

CELIANA KÁTIA PEREIRA LIMA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE JUNTAS COLADAS DA MADEIRA
DE CLONES DE *EUCALYPTUS***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:
Prof. Dr. Fábio Akira Mori

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL
2006

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Lima Celiana Kátia Pereira

Avaliação da qualidade de juntas coladas da madeira de clones de
Eucalyptus / Celiana Kátia Pereira Lima. -- Lavras: UFLA, 2006.

76 p.: il.

Orientador: Fábio Akira Mori.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. *Eucalyptus*. 2. Colagem. 3. Clone. 4. Adesivo. 5. Característica
anatômica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97342
-674.8

CELIANA KÁTIA PEREIRA LIMA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE JUNTAS COLADAS DA MADEIRA
DE CLONES DE *EUCALYPTUS***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 22 de março de 2006.

Prof. Dr. Lourival Marin Mendes

UFLA

Eng. Florestal Dr^a. Angélica de Cássia Oliveira Carneiro

Prof. Dr. Fábio Akira Mori
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL

Aos meus pais,
Rafael (*in memoriam*) e Delza,

DEDICO

Aos meus irmãos:
Luciene, Rita, Luiz Sérgio e Maria Regina.
E sobrinhos:
Rafael, Paulo Victor, Brígida, Thaisa e José Geraldo.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha força e bem maior.

À minha mãe, pela confiança e exemplo de vida.

Aos meus irmãos, sobrinhos, parentes e amigos, pelo incentivo.

À Duda, pela lealdade e alegria incondicionais.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciências Florestais, pela oportunidade da realização deste mestrado.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de estudo, e à FAPEMIG, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo financiamento do projeto.

À Companhia Mineira de Metais, pelo fornecimento do material para pesquisa.

Ao professor Fábio Akira Mori, pela orientação.

Aos professores Paulo Fernando Trugilho (DCF) e Renato Ribeiro de Lima (DEX), pelas sugestões nas análises estatísticas e disponibilidade.

À engenheira florestal Angélica de Cássia Oliveira Carneiro, pela doação do adesivo, pela disposição em colaborar e pela participação na banca examinadora.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Florestais: Clair, Welligton, Ernani... , pela ajuda e amizade.

Aos amigos da UFLA: Beto, Luciana, Polliana, Elisa, Tássia, Carol, Ericka, Sérgio e tantos outros, pelo auxílio e companheirismo.

À amiga Elísia, pela ajuda e amizade.

E a todas as pessoas que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Celiana Kátia Pereira Lima, filha de Rafael de Lima e Delza Pereira de Lima, nasceu em 25 de fevereiro de 1978, em Ribeirão Vermelho, estado de Minas Gerais.

Em 2002, obteve o título de engenheira florestal pela Universidade Federal de Lavras.

Em 2004, ingressou no Curso de Mestrado em Ciência Florestal, com opção para Tecnologia da Madeira, na Universidade Federal de Lavras, defendendo dissertação em março de 2006.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE QUADROS.....	ii
RESUMO GERAL.....	iv
GENERAL ABSTRACT.....	v
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução Geral.....	2
2 Referencial Teórico.....	4
2.1 Considerações gerais sobre o gênero <i>Eucalyptus</i>	4
2.2 Silvicultura clonal.....	5
2.3 Madeira sólida e suas limitações.....	6
2.4 Colagem da madeira.....	7
2.5 Características dos adesivos.....	11
2.5.1 Adesivos termoplásticos.....	12
2.5.2 Adesivo uréia-formaldeído.....	13
2.5.3 Adesivo resorcina-formaldeído.....	13
2.6 Características anatômicas da madeira.....	14
2.7 Extrativos Totais da madeira.....	16
3 Referências Bibliográficas.....	18
CAPÍTULO 2: Colagem da madeira de clones de <i>Eucalyptus</i> com três adesivos comerciais.....	22
1 Resumo.....	23
2 Abstract.....	24
3 Introdução.....	25
4 Material e Métodos.....	26
4.1 Coleta do material e caracterização da área.....	26
4.2 Obtenção das tábuas dos clones e preparação das juntas para colagem.....	27
4.3 Colagem das juntas.....	29
4.4 Determinação das propriedades físico-químicas dos adesivos.....	32
4.5 Avaliação das juntas coladas.....	33
4.6 Análises Estatísticas dos dados.....	35
5 Resultados e Discussão.....	37
5.1 Propriedades dos adesivos.....	37
5.2 Desempenho da colagem.....	38
5.2.1 Resistência ao cisalhamento.....	38
5.2.2 Falha na madeira.....	40
6 Conclusões.....	45
7 Referências Bibliográficas.....	46
CAPÍTULO 3: Características anatômicas e química da madeira de clones de <i>Eucalyptus</i> e sua influência na colagem.....	48

1	Resumo.....	49
2	Abstract.....	50
3	Introdução.....	51
4	Material e Métodos.....	52
4.1	Amostragem do material para caracterização anatômica e teor de extrativos totais da madeira dos clones.....	52
4.2	Caracterização anatômica.....	53
4.3	Teor de Extrativos Totais.....	55
4.4	Colagem e avaliação das juntas coladas.....	55
4.5	Análises Estatísticas dos dados.....	57
5	Resultados e Discussão.....	58
5.1	Características anatômicas e teor de extrativos totais da madeira dos clones.....	58
5.2	Associações das características anatômicas e teor de extrativos totais da madeira com a qualidade da colagem.....	64
6	Conclusões.....	67
7	Referências Bibliográficas.....	68
	ANEXOS.....	70

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Obtenção das tábuas dos clones.....	28
2 Sarrafos para preparo das juntas coladas, acondicionados em sala de climatização.....	29
3 Gramatura do adesivo.....	30
4 Juntas sendo prensadas.....	31
5 Corpo-de-prova.....	32
6 Ensaio de cisalhamento na linha de cola.....	34
7 Corpos-de-prova após cisalhamento.....	34
8 Porcentagem de falha na madeira.....	35
9 Diagrama comparativo para a resistência ao cisalhamento, em função do clone e adesivo.....	43
10 Diagrama comparativo para porcentagem de falha na madeira, em função do clone e adesivo.....	44
11 Obtenção das tábuas dos clones e corpos-de-prova.....	53
12 Microscópio acoplado a microcomputador para mensuração das características anatômicas da madeira.....	54
13 Corte Longitudinal Tangencial do Clone 26 (aumento de 100x).....	60
14 Corte Longitudinal Radial do Clone 26 (aumento de 100x).....	60
15 Corte Transversal do Clone 26 (aumento de 40x).....	60
16 Corte Longitudinal Tangencial do Clone 39 (aumento de 100x).....	63
17 Corte Longitudinal Radial do Clone 39 (aumento de 100x).....	63
18 Corte Transversal do Clone 39 (aumento de 40x).....	63

LISTA DE QUADROS

	Página
1 Caracterização dos clones selecionados.....	27
2 Tratamentos empregados no experimento.....	36
3 Resultados obtidos para as propriedades físico-químicas dos adesivos comerciais.....	37
4 Valores médios de resistência ao cisalhamento (Mpa) das juntas coladas, em função do clone e tipo de adesivo.....	38
5 Análise da variância para resistência ao cisalhamento, em função do clone e tipo de adesivo.....	38
6 Valores médios de resistência ao cisalhamento (Mpa), em função do clone utilizado para produção da junta colada.....	40
7 Valores médios da porcentagem de falha na madeira (%), em função do clone e tipo de adesivo.....	41
8 Análise de variância para porcentagem de falha na madeira, em função do clone e tipo de adesivo.....	41
9 Valores médios de falha na madeira (%), em função do tipo de clone.....	42
10 Valores médios de falha na madeira (%), em função do tipo de adesivo utilizado.....	43
11 Ficha Biométrica da madeira do clone 26.....	58
12 Ficha Biométrica da madeira do clone 39.....	61
13 Coeficiente de correlação de Pearson entre as características anatômicas e 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, do clone 26.....	64
14 Coeficiente de correlação de Pearson entre as características anatômicas e 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, do clone 39..... 65

RESUMO GERAL

LIMA, Celiana Kátia Pereira. **Avaliação da qualidade de juntas coladas da madeira de clones de *Eucalyptus***. 2006. 76 p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG ¹.

Com o intuito de avaliar a qualidade da colagem quanto à resistência ao cisalhamento e porcentagem de falha na madeira, e de correlacionar as características anatômicas e o teor de extrativos totais de cada clone com a qualidade da colagem, foram confeccionadas juntas coladas da madeira de quatro clones de *Eucalyptus* (espécies paternas, *E. urophylla* e *E. camaldulensis*) da região de Vazante (MG), com três adesivos comerciais (acetato de polivinila, uréia-formaldeído e resorcinólico) utilizados de acordo com as recomendações dos fabricantes. Os testes foram conduzidos de acordo com a norma ASTM D 905-98 (1998). Para a análise dos dados, utilizaram-se o modelo de delineamento inteiramente casualizado e o teste de Tukey para a comparação das médias. Para a resistência ao cisalhamento na linha de cola em função do clone, observou-se o melhor desempenho do clone 26. O tipo de adesivo e a interação adesivo x clone, não foram significativos. Já a porcentagem de falha na madeira apresentou significância a 5% de probabilidade para clone, indicando o clone 39 como o melhor; e para adesivo, indicando o adesivo à base uréia-formaldeído como o de melhor desempenho. Foram realizadas mensurações quanto ao comprimento e largura das fibras; espessura da parede celular; altura, largura e frequência de raios; diâmetro e frequência de vasos e teor de extrativos totais. As características anatômicas referentes à frequência e diâmetro de vasos condutores e parênquima radial, e extrativos totais, apresentaram correlação com a qualidade da colagem da madeira dos clones 26 e 39, pela correlação de Pearson (teste t a 1 e 10% de probabilidade), quanto à resistência ao cisalhamento na linha de cola e porcentagem de falha na madeira.

¹Comitê Orientador: Fábio Akira Mori – UFLA (Orientador), Lourival Marin Mendes – UFLA e José Tarcísio Lima – UFLA.

GENERAL ABSTRACT

LIMA, Celiana Kátia Pereira. **Evaluation of the quality of bonding junctions of the wood of *Eucalyptus* clones.** 2006. 76 p. (Dissertation – Master in Forestry) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

With the aim to evaluate the quality of bonding as to shearing resistance and percentage of failure on wood and correlate the anatomic characteristics and the content of total extractive content of each clone with bonding quality, bonding junctions of the wood of four clones *Eucalyptus* (parent species, *E. urophylla* e *E. camaldulensis*) of the Vazante region (MG) with three commercial adhesives (polyvinyl acetate, urea-formaldehyde and resorcinol) utilized according to the manufactures' recommendations have been manufactured. The tests were conducted according to the ASTM D 905-98 (1998) Norm. For data analysis, the completely randomized design model was utilized and Tukey test for comparison of means. For shearing resistance on the adhesive line as related with the clone, the best performance of clone 26 was observed, the sort of adhesives and the adhesive x clone interaction were not significant. But the percentage of failure on wood presented significance at the level of 5% of probability for clone, pointing out clone 39 as the best, and for sticker, indicating the adhesive based on urea-formaldehyde as the one of best performance. Measurements as for length and breadth of fibers, cell wall thickness, height, breadth and frequency of rays, diameter and frequency of vessels and total extractive content were performed. The anatomic characteristics concerning frequency and diameter of conducting vessels and radial parenchyma and total extractives showed correlation with the quality of bonding of the wood of clones 26 and 39 by Pearson correlation (t test at 1 and 5% of probability) as to shearing resistance on the adhesive line and percentage of failure on wood.

¹Guidance Committee: Fábio Akira Mori – UFLA (Major Professor), Lourival Marin Mendes – UFLA and José Tarcísio Lima – UFLA.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, é de conhecimento no setor florestal brasileiro que a madeira do gênero *Eucalyptus* poderá ser a principal matéria-prima para atender a diversos segmentos industriais, seja na produção de múltiplos produtos de madeira, seja na produção de carvão e celulose.

