



Propriedades mecânicas da madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* plantado em diferentes espaçamentos

Gustavo Vila Nova Alves¹; Geraldo Bortoletto Júnior¹; Ivaldo Pontes Jankowsky¹; Diego Lima Aguiar¹; Luana Candaten¹; Caio Cesar Faedo de Almeida¹.

¹Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Florestais.

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi avaliar as propriedades mecânicas da madeira de um clone (M3-258-02) de *Eucalyptus grandis* aos 19 anos, oriundo de um plantio sistemático do tipo “leque”, e verificar a influência dos espaçamentos desse plantio sobre as propriedades da madeira. Para isso foram selecionadas aleatoriamente três árvores de cada espaçamento visando o desdobro e obtenção dos corpos de prova. Devido a limitação de material os corpos de prova foram confeccionados em tamanho reduzido. Foi realizada a análise estatística no software Sisvar e aplicado o teste Tukey para a comparação das médias. Os resultados revelaram que não houve influência significativa do espaçamento de plantio sobre o módulo de ruptura a flexão estática, bem como na resistência a compressão paralela as fibras. Contudo, o espaçamento influenciou no módulo de elasticidade à flexão estática, bem como na resistência ao cisalhamento.

Palavras-chave: caracterização da madeira, densidade de plantio, resistência da madeira.

Mechanical properties of the *Eucalyptus grandis* clone wood planted in different spacings

Abstract: The objective of the present work was to evaluate the mechanical properties of the *Eucalyptus grandis* clone wood (19 years old), from “fan” systematic design planting, and to verify the influence of spacings of this planting on the properties of the wood. For this, three trees of each spacing are randomly selected for the unfolding and obtaining of the specimens. Due to the material limitation the test specimens were made of reduced size. Statistical analysis was performed in the sisvar software and the Tukey test was applied to compare the means. The results showed that there was no significant influence of planting spacing on the modulus of rupture at static bending, as well as the resistance to parallel compression of the fibers. However, the spacing influenced the modulus of elasticity at static bending as well as in shear strength.

Keywords: characterization of wood, planting density, wood resistance.

1. INTRODUÇÃO

A definição do espaçamento no plantio florestal é importante, pois, esta variável influencia diversas das características das árvores, principalmente, o diâmetro e altura, bem como a qualidade da madeira resultante (SHIMOYAMA; BARRICHELO, 1989). Dentre os tipos de plantios existentes há o delineamento sistemático do tipo “leque” proposto por Nelder (1962). O autor afirma que esse sistema de plantio não utiliza de bordadura na linha e entre linha, podendo isso



resultar numa exposição de plantio, já que a mortalidade ou falhas tira a uniformidade dos espaçamentos e acarreta maior área disponível, por consequência as plantas vizinhas apresentam uma maior área de desenvolvimento disponível. Em contrapartida, esse sistema de plantio possibilita testar grande número de espaçamentos ocupando uma área relativamente reduzida, diminuindo custos de implantação e acompanhamento. As propriedades de resistência, Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR) da madeira podem ser influenciadas por diversos fatores relativos ao crescimento das árvores quando plantadas em diferentes espaçamentos. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo verificar a influência de quatro espaçamentos de plantio sobre as propriedades físicas da madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* aos 19 anos de idade

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta do material

O clone de *Eucalyptus grandis* denominado M3-258-02 com 19 anos de idade foi oriundo de um experimento localizado na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. O referido plantio é composto por um delineamento sistemático do tipo “leque” e as árvores utilizadas neste estudo foram coletadas nos espaçamentos de 3,01 m²; 6,47 m²; 9,50 m² e 29,97 m². De cada espaçamento foram selecionadas aleatoriamente três árvores visando a colheita das mesmas para obtenção de corpos de prova.

