

## CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E QUÍMICA DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus* E SUA INFLUÊNCIA NA COLAGEM

Celiana Kátia Pereira Lima<sup>1</sup>, Fábio Akira Mori<sup>2</sup>, Lourival Marin Mendes<sup>2</sup>, Angélica de Cássia Oliveira Carneiro<sup>3</sup>

(recebido: 16 de maio de 2006; aceito: 20 de dezembro de 2006)

**RESUMO:** A madeira constitui-se de um material heterogêneo e complexo formado por diferentes elementos, com proporções e distribuição variadas ao longo do tronco. Tudo isso, aliado à higroscopicidade, exerce influência no processamento da madeira, incluindo a colagem. Pelo exposto, com o presente estudo, buscou-se mediante a caracterização e mensuração anatômica e o teor de extrativos totais da madeira dos clones de *Eucalyptus*, encontrar correlação com a qualidade das juntas coladas. As correlações de Pearson foram realizadas considerando os clones 39 e 26 em interação com o adesivo de uréia-formaldeído. As características anatômicas, em relação à frequência e tamanho de vasos condutores, parênquima radial e o teor de extrativos totais, apresentaram correlação com a avaliação da qualidade da colagem dos clones, quanto à porcentagem de falha na madeira e resistência ao cisalhamento na linha de cola.

**Palavras-chave:** Características anatômicas, teor de extrativos totais, *Eucalyptus*, colagem.

### ANATOMIC AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF *Eucalyptus* CLONES WOOD AND ITS INFLUENCE UPON BONDING

**ABSTRACT:** Wood is a heterogeneous and complex material made up from different elements distributed along the trunk in several proportions. Associated with hygroscopicity, they have an influence on wood processing, including bonding. Therefore the present study sought, not only through the anatomic characterization and measurement but also through the total extractive content in *Eucalyptus* clones wood, to find out the correlation between the quality and the bonding junctions. Pearson correlations were used, considering 39 and 26 clones in interaction with the urea-formaldehyde sticker. The anatomic characteristics, relative to frequency and size of conducting vessels, radial parenchyma and its total extractive content presented correlation with the evaluation of clone's bonding quality as well as with the percentage of wood failure and glue-line shear.

**Key words:** Anatomic characteristics, total extractive content, *Eucalyptus*, bonding.

#### 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os reflorestamentos com *Eucalyptus*, na sua quase totalidade, são destinados às indústrias de polpa celulósica e de carvão vegetal, começando a ser direcionados a outros usos de grande valor agregado, como a indústria de móveis, construções civis, pontes etc.

Os clones de *Eucalyptus* aparecem nesse cenário visando a utilização desses para as indústrias de movelaria e construção civil, entre outros. Os clones apresentam alta produtividade volumétrica em madeira, sendo necessários maiores estudos quanto à sua qualidade. As características anatômicas e químicas da madeira influenciam diretamente as diferentes utilizações desses clones e também na colagem, etapa fundamental para usos mais nobres do material madeira. Nesse contexto, fica evidente a

necessidade de informações quanto ao comportamento dessas madeiras na colagem, assim como a definição das principais características da madeira que influenciam o seu desempenho.

A influência da anatomia da madeira no processo de colagem está relacionada à sua estrutura no que se refere às diferenças de dimensões dos elementos celulares, tamanho, disposição e frequência das cavidades celulares que, por sua vez, estão relacionadas com a porosidade e permeabilidade da madeira, ou seja, com características que influenciam na mobilidade e penetrabilidade do adesivo (MARRA, 1992; PIZZI, 1994).

Em termos gerais, pode-se dizer que as características anatômicas da madeira, tais como comprimento de fibra, espessura da parede, diâmetro do lúmen, proporção dos vários tipos de células e tecidos, como vasos e parênquimas, possuem certa relação com a

<sup>1</sup>Engenheira florestal, Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – celiana.lima@hotmail.com

<sup>2</sup>Professores do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – morif@ufla.br; lourival@ufla.br

<sup>3</sup>Engenheira florestal – Tubo Minas Indústria e Comércio Ltda – Av. Elói Mendes, 281, Distrito Industrial – 37110-000 – Elói Mendes, MG – cassinhacarneiro@yahoo.com.br

densidade. Por ser a densidade da madeira uma característica diretamente relacionada com sua porosidade, também exerce influência na penetração do adesivo na madeira (RUY, 1998).