Quando se pensa em espécies de rápido crescimento como alternativa para produção de madeira, o gênero *Eucalyptus* se apresenta como uma espécie potencial das mais importantes. Entre os vários produtos e subprodutos que têm a madeira como fonte principal de matéria-prima, pode-se citar: palito de picolé, lápis, brinquedos, mobiliário, pisos, esquadrias, postes, dormentes, cavacos para produção de celulose, caixotarias, energia para uso doméstico ou siderúrgico, entre tantos outros. No entanto, deve-se comparar a multiplicidade e a interação das propriedades que tornam a madeira uma matéria-prima ideal para um determinado uso.

O termo qualidade da madeira é uma classificação arbitrária das variações dos elementos da madeira quando eles são contados, medidos, pesados, analisados ou avaliados para um determinado uso. Durante a formação da madeira, numerosos fatores, tanto externos quanto internos à árvore, conduzem a variações no tipo, número, tamanho, forma, estrutura física e composição química dos elementos da madeira, que influenciarão no futuro processamento da madeira.

Entre os principais fatores que afetam as características da madeira, pode-se citar o sítio (ambiente onde crescem as árvores), operações silviculturais (espaçamento, fertilização, desbaste, desrama), melhoramento genético, agentes biológicos, exploração, conversão, métodos adequados de processamento, entre outros.

A clonagem aparece, portanto, como a ferramenta mais eficiente na produção de madeira em quantidade e qualidade exigidas pelo mercado, promovendo a homogeneização das propriedades tecnológicas da madeira. Desse modo, a clonagem possibilita a produção em massa de madeira com características previamente selecionadas e ainda, assegura maior rendimento do processo de produção.

Nesse contexto, a colagem da madeira ou a reconstituição da madeira maciça em produtos colados apresenta-se como uma alternativa de melhorar o aproveitamento da matéria-prima, pois reduz a exigência em qualidade da madeira (nós, bolsa de resina e outros); entretanto, a qualidade do adesivo utilizado para esses processos deve ser observada como um critério de excelência em qualidade do produto.

Para tanto, torna-se necessário um maior conhecimento da colagem de madeiras, principalmente as do gênero *Eucalyptus* e de seus clones, e, com isso, verificar o comportamento dessa madeira colada em relação aos principais grupos de adesivos comerciais normalmente utilizados.

Sendo assim, com o presente trabalho teve-se como objetivos:

- avaliar a qualidade de juntas coladas de madeira de quatro clones de *Eucalyptus*, utilizando como aderente três tipos de adesivos comerciais e tendo como critérios de avaliação a resistência ao esforço de cisalhamento na linha de cola e a porcentagem de falha na madeira;
- caracterizar anatômica e quimicamente (teor de extrativos totais) a madeira de quatro clones de *Eucalyptus*, e correlacionar essas características com a resistência ao cisalhamento e porcentagem de falha na madeira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações Gerais sobre o Gênero *Eucalyptus*

O eucalipto pertence à família das Mirtáceas e é nativo da Austrália, onde cobre 90% da área do país, formando densos maciços florestais nativos. Engloba cerca de 670 espécies e apenas duas delas, *Eucalyptus urophylla* e *E. deglupta*, têm ocorrência natural fora do território australiano. Além do elevado número de espécies, existe um número muito grande de variedades e híbridos (Silva, 2001).

A disseminação das sementes de eucaliptos no mundo começou no início do século XIX. Hoje, as espécies mais utilizadas no mundo são o *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. saligna*, *E. citriodora*, *E. globulus*, *E. viminalis* e *E. tereticornis*, direcionados para fins bastante diversificados, como celulose, papel, lenha e carvão vegetal.

No Brasil, esse gênero tem sido extensivamente utilizado em plantios florestais graças à sua grande capacidade de adaptação, somada às características de rápido crescimento, produtividade, ampla diversidade de espécies e por ter aplicação em diferentes usos (Mora & Garcia, 2000).

Tendo como ano-base 2004, foram consumidos em torno de 994.000 ha em madeira plantada de *Eucalyptus* spp no Brasil, sendo a maioria dessa madeira destinada ao segmento de energia (834.000 ha), 140.000 ha para a indústria de celulose e 20.000 ha para outros usos (Associação Mineira de Silvicultura –AMS, 2005).

Apesar do volume ainda tímido de madeira empregada para os usos não tradicionais da madeira de *Eucalyptus*, o setor de madeira serrada e mobiliário é o responsável por cerca de 9,22% da mão-de-obra empregada pelo setor de base florestal de Minas Gerais (AMS, 2005).

Seguindo uma tendência mundial, as empresas florestais buscam novas alternativas para agregar maior valor aos seus produtos. Associada a isso, a madeira continua sendo a matéria-prima principal para um grande número de produtos, tornando-se necessária a adequação de espécies de rápido crescimento para suprir a demanda que recai sobre as florestas nativas. Dessa forma, o eucalipto surge como opção potencial para utilização em produtos de maior valor agregado, como sólidos de madeira, o que inclui madeira serrada, movelaria, construção civil, madeira processada para produção de aglomerados, chapas de fibra, lâminas e outros.

No entanto, é essencial que haja uma conscientização de que tais madeiras são, na maioria das vezes, novas madeiras. Em outras palavras, é preciso aperfeiçoar os processos de conversão, no sentido de adequação dessas madeiras, que possuem algumas características tecnológicas diferentes daquelas formadas em madeiras com longos ciclos de crescimento, apresentando, assim, propriedades mais estáveis e adequadas para serem utilizadas pelos métodos convencionais de trabalhar tais matérias-primas (Oliveira, 1997).

Quanto ao aspecto de colagem, os trabalhos são escassos, principalmente em relação à madeira sólida de clones de eucalipto, de alta produtividade volumétrica, amplamente difundidos por empresas nos reflorestamentos do Estado de Minas Gerais.

2.2 Silvicultura clonal

Os trabalhos desenvolvidos nessa área com melhoramento florestal conseguiram elevar o nível tanto produtivo como qualitativo das florestas comerciais. Primeiro, com trabalho via sexuada, melhorando a qualidade das sementes e, conseqüentemente, as características silviculturais das espécies e procedências utilizadas. E mais recentemente, utilizando técnicas de produção

assexuada, ocorrem avanços sem precedentes na produtividade e na homogeneização da qualidade da madeira produzida, ultrapassando barreiras de ocupação de novas áreas, mediante a síntese de clones adaptados às mais diferentes condições bioclimáticas (Ruy, 1998).

Atualmente existem clones selecionados para os quais os problemas típicos da madeira do gênero *Eucalyptus*, a exemplo de tensões de crescimento internas e colapso (na secagem), são minimizados (Tomaselli et al., 1999).

Essa nova silvicultura procura melhorar, segundo Ferreira (1992), a adaptação das espécies e procedências e estabelecer bases genéticas mais sólidas para a silvicultura intensiva clonal. Apresentando opções que, combinadas com a silvicultura tradicional, abrirão um novo horizonte na eucaliptocultura.

Segundo Ferreira (1992), a silvicultura clonal baseia-se na seleção de árvores dentro de populações de espécies e procedências e na utilização de técnicas de reprodução assexuada dessas árvores, procurando-se utilizar toda a variação genética existente, em bases seguras e com os ganhos genéticos sucessivos não interrompidos, proporcionando maior produção com melhor qualidade e menor tempo, por unidade de área.

2.3 Madeira sólida e suas limitações

A madeira sólida não é um produto homogêneo, pois possui uma estrutura heterogênea e anisotrópica, com características próprias e limitações quanto ao seu emprego. Em primeiro lugar, as dimensões quanto ao comprimento e largura das peças de madeira a serem obtidas são diretamente limitadas ao diâmetro e altura das árvores que as originarão. Outro fator importante se relaciona à natureza anisotrópica da madeira que, segundo Panshin & Zeeuw (1980), apresenta diferentes propriedades físicas, quando testada em seus três principais eixos, ou seja, tangencial, longitudinal e radial. Um terceiro

fator considera os defeitos naturais da madeira e, de acordo com Iwakiri (2005), defeitos como nós, inclinação da grã, porcentagem de lenho juvenil e adulto, lenho de reação, entre outros, ocasionam interferência quanto ao comportamento reológico da madeira.

Em decorrência das limitações da madeira sólida, a colagem adquire uma significativa importância com relação à produção de compostos de madeira, minimizando as limitações da madeira sólida e contribuindo para a conservação dos recursos florestais, devido à possibilidade de aproveitamento integral da madeira, mediante sua transformação em elementos de pequenas dimensões e variadas formas e posterior reconstituição em diversos tipos de produtos compostos de madeira (Iwakiri, 2005).

2.4 Colagem da Madeira

A junção perfeita de materiais iguais ou diferentes, através de suas superfícies, é freqüentemente exigida tanto a nível industrial quanto doméstico. Para ocorrer uma perfeita junção, é preciso ocorrer primeiramente o contato entre as duas partes a serem unidas. Esse contato pode ser obtido por um terceiro elemento, que preenche as deficiências dos substratos a serem colados, proporcionando um contato entre as superfícies a serem coladas.

Um material é caracterizado como adesivo quando promove a adesão entre dois substratos, pela ação de forças atrativas, que podem ser químicas e/ou mecânicas (Oliveira & Dantas, 2003).

Segundo Marra (1992), adesivo é um material com propriedades aderentes, isto é, uma substância capaz de manter unidos outros materiais em suas superfícies.

Substrato é o termo usado para sólidos unidos por adesivos (madeira). Já adesão é um fenômeno físico-químico que provê um mecanismo entre

superfícies sólidas e uma segunda fase, que consiste de partículas individuais, como moléculas, pequenas gotas, pó ou ainda de uma película contínua, líquida ou sólida.

Segundo Marra (1992), os mecanismos envolvidos no processo de adesão podem ser explicados pelas teorias mecânica, difusão de polímeros e adesão química.

A teoria da adesão mecânica considera a penetração do adesivo nas cavidades celulares, onde se solidifica, ficando ancorado. No caso de adesivos solúveis em água, além da penetração nos poros, ele penetra também nas paredes celulares entre as microfibrilas, formando locais de ancoramento em número muito maior. Todavia, essa teoria não explica a adesão de materiais não porosos, como vidros, metal, plástico, como também de madeiras tropicais densas, coladas com adesivos não solúveis em água (Skeist, 1997; Tsoumis, 1991).

A teoria da difusão de polímeros decorre da difusão de segmentos de cadeia poliméricas a nível molecular. Já a teoria da adesão química ocorre de ligações iônicas ou covalentes, consideradas como primárias, e/ou por forças intermoleculares secundárias (Marra, 1992).

Marra (1992) afirma que quanto à formação de uma ligação, os adesivos realizam os seguintes movimentos:

- **Fluidez:** movimento correspondente à fluidez no plano da linha de cola, em resposta à pressão e irregularidades no perfil;
- **Transferência:** movimento correspondente à transferência do adesivo para a superfície oposta;
- **Penetração:** movimento do adesivo para penetrar nos poros e estruturas intersticiais da superfície da madeira;
- **Umedecimento:** movimento do adesivo para recobrir a estrutura submicroscópica da madeira;

- Solidificação: movimentos envolvidos na mudança de estado, por processos químicos, produzindo resistência.

O adesivo, ao entrar em contato com o substrato sólido, sofre a influência da força de coesão, que tenta manter a forma esférica, e a força de adesão entre líquido e sólido em função da tensão superficial, que tenta estender a gota na superfície do substrato. A competição entre essas duas forças leva a diferentes níveis de umectação (Iwakiri, 2005).

Segundo Marra (1992), o movimento do adesivo na formação da ligação varia em magnitude (principal determinante na qualidade da ligação) de acordo com as condições de colagem e, portanto, a linha de cola formada poderá ser faminta, normal, não ancorada ou pré-endurecida.

Em um adesivo de baixa viscosidade, ao ser aplicada uma determinada pressão, o fluxo será excessivo e o adesivo escorrerá para fora da junção. De outra forma, em algumas espécies, a penetração pode ser excessiva, o que provoca o desaparecimento do adesivo por meio da estrutura porosa da madeira, resultando em uma situação de insuficiência de adesivo na linha de cola para formar a ligação, ocasionando a condição de linha de cola faminta.

