO, 2000, p. 265 – 270.

SANTOS, F.L.C. Perspectivas do mercado nacional de madeiras reflorestadas oriundas de florestas plantadas. In: **SIMPÓSIO IPEF – A REENGENHARIA E SEUS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DO SETOR FLORESTAL**, 4., 1996, São Paulo. **Anais ...** São Pedro: IPEF, 1996. v.3, p. 31-52.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 160f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, J. R. M. Relações da variabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. 2002. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

ZOBEL, J.B.; BUJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control**. New York: Springer-Verlag, 1989. 363p.