2.2 Obtenção de corpos de prova

De cada árvore foi obtido um pranchão central dos quais foram confeccionados os corpos-de-prova para os ensaios de flexão estática (2 x 2 x 32 cm) e compressão (2 x 2 x 3 cm). Registra-se que tais dimensões foram adotadas para os corpos de prova devido a limitações do material original (pequeno diâmetro das toras, especialmente daquelas obtidas de árvores plantadas no espaçamento 3,01 m²) e não seguiram o padrão da norma brasileira NBR 7190 (1997), cujas dimensões são maiores. Reduções nas dimensões dos corpos de prova, também, foram adotadas por Lima (2010), devido às mesmas limitações encontradas no material do presente estudo.

Posteriormente, os corpos-de-prova foram acondicionados no Laboratório de Ensaios Mecânicos de Madeira – LEMMAD, com temperatura e umidade relativa controlada, respectivamente, 22 ± 2°C e 65 ± 5%, com o objetivo de estabilizar e homogeneizar o teor de umidade a 12%.

2.3 Ensaios mecânicos

As seguintes propriedades mecânicas da madeira foram avaliadas: módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) à flexão estática, resistência à compressão paralela às fibras e resistência ao cisalhamento paralelo às fibras nas direções tangencial e radial. Os procedimentos de ensaio adotados para avaliação das propriedades mecânicas foram baseados nas prescrições da NBR 7190 (1997), exceto no caso da flexão estática, cujo vão entre apoios foi igual a 14 vezes a altura do corpo-de-prova. Para realização dos ensaios mecânicos utilizou-se uma Máquina Universal de Ensaios com capacidade para aplicação de força até 30 toneladas, dotada de células de carga cambiáveis para registro das forças aplicadas e LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) para medição dos deslocamentos lineares. Depois de realizados os ensaios mecânicos e obtidos os teores de umidade dos corpos-de-prova no momento do ensaio, as propriedades de resistência e elasticidade calculadas foram corrigidas para o teor de umidade padrão de 12%, conforme estabelecido na NBR 7190 (1997).

2.4 Delineamento experimental e análise de dados

O delineamento adotado para o experimento foi o inteiramente casualizado, constituído de 04 tratamentos correspondentes a cada espaçamento de plantio (3,01 m²; 6,47 m²; 9,5 m² e 29,97 m²). Para cada um dos tratamentos foram empregadas 03 árvores (repetições). Para verificar o efeito dos tratamentos sobre as propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* (clone M3-258-02) foi realizada uma análise de variância (ANAVA) e aplicado o teste de *Tukey* para a comparação das médias, conduzidos ao nível de 5% de probabilidade de erro. O software utilizado para isso foi o SISVAR.

3. RESULTADOS

3.1 Propriedades mecânicas

Os valores médios das propriedades de flexão estática, resistência ao cisalhamento e à compressão paralela às fibras das madeiras nos diferentes espaçamentos de plantio estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de MOR e MOE à flexão estática, resistência ao cisalhamento e à compressão paralela da madeira de *Eucalyptus grandis*



Espaçamento	Flexão Estática		Cisalhamento		Compressão //
	(MPa) MOR	MOE	(MPa) Tangencial	Radial	(MPa)
3,01 m ²	16,4113,9 a	1617791 b	13,014,8 a	15,313,9 a	14,955,5 a
6,47 m ²	13,4118,1 a	1717066 ab	11,415,6 ab	12,115,3 a	6,858,7 a
9,5 m ²	14,4119,3 a	1616154 ab	13,315,2 ab	10,713,1 ab	12,555,5 a
29,97 m ²	18,7113,3 a	1714447 a	16,218,0 b	11,516,7 b	10,252,7 a
Média Geral	116,2	16364	15,9	14,7	55,6

Valor a esquerda subscrito representa o coeficiente de variação. Letras minúsculas iguais na coluna indicam que as médias não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 5\%$).