Em situação oposta, na qual o adesivo é seco ou parcialmente curado durante a aplicação da pressão, o fluxo não ocorre por insuficiente mobilidade e, assim, não pode transferir, penetrar ou umectar. Esta condição é conhecida como pré-endurecida (Marra, 1992).

Outra condição possível que pode ser observada é causada por uma quantidade específica de movimentação na linha de cola. Essa condição situa-se entre a normal e a pré-endurecida, em que há suficiente mobilidade para fluxo, alguma transferência e penetração, mas não o suficiente para a umectação. Essa condição é denominada não ancorada (Marra, 1992).

Relacionando-se à característica de uma ligação adesiva, a capacidade de ligação de um adesivo é um fator-chave para uma utilização eficiente da

madeira e, essencial para a moderna indústria de compostos de madeira (Iwakiri, 2005).

Della Lúcia & Vital (1981), utilizando três espécies de *Eucalyptus* (*E.citriodora*, *E. microcorys* e *E. saligna*), colados com quatro adesivos (adesivo animal, adesivos de acetato de polivinila, resorcinol e uréia-formaldeído) para teste da qualidade das juntas coladas quanto ao cisalhamento, encontraram valores inferiores aos esperados para madeiras de mesma densidade, demonstrando a complexidade da colagem de tais madeiras.

Trabalhando com *Eucalyptus saligna* colado com adesivos à base de fenol-resorcinol-formaldeído, acetato polivinílico e uréia-formaldeído, Pincelli (1999) encontrou valores compatíveis para a resistência ao esforço de cisalhamento na linha de cola para as espécies e porcentagens de falha na madeira, expressivamente altas.

Petrauski (1999), testando madeiras do gênero *Eucalyptus* para pórticos treliçados, determinou o consumo de adesivo e pressão de colagem ideais, para garantir a qualidade das peças coladas com *Eucalyptus citriodora*, evidenciando as inúmeras utilizações da madeira de eucalipto.

Almeida (2002), trabalhando com madeiras de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, colados com adesivo à base de uréia-formaldeído, alcançou resultados que puderam indicar tais clones com potencial para produção de compensados, indicando a eficiência do seu processo de colagem.

Serpa et al. (2003), avaliando algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*, concluíram que tanto a resistência na linha de cola quanto a porcentagem de falha na madeira, quando coladas com adesivo à base de acetato de polivinila, não sofrem influência da posição da tora no fuste da árvore (base, meio e topo), encontrando resultados compatíveis com a literatura.

2.5 Características dos adesivos

O adesivo deve ter afinidade química com o substrato, ser o mais homogêneo possível e, após a junção dos substratos deve-se tornar um material de resistência mecânica e química adequado a suportar os esforços para os quais a junta foi projetada (Oliveira & Dantas, 2003).

Segundo Della Lucia & Vital (1981), o efeito do tipo de adesivo na colagem da madeira (porcentagem de falha na madeira e resistência ao cisalhamento), depende da espécie de madeira e normalmente madeiras do gênero *Eucalyptus* são de difícil colagem e os resultados encontrados são inferiores aos relacionados na literatura, para outras espécies.

Algumas características dos adesivos que influenciam na colagem segundo Marra (1992):

- Viscosidade: é mensurada como a resistência ao fluxo, e pode ser interpretada para revelar muitas propriedades do adesivo, da natureza molecular e da composição. Todavia, a viscosidade será interpretada principalmente no sentido de fluidez (mobilidade) do adesivo, como sua função mais forte na linha de cola. Também é usada no estabelecimento de limites para ações tempo-dependente, durante as operações de colagem. A sua mensuração requer instrumentos específicos (Marra, 1992).

- Tempo de gelatinização: é medido em segundos, minutos, horas, e corresponde ao período desde a preparação do adesivo para sua aplicação, que inclui a adição de catalisadores, extensores, até o ponto de endurecimento ou fase gel, que corresponde à sua máxima elasticidade. A sua importância está relacionada com a vida útil do adesivo, ou seja, quando atinge a viscosidade máxima aceitável para aplicação. Assim, o “gel-time” está relacionado com a reatividade do adesivo, que influencia no tempo de prensagem e mede a velocidade de cura dos adesivos.

- Teor de substâncias sólidas: é definido como a quantidade de sólidos contida no adesivo. O conteúdo de sólidos atua no adesivo após a cura, na formação da linha de cola, que é responsável pela transferência de tensões através do sistema madeira - linha de cola - madeira, além da ligação entre os substratos.

- pH: o pH de uma solução aquosa é definido como a concentração de íons dissociados de H^+ e OH^- , medido em aparelhos pHmetros de leitura direta. A influência do pH sobre a solidificação da junta de cola é significativa, sendo verificado que álcalis ou ácidos externos reduzem a resistência da linha de cola e materiais celulósicos, como a madeira, são particularmente afetados. Portanto, o pH influencia a solidificação do adesivo e pode ser controlado (Kollmann, 1975).

Os adesivos empregados para a colagem de madeira possuem a seguinte classificação, segundo Pizzi (1994):

- Adesivos naturais: derivados protéicos de origem animal (glutina, caseína e albumina), derivados protéicos de origem vegetal (soja), derivados do amido (batata, trigo), éter celulósico e borracha natural.

- Adesivos sintéticos termoplásticos: polivinil acetato, polivinil acrilato, polietileno, polistírol e borracha sintética.

- Adesivos sintéticos termoendurecedores: uréia-formaldeído, melanina-formaldeído, fenol-formaldeído, resorcina-formaldeído, tanino-formaldeído, licor sulfito, isocianato.

2.5.1 Adesivos termoplásticos

O principal adesivo termoplástico de interesse para a colagem de madeira é o PVA, que é uma emulsão de acetato de polivinila utilizado na manufatura de móveis, colagem de lâminas e junções dos componentes em

serviços de marcenaria e carpintaria em geral. A sua cura se processa à temperatura ambiente e é restrito ao uso interior em virtude da baixa resistência à umidade (Iwakiri, 2005).

2.5.2 Adesivo uréia-formaldeído

Adesivo líquido desenvolvido no início da década de 30, sendo o mais utilizado (mais de 90%, na área de chapas). Classificado como de uso interno (INT) devido à baixa resistência à umidade. Apresenta coloração branco-leitosa e a razão molar entre formaldeído e uréia é na faixa de 1,2:1 a 1,0:1. A cura se processa pela redução do pH (ácido) com a adição de catalisador. Vida útil em armazenamento em torno de seis meses à temperatura de 20°C. Viscosidade na faixa de 400 a 1000 Cps à temperatura de 25°C. Teor de sólidos em torno de 65% e pH na faixa de 7,4 a 7,8 (Iwakiri, 2005).

2.5.3 Adesivo resorcina-formaldeído

É um adesivo de cura a frio utilizado na produção de vigas laminadas, construções navais, aviação e outros. Apresenta coloração marrom e a cura se processa pela adição de catalisador (Pizzi, 1994).

Resorcinol é uma substância fenólica de reatividade muito mais elevada que o fenol, todavia, é um produto muito caro, o que leva a ser misturado, em partes iguais, com o fenol, ou ainda como co-condensado de resorcinol e fenol. Possui vida útil em armazenagem em torno de um ano à temperatura de 25°C., viscosidade na faixa de 500 a 800 Cps à temperatura de 25°C., e o tempo de prensagem é muito variável em função da temperatura ambiente (Pizzi, 1983).

2.6 Características anatômicas da madeira

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, essas características influenciam na mobilidade e penetrabilidade do adesivo (Marra, 1992 e Pizzi, 1994).

Entre as principais características anatômicas da madeira que influenciam na colagem, podem-se citar: os anéis de crescimento (lenho inicial e tardio), porcentagem de cerne e alburno, idade da árvore, lenhos de reação, grã e porosidade, que está relacionada com a densidade da madeira e influencia na penetração do adesivo.

Lenho juvenil é a madeira formada nos primeiros anos, perto da medula. A duração do período juvenil (7 a 15 anos) varia de acordo com cada espécie e com o ambiente. As principais diferenças morfológicas e químicas entre lenho juvenil e adulto são que o lenho juvenil apresenta fibras com menor comprimento médio, menor densidade específica, anéis de crescimento mais largos e maiores teores relativos de hemiceluloses e ligninas e menor de celulose (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, 1988).

- Fibras

Shimoyama (1990) ressalta que uma das principais características anatômicas do gênero *Eucalyptus* é o seu pequeno comprimento de fibras, no qual o valor médio encontrado na literatura está em torno de 1 mm, e essa característica, assim como a espessura da parede e largura das fibras, tende a aumentar suas dimensões na direção medula-casca. Esse mesmo autor,

estudando as espécies *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*, com idade de 7 anos, encontrou uma espessura média de parede celular de 4,38 μm .

Cruz (2000), trabalhando com 7 clones de *Eucalyptus* entre idades de 5,5 a 10,5 anos, encontrou comprimentos de fibras compatíveis aos já citados e espessura média de parede celular de 4,42 μm .

- Vasos

Os vasos são elementos estruturais bastante variados quanto à sua frequência, forma, arranjo e dimensões. No que diz respeito às suas variações, no sentido radial, sabe-se que para regiões próximas à medula, o diâmetro dos vasos mostra-se menor, porém, seu número é maior. Em regiões próximas à casca, o diâmetro desses elementos é maior; entretanto, seu número é menor. Dessa forma, a área ocupada por eles (em porcentagem) geralmente não é alterada de uma região para outra (Tomazello Filho, 1983).

Quanto à densidade, a madeira menos densa tende a absorver mais rapidamente o adesivo, resultando em linhas de cola “famintas”. A facilidade de penetração do adesivo sofrerá influência da porosidade da madeira (diâmetro e frequência de vasos), da densidade da madeira, bem como da obstrução dos vasos por tiloses, que influenciarão o movimento desse adesivo para a formação da linha de cola (Jankowsky, 1988).

A ocorrência de tiloses – obstrução do lúmen dos vasos por tilos, que consistem em proliferações de células parenquimáticas adjacentes que neles penetram pelas pontuações – pode ser atribuída a diferenças de pressão entre vasos e células de parênquimas contíguas. No que diz respeito à utilização da madeira, os tilos dificultam a secagem, a impregnação e a colagem, já que obstruem as vias normais de circulação de líquidos (Burger & Richter, 1991).

O diâmetro médio e a frequência de vasos encontrados por Shimoyama (1990), estudando as espécies *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*,

árvores com idade de 7 anos, são respectivamente de 109,3 μm e 12,7 vasos/ mm^2 .

Cruz (2000), estudando os elementos anatômicos de sete clones de *Eucalyptus*, observou que o diâmetro médio dos vasos e a sua frequência foi de 124 μm e 14 vasos/ mm^2 , respectivamente.

- Raios

O parênquima é o tecido de menor resistência da madeira, distinguível por formar manchas mais claras espalhadas na massa lenhosa, cuja distribuição tem muita importância na identificação da espécie, no corte radial. É um tecido que exerce a função de preenchimento e armazenamento de substâncias nutritivas para o vegetal.

Dos extrativos presentes na madeira de folhosas, os produtos de reserva, como as gorduras, ceras e esteróides, localizam-se nas células parenquimáticas, principalmente no parênquima radial, onde podem se deslocar no sentido radial para atender às necessidades das células com deficiência em nutrientes e energia.

Segundo Silva (1987), suas células, que têm paredes finas derivadas das iniciais radiais do câmbio vascular, não são lignificadas, apresentando geralmente, pontuações simples. São células vivas funcionais no alburno e geralmente retangulares, quadradas e eretas.

2.7 Extrativos Totais da madeira

A madeira é constituída quimicamente de celulose, hemiceluloses, lignina, cinzas e componentes secundários os extrativos. Esses são compostos de pesos moleculares variados e não fazem parte da estrutura da madeira. Porém, muitas madeiras possuem altos teores, o que pode colaborar para o aumento de sua densidade (Shimoyama, 1990).

