

## **Caracterização de clones e híbridos de eucaliptos com base na norma ABNT NBR 7190: 1997**

**Julio Cesar Molina**, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Engenharia Industrial Madeireira, Itapeva, SP. e-mail: [Molina@itapeva.unesp.br](mailto:Molina@itapeva.unesp.br)

**Carlito Calil Junior**, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, São Carlos, SP. e-mail: [calil@sc.usp.br](mailto:calil@sc.usp.br)

**Resumo:** Neste trabalho foi efetuada a caracterização de diferentes tipos de híbridos e clones de eucalipto tendo estes diferentes idades. As propriedades de resistência e elasticidade das madeiras consideradas neste estudo foram determinadas a partir de ensaios em corpos-de-prova padronizados conforme recomendações da ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup> e também em corpos de prova naturais roliços. Foram também realizadas verificações adicionais em peças de madeira de seção circular com 2,0 metros de comprimento. Como resultados foram obtidos os valores de resistência e rigidez das madeiras, os valores de retração em cada uma das direções ortogonais como também os valores de conicidade ao longo do comprimento das peças para cada caso.

**Palavras-chave:** eucalipto, híbrido, clones, caracterização, idade da madeira.

### **Characterization of the clones and hybrid of eucalyptus according to ABNT NBR 7190:1997 standard**

**Abstract:** In this work it was made the characterization of the different kinds of hybrid and clones of eucalyptus with different ages. The properties of strength and stiffness of the woods considered in this study were obtained from tests in standard specimens according to ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup> standard and also in natural specimens with circular cross section. It were also performed additional verifications in peaces of wood with circular cross section with 2.0 meters of length. As results it were obtained the values of strength and stiffness of woods, the retraction values in each orthogonal direction of wood as well as the values of conicity timber along the length for each case.

**Keywords:** eucalyptus, hybrid, clones, characterization, age of wood.

### **1. Introdução**

A madeira é um material abundante na natureza e proporciona a construção de estruturas com agradável valor estético. No entanto, para a correta utilização deste nobre material é de fundamental importância o conhecimento das suas propriedades frente às solicitações decorrentes da utilização da estrutura.

Atualmente a caracterização da madeira é feita em laboratório a partir de ensaios em corpos de prova padronizados. A norma brasileira ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup> traz as recomendações para os ensaios em corpos de prova para o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira.

Dentro deste contexto, no que se refere a uma estimativa razoável do comportamento da madeira é preciso que haja uma quantidade suficiente de corpos de prova de modo que a amostra retirada de um lote de madeira que se deseja analisar seja representativa.

De uma maneira geral, a norma brasileira ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup> recomenda três tipos de caracterização para a madeira.

A primeira delas é a caracterização completa, a partir da qual são determinados os valores de resistência a compressão e a tração paralela e normal as fibras, assim como os valores de resistência ao cisalhamento e ao embutimento. São determinados também, neste caso, os valores de densidade básica e aparente.

A referida norma recomenda também, para espécies pouco conhecidas, a caracterização mínima, onde são determinados os valores de resistência a tração e a compressão na direção das fibras, a resistência ao cisalhamento, além das densidades básica e aparente.

O terceiro tipo de caracterização recomendada pela norma brasileira de madeiras é a caracterização simplificada, que é utilizada para espécies de madeiras usuais. Neste caso, a norma recomenda algumas equações para a obtenção dos valores de resistência em função da resistência da madeira obtida na direção das fibras.

Vale mencionar também que a referência da norma brasileira de madeiras ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup> e a resistência na direção das fibras.

A norma de madeiras recomenda ainda, no que se refere à caracterização da madeira, a determinação do módulo de elasticidade na compressão paralela e normal das fibras a partir de corpos de prova padronizados.

A referida norma também possibilita a determinação simplificada do módulo de elasticidade normal às fibras com base no valor do módulo de elasticidade determinado na direção das fibras.

Na impossibilidade da realização de ensaios de compressão simples a ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup> permite a avaliação do módulo de elasticidade médio por meio de ensaios de flexão.