Segundo Uprichard (1993), citado por Caixeta (2000), os principais efeitos dos constituintes químicos da madeira, como os extrativos, sobre a sua utilização, se referem ao aumento da sua durabilidade; coloração; e também ao processo de colagem, quando presente na linha de cola, podendo reagir com o adesivo, gerando, assim, linhas de cola com fraco desempenho.

Dependendo da espécie e condições de secagem da madeira, ocorrem a migração e concentração de extrativos na superfície, com a formação da chamada superfície inativa ou contaminada, prejudicando o contato adesivo-madeira (MARRA, 1992; PIZZI, 1994).

Na dependência da quantidade e do tipo de extrativo presente na madeira, pode ocorrer uma interferência nas reações de polimerização do adesivo ou uma reação entre o adesivo e o extrativo. Jankowsky (1988) já considerava tal fato ao concluir que madeiras com elevados teores de extrativos apresentam dificuldades de colagem.

Sendo assim, com o presente estudo teve-se como objetivo a caracterização anatômica e do teor de extrativos totais da madeira de clones de *Eucalyptus*, avaliando-se a influência destes parâmetros na qualidade da junta colada.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Amostraram-se 2 clones de *Eucalyptus*, tendo como espécie paterna o *E. urophylla*. Os clones foram provenientes de plantios da Companhia Mineira de Metais, localizada na cidade de Vazante, Estado de Minas Gerais. Utilizaram-se árvores com idade aproximada de 14 anos. Esses clones foram selecionados de um total de vinte da citada empresa, levando-se em consideração a maior produtividade, em relação ao volume e ao diâmetro a altura do peito (DAP) médios, de cada clone, conforme listado no Tabela 1.

De cada um dos clones, que foram selecionados pela alta produtividade, foram amostradas três árvores e, dessas árvores, foram retirados pranchões de aproximadamente 5 cm de espessura, sendo, então, escolhidos os pranchões denominados T2, pela posição intermediária entre a medula e a casca e, também, pela disponibilidade de material isento de defeitos (Figura 1).

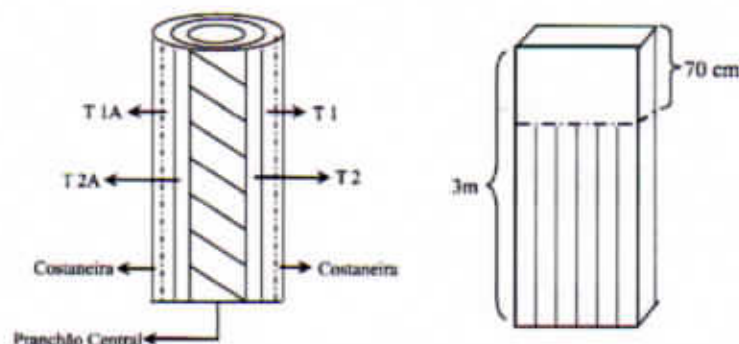
**Tabela 1** – Caracterização dos clones selecionados.

**Table 1** – Characterization of the selected clones.

Clone	Idade aproximada (anos)	Espécie paterna	DAP médio (cm) <sup>1</sup>	Volume médio (m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	Densidade Básica (g/cm <sup>3</sup> )
39	14	<i>E. urophylla</i>	33,03	1,456	0,467
26	14	<i>E. urophylla</i>	32,20	1,349	0,501

1- Média obtida de 3 árvores, com duas medidas de DAP por árvore.

2- Média obtida de 4 árvores.



**Figura 1** – Obtenção das tábuas dos clones e corpos-de-prova.

**Figure 1** – Boards and specimen test from the clones.



Após secagem ao ar livre, dos pranchões T2 obtidos de cada árvore (representando 3 repetições por clone), foram retirados corpos-de-prova nos 70 cm do topo, nas dimensões de 2,5 x 2,5 x 2,5 cm, destinados à caracterização anatômica da madeira. E o restante foi destinado à obtenção dos sarrafos para a preparação das juntas.

Nessa fase de usinagem da madeira para retirada dos corpos-de-prova, foram ainda coletadas amostras de serragem, para a análise do teor de extrativos totais.

### 2.1 Caracterização anatômica e teor de extrativos totais

Foram mensurados o comprimento e a largura das fibras; espessura da parede; diâmetro e frequência dos vasos; altura, largura e frequência dos raios, de acordo com a norma IAWA (1989), utilizando-se um *software* de análise de imagem (Wincell-Pro) de concepção canadense, do Laboratório de Anatomia da Madeira do DCF, Ufla.