Os componentes secundários são extraíveis da madeira por solventes orgânicos ou água e existem alguns que são volatilizados por vapor. Entre os principais extrativos, estão os terpenos e os ácidos resinosos; os polifenóis, como flavanóis, antocianinas, quinonas, estilbenos, lignanas e taninos; tropolônios e glucosídeos; açúcares; ácidos graxos e minerais.

Muitas espécies lenhosas apresentam extrativos típicos a ponto de serem identificadas por sua presença. As madeiras de folhosas, em geral, contêm de 1 a 10% de extrativos, base madeira seca.

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

Shimoyama (1990), estudando três espécies de eucaliptos (*Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*) de 7 anos, encontrou níveis médios de 4,67% para teores de extrativos totais.

Hse & Kuo (1988) constataram que os extrativos presentes na superfície da madeira freqüentemente resultam em linhas de colagem de baixa resistência e pouco duráveis.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.R. **Potencial da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e manufatura de painéis compensados**. 2002. 80 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. **Anuário estatístico - Ano 2005 – Ano Base 2004**. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://www.silviminas.com.br>>. Acesso em: 30 jan. 2006.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CRUZ, C.R. da. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria madeireira**. 2000. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Universidade Federal de Paraná, Curitiba, PR.

DELLA LÚCIA, R.M.; VITAL, B.R. Avaliação da qualidade de juntas coladas de madeira de três espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v.2, n.5, p. 172-180, 1981.

FERREIRA, M. Melhoramento e silvicultura intensiva clonal. **Revista IPEF**, Piracicaba, SP, n.45, p.22-30, 1992.

HSE, C.; KUO, M. Influence of extractives on Wood gluing and finishing – a review. **Forest Products Journal**, v.38, n.1, p.52-55, 1988.

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

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

KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Spring-Verlag, 1975. v.2. 703p.

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

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: FBS, 2000. 111p.

OLIVEIRA, J.T. da S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. v.2 Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana)-Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, SP.

OLIVEIRA, M. P.; DANTAS, W.C.V. Evolução dos adesivos ecologicamente corretos para o Setor Madeireiro. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO, 2., 2003, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV/SIF, 2003. p.96-104.

PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C. de. **Textbook of Wood technology**. 4.ed. Nova York: McGraw – Kill, 1980. 722p.

PETRAUSKI, S.M.F.C. **Desenvolvimento e teste de pórticos treliçados feitos de madeira de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* laminada e colada**. 1999. 129p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PINCELLI, A.L.P.S.M. **Efeito da termorretificação no envernizamento, colagem e cor da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*** . 1999. 115p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

PIZZI, A. **Wood adhesives, chemistry and technology**. Nova York: M. Dekker, 1983. 364p.

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

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

SERPA, P.N. et al. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.723-733, 2003.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A. **Celulose e papel:**

tecnologia de fabricação da pasta celulósica. São Paulo: Escola SENAI “Theobaldo de Nigris”, 1988. 559p.

SHIMOYAMA, V.R.S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira de *Eucalyptus* spp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SILVA, A.C. **Introdução à anatomia da madeira.** Manaus: Instituto de Tecnologia da Amazônia, 1987. 128p.

SILVA, J. de C. O eucalipto e suas origens. **Revista de Madeira**, Curitiba, set. 2001. Edição Especial.

SKEITS, I. **Hanbook of adhesives.** Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1997. 921p.

TOMASELLI, I.; DELESPINESSE, B.; BONSE, R. Eucalipto: alternativa às madeiras tropicais? **Silvicultura**, n.77, p.22-23, 1999.

TOMAZELLO FILHO, M. **Varição radial dos constituintes anatômicos e da densidade básica da madeira de oito espécies de eucalipto.** 1983. 102p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood:** structure, properties, utilization. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494p.

CAPÍTULO 2
COLAGEM DA MADEIRA DE CLONES DE *EUCALYPTUS* COM TRÊS
ADESIVOS COMERCIAIS

1 RESUMO

LIMA, Celiana Kátia Pereira. Colagem da madeira de clones de *Eucalyptus* com três adesivos comerciais. In: _____. **Avaliação da qualidade de juntas coladas da madeira de clones de *Eucalyptus***. 2006. Cap. 2, p. 22-47. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

A colagem é hoje uma etapa fundamental para a moderna indústria de produtos reconstituídos da madeira, que promove um aproveitamento mais racional da matéria-prima e, ultimamente, vem-se tornando uma realidade, tanto pela tecnologia desenvolvida quanto pela escassez de madeira sólida. Dentro desse contexto, objetivou-se avaliar a qualidade de juntas coladas da madeira de quatro clones de *Eucalyptus*, de elevada produção volumétrica, utilizando como aderentes três adesivos comerciais (acetato de polivinila, uréia-formaldeído e resorcinólico) aplicados de acordo com a recomendação dos fabricantes, e avaliados quanto à resistência ao esforço de cisalhamento e porcentagem de falha na madeira. Foram verificadas ainda as propriedades de teor de sólidos, pH, tempo de gelatinização e viscosidade dos adesivos utilizados. Pela análise da variância aplicada a 5% de probabilidade, a resistência ao esforço de cisalhamento foi significativa em função do clone, indicando, pelo teste de Tukey, o clone 26 como o de melhor desempenho. Para a porcentagem de falha na madeira, ocorreu significância em função do clone e do adesivo, sendo a interação não significativa a 5% de probabilidade, sendo o clone 39 de melhor desempenho e o melhor adesivo à base de uréia-formaldeído.

¹Comitê Orientador: Fábio Akira Mori – UFLA (Orientador), Lourival Marin Mendes – UFLA e José Tarcísio Lima – UFLA

2 ABSTRACT

LIMA, Celiana Kátia Pereira. Wood bonding of *Eucalyptus* clones with three commercial adhesives. In: _____. **Evaluation of the quality of bonding junctions of the wood of *Eucalyptus* clones.** 2006. Chap. 2, p. 22-47. (Dissertation – Master in Forestry) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Bonding is today a step fundamental to the modern industry of wood reconstituted products, which promotes a more rational use of raw material and lately has been becoming a reality both by the technology developed and by the shortage of sound wood. Within this context, the objective of the present study was to evaluate the quality of bonding junctions of the wood of four *Eucalyptus* clones of high volumetric production utilizing as an adherent, three commercial adhesives (polyvinyl acetate, urea-formaldehyde and resorcinol) applied according to the manufactures' recommendations and evaluated as to resistance of shearing effort and percentage of failure on wood. Further, the properties of the content of solids, pH, gelatinization time and viscosity of the adhesives utilized were verified. By the analysis of variance applied at the level of 5% of probability, the resistance to shearing effort was significant as related with the clone, indicating through Tukey test clone 26 as that of best performance. For the percentage of failure on wood, significance occurred as related with the clone and sticker, the interaction being non-significant at the level of 5% of probability, clone 39 being the one of best performance and the best adhesive on the basis of urea-formaldehyde.

¹Guidance Committee: Fábio Akira Mori – UFLA (Major Professor), Lourival Marin Mendes – UFLA and José Tarcísio Lima – UFLA.

3 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.

Vários são os estudos realizados com a madeira de *Eucalyptus* em relação às suas características químicas, anatômicas e mecânicas, bem como processos de desdobro e secagem. As empresas procuram nos clones de eucaliptos as melhores madeiras, devido ao rápido crescimento, verificando também a qualidade dessas madeiras, tornando-se necessário o conhecimento mais aprofundado de suas características bem como seu comportamento durante e após o beneficiamento.

Parece haver, ainda, no entanto, certa escassez de informações quanto a seu comportamento durante a colagem, operação essencial e crítica para usos não convencionais da madeira de eucalipto e de qualquer espécie madeireira. Atualmente, cerca de 50% das madeiras produzidas no mundo são coladas com algum tipo de adesivo. A utilização dos adesivos permitiu e ainda permite o crescimento das indústrias florestais, tendo em vista o uso mais racional da madeira.

Existem diferenças no comportamento das madeiras quanto à adesão. Reconhecem-se grupos de madeiras que vão desde as que “colam muito facilmente com adesivos de propriedades muito variáveis e sob condições também muito variáveis” até as que “requerem controle muito severo do adesivo e das condições de colagem, ou mesmo tratamento especial”; muitas folhosas estão incluídas nesse último grupo.

A colagem torna-se uma etapa fundamental para o melhor aproveitamento da madeira, principalmente no setor moveleiro, podendo-se

aproveitar peças de pequenas dimensões. A tecnologia de desenvolvimento de classes de adesivos é alta, devido ao grande avanço da química. Várias classes de adesivos sintéticos existem, devendo ser estudadas as que melhor se adaptem e interajam com a madeira *Eucalyptus*, principalmente no que referem aos clones.

Realizou-se o presente estudo com o objetivo de avaliar a qualidade das juntas coladas da madeira de quatro clones de *Eucalyptus*, coladas com três tipos de adesivos comerciais, quanto à resistência ao esforço de cisalhamento e porcentagem de falha na madeira.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta do material e caracterização da área

Foram utilizadas neste experimento madeiras de árvores de quatro clones de *Eucalyptus*, sendo três clones da espécie *E. urophylla* e um clone da espécie *E. camaldulensis*, 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 entre 20 clones 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 Quadro 1.

QUADRO 1- Caracterização dos clones selecionados.

Clone	Idade aproximada (anos)	Espécie paternal	DAP médio (cm) ¹	Volume médio (m ³) ²	Densidade Básica (g/m ³)
39	14	<i>E.urophylla</i>	33,03	1,456	0,467
26	14	<i>E. urophylla</i>	32,20	1,349	0,501
44	14	<i>E. urophylla</i>	30,82	1,110	0,500
180	14	<i>E. camaldulensis</i>	30,42	1,324	0,578

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

2- Média obtida de 4 árvores.

A área de coleta está localizada a uma altitude de 550 metros, latitude de 17°36'09 “, e longitude de 46°42'02”. O clima é tropical ou subtropical úmido ou subúmido, chuvas periódicas com 7 meses de seca por ano (abril a outubro), com déficit hídrico de 171 mm por ano, em média; temperatura média máxima de 32° e mínima de 16°. O tipo de relevo é plano e suave-ondulado, com predominância de latossolo vermelho distrófico, a moderado, textura argilosa, fase cerrado. O tipo de formação vegetal tem a predominância de cerrado com variações de campo limpo até capões ou matas (cerradões), nas manchas de terra mais férteis.

4.2 Obtenção das tábuas dos clones e preparação das juntas para colagem

Foram amostradas três árvores por clone, de cada árvore foi retirada uma tora de cerca de 3 metros.

As toras foram conduzidas para a Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira do Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (Ufla), onde foram processadas para retirada de pranchões diametrais de aproximadamente 5 cm de espessura, conforme se verifica na Figura 1.

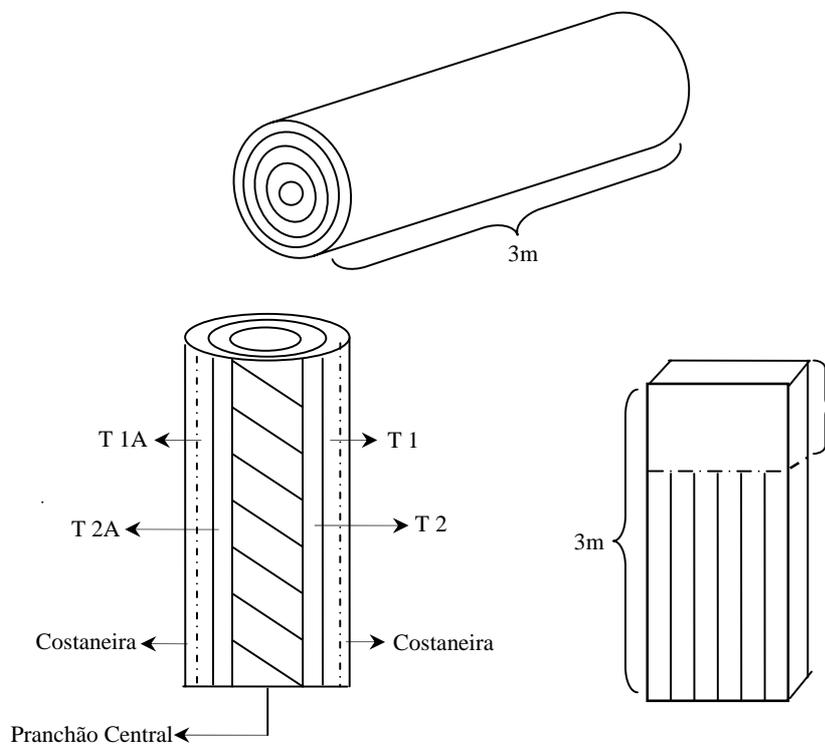


FIGURA 1 - Obtenção das tábuas dos clones.