Neste caso, determina-se o módulo aparente de elasticidade na flexão e a partir de relações fornecidas para madeiras de coníferas e dicotiledôneas obtêm-se os valores do módulo de resistência a flexão na direção das fibras.

A norma de madeiras prevê também a determinação da resistência da madeira na flexão através da relação entre o momento fletor máximo no elemento com relação ao módulo de resistência da seção, admitindo-se que a madeira seja um material elástico linear.

Uma vez determinados os valores de resistência e rigidez do lote de madeira na umidade considerada pode-se enquadrar a madeira analisada em uma classe de resistência obtida na umidade considerada padrão pela norma, ou seja, 12%.

Segundo a ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup>, a utilização das classes de resistência tem por objetivo o emprego de madeiras com propriedades padronizadas, orientado a escolha do material para projetos estruturais.

Vale mencionar ainda que a norma de madeiras ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup> atualmente encontra-se em processo de revisão. A versão primeira versão de 1997, a qual atualmente

ainda está em vigor, apresenta um corpo principal e seis anexos: A, B, C, D, E e F, sendo que as recomendações relativas a caracterização da madeira encontram-se no anexo B.

Neste trabalho foi efetuada a caracterização de um total de sete diferentes amostras de madeira considerando clones e híbrido de eucalipto, com diferentes idades, tendo como base as recomendações da norma brasileira de madeiras ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup>.

Foram avaliados clones de Eucalipto camaldulensis com quatro, cinco e onze anos de idade, além de clones de Eucalipto cloenziana com 13 anos e híbridos naturais de Eucalipto urophylla com camaldulensis com 9 anos de idade.

Além dos valores de resistência e rigidez foram avaliados também a presença de nós, conicidade e empenamentos nas amostras.

## **2. Amostras de madeira analisadas**

Na definição das amostras a serem analisadas foram considerados o tipo e idade da árvore além dos diâmetros das mesmas.

Foram escolhidas amostras de madeira com a mesma idade tendo diferentes distâncias de plantio entre árvores, como também árvores com idades diferentes e oriundas de diferentes lotes de plantio.

Vale salientar que as árvores para composição das amostras a serem ensaiadas foram retiradas de locais onde estas foram plantadas com espaçamentos entre árvores de 10m x 4m e também de locais onde o espaçamento de plantio utilizado entre arvores foi de 2,5m x 3,6m.

As distâncias referidas anteriormente, 2,5 m e 4,0 m, são referentes às distâncias transversais entre árvores enquanto que as distâncias referidas como 4 m e 3,6 m são as distâncias longitudinais.

A Figura 1 ilustra as distâncias de plantio referidas anteriormente assim como as direções transversal e longitudinal.

Ainda no que se refere a distância de plantio, vale esclarecer também que, para uma mesma idade, as árvores plantadas com distância de 2,5 m x 3,6 m apresentaram diâmetros menores que aquelas plantadas com distâncias de 10 m x 4 m.

Com base no exposto, pode-se observar que os diâmetros menores para as árvores plantadas foram retiradas dos locais de plantio onde os espaçamentos entre as arvores utilizado foi menor.

Essa técnica pode ser também utilizada para que se possa garantir o plantio de outras culturas como, por exemplo, arroz ou gramíneas para pastagem bovina entre as árvores de eucalipto durante o crescimento das mesmas.

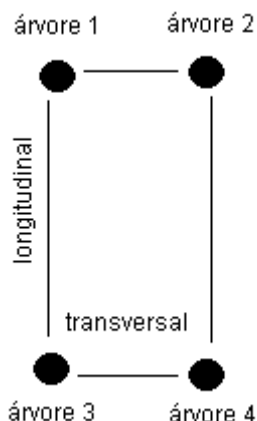


Figura 1 – Esquema para identificação das distâncias de plantio entre árvores.