Para as medições do comprimento e largura das fibras e espessura da parede, foram preparadas lâminas provisórias com material macerado. A espessura da parede celular foi calculada pela expressão  $EP = (L - DL) / 2$ , em que L significa a largura das fibras e DL, o diâmetro do lúmen.

A madeira dos corpos-de-prova foi reduzida a pequenos fragmentos e colocada em vidros com a solução macerante de peróxido de hidrogênio e ácido acético 1N, na proporção de 1:1 (v/v), com volume suficiente para cobrir todos os fragmentos de madeira; esses foram levados à estufa à temperatura de 60°C até a individualização das fibras. O material foi lavado com água destilada e filtrado. As lâminas foram preparadas com glicerina e o material histológico, corado com corante Fast-green.

Para a realização das demais medições, foram confeccionadas lâminas permanentes. Os corpos-de-prova foram acondicionados e amolecidos em água, sendo o seu seccionamento realizado no micrótomo de deslizamento, marca Jung SM 2000, nas faces tangencial, radial e transversal.

Os cortes tiveram espessura que variaram de 12 a 15 µm e foram coletados com auxílio de um pincel e depositados em um recipiente contendo água destilada e, posteriormente, em água sanitária. Depois de lavados e corados com corante safranina, os cortes foram desidratados em seqüência alcoólica (20%, 50%, 70%, 80% e 100%) e embebidos gradativamente em acetato de butila (soluções de álcool: acetato de butila, 3:1, 1:1, 1:3 e acetato de butila p.a.), e, após serem aparados, esses foram fixados em lâminas permanentes com o adesivo entellan.

Determinou-se o teor de extrativos totais de acordo com a norma ABTCP M 3/69 (ABTCP, 1974).

A serragem foi moída em moinho Wiley no Laboratório de Tecnologia da Madeira do DCF-Ufla, e classificada em peneiras de 35 e 60 mesh, utilizando-se a

serragem, que passou na peneira de 35 mesh e ficou retida na peneira de 60 mesh.

Determinou-se a umidade da serragem em base seca, para que pudesse ser utilizado o peso absolutamente seco da madeira, na determinação do teor de extrativos totais.

Foram realizadas duas repetições por árvore, sendo três árvores por clone, perfazendo um total de seis amostras por clone.

### 2.2 Colagem e avaliação das juntas

Dos pranchões T2, foram retirados os sarrafos para a preparação das juntas coladas, nas dimensões de 2,0 x 6,5 x 31 cm (espessura x largura x comprimento), que foram colados com adesivo comercial (uréia-formaldeído), de acordo com as condições de colagem abaixo:

- Quantidade de adesivo aplicada – 250 g/m<sup>2</sup> aplicadas em face dupla, de cada junta;
- Temperatura de prensagem – temperatura ambiente;
- Pressão – 12 kgf/cm<sup>2</sup>;
- Tempo de prensagem – 6 horas.

Após prensagem, acondicionamento e retirada dos corpos-de-prova conforme norma ASTM D 905-98 (ASTM, 1998), foram realizados os testes de resistência ao esforço de cisalhamento, em uma máquina universal de ensaio, modelo EMIC DL-30000.

A porcentagem de falha na madeira foi obtida por inspeção, com o auxílio de uma malha quadriculada, com as suas respectivas áreas delimitadas em porcentagem, após o rompimento ao cisalhamento.

### 2.3 Análises estatísticas dos dados

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* SAEG 6.0. Foram avaliadas as correlações existentes entre as características anatômicas e o teor de extrativos da madeira dos clones citados, com a qualidade das juntas coladas (resistência ao esforço de cisalhamento e porcentagem de falha na madeira) com o adesivo à base de uréia-formaldeído. Foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, a 1% e 10% de probabilidade pelo teste t de Student.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação da qualidade e desempenho das juntas coladas, foram utilizados como parâmetros os valores médios para resistência ao cisalhamento e para falha na madeira, ambos em função do clone, conforme apresentados na Tabela 2.

Na Tabela 3 estão apresentadas as mensurações das características anatômicas e o teor de extrativos totais, obtidos da madeira do clone 26.

**Tabela 2** – Valores médios de resistência ao cisalhamento (Mpa) e porcentagem de falha na madeira (%), em função do clone.