Para este experimento, foram utilizados os pranchões denominados T2 (Figura 1), para as três repetições de cada clone. Os citados pranchões foram escolhidos pela sua posição intermediária entre a medula e a casca e pela disponibilidade de material isento de defeitos.

Os pranchões passaram por processo de secagem ao ar livre, dispostos sobre suportes de madeira e entambicados para circulação de ar.

Esses pranchões foram, então, levados para o Laboratório de Usinagem e Acabamentos Superficiais da Madeira DCF-Ufla, para serem processados na forma de sarrafos, nas dimensões de 2,0 x 6,5 x 31 cm (espessura x largura x

comprimento), destinados à preparação das juntas coladas de acordo com a norma ASTM D 905-98 (1998).

Os sarrafos obtidos dos clones foram acondicionados em uma câmara de climatização do Laboratório de Mecânica da Madeira DCF-Ufla, a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura a $60 \pm 2\%$ de umidade relativa, para posterior colagem, ficando os sarrafos com umidade média de 12%, valor compatível com o recomendado para colagem, conforme boletim técnico do fabricante dos adesivos (Figura 2).



FIGURA 2 – Sarrafos para preparo das juntas coladas, acondicionados em sala de climatização.

4.3 Colagem das juntas

A etapa de colagem foi realizada no Laboratório de Adesão e Adesivos na Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira DCF-Ufla, e os adesivos comerciais utilizados foram os seguintes:

- Adesivo em emulsão aquosa à base de acetato de polivinila (Movicol PVA);

- Adesivo de uréia-formaldeído (Progel UF 61 AT), com adição de catalisador (cloreto de amônio), na proporção de 5 partes, por 100 partes de adesivo;

- Adesivo resorcinólico (Cascophen RS), com adição de endurecedor (Preparado endurecedor FM), na proporção de 1 parte, por 5 partes de adesivo.

As condições de colagem foram as seguintes:

- Quantidade de adesivo aplicada – 250 g/m² aplicadas em face dupla de cada junta;
- Temperatura de prensagem – temperatura ambiente;
- Pressão – 12 kgf/cm²;
- Tempo de prensagem – 6 horas para os adesivos PVA e uréia-formaldeído e 24 horas para o adesivo resorcinólico (de acordo com temperatura ambiente).

Os adesivos foram aplicados manualmente com o auxílio de uma espátula e respeitados os períodos de assemblagem, quando necessário (em torno de 15 minutos) (Figura 3).



FIGURA 3 - Gramatura do adesivo.

Para a prensagem, foi utilizada prensa hidráulica de 30 Toneladas – Bovenau (Curso hidráulico: 150 mm, ajuste fuso: máx. 90 mm) (Figura 4).



FIGURA 4 - Juntas sendo prensadas.

Foram confeccionadas duas juntas coladas para cada árvore, totalizando seis juntas coladas de cada clone e adesivo.

Após a colagem, as juntas foram novamente acondicionadas na câmara de climatização, nas mesmas condições já citadas, por aproximadamente 15 dias, para, então, serem desdobradas em corpos-de-prova.

No Laboratório de Usinagem e Acabamentos Superficiais da Madeira DCF-Ufla, cada junta foi desdobrada em cinco corpos-de-prova, de acordo com a norma ASTM D 905-98 (1998), representando, assim, a média de 30 corpos-de-prova de cada adesivo e clone (Figura 5).

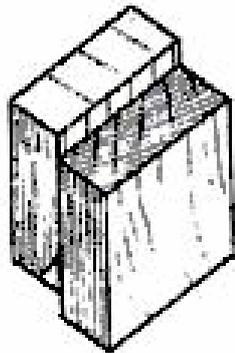


FIGURA 5 – Corpo-de-prova.

4.4 Determinação das propriedades físico-químicas dos adesivos comerciais

Foram determinadas as seguintes propriedades dos adesivos: pH, teor de sólidos e tempo de gelatinização (gel-time). A viscosidade foi obtida diretamente pela indicação do próprio fabricante do adesivo, exceto para o adesivo resorcinólico.

A determinação do pH foi feita utilizando-se um pHmetro, à temperatura de 25°C, colocando-se o eletrodo diretamente dentro de um béquer contendo 50 g de adesivo.

O teste para teor de sólidos foi adaptado da norma ASTM D 1582-60 (1994). Foram pesados 10 g de adesivo em um béquer, misturando-se, a seguir, 25 g de areia previamente seca em estufa à temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$. A mistura adesivo+areia foi colocada por 24 horas em uma estufa à temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, e depois resfriada em dessecador por 15 minutos, obtendo-se o teor de sólidos em relação ao peso inicial do adesivo.

O tempo de gelatinização foi obtido com amostras de 10 g de adesivos, que foram colocadas em tubos de ensaio, em cujo interior foi mergulhado um bastão de vidro. Para os adesivos uréia-formol e resorcinólico, foram adicionados também os respectivos catalisadores nas proporções indicadas. O conjunto tubo-bastão foi mergulhado em um banho de glicerina à temperatura de 130°C, sendo a agitação do bastão dentro do tubo feita manualmente. O tempo de gelatinização para cada amostra de adesivo foi contado a partir da imersão do tubo no banho de glicerina e o cronômetro desligado no momento em que o adesivo endureceu, impedindo o bastão de girar.

A temperatura influencia diretamente o tempo de gelatinização, pelo fato de que o aumento da temperatura acelera a reatividade química e, conseqüentemente, reduz o tempo de gelatinização. O tempo de gelatinização foi obtido à temperatura de 130°C, conforme citado, sem, no entanto, deixar de constituir um parâmetro importante para o processo de colagem em questão.

Para a determinação da viscosidade do adesivo resorcinólico, foi utilizado o método do copo graduado (DIN 53211), empregando-se um copo cônico graduado padrão, de determinado volume, com um orifício no fundo, medindo-se o tempo de passagem do adesivo por esse orifício. A viscosidade é obtida pela fórmula $-6,33 + 16 t$ (segundos).

4.5 Avaliação das juntas coladas

Os corpos-de-prova foram rompidos em uma máquina universal de ensaio, modelo EMIC DL-30000, usando ferramenta padrão de cisalhamento no Laboratório de Mecânica da Madeira DCF-Ufla. O software utilizado foi o Tesk versão 1.08 e a velocidade de ensaio foi de 0.5080 mm/minuto. O procedimento de ensaio mecânico ocorreu de acordo com a norma ASTM D 905-98 (1998) (Figuras 6 e 7).

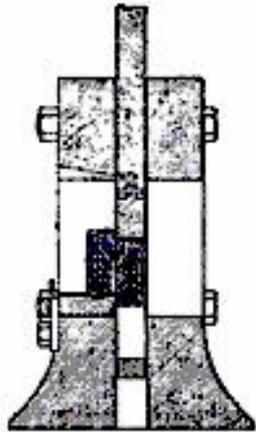


FIGURA 6 –Ensaio de cisalhamento na linha de cola.



FIGURA 7 – Corpos-de-prova após cisalhamento.

A resistência ao cisalhamento foi obtida dividindo-se a carga máxima de ruptura (Kgf) pela área solicitada (cm²).

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. Cada corpo-de-prova foi inspecionado por duas pessoas, que atribuíram valores à porcentagem de falhas na madeira. A média desses valores foi, então, atribuída à amostra (Figura 8).



FIGURA 8 – Porcentagem de falha na madeira.

4.6 Análises Estatísticas dos dados

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SISVAR (DEX-Ufla). O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três repetições (árvore) por tratamento (clone e adesivo).

Para a tensão máxima de cisalhamento e porcentagem de falha na madeira, foram feitas análises em função do clone, adesivo e da interação clone x adesivo.

Na avaliação do experimento, os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando estabelecidas diferenças significativas, os tratamentos foram comparados entre si por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A seguir (Quadro 2), estão listados os tratamentos empregados para produção das juntas coladas:

Quadro 2 – Tratamentos empregados no experimento.

Tratamentos	Clone e adesivo
1	Clone 39 e adesivo PVA
2	Clone 39 e adesivo Uréia-formaldeído
3	Clone 39 e adesivo Resorcinólico.
4	Clone 26 e adesivo PVA
5	Clone 26 e adesivo Uréia-formaldeído
6	Clone 26 e adesivo Resorcinólico
7	Clone 44 e adesivo PVA
8	Clone 44 e adesivo Uréia-formaldeído
9	Clone 44 e adesivo Resorcinólico.
10	Clone 180 e adesivo PVA
11	Clone 180 e adesivo Uréia-formaldeído
12	Clone 180 e adesivo Resorcinólico

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Propriedades dos adesivos

No Quadro 3 são apresentados os resultados obtidos para as propriedades dos adesivos comerciais utilizados.

QUADRO 3 - Resultados obtidos para as propriedades físico-químicas dos adesivos comerciais.

Propriedades	Adesivos		
	PVA	Uréia-formaldeído	Resorcinólico
Teor de sólidos (%)	48,45	49,4	61,9
pH a 25° C	5,12	7,7	7,3
Tempo de gelatinização	7 min.	57 seg.	1 min. e 26 seg.
Viscosidade (Cps)	10000 a 16000	400 a 700	2127

Uma viscosidade elevada pode indicar: maior dificuldade de espalhamento do adesivo; menor propriedades de umectação; menor penetração do adesivo na estrutura capilar e maior período de armazenagem do adesivo. Já uma menor viscosidade indicará uma maior penetração e absorção do adesivo e maior temperatura ambiente.

Alguns resultados não se enquadram na faixa indicada nos boletins técnicos e dados da literatura provavelmente pelas condições do ambiente de colagem (temperatura, umidade relativa do ar), condições de acondicionamento e vida útil do adesivo, entre outros fatores que, no entanto, não influenciaram os resultados do desempenho da colagem.

Portanto, os parâmetros obtidos para as propriedades dos adesivos não podem ser avaliados isoladamente, servindo de dados para comparações e correlações.

5.2 Desempenho da colagem

5.2.1 Resistência ao cisalhamento

No Quadro 4 estão os valores médios para resistência ao cisalhamento em função do clone e do adesivo utilizado. A análise da variância para resistência ao cisalhamento em função do clone, adesivo e sua interação estão apresentadas no Quadro 5.

QUADRO 4 - Valores médios de resistência ao cisalhamento (Mpa) das juntas coladas, em função do clone e tipo de adesivo.

Clone	Adesivos		
	PVA	Uréia-formaldeído	Resorcinólico
180	7,94	8,98	8,76
39	6,98	7,36	7,55
44	7,61	7,45	8,20
26	7,75	8,94	9,07
Média Geral	7,57	8,18	8,40

QUADRO 5 - Análise da variância para resistência ao cisalhamento, em função do clone e tipo de adesivo.

FV	GL	QM	Cv (%)
Clone	3	3,306877 *	11,84
Adesivo	2	2,730253 NS	
Clone*adesivo	6	0,412860 NS	
Resíduo	24	0,901711	

* Significativo a 5%.

NS – Não-significativo.

De acordo com os resultados obtidos para resistência da colagem ao esforço de cisalhamento, a média entre clones para o adesivo PVA foi de 7,57 Mpa (Quadro 4). Esse valor é menor que os valores encontrados por Della Lúcia & Vital (1981) que, trabalhando com três espécies de *Eucalyptus* (*E. citriodora*, *E. microcorys* e *E. saligna*) e adesivo PVA, obtiveram o valor médio de 10,28 Mpa para resistência ao cisalhamento, e 13,44 Mpa para o *Eucalyptus saligna* utilizando-se como adesivo PVA modificada (Pincelli, 1999). Serpa et al. (2003), trabalhando com *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, colados com adesivo à base de acetato de polivinila, encontraram valores médios de 10,62 a 10,90 Mpa e 10,99 a 11,72 Mpa, respectivamente, para cada espécie de eucalipto.