Portanto, foram analisados um total de sete diferentes lotes de madeira, retirados de diferentes quadras de plantio, e estes estão descritos conforme apresentado abaixo:

- **Lote 1:** (híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*+*camaldulensis* com 9 anos de idade e diâmetro aproximado de 25cm);
- **Lote 2:** (clones de *Eucalyptus camaldulensis* com 11 anos de idade e diâmetro aproximado de 30 cm);
- **Lote 3:** (*Eucalyptus cloenziana* com 13 anos de idade e diâmetro aproximado de 15 cm);
- **Lote 4:** (clones de *Eucalyptus camaldulensis* com 05 anos de idade e diâmetros que variam entre 20 cm e 25 cm);
- **Lote 5:** (*Eucalyptus camaldulensis* com 20 anos de idade e diâmetro aproximado de 25 cm);
- **Lote 6:** (*Eucalyptus camaldulensis* com 04 anos de idade e diâmetro aproximado de 15 cm);
- **Lote 7:** (*Eucalyptus camaldulensis* com 04 anos de idade e diâmetro aproximado de 15 cm).

Cada um destes lotes foi composto por um total de seis peças roliças naturais de madeira tendo cada peça um comprimento aproximado de 2,5 metros para possibilitar a retirada dos corpos de prova para os ensaios e também para possibilitar a quantificação da conicidade das árvores.

Geralmente as peças de eucalipto quando cortadas apresentam fissuração nas suas extremidades e nesse sentido o comprimento de 2,5 procurou eliminar os defeitos das extremidades das amostras, já que as extremidades com fissurações e rachas foram cortadas de modo a se ter peças menores com tamanhos aproximados de 2 m.

Foram assim retiradas aleatoriamente, de cada uma das quadras de plantio, conforme citado anteriormente um total de 06 árvores diferentes de cada uma totalizando 42 amostras.

Cada uma das amostras foi composta pela parte central da árvore (parte localizada entre o topo e a base da tora), conforme ilustra a Figura 2.

A parte central a ser enviada como amostra deverá ser cortada com pelo menos 2,5 metros de comprimento, como mostrado na Figura 2.

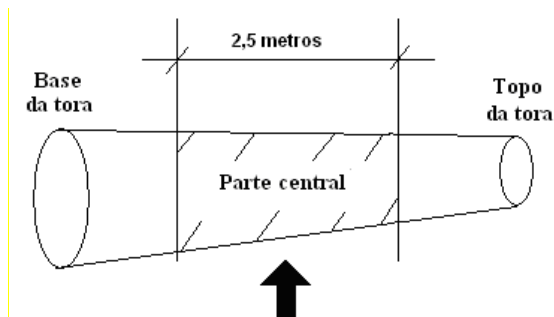


Figura 2 – Detalhe de cada uma das amostras de madeira de madeira retiradas.

De cada uma dessas peças de madeira com 2,5 metros de comprimento foram retirados os corpos de prova para a caracterização das madeiras.

A título de informação vale mencionar que as amostras (toras) apresentadas na Figura 2 foram descascadas com poucos dias após o abate das árvores, a partir de “porretadas” dadas em ambas as extremidades das toras (topo e base), de modo que as cascas das árvores foram totalmente retiradas sem prejuízos as superfícies laterais das mesmas. Essa é a maneira mais eficiente para a retirada da casca sem prejuízos a superfície da lateral da tora.

Outras técnicas de retirada da casca como, por exemplo, uso de facão e uso de equipamento mecânico também foram utilizadas, mas, no entanto, deixaram a superfície lateral da madeira com marcas visíveis de danificação.

Exemplos de toras descascadas por equipamento mecânico e uso de facão são mostrados na Figura 3 respectivamente nas quais podem ser observadas as marcas de danificação deixadas na madeira em função do tipo de descasque utilizado.



(a)



(b)

Figura 3 – Retirada da casca das toras: (a) Equipamento mecânico; (b) Uso de facão.

## 2.1 Ensaios realizados

Os ensaios foram realizados em corpos-de-prova roliços naturais com 15 cm de altura, em corpos-de-prova padronizados pela ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup>, e também foram efetuadas verificações adicionais em vigas roliças naturais com 2 m de comprimento.