**Table 2** – Medium values of shearing resistance (Mpa) and percentage of failure on wood (%), as related with the clone.

Clone	Resistência ao cisalhamento (Mpa)	Porcentagem de falha na madeira (%)
26	8,94	51,14
39	7,36	86,36

**Tabela 3** – Ficha Biométrica da madeira do clone 26.

**Table 3** – Wood Biometric values of clone 26.

Características da madeira		Nº. de observações*	Desvio padrão
Comprimento de fibra (mm)	1,06	98	0,16
Largura de fibra ( $\mu\text{m}$ )	19,61	96	4,32
Espessura de parede ( $\mu\text{m}$ )	7,12	96	1,91
Altura de raio (mm)	0,22	60	0,08
Largura de raio ( $\mu\text{m}$ )	12,92	60	3,86
Frequência de raio (raios/mm)	1,24	3	0,15
Diâmetro de vaso ( $\mu\text{m}$ )	121,44	59	27,81
Frequência de vasos (vasos/ $\text{mm}^2$ )	1,39	3	0,25
Extrativos totais (%)	5,54	6	0,46

\*Obtidas de três árvores (repetições).

Conforme pode ser observado na Tabela 3, para o clone 26 o comprimento médio de fibras foi de 1,06 mm, segundo IAWA (1989), esse valor classifica-as como curtas.

A largura média das fibras foi de 19,61  $\mu\text{m}$  e o valor encontrado para a espessura média da parede celular foi de 7,12  $\mu\text{m}$ . As fibras são classificadas quanto à espessura da parede celular em fibras muito espessas, segundo IAWA (1989).

A altura média dos raios encontrada, para o clone 26, foi de 0,22 mm, valor esse que os classifica como extremamente baixos segundo IAWA (1989). A largura média dos raios encontrada para o clone 26 foi de 12,92  $\mu\text{m}$ , valor esse que os classifica como extremamente finos, segundo IAWA (1989). A frequência dos raios/mm linear médio foi de 1,24 raios/mm linear.

O diâmetro médio dos vasos foi de 121,44  $\mu\text{m}$ . Segundo IAWA (1989), o diâmetro médio encontrado classifica os vasos como médios. A frequência dos vasos/ $\text{mm}^2$  média foi de 1,39 vasos/ $\text{mm}^2$ , segundo IAWA (1989), são classificados como muito poucos.

O valor médio observado para extrativos totais foi de 5,54%.

Nas Figuras 2, 3 e 4 verificam-se os cortes obtidos da madeira do clone 26 nas posições longitudinal

tangencial, longitudinal radial e transversal utilizados para as mensurações das características anatômicas.

Na Tabela 4 estão apresentadas as mensurações das características anatômicas e o teor de extrativos totais, obtidos da madeira do clone 39.



**Figura 2** – Corte Longitudinal Tangencial do Clone 26 (100x).

**Figure 2** – Tangential Longitudinal Cut of Clone 26 (100x).





Figura 3 – Corte Longitudinal Radial do Clone 26 (100x).

Figure 3 – Radial Longitudinal Cut of Clone 26 (100x).

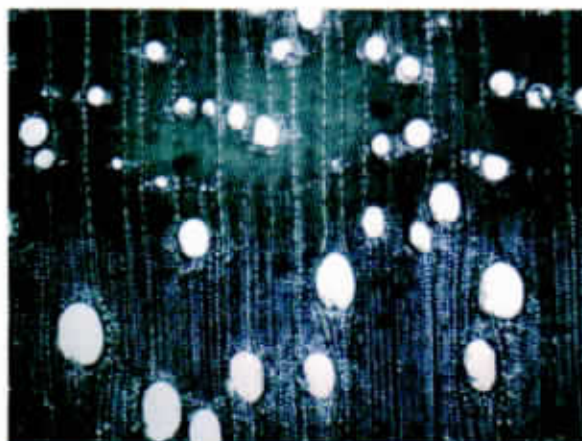


Figura 4 – Corte Transversal do Clone 26 (40x).

Figure 4 – Cross Cut of Clone 26 (40x).

Tabela 4 – Ficha Biométrica da madeira do clone 39.

Table 4 – Wood Biometric values of clone 39.