As análises de variância realizadas para as variáveis MOR e MOE à flexão estática que o MOR não teve influência estatística, contudo, os espaçamentos apresentaram alterações no MOE. Ainda para o MOE, observa-se que não houve diferenças significativas dos valores médios da madeira entre os espaçamentos 3,01 m², 6,47 m² e 9,5m², como também não houve entre os espaçamentos de 6,47 m², 9,5 m² e 29,97 m². Porém, o valor médio do MOE da madeira do espaçamento mais amplo (29,97 m²) diferiu significativamente do valor da madeira do menor espaçamento (3,01 m²). De modo geral, verificou-se uma tendência de redução do valor médio de MOE com o aumento do espaçamento de plantio. Pode-se notar uma baixa amplitude nos valores de MOR, além de uma diferença não significativa. Com essa homogeneidade no comportamento de MOR a flexão estática, é possível uma maior flexibilidade na escolha do espaçamento a adotar de acordo com essa propriedade mecânica como fator limitante. Na resistência ao cisalhamento tangencial e radial, observou-se que houve diferença significativa somente entre o menor e o maior espaçamento. Nota-se ainda que não houve diferença significativa entre os tratamentos para a compressão paralela as fibras. Desta forma, o espaçamento de plantio não teve influência significativa sobre essa variável.

4. DISCUSSÃO

4.1 Flexão estática resistência ao cisalhamento e compressão paralela às fibras



Segundo Carvalho (1996), valores de MOR entre 108 e 177 MPa enquadram a madeira na classe média para essa característica; indicando que a espécie estudada se enquadrou nesses parâmetros pré-determinados e que o espaçamento não afetou negativamente essa propriedade. Lopes (2007), avaliando material de *E. grandis* com idade de 18 anos, encontrou um valor médio de MOE (24209 MPa) e MOR (117,6 MPa), corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Nogueira (1991), avaliando a madeira de *Eucalyptus grandis*, proveniente de diversas localidades do Estado de São Paulo, com idades de 8, 9, 12, 13, 14, 15, 24, 34 e 41 anos, encontrou valor médio geral de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras (media de CT e CR) igual a 11,4 MPa (intervalo de confiança entre 10,9 e 11,9), esses valores foram reduzidos comparados com os observados nessa pesquisa, o que pode ter ocorrido em função da qualidade de sítio, por se tratar de diferentes locais, bem como, as diferentes idades.

Os corpos de prova utilizados no presente estudo assumiram dimensões reduzidas (2 x 2 x 3 cm) e diferentes daquelas preconizadas pela norma NBR 7190 (1997), cujas dimensões são de 5 x 5 x 6,5, esse fator, pode resultar na obtenção de valores relativamente mais elevados.

Quanto a compressão paralela às fibras, de acordo com a NBR 7190 (1997) o valor médio da resistência à compressão paralela da madeira de *E. grandis* é de 40,3 MPa, valor abaixo do encontrado no presente trabalho. Contudo, essa norma não faz referência a idade do material. É conveniente destacar que os corpos de prova utilizados no presente estudo assumiram dimensões reduzidas (2 x 2 x 3 cm) e diferentes daquelas preconizadas pela norma NBR 7190 (1997), cujas dimensões são de 5 x 5 x 15. Ao se reduzir as dimensões do corpo de prova, devido a minimização da influência de possíveis defeitos da madeira tais como nós internos e desvios de grã, há uma tendência relativa para obter-se valores algo mais elevados.

5. CONCLUSÕES

O espaçamento de plantio não altera o módulo de ruptura à flexão estática e a resistência à compressão paralela às fibras das madeiras de *Eucalyptus grandis* aos 19 anos. O módulo de elasticidade reduz a medida em que o espaçamento aumenta.

6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro; 1997.

Carvalho, A. Denominações convencionais para propriedades da madeira. Tecnologia das indústrias da madeira 1996; 1: 5.

Lima IL, Garcia, JN. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* hill ex- maiden. Revista Árvore 2010; 34(3): 551-559.

Lopes CSD. Caracterização da madeira de três espécies de eucalipto para uso em movelaria [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo; 2007.

Nelder JA. New kinds of systematic designs for spacing experiments. Biometrics 1962; 18(3): 283-307.

Nogueira MCJA. Indicações para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil [dissertação]. São Carlos: Departamento de Arquitetura e Planejamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo; 1991.

Shimoyama VRS, Barrichello LEG. Densidade básica da madeira, melhoramento e manejo florestal. IPEF Série técnica 1989; 6(20): 1-22.