

IDENTIFICAÇÃO DE CLONES DE EUCALIPTO MAIS SUSCEPTÍVEIS À QUEBRA PELO VENTO POR MEIO DE ENSAIOS DE FLEXÃO

JOÃO PAULO GIANASI¹, CINTHYA BERTOLDO PEDROSO², CAROLINA KRAVETZ³

¹ Estudante, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP), j237556@dac.unicamp.br.

² Professora doutora, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP), [cinthyab@unicamp.br](mailto:cinthiab@unicamp.br).

³ Doutoranda, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP), c234567@dac.unicamp.br.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O setor florestal segue em busca de clones cada vez mais produtivos, porém um grande problema que este setor enfrenta são os ventos fortes, pois estes ocasionam encurvamento e quebra das árvores, gerando prejuízo na produção. Sendo assim, o projeto tem como objetivo caracterizar diferentes clones de eucalipto, e identificar os mais susceptíveis à quebra pelo vento, por meio de ensaios de flexão em corpos de prova. O ensaio de flexão é uma técnica destrutiva que permite uma avaliação das árvores de forma eficaz e precisa. Para atingir os objetivos serão realizados ensaios de flexão em clones de eucalipto com diferentes idades (1, 3 e 4 anos), sendo determinado as propriedades de resistência e de rigidez da madeira. Como resultado, os indivíduos do clone A, com 4 anos de idade, apresentaram as maiores resistências. Os resultados dessa pesquisa auxiliarão na seleção de clones a serem cultivados nas diferentes regiões, assim como na forma de atuação durante o manejo florestal.

PALAVRAS-CHAVE: densidade; clones de eucalipto; rigidez.

IDENTIFICATION OF EUCALYPTUS CLONES MOST SUSCEPTIBLE TO WIND BREAKAGE THROUGH FLEXION TESTS

ABSTRACT: The forestry sector continues in search of more and more productive clones, but a major problem that this sector faces is the strong winds, as these cause bending and breakage of trees, causing damage to production. Therefore, the project aims to characterize different eucalyptus clones, and identify those most susceptible to wind breakage, through bending tests on specimens. The bending test is a destructive technique that allows an efficient and precise evaluation of the trees. In order to achieve the objectives, bending tests will be carried out on eucalyptus clones at different ages (1, 3 and 4 years old), determining the strength and stiffness properties of the wood. As a result, clone A individuals, aged 4 years, showed the highest resistance. The results of this research will help in the selection of clones to be cultivated in the different regions, as well as in the form of action during forest management.

KEYWORDS: density; eucalyptus clones; stiffness.

INTRODUÇÃO: O atual projeto foi desenvolvido com o intuito de trazer melhorias para o setor florestal, especificamente em relação à qualidade dos clones de Eucalyptus produzidos,

a partir da caracterização da resistência desses materiais, através de um método destrutivo. Sendo a rigidez a principal propriedade responsável pela resistência das árvores, já é sabido que a utilização do método de flexão juntamente do ensaio de ultrassom, é possível identificar clones susceptíveis à quebra pelo vento, utilizando a rigidez como critério de seleção (BATISTA, 2012). Segundo Ataíde et al. (2015), os ventos fortes são problemáticos, pois suas ações nas florestas brasileiras causam danos de grandes proporções, tendo efeitos sobre o crescimento da árvore, na sua fisiologia e em toda ecologia da floresta. Este fenômeno natural, mesmo que agindo sobre uma grande área, cada árvore recebe o esforço pela carga do vento de forma diferente, por diversos motivos, podendo estes sofrerem com quebras e encurvamentos, ou não. Essa característica permite concluir que deve existir diferenciação de rigidez entre eles, tornando-se importante aplicar uma metodologia que permita mensurar a diferenciação de rigidez entre clones da mesma espécie e entre espécies diferentes (BATISTA, 2012). Tendo em vista este grande problema que são os ventos fortes, o projeto proposto visa identificar, a partir de ensaios de flexão em corpos de prova, clones mais susceptíveis a deformações permanentes ou mesmo à quebra devido à ação do vento.

MATERIAL E MÉTODOS: Para o desenvolvimento do projeto de pesquisa, foram analisados três clones de *Eucalyptus* sp (A, B e C). Além disso, os clones apresentam idades diferentes, sendo elas: 1 ano, 3 anos e 4 anos.

Foram selecionadas 9 árvores de cada clone e idade, cortadas no comprimento de 2,5 m, das quais foram retirados corpos de prova para realização dos ensaios. De cada uma das 81 toras foi retirado um corpo de prova com as seguintes dimensões: $2 \times 2 \times 42 \text{ cm}^3$, para ser realizado o ensaio de flexão até a ruptura para a determinação da resistência a flexão (f_m) e o módulo de elasticidade (E_m), de acordo com a ASTM D-198-15 (2016). Para a confecção dos corpos de prova foram necessários os processos de corte do tronco em tocos com a serra de fita (Eletrônica Três Torres LTDA, SS350, Brasil) (Figura 1a), o corte dos tocos em ripas com a serra de mesa (Makita, MLT100, Brasil) (Figura 1b) e o acabamento das ripas para virarem os corpos de provas na dimensão correta foi necessária uma plaina desempenadeira (Lynus, PDL-1300, Brasil) (Figura 1c).



(a)



(b)



(c)

Figura 1. (a) Serra de fita, (b) Serra de mesa, (c) Plaina desempenadeira.