Características da madeira		Nº de observações*	Desvio padrão
Comprimento de fibra (mm)	0,88	94	0,15
Largura de fibra (µm)	20,07	93	4,48
Espessura de parede (µm)	5,82	93	1,41
Altura de raio (mm)	0,22	61	0,07
Largura de raio (µm)	12,10	60	3,03
Freqüência de raio (raios/mm)	1,60	3	0,12
Diâmetro de vaso (µm)	114,00	71	24,71
Freqüência de vasos (vasos/mm <sup>2</sup> )	1,58	3	0,17
Extrativos totais (%)	4,79	5	1,30

\*Obtidas de três árvores (repetições).

O comprimento médio de fibras encontrado para o clone 39 foi de 0,88 mm, conforme pode ser observado na Tabela 4; segundo IAWA (1989), o comprimento médio encontrado para fibras classifica-as como muito curtas.

A largura média das fibras encontrada para o clone 39 foi de 20,07 µm e a espessura média da parede foi de 5,82 µm. As fibras são classificadas quanto à espessura da parede em fibras muito espessas, segundo IAWA (1989).

A altura média dos raios foi de 0,22 mm, sendo classificado como extremamente baixos segundo IAWA (1989). A largura média dos raios foi de 12,10 µm. Segundo IAWA (1989), esses valores classificam-se como extremamente finos. A freqüência dos raios/mm linear médio foi de 1,60 raios/mm linear.

O diâmetro médio dos vasos foi de 114,00 µm. Segundo IAWA (1989), o diâmetro médio encontrado classifica os vasos como médios. A freqüência dos vasos/mm<sup>2</sup> médio foi de 1,58 vaso/mm<sup>2</sup>. Segundo IAWA (1989), são classificados como muito poucos.

O valor médio observado para extrativos totais foi de 4,79%.

Nas Figuras 5, 6 e 7 verificam-se os cortes obtidos da madeira do clone 39 nas posições longitudinal tangencial, longitudinal radial e transversal utilizados para as mensurações das características anatômicas.

Na Tabela 5 observam-se as correlações obtidas pelo teste de Pearson, entre as características anatômicas e o teor de extrativos totais da madeira dos clones 26 e 39, e a qualidade das juntas coladas desses clones com adesivo à base de uréia-formaldeído (resistência ao esforço de cisalhamento e porcentagem de falha na madeira).



**Figura 5** – Corte Longitudinal Tangencial do Clone 39 (100x).

*Figure 5* – Tangential Longitudinal Cut of Clone 39 (100x).



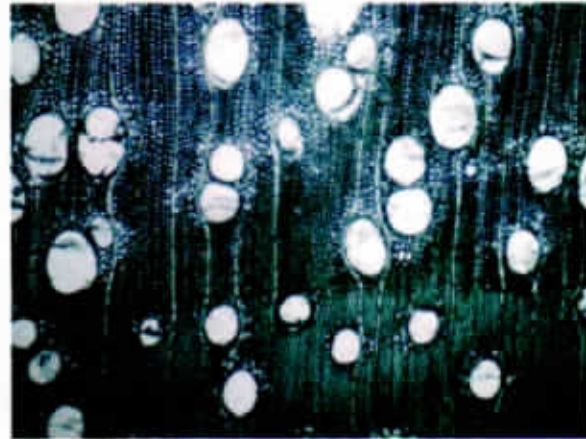
**Figura 6** – Corte Longitudinal Radial do Clone 39 (100x).

*Figure 6* – Radial Longitudinal Cut of Clone 39 (100x).

Observa-se pela Tabela 5 que a frequência de vasos condutores influencia a colagem da madeira do clone 26 em relação à resistência ao cisalhamento na linha de cola. É o parâmetro anatômico que mais influencia a colagem, seguido pela frequência e largura dos raios (parênquima radial). O diâmetro dos vasos condutores também influencia a porcentagem de falha na madeira, que é mostrada pelo coeficiente de correlação de 0,32.

Esses resultados estão coerentes, conforme relatado por Marra (1992) e Pizzi (1994), os quais revelam

que havendo a penetração do adesivo, ocorre uma boa mobilidade desse no substrato madeira e, conseqüentemente uma boa colagem. De acordo com Iwakiri (2005), a porosidade relaciona-se com a densidade que, por sua vez, influencia a penetração do adesivo na madeira, pois dizem respeito às aberturas da madeira relativas à passagem de líquidos (adesivos).



**Figura 7** – Corte Transversal do Clone 39 (40x).

*Figure 7* – Cross Cut of Clone 39 (40x).

Verifica-se também pela Tabela 5 a influência dos extrativos totais na resistência ao cisalhamento na linha de cola.