Os ensaios realizados, neste caso, foram os seguintes de (1) a (6) relacionados na sequência:

- (1) compressão paralela as fibras (realizado em corpo-de-prova roliço natural);
- (2) flexão estática (realizado em viga roliça natural com 2m de comprimento);
- (3) cisalhamento (realizado em corpo-de-prova proposto pela ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup>);
- (4) umidade (realizado em corpo-de-prova proposto pela ABNT NBR 719:1997<sup>(1)</sup>);
- (5) densidade (realizado em corpo-de-prova proposto pela ABNT NBR 719:1997<sup>(1)</sup>);
- (6) retração (realizado em corpo-de-prova proposto pela ABNT NBR 719:1997<sup>(1)</sup>).

Os referidos ensaios foram realizados segundo recomendações da norma de madeiras ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup> na umidade aproximada de 25% (Ponto de saturação das fibras).

Foram verificadas as conicidades (variação do diâmetro ao longo do comprimento das toras), e os diâmetros equivalentes no meio do vão das toras para as amostras de eucaliptos de cada um dos lotes analisados.

Os resultados obtidos a partir dos ensaios de caracterização dos eucaliptos e as nomenclaturas utilizadas estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

A partir do ensaio (1) foram obtidos os valores de  $E_{c,0}$  e  $f_{c,0}$ ;  
A partir do ensaio (2) foram obtidos os valores de MOE e MOR;  
A partir do ensaio (3) foi obtido o valor de  $f_v$ ;  
A partir do ensaio (4) foi monitorada a umidade de cada tora;  
A partir do ensaio (5) determinou-se o valor da  $\rho_{ap, verde}$ ;  
A partir do ensaio (6) determinou-se os valores de R(%), T(%), L(%) e as relações entre estes parâmetros.

### 3 – Resultados obtidos

Tabela 1 – Valores médios obtidos para as amostras de eucaliptos analisadas

Lote analisado	$d_{eq}$ (cm)	$i$ (cm:m)	$\rho_{ap, verde}$ (kg:m <sup>3</sup> )	$E_{c,0}$ (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	$f_{c,0}$ (MPa)	$f_v$ (MPa)	n
Lote 1	19,75	0,53	874	11000	12318	71,49	33,53	7,99	06
Lote 2	22,99	0,52	933	11390	12406	72,36	34,08	8,10	06
Lote 3	13,04	0,36	930	12689	19370	98,27	45,00	9,73	06
Lote 4	19,55	0,78	860	10697	10960	64,47	24,62	7,98	06
Lote 5	22,63	0,76	1207	11857	14140	73,32	46,82	9,48	06
Lote 6	13,25	0,68	600	6761	9240	61,50	25,66	6,86	06
Lote 7	13,34	0,71	585	8741	10122	63,89	27,62	7,66	06

$d_{eq}$  = diâmetro equivalente médio medido no meio do vão da tora (L:2);

$i$  = conicidade média ao longo do comprimento da tora;

$\rho$  = densidade aparente verde;

$E_{c,0}$  = módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras;

MOE = módulo de elasticidade obtido no ensaio de flexão;

MOR = módulo resistente na flexão;

$f_{c,0}$  = resistência a compressão paralela as fibras;

$f_v$  = resistência ao cisalhamento;

n = número de corpos-de-prova ensaiados.



Tabela 2 – Variação dimensional média das amostras de eucaliptos analisadas

Lote analisado	R (%)	T (%)	L (%)	Relação T/R	n
Lote 1	6,50	6,74	0,12	1,04	06
Lote 2	7,60	7,80	0,19	1,03	06
Lote 3	7,14	7,21	0,10	1,00	06
Lote 4	7,29	7,52	0,10	1,03	06
Lote 5	7,42	7,68	0,10	1,03	06
Lote 6	7,22	7,41	0,11	1,03	06
Lote 7	7,23	7,38	0,12	1,02	06

R(%) = porcentagem de retração na direção radial;  
 T(%) = porcentagem de retração na direção tangencial;  
 L(%) = porcentagem de retração na direção longitudinal;  
 n = número de corpos-de-prova ensaiados.