No Laboratório de Materiais e Estruturas da FEAGRI/UNICAMP, foi o local para a realização do ensaio de flexão, na máquina universal de ensaios (EMIC, DL30000, Brasil) (Figura 2a). O ensaio foi realizado com 2 pontos de apoio e 1 ponto de aplicação da força, sendo utilizado um deflectômetro para computar o deslocamento vertical da madeira.



(a)



(b)

Figura 2. (a) Máquina Universal de Ensaio. (b) Medidor de Umidade.

Também foi obtida a umidade de cada corpo de prova, a partir do medidor de umidade eletrônico (Merlin, PMI-E, Estados Unidos) (Figura 2b). A partir dos dados de força e de deslocamento foi possível realizar o cálculo dos módulos de elasticidade e resistência utilizando as Equações 1 e 2. Para o módulo de elasticidade foi realizada a correção em relação a umidade, de acordo com a ABNT NBR7190 (2022).

$$EM = \frac{PL^3}{4bh^3(f_{40\%} - f_{10\%})} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: P = carga máxima; L = comprimento do vão livre definido de acordo com a ASTM D198-15 (2016); b e h = dimensões da seção transversal do corpo de prova; f_{40%} e f_{10%} = deslocamentos verticais correspondentes às cargas P_{40%} e P_{10%}.

$$f_m = \frac{3(P_{40\%} - P_{10\%})L}{2bh^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: L = comprimento do vão livre definido de acordo com a ASTM D198-15 (2016); P_{40%} e P_{10%} = faixas utilizadas para o cálculo representando 40% e 10% da carga máxima aplicada ao corpo de prova durante os ensaios de flexão; b e h = dimensões da seção transversal do corpo de prova.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Com a execução de todos os ensaios, foi feita a análise e correlação dos dados obtidos. Foram obtidos os módulos de elasticidade (EM) e de resistência a flexão (f_m) para as árvores e comparado qual clone e qual idade apresentaram os melhores resultados.

Dado que o módulo de elasticidade está relacionado a capacidade de deformação elástica de um corpo e a resistência a flexão sobre a capacidade de deformação plástica deste, a combinação dos 2 resultados é importante para garantir um corpo mais resistente.

Assim, analisando os resultados dos clones, sempre comparando a melhor propriedade física com a pior, de acordo com cada ano, é possível observar que no primeiro ano o clone que apresentou maior Módulo de elasticidade foi o clone B, 34% superior ao clone C, o pior resultado desta faixa etária. E a maior resistência a flexão foi o clone A, superior em 32% em relação ao clone C (Tabela 1).

No terceiro ano o maior EM e f_m foi do clone A, superior em 65% e 28% respectivamente ao clone C (Tabela 1).

No quarto ano o maior EM foi do clone A, superior em 59% em relação ao clone B. E o fm do A foi superior em 30% quando comparado com o clone C (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação das características das madeiras de clones diferentes nos diferentes anos.

| IDADE | CLONES | A | | B | | C | |
|-------|----------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| | | EM MPa | fm MPa | EM MPa | fm MPa | EM MPa | fm MPa |
| 1 | Média | 6929,2 | 61,4 | 7487,6 | 58,2 | 5587,5 | 46,7 |
| | C.V. (%) | 13% | 23% | 11% | 9% | 23% | 10% |
| 3 | Média | 10545,8 | 61,7 | 10056,0 | 58,5 | 6376,2 | 48,3 |
| | C.V. (%) | 22% | 21% | 27% | 23% | 23% | 12% |
| 4 | Média | 11066,1 | 64,8 | 6974,8 | 56,9 | 7088,7 | 49,7 |
| | C.V. (%) | 19% | 14% | 20% | 9% | 18% | 13% |

Os coeficientes de variação apresentaram valores relativamente baixos, todos menores do que 25%. Isso é um indício de que os dados coletados foram homogêneos, sem grandes variações.

CONCLUSÕES: A partir da caracterização dos três clones de eucalipto, em relação às suas propriedades de resistência, foi possível identificar quais são mais resistentes, ou seja, apresentam maiores módulos de elasticidade e maiores resistência a flexão combinados, podendo assim ser relacionado à árvores com maiores resistências às cargas aplicadas pelos ventos fortes. Sendo assim, o clone A foi o que apresentou os melhores resultados, sendo um destaque suas propriedades ao atingirem 4 anos de idade. E o indivíduo mais susceptível a quebras pela ação do vento, seria o clone C, pois este apresentou constantemente resultados inferiores aos 3 clones, sendo o destaque para suas propriedades com 1 ano de idade. O clone B apresentou propriedades boas, porém um destaque a seu alto módulo de elasticidade ao primeiro ano de idade, podendo ser fator decisivo para que em regiões com ventos muito fortes apenas o clone B sobreviva ao primeiro ano de plantio. Por fim, é observável bons coeficientes de variações, indicando que as condições edafoclimáticas da região eram semelhantes aos 3 clones.

REFERÊNCIAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT. 2022.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D198-15 Static Tests of Lumber in Structural Sizes. Philadelphia, Pa, USA, 2016.

ATAÍDE G. M.; CASTRO R. V. O.; CORREIA A. C. G.; REIS G. G; REIS M. G. F.; ROSADO A. M. Interação árvores e ventos: aspectos ecofisiológicos e silviculturais. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 523-536, abr.-jun., 2015. ISSN 0103-9954.

BATISTA F. A. F. Diferenciação de clones de eucalipto utilizando ensaio de propagação de ondas em árvores. Engenharia Agrícola da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, 2012.