Os extrativos influenciam a cor, o odor, o gosto, a fluorescência, a durabilidade, a inflamabilidade, a relação água-madeira, a polpação e também a colagem. Gorduras são encontradas nas células parenquimatosas, especialmente no parênquima radial, e alguns materiais podem ser depositados nos poros da madeira de folhosas. Constituintes solúveis na seiva podem estar presentes no albúrnio e serem depositados dentro dos capilares da madeira e na superfície da madeira quando essa é seca.

Na Tabela 5, observaram-se a mesma tendência para o clone 39, a influência da frequência dos vasos condutores e dos raios em relação à resistência ao cisalhamento na linha de cola, bem como a influência da quantidade de extrativos totais em relação à porcentagem de falha na madeira.

As demais características não apresentaram correlações significativas com a colagem.



**Tabela 5** – Coeficiente de correlação de Pearson entre as características anatômicas e o teor de extrativos totais da madeira e a qualidade das juntas coladas (resistência ao cisalhamento e porcentagem de falha na madeira) com adesivo uréia-formaldeído, dos clones 26 e 39.

**Table 5** – Coefficient of Pearson correlation between the anatomical characteristics and the total extractive content of the wood and the quality of the bonding junctions (shearing resistance and percentage of failure on wood) with urea-formaldehyde sticker, of clones 26 and 39.

Características da madeira	Clone 26		Clone 39	
	Resistência ao cisalhamento	Porcentagem de falha na madeira	Resistência ao cisalhamento	Porcentagem de falha na madeira
Comprimento de fibra	-0,0803	0,0922	-0,0468	0,1221
Largura de fibra	-0,0812	-0,1595	0,0534	-0,1457
Espessura de parede	-0,0277	-0,1765	-0,0901	0,0385
Altura de raio	0,2807	-0,0774	-0,0444	-0,1113
Largura de raio	0,0808	0,5043**	-0,2012	-0,1216
Frequência de raio	0,8181*	-0,1715	-0,9102*	-0,3018
Diâmetro de vaso	0,2036	0,3200*	-0,1004	-0,1371
Frequência de vasos	0,9494*	-0,8933	-0,5268*	0,2785
Extrativos totais	-0,6482*	-0,2918	0,2104	0,3083*

\* e \*\* significativo a 10% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

#### 4 CONCLUSÕES

Os clones 26 e 39 apresentaram fibras curtas e com paredes espessas. Os raios (parênquima radial) dessas madeiras são extremamente baixos e finos. O diâmetro dos vasos condutores é médio, sendo esses pouco numerosos.

A madeira dos clones estudados é bastante semelhante anatomicamente.

As características anatômicas que influenciaram a colagem da madeira dos clones de *Eucalyptus*, colados com adesivo à base de uréia-formaldeído foram: vasos condutores e parênquima radial (raios); e também extrativos totais.

A frequência e tamanho desses elementos influenciaram diretamente a colagem, em relação à resistência ao cisalhamento na linha de cola e porcentagem de falha na madeira, para ambos os clones estudados.

A dificuldade de colagem da madeira de *Eucalyptus* em relação a outras madeiras consideradas de fácil colagem pode ser atribuída ao fato de a madeira desses clones estudados apresentarem uma baixa permeabilidade, ocasionando uma baixa penetração do adesivo no substrato madeira.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Annual book of ASTM standards*: adhesives. Denver, 1998. D905-98. Standard test method for strength properties of adhesive bonds in shear by compression loading.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. *Normas técnicas ABCP*. São Paulo, 1974.

CAIXETA, R. P. *Propriedades da madeira de Eucalyptus: classificação e seleção de genótipos utilizando marcador molecular e análise multivariada*. 2000. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

INTERNATION ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS AT THE. *Boletim IAWA*. Ryksherbium, 1989.

IWAKIRI, S. (Ed.). *Painéis de madeira reconstituída*. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.

JANKOWSKY, I. P. *Colagem de madeiras*. Piracicaba: ESALQ, 1988. 45 p.

MARRA, A. A. *Technology of wood bonding: principles and practice*. Nova York: Van N. Reinhold, 1992. 454 p.

PIZZI, A. *Advanced wood adhesives technology*. Nova York: M. Dekker, 1994. 285 p.

RUY, O. F. *Variação da qualidade da madeira em clones de Eucalyptus urophylla S.T. Blake da Ilha das Flores, Indonésia*. 1998. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1998.