Para o adesivo de uréia-formaldeído, a resistência ao cisalhamento média obtida entre os clones foi de 8,18 Mpa para resistência ao cisalhamento (Quadro 4). Esse valor aproximou-se mais dos valores encontrados por Della Lúcia & Vital (1981) e Pincelli (1999), que foram de 11,27 Mpa e 11,88 Mpa respectivamente, para as mesmas condições já citadas. Almeida (2002), trabalhando com clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, colados com adesivo à base de uréia-formaldeído, encontrou valores de 1,60 a 2,03 Mpa, variando as gramaturas do adesivo e tempo de prensagem (prensagem a 105° C).

O adesivo resorcinólico teve como média entre os clones o valor de 8,4 Mpa para resistência ao cisalhamento (Quadro 4). Os valores encontrados por Della Lúcia & Vital (1981) e Pincelli (1999) foram de 8 Mpa e 13,52 Mpa, respectivamente. Petruski (1999) encontrou valores médios de 14,95 a 18,44 Mpa, para a madeira de *Eucalyptus citriodora* colada com adesivo resorcinólico, para pressão de colagem e gramatura semelhantes.

Pela análise de variância (Quadro 5), inferi-se que a resistência ao cisalhamento das juntas coladas foi afetada pelo tipo de clone de *Eucalyptus*

utilizado; no entanto, não ocorreu interação significativa entre o tipo de clone e adesivo. A variável “tipo de adesivo” também não foi significativa a 5% de probabilidade, pelo teste F.

No Quadro 6, pode-se observar que não houve diferença significativa entre os clones 39, 44 e 180. Também não ocorreu diferença entre os clones 44, 180 e 26. No entanto, o clone 26 foi estatisticamente mais resistente em relação ao clone 39.

QUADRO 6 – Valores médios de resistência ao cisalhamento (Mpa), em função do clone utilizado para produção da junta colada.

Tratamento (clone)	Médias (Mpa)	Resultados
39	7,30	a
44	7,75	a b
180	8,56	a b
26	8,59	b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.2.2 Falha na madeira

No Quadro 7 estão as médias para falha na madeira em função do clone e do adesivo utilizado. A análise da variância para falha na madeira em função do clone, adesivo e sua interação estão apresentadas no Quadro 8.

QUADRO 7 - Valores médios da porcentagem de falha na madeira (%), em função do clone e tipo de adesivo.

Clone	Adesivos		
	PVA	Uréia-formaldeído	Resorcinólico
180	13,38	43,26	34,62
39	37,08	86,36	64,44
44	18,40	64,15	50,39
26	8,55	51,14	28,87
Média Geral	19,35	61,23	44,58

QUADRO 8 - Análise de variância para porcentagem de falha na madeira, em função do clone e tipo de adesivo.

FV	GL	QM	Cv (%)
Clone	3	2146,688348 *	29,51
Adesivo	2	5329,600108 *	
Clone*adesivo	6	73,140990 NS	
Resíduo	24	151,417875	

* Significativo a 5%.

NS – Não-significativo.

O valor obtido para média de falha na madeira entre os clones para o adesivo PVA foi de 19,35% (Quadro 7). Os valores encontrados na literatura possuem uma ampla variação, como os valores encontrados por Della Lúcia & Vital (1981) cuja média é de 6,03% e Pincelli (1999), cuja média é de 100% de falha na madeira, trabalhando com as espécies de *Eucalyptus* já citadas anteriormente.

Para o adesivo de uréia-formaldeído, a média entre os clones foi de 61,23% de falha na madeira (Quadro 7); se se comparar com a média de 23,19% encontrada por Della Lúcia & Vital (1981), e de 100% encontrada por Pincelli (1999) para falha na madeira utilizando o mesmo adesivo, pode-se verificar a mesma variação encontrada para o adesivo PVA.

O adesivo resorcinólico obteve valor médio de falha na madeira, entre os clones, em torno de 44,58% (Quadro 7). Acompanhando a mesma tendência dos adesivos anteriores, os valores encontrados por Della Lúcia & Vital (1981) e Pincelli (1999) são respectivamente de 5,99% e 92% de falha na madeira.

De um modo geral, a grande variação na comparação dos dados deste experimento com os dados da literatura demonstram que pelo menos parte da resistência ao cisalhamento está relacionada com as características do adesivo na linha de cola e principalmente com o fato de o material madeira ser extremamente variável.

Os efeitos do clone e tipo de adesivo mostraram-se significativos a 5% de probabilidade, indicando que pelo menos um clone e um adesivo diferem estatisticamente dos demais (Quadro 8); no entanto, não ocorreu interação significativa entre as variáveis clone e tipo de adesivo.

Observa-se no Quadro 9 que o clone 39 apresentou o maior percentual de falha na madeira, diferindo significativamente dos demais clones. Não houve diferença estatística entre os clones 26, 180 e 44 em relação à porcentagem de falha na madeira, sendo esses os menores percentuais.

QUADRO 9 – Valores médios de falha na madeira (%), em função do tipo de clone.

Tratamento (clone)	Médias (%)	Resultados
26	29,52	a
180	30,4	a
44	44,31	a
39	62,62	b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pode-se observar, pelo Quadro 10, que os valores médios de falha na madeira diferem significativamente entre os diferentes adesivos utilizados na colagem das juntas de madeira, tendo a junta de madeira colada com adesivo de uréia-formaldeído a maior porcentagem de falha.

QUADRO 10 – Valores médios de falha na madeira (%), em função do tipo de adesivo utilizado.

Tratamento (adesivo)	Médias (%)	Resultados
PVA	19,35	a
Resorcinólico	44,58	b
Uréia-formaldeído	61,23	c

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas Figuras 9 e 10 apresentam-se diagramas comparativos para resistência de cisalhamento e porcentagem de falha na madeira, em função do clone e adesivo utilizado.

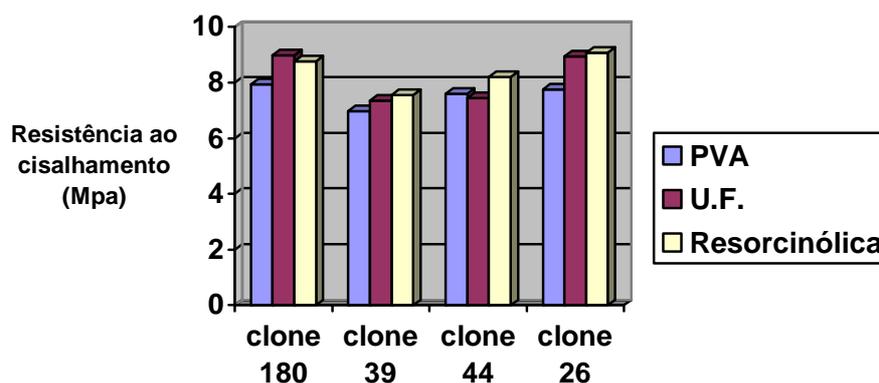


FIGURA 9 - Diagrama comparativo para a resistência ao cisalhamento, em função do clone e adesivo.

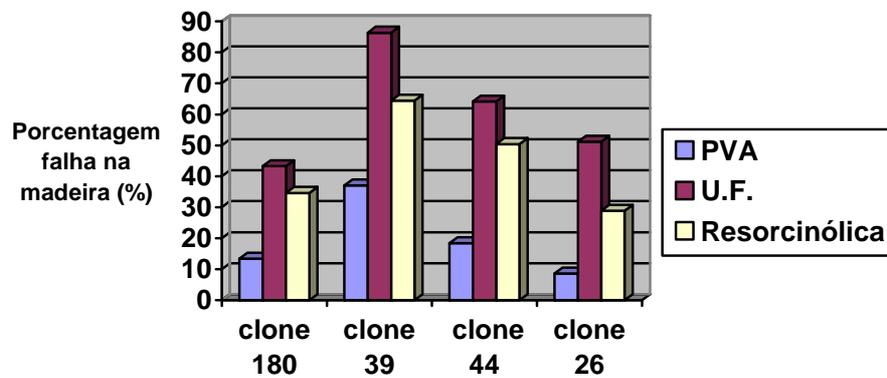


FIGURA 10 - Diagrama comparativo para porcentagem de falha na madeira, em função do clone e adesivo.

6 CONCLUSÕES

As conclusões obtidas foram:

- ✓ Quanto à resistência ao esforço de cisalhamento, independentemente do adesivo utilizado, a junta colada com a madeira do clone 26 apresentou a maior resistência.
- ✓ Para a porcentagem de falha na madeira, o clone de melhor desempenho foi o clone 39, e o adesivo que mais se destacou foi o adesivo à base de uréia-formaldeído.
- ✓ Vale lembrar que os valores de resistência ao cisalhamento e porcentagem de falha na madeira encontrados não devem ser analisados separadamente, quanto à utilização da madeira colada, devendo ser levadas em consideração situações como condições de uso e demais características que influenciam na qualidade da colagem.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.R. **Potencial da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e manufatura de painéis compensados.** 2002. 80 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **1998. Annual book of ASTM. Standards:** adhesives. Denvers, 1998. D 905-98. Standard test method for strength properties of adhesive bonds in shear by compression loading

DELLA LÚCIA, R.M.; VITAL, B.R. Avaliação da qualidade de juntas coladas de madeira de três espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v.2, n.5, p.172-180, 1981.

PETRAUSKI, S.M.F.C. **Desenvolvimento e teste de pórticos treliçados feitos de madeira de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* laminada e colada.** 1999. 129p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PINCELLI, A.L.P.S.M. **Efeito da termorreificação no envernizamento, colagem e cor da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.** 1999. 115p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SERPA, P. N. et al. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.723-733, 2003.

CAPÍTULO 3
CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E QUÍMICA DA MADEIRA DE
CLONES DE *EUCALYPTUS* E SUA INFLUÊNCIA NA COLAGEM

1 RESUMO

LIMA, Celiana Kátia Pereira. Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influência na colagem. In: _____. **Avaliação da qualidade de juntas coladas da madeira de clones de *Eucalyptus***. 2006. Cap. 3, p. 48-69. (Dissertação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG ¹

A madeira constitui-se em 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. Levando-se em consideração o melhor desempenho do clone 26 quanto à resistência ao esforço de cisalhamento, e o destaque do clone 39 para porcentagem de falha na madeira, quando colado com adesivo à base de uréia-formaldeído, as correlações de Pearson foram realizadas considerando os citados clones em interação com o adesivo de uréia-formaldeído. As características anatômicas, em relação à frequência e tamanho de vasos condutores e parênquima radial e 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.

¹Comitê Orientador: Fábio Akira Mori – UFLA (Orientador), Lourival Marin Mendes – UFLA e José Tarcísio Lima – UFLA.

2 ABSTRACT

LIMA, Celiana Kátia Pereira. Anatomic and chemical characteristics of the wood of *Eucalyptus* clones and its influence upon bonding. In: _____. **Evaluation of the quality of bonding junctions of the wood of *Eucalyptus* clones.** 2006. Chap. 3, p. 48-69. (Dissertation – Master in Forestry) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Wood consists in a heterogeneous and complex material made up of different elements in different proportions and distribution along the trunk. All of that associated with hygroscopicity exercises influence on wood processing including bonding. From the exposed above, the present study sought through the anatomic characterization and measurement and the total extractive content of the wood of the *Eucalyptus* clones to find correlation with the quality of the bonding junctions. Talking into account the best performance of clone 26 as to resistance to shearing effort and the prominence of clone 39 for percentage of wood failure when bonding with urea-formaldehyde –based sticker, Pearson correlations were utilized considering the quoted clones in interaction with the urea- formaldehyde sticker. The anatomic characteristics relative to the frequency and size of conducting vessels and radial parenchyma and total extractive content presented correlation with the evaluation of bonding quality of the clones as to the percentage of failure on wood and shearing resistance on the bonding line.