Segundo a norma brasileira de estruturas madeira ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup> alguns valores médios de espécies já catalogadas são apresentados na Tabela 3 para comparação com os resultados obtidos.

 Tabela 3 – Valores médios de madeiras fornecidos pela norma ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup>

Nome científico (dicotiledôneas)	$\rho_{ap}$ (kg:m <sup>3</sup> )	$f_{c0}$ (MPa)	$f_{t0}$ (MPa)	$f_{t90}$ (MPa)	$f_v$ (MPa)	$E_{c0}$ (MPa)	n
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	899	48,0	78,1	4,6	9,0	13286	18
<i>Eucalyptus cloenziana</i>	822	51,8	90,8	4,0	10,5	13963	21
<i>Eucalyptus urophylla</i>	739	46,0	85,1	4,1	8,3	13166	86

$\rho_{ap}$ , (12%) = densidade aparente a 12% de umidade;  
 $f_{c,0}$  = resistência a compressão paralela as fibras;  
 $f_{t,0}$  = resistência a tração paralela as fibras;  
 $f_{t,90}$  = resistência a tração normal as fibras;  
 $f_v$  = resistência ao cisalhamento;  
 $E_{c,0}$  = módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras;  
 n = número de corpos-de-prova ensaiados.

O empenamento médio (máxima altura medida no lado côncavo das toras) observado nas peças de madeira (medidas efetuadas em comprimentos de 2m) foi de aproximadamente 0,5 cm. Portanto, as árvores analisadas apresentaram uma boa regularidade com relação ao empenamento. O *Eucalyptus camaldulensis* apresentou melhor regularidade que o *Eucalyptus urophylla*, enquanto que o *Eucalyptus cloenziana* apresentou as melhores propriedades nesse aspecto com relação às demais amostras.

Dentre as espécies analisadas o *Eucalyptus urophylla* é a espécie que mais apresentou rachas durante a secagem, enquanto que o *Eucalyptus cloenziana* foi a espécie que menos rachou. O *Eucalyptus camaldulensis* ocupou uma posição intermediária nesse aspecto.

#### 4. Conclusões

Tomando como referência o valor da resistência a compressão paralela as fibras ( $f_{c,0}$ ), observou-se que os valores médio obtidos a partir dos ensaios de caracterização das amostras dos eucaliptos ficaram abaixo dos valores médios fornecidos pela ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup> para todas os lotes analisados. As maiores diferenças foram observadas para os lotes com amostras de árvores mais novas.

As diferenças entre as resistências ( $f_{c,0}$ ), obtidas com relação aos valores da ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup>, foram as seguintes: Lote 1 (27%), Lote 2 (29%), Lote 3 (13%), Lote 4 (49%), Lote 5 (2%), Lote 6 (46%) e Lote 7 (42%).

Essa diferença se deve em parte ao fato de que, no ensaio de compressão paralela as fibras, realizado com o corpo-de-prova padronizado pela ABNT NBR 7190:1997<sup>(1)</sup>, tem-se um corpo-de-prova isento de defeitos, o que aumenta a sua resistência com relação ao corpo-de-prova roliço natural, onde todos os defeitos da madeira são considerados. Por outro lado madeiras com maiores valores de umidade apresentam menores resistências.

De uma maneira geral, com base nos ensaios realizados, tem-se classe C30 para os eucaliptos com mais de 13 anos de idade e classe C20 para os eucaliptos com menos de 13 anos.

Os lotes que apresentaram as menores relações T:R e baixos valores absolutos de T e R foram as de melhor desempenho relativo à estabilidade dimensional.

O Lote 3(*Eucalyptus cloenziana*) apresentou maior estabilidade dimensional, enquanto que o Lote 1 (híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*+*camaldulensis*) foi mais instável.

O valor da retração na direção longitudinal das fibras dos eucaliptos foi praticamente desprezível;

## 5. Agradecimentos

Ao LaMEM:EESC:USP (Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), pela concessão do espaço e dos equipamentos para desenvolvimento do trabalho.

## 6. Referências

(1) Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). *NBR 7190 - Projeto de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro. 107p.