¹Guidance Committee: Fábio Akira Mori – UFLA (Major Professor), Lourival Marin Mendes – UFLA and José Tarcísio Lima – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

Os progressos alcançados, principalmente em produtividade, no setor florestal brasileiro, são expressivos e, nos últimos anos, tem-se notado um grande interesse e centralização de esforços no trabalho conjunto entre os setores florestal e industrial na busca de matéria-prima de qualidade para determinados fins (Comércio & Xavier, 1996).

Os clones de *Eucalyptus* aparecem nesse cenário visando à 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 qualidade dessas. As características anatômicas e químicas da madeira influenciam diretamente as diferentes utilizações desses clones e também a 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.

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 densidade. Por ser a densidade da madeira uma característica diretamente relacionada com sua porosidade, exerce também 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 os aspectos de utilização da madeira se referem ao aumento da sua durabilidade; coloração; injúria; e também ao processo de colagem, quando presente na linha de cola, podendo reagir de forma negativa com o adesivo, gerando, assim, linhas de cola com fraco desempenho.

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 sua influência na qualidade da junta colada.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Amostragem do material para caracterização anatômica e teor de extrativos totais da madeira dos clones

Foram amostrados 4 clones de *Eucalyptus*, sendo 3 clones da espécie *E. urophylla* e 1 clone de *E. camaldulensis*. De cada um dos quatro clones de *Eucalyptus*, que foram selecionados pela alta produtividade, foram amostradas três árvores e, dessas árvores, foram retirados pranchões diametrais de aproximadamente 5 cm de espessura, sendo, então, escolhidos os pranchões T2, pela posição intermediária entre a medula e a casca e, também, pela disponibilidade de material isento de defeitos (Figura 11).

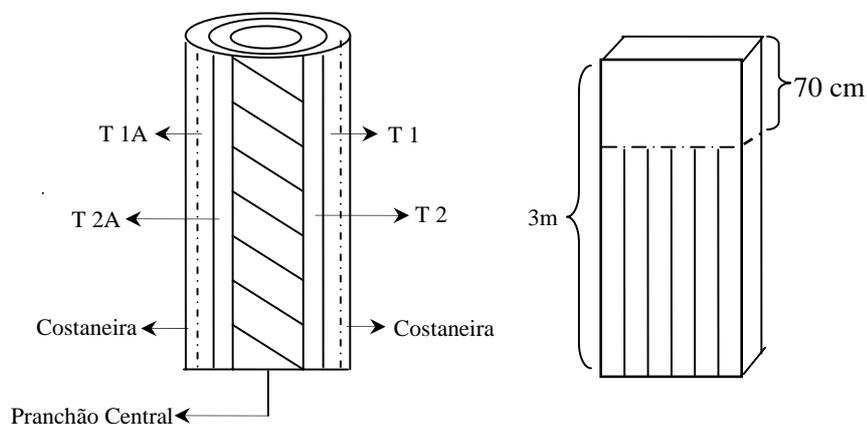


FIGURA 11 - Obtenção das tábuas dos clones e corpos-de-prova.

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.

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.

4.2 Caracterização anatômica

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 (Figura 12).

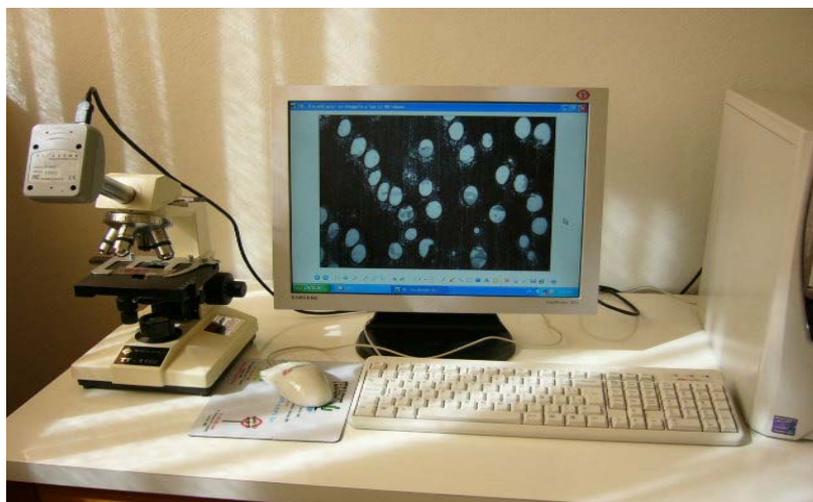


FIGURA 12 - Microscópio acoplado a microcomputador para mensuração das características anatômicas da madeira.

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 lumem.

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 em nylon. 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.

4.3 Teor de Extrativos Totais

Determinou-se o teor de extrativos totais de acordo com a norma ABTCP M 3/69 (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 vinte e quatro mensurações para os teores de extrativos totais.

4.4 Colagem e avaliação das juntas coladas

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 coladas com três adesivos comerciais (PVA, uréia-formol e resorcinólico), de acordo com as condições de colagem abaixo:

- Quantidade de adesivo aplicada – 250 g/m² aplicadas em face dupla, de cada junta;
- Temperatura de prensagem – temperatura ambiente;
- Pressão – 12 kgf/cm²;
- Tempo de prensagem – 6 horas para os adesivos PVA e uréia-formaldeído e 24 horas para o adesivo resorcinólico (de acordo com temperatura ambiente).

Após prensagem, acondicionamento e retirada dos corpos-de-prova conforme norma ASTM D 905-98 (1998), foram realizados os testes de resistência ao esforço de cisalhamento, em uma máquina universal de ensaio, modelo EMIC DL-30000, usando ferramenta-padrão de cisalhamento no Laboratório de Mecânica do DCF-Ufla.

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.

De acordo com a resistência ao esforço de cisalhamento obtida, o clone 26 obteve a maior média (pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade) e o clone 39 se destacou pela maior média de porcentagem de falha na madeira em interação com o adesivo à base de uréia-formaldeído. Por essa razão, foi avaliada a influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais na colagem, para os clones citados, colados com adesivo à base de uréia-formaldeído.

4.5 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.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características anatômicas e teor de extrativos totais da madeira dos clones

No Quadro 11 estão apresentados as mensurações das características anatômicas e o teor de extrativos totais, obtidos da madeira do clone 26.

QUADRO 11 – Ficha Biométrica da madeira do clone 26.

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

*Obtidas de três árvores (repetições).

O comprimento médio de fibras encontrado para o clone 26 foi de 1,06 mm (Quadro 11), sendo esse valor maior que o encontrado por Shimoyama (1990), o qual observou que o comprimento médio das fibras de três espécies de *Eucalyptus* (*Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*) foi de 1,02 mm. Cruz (2000) observou um comprimento médio de fibras igual a 1,0 mm, para sete clones de *Eucalyptus*. Segundo IAWA (1989), o comprimento médio encontrado para as fibras classifica-as como curtas.

A largura média das fibras encontrada para o clone 26 foi de 19,61 μm (Quadro 11). Essa média foi maior que a encontrada por Cruz (2000), ou seja, 17,57 μm . E se aproximou da média encontrada por Shimoyama (1990), que foi de 19,34 μm .

O valor encontrado para a espessura média da parede celular para o clone 26 foi de 7,12 μm (Quadro 11). Esse valor foi maior que os valores encontrados por Cruz (2000) e Shimoyama (1990), os quais verificaram valores médios iguais a 4,42 e 4,39 μm , respectivamente. 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 (Quadro 11), 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 μm (Quadro 11), valor esse que os classifica como extremamente finos, segundo IAWA (1989). A frequência dos raios/mm linear médio encontrado para o clone 26 foi de 1,24 raios/mm linear (Quadro 11).

O diâmetro médio dos vasos para o clone 26 foi de 121,44 μm (Quadro 11). Esse valor foi inferior ao encontrado por Cruz (2000), que foi de 124 μm e superior ao encontrado por Shimoyama (1990), de 109,34 μm . Segundo IAWA (1989), o diâmetro médio encontrado classifica os vasos como médios.

A frequência dos vasos/ mm^2 média encontrada para o clone 26 foi de 1,39 vasos/ mm^2 (Quadro 11). Esse valor é menor aos valores encontrados por Cruz (2000) e Shimoyama (1990), que foram, em média, de 14 vasos/ mm^2 . Segundo IAWA (1989), são classificados como muito poucos.

O valor médio observado para extrativos totais para o clone 26 foi de 5,54% (Quadro 11). Esse valor é maior que o valor médio observado por Shimoyama (1990), que foi de 4,4% entre clones.

Nas Figuras 13, 14 e 15 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.



FIGURA 13 – Corte Longitudinal Tangencial do Clone 26 (aumento de 100x).



FIGURA 14 – Corte Longitudinal Radial do Clone 26 (aumento de 100x).



FIGURA 15 – Corte Transversal do Clone 26 (aumento de 40x).

No Quadro 12 estão apresentados as mensurações das características anatômicas e o teor de extrativos totais, obtidos da madeira do clone 39.

QUADRO 12 – Ficha Biométrica da madeira do clone 39.

Características da madeira		Nº de observações*	Desvio padrão
Comprimento de fibra (mm)	0,88	94	0,15 mm
Largura de fibra (μm)	20,07	93	4,48 μm
Espessura de parede (μm)	5,82	93	1,41 μm
Altura de raio (mm)	0,22	61	0,07 mm
Largura de raio (μm)	12,10	60	3,03 μm
Frequência de raio (raios/mm)	1,60	3	0,12 raio/mm
Diâmetro de vaso (μm)	114,00	71	24,71 μm
Frequência de vasos (vasos/ mm^2)	1,58	3	0,17 vaso/ mm^2
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 (Quadro 12); esse valor é menor que o encontrado para o clone 26, que foi de 1,06 mm. 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 (Quadro 12). Essa média foi maior que a encontrada para o clone 26, que foi de 19,61 μm .

O valor encontrado para a espessura média da parede para o clone 39 foi de 5,82 μm (Quadro 12). Esse valor foi menor que o valor encontrado para o clone 26, que foi de 7,12 μm . As fibras são classificadas quanto à espessura da parede em fibras muito espessas, segundo IAWA (1989).

A altura média dos raios encontrada, para o clone 39, foi de 0,22 mm (Quadro 12). Esse valor foi igual ao encontrado para o clone 26, sendo classificado como extremamente baixos segundo IAWA (1989). A largura média dos raios encontrada para o clone 39 foi de 12,10 μm (Quadro 12), valor semelhante ao encontrado para o clone 26, que foi de 12,92 μm . Segundo IAWA (1989), esses valores classificam-se como extremamente finos. A frequência dos raios/mm linear médio encontrado para o clone 39 foi de 1,60 raios/mm linear (Quadro 12), que se mostra maior que o valor encontrado para o clone 26, que foi de 1,24 raios/mm linear.

O diâmetro médio dos vasos para o clone 39 foi de 114,00 μm (Quadro 12). Esse valor foi inferior ao encontrado para o clone 26, que foi de 121,44 μm . Segundo IAWA (1989), o diâmetro médio encontrado classifica os vasos como médios.

A frequência dos vasos/ mm^2 médio encontrado para o clone 39 foi de 1,58 vaso/ mm^2 (Quadro 12). Esse valor é maior que o encontrado para o clone 26, que foi de 1,39 vaso/ mm^2 . Segundo IAWA (1989), são classificados como muito poucos.

O valor médio observado para extrativos totais para o clone 39 foi de 4,79% (Quadro 12). Esse valor é menor que o valor médio observado para o clone 26, que foi de 5,54%.

Nas Figuras 16, 17 e 18 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.



FIGURA 16 – Corte Longitudinal Tangencial do Clone 39 (aumento de 100x).

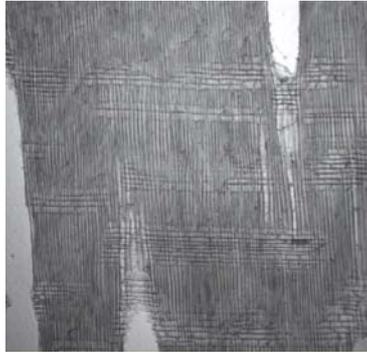


FIGURA 17 – Corte Longitudinal Radial do Clone 39 (aumento de 100x).

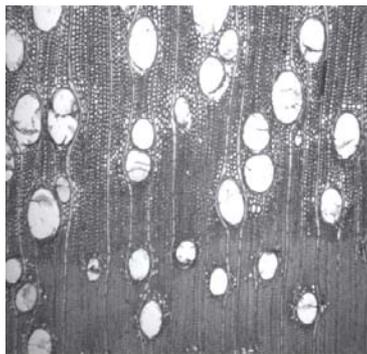


FIGURA 18 – Corte Transversal do Clone 39 (aumento de 40x).

5.2 Associações das características anatômicas e teor de extrativos totais da madeira com a qualidade da colagem

Nos Quadros 13 e 14 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).

QUADRO 13 – Coeficiente de correlação de Pearson entre as características anatômicas e 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, do clone 26.

Características da madeira	Resistência ao cisalhamento	Porcentagem de falha na madeira
Comprimento de fibra	-0,0803	0,0922
Largura de fibra	-0,0812	-0,1595
Espessura de parede	-0,0277	-0,1765
Altura de raio	0,2807	-0,0774
Largura de raio	0,0808	0,5043**
Frequência de raio	0,8181*	-0,1715
Diâmetro de vaso	0,2036	0,3200*
Frequência de vasos	0,9494*	-0,8933
Extrativos totais	-0,6482*	-0,2918

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

QUADRO 14 – 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, do clone 39.

Características da madeira	Resistência ao cisalhamento	Porcentagem de falha na madeira
Comprimento de fibra	-0,0468	0,1221
Largura de fibra	0,0534	-0,1457
Espessura de parede	-0,0901	0,0385
Altura de raio	-0,0444	-0,1113
Largura de raio	-0,2012	-0,1216
Frequência de raio	-0,9102*	-0,3018
Diâmetro de vaso	-0,1004	-0,1371
Frequência de vasos	-0,5268*	0,2785
Extrativos totais	0,2104	0,3083*

* significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.

Observa-se pelo Quadro 13 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).

Verifica-se também pelo Quadro 13 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 alborno e serem depositados dentro dos capilares da madeira e na superfície da madeira quando essa é seca.

No Quadro 14, verificam-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.

6 CONCLUSÕES

- ✓ O clone 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.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **1998. Annual book of ASTM. Standards:** adhesives. Denvers, 1998. D 905-98. Standard Test Method for Strength Properties of Adesive Bonds in Shear by Compression Loading

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

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

COMÉCIO, J.; XAVIER, A. Estratégia de melhoramento para qualidade da madeira na Champion. In: SIMPÓSIO IPEF, 6., 1996, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1996. v.3, p.1-4.

CRUZ, C. R. da. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria madeireira.** 2000. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal de Paraná, Curitiba, PR.

INTERNATION ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS AT THE. **Boletim IAWA.** Ryksherbarium, Leiden – The Netherlands, 1989.

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

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

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

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

SHIMOYAMA, V.R.S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira de *Eucalyptus* spp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

ANEXOS

ANEXO A	Página
QUADRO 1A - Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento (Mpa) em função do clone, adesivo e repetição.....	71
QUADRO 2A - Porcentagem de falha na madeira (%) em função do clone, adesivo e repetição.....	72

QUADRO 1A - Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento (Mpa) em função do clone, adesivo e repetição.

Repetição (árvore) – PVA			
Clone	1	2	3
180	7,69 ^{9*}	8,70 ⁸	7,44 ¹⁰
39	7,03 ¹⁰	8,03 ¹⁰	5,87 ¹⁰
44	7,87 ¹⁰	7,60 ¹⁰	7,37 ¹⁰
26	7,01 ¹⁰	8,41 ¹⁰	7,83 ¹⁰
Repetição (árvore) – Uréia-formaldeído			
Clone	1	2	3
180	9,63 ¹⁰	9,89 ⁹	7,43 ⁸
39	8,16 ¹⁰	6,86 ¹⁰	7,07 ⁹
44	8,53 ¹⁰	5,97 ¹⁰	7,85 ¹⁰
26	8,28 ¹⁰	8,63 ⁹	9,92 ⁸
Repetição (árvore) - Resorcinólico			
Clone	1	2	3
180	8,24 ⁸	10,33 ⁸	7,72 ⁹
39	7,94 ¹⁰	7,27 ¹⁰	7,44 ¹⁰
44	8,18 ⁹	8,18 ¹⁰	8,25 ⁵
26	10,14 ⁹	9,14 ¹⁰	7,93 ⁹

*nº de corpos-de-prova.

QUADRO 2A - Porcentagem de falha na madeira (%) em função do clone, adesivo e repetição.

Repetição (árvore) – PVA			
Clone	1	2	3
180	16,50 ^{8*}	5,25 ⁸	18,40 ¹⁰
39	39,00 ¹⁰	21,50 ¹⁰	50,75 ¹⁰
44	18,65 ¹⁰	25,10 ¹⁰	11,45 ¹⁰
26	5,55 ¹⁰	6,39 ¹⁰	13,75 ¹⁰
Repetição (árvore) – Uréia-formaldeído			
Clone	1	2	3
180	71,80 ¹⁰	32,17 ⁹	25,81 ⁸
39	94,75 ⁸	71,10 ¹⁰	93,22 ⁹
44	63,25 ¹⁰	73,05 ¹⁰	56,15 ¹⁰
26	62,30 ¹⁰	46,11 ⁹	45,00 ⁸
Repetição (árvore) – Resorcinólico			
Clone	1	2	3
180	39,31 ⁸	41,06 ⁸	23,50 ⁹
39	55,75 ¹⁰	80,61 ⁹	55,95 ¹⁰
44	60,83 ⁹	46,65 ¹⁰	43,70 ⁵
26	38,00 ⁹	33,05 ⁹	15,55 ⁹

* nº de corpos-de-prova.

ANEXO B**Página**

QUADRO 1B - Comprimento das fibras (mm), médias por clone de <i>Eucalyptus</i> sp e média geral entre clones.....	74
QUADRO 2B - Largura das fibras (μm), médias por clone de <i>Eucalyptus</i> sp e média geral entre clones.....	74
QUADRO 3B - Espessura da parede (μm), médias por clone de <i>Eucalyptus</i> sp e média geral entre clones.....	74
QUADRO 4B - Altura dos raios (mm), médias por clone de <i>Eucalyptus</i> sp e média geral entre clones.....	75
QUADRO 5B - Largura dos raios (μm), médias por clone de <i>Eucalyptus</i> sp e média geral entre clones.....	75
QUADRO 6B - Frequência de raios (raios/mm), médias por clone de <i>Eucalyptus</i> sp e média geral entre clones.....	75
QUADRO 7B - Diâmetro dos vasos (μm), médias por clone de <i>Eucalyptus</i> sp e média geral entre clones.....	76
QUADRO 8B - Frequência de vasos (vasos/ mm^2), médias por clone de <i>Eucalyptus</i> sp e média geral entre clones.....	76
QUADRO 9B - Extrativos totais (%), médias por clone de <i>Eucalyptus</i> sp e média geral entre clones.....	76

QUADRO 1B - Comprimento das fibras (mm), médias por clone de *Eucalyptus* sp e média geral entre clones.

clone	Repetição (árvore)			Média/clone
	1	2	3	
180	0,77 ^{31*}	0,82 ³⁰	0,81 ³¹	0,80
39	0,70 ³¹	1,06 ³¹	0,88 ³²	0,88
44	1,06 ³⁵	0,91 ³⁸	0,89 ³²	0,95
26	1,06 ³²	1,07 ³³	1,05 ³³	1,06
			Média geral	0,92

Cv (%) = 11,08 *nº de corpos-de-prova.

QUADRO 2B - Largura das fibras (µm), médias por clone de *Eucalyptus* sp e média geral entre clones.

clone	Repetição (árvore)			Média/clone
	1	2	3	
180	19,03 ^{36*}	16,42 ³⁵	18,04 ³²	17,83
39	21,76 ³²	19,22 ³¹	19,22 ³⁰	20,07
44	21,52 ³²	20,92 ³¹	20,48 ³¹	20,97
26	20,30 ³⁰	20,22 ³³	18,32 ³³	19,61
			Média geral	19,62

Cv (%) = 5,93 *nº de corpos-de-prova.

QUADRO 3B - Espessura da parede (µm), médias por clone de *Eucalyptus* sp e média geral entre clones.

clone	Repetição (árvore)			Média/clone
	1	2	3	
180	5,70 ^{36*}	5,81 ³⁵	5,61 ³²	5,71
39	6,05 ³²	6,77 ³¹	5,63 ³⁰	5,82
44	6,82 ³²	6,96 ³¹	7,70 ³¹	7,17
26	7,41 ³⁰	7,12 ³³	6,82 ³³	7,12
			Média geral	6,46

Cv (%) = 4,65 *nº de corpos-de-prova.

QUADRO 4B - Altura dos raios (mm), médias por clone de *Eucalyptus* sp e média geral entre clones.

clone	Repetição (árvore)			Média/clone
	1	2	3	
180	0,13 ^{20*}	0,18 ²⁰	0,20 ²¹	0,17
39	0,25 ²⁰	0,24 ²¹	0,18 ²⁰	0,22
44	0,22 ²⁰	0,25 ²⁰	0,24 ²⁰	0,24
26	0,20 ²⁰	0,23 ²⁰	0,23 ²⁰	0,22
			Média geral	0,21

Cv (%) = 13,45 *nº de corpos-de-prova.

QUADRO 5B - Largura dos raios (µm), médias por clone de *Eucalyptus* sp e média geral entre clones.

clone	Repetição (árvore)			Média/clone
	1	2	3	
180	7,85 ^{19*}	7,76 ²¹	11,87 ²⁰	9,16
39	14,91 ²⁰	9,79 ²⁰	11,59 ²⁰	12,10
44	11,58 ²⁰	12,10 ²⁰	11,44 ²⁰	11,71
26	13,96 ²⁰	13,58 ²⁰	11,22 ²⁰	12,92
			Média geral	11,47

Cv (%) = 16,64 *nº de corpos-de-prova.

QUADRO 6B - Frequência de raios (raios/mm), médias por clone de *Eucalyptus* sp e média geral entre clones.

clone	Repetição (árvore)			Média/clone
	1	2	3	
180	1,46	1,16	1,65	1,42
39	1,46	1,64	1,71	1,60
44	1,28	1,34	1,46	1,36
26	1,22	1,10	1,40	1,24
			Média geral	1,41

Cv (%) = 11,73

QUADRO 7B - Diâmetro dos vasos (μm), médias por clone de *Eucalyptus* sp e média geral entre clones.

clone	Repetição (árvore)			Média/clone
	1	2	3	
180	112,84 ^{31*}	139,62 ²²	90,71 ²⁴	114,39
39	118,67 ²³	122,78 ²²	100,54 ²⁶	114,00
44	137,65 ¹⁹	149,94 ¹³	143,17 ¹⁷	143,59
26	132,42 ¹⁷	140,63 ²⁰	91,26 ²²	121,44
			Média geral	123,36

Cv (%) = 15,58 *nº de corpos de prova.

QUADRO 8B - Frequência de vasos (vasos/mm²), médias por clone de *Eucalyptus* sp e média geral entre clones.

clone	Repetição (árvore)			Média/clone
	1	2	3	
180	1,90	1,58	1,84	1,77
39	1,46	1,52	1,77	1,58
44	1,20	1,01	1,27	1,16
26	1,14	1,39	1,64	1,39
			Média geral	1,48

Cv (%) = 12,51

QUADRO 9B - Extrativos totais (%), médias por clone de *Eucalyptus* sp e média geral entre clones.

clone	Repetição (árvore)			Média/clone
	1	2	3	
180	3,61 ^{2*}	4,10 ²	4,77 ²	4,16
39	3,42 ¹	6,02 ²	4,94 ²	4,79
44	6,71 ²	7,62 ²	6,45 ²	6,93
26	5,06 ²	5,98 ²	5,61 ²	5,54
			Média geral	5,36

Cv (%) = 15,16 *nº de repetições.