



## Caracterização de elementos estruturais roliços perfilados de amaru Characteristics of round structural elements profiled of amaru

Julio Cesar Molina<sup>1</sup>

Caio Victor Fernandes dos Santos<sup>2</sup>

Felipe Hideyoshi Icimoto<sup>3</sup>

Carlito Calil Junior<sup>4</sup>

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo determinar as propriedades físicas e mecânicas da madeira Amaru, um híbrido de eucalipto, desenvolvido por uma empresa brasileira. Para a caracterização das propriedades físicas determinou-se a densidade aparente e o teor de umidade das amostras de madeira. Para a caracterização mecânica determinou-se a resistência e rigidez a compressão paralela às fibras, a resistência à tração e resistência ao cisalhamento. Os procedimentos dos ensaios realizados foram feitos de acordo com as recomendações da norma brasileira de madeiras ABNT NBR 7190:1997. Os corpos de prova utilizados foram confeccionados em dimensões reais, conforme aqueles utilizados no sistema construtivo proposto pela empresa em questão. Os resultados obtidos se aproximaram dos resultados propostos pela norma brasileira para algumas espécies de eucalipto e estes podem ser utilizados como base para que engenheiros e arquitetos projetem estruturas de madeira usando a espécie Amaru.

**Palavras-chave:** Resistência, rigidez, caracterização, amaru.

<sup>1</sup> UNESP – Universidade Estadual Paulista

<sup>2</sup> USP – Universidade de São Paulo

<sup>3</sup> USP – Universidade de São Paulo

<sup>4</sup> USP – Universidade de São Paulo

**Abstract:** The aim this study was determine the physical and mechanical properties of wood Amaru, a eucalyptus hybrid, developed by a Brazilian company. For the characterization of the physical properties was determined apparent density and moisture content of the wood sample. For the mechanical characterization was determined the strength and rigidity to the compression parallel to the fibers, the tensile strength and shear strength. The procedures of testing were made in accordance with the recommendations of the ABNT NBR 7190: 1997 Brazilian Standard. The specimens used were made of actual dimensions as those used in the construction system proposed by the company concerned. The results approached the results proposed by the Brazilian Standard for some eucalyptus species and these can be used as a basis for engineers and architects to design structures using wood species Amaru.

**Keywords:** Strength, stiffness, characterization, amaru.

---

## 1. Introdução

As florestas nativas brasileiras durante muito tempo suprimam a demanda dos segmentos consumidores de madeira, sobretudo aqueles ligados à produção dos produtos de madeira roliça. Dadas às condições exploratórias muito intensas, o governo federal instituiu incentivos fiscais para o reflorestamento. Dessa maneira, as plantações comerciais começaram a florescer como negócio, aliadas à crescente demanda de madeira e extinção quase que completa de algumas matas brasileiras.

A silvicultura teve início no Brasil, no começo do século XX, com o estabelecimento dos plantios florestais com espécies exóticas para substituição da madeira das florestas nativas, as quais são de difícil reposição. As principais espécies trazidas para o Brasil foram as dicotiledôneas (eucaliptos), introduzidos pela Companhia Paulista de Estrada de Ferro em 1904 e as coníferas (pinus), pela Companhia Melhoramentos de São Paulo em 1922. A tecnologia desenvolvida neste período encontra-se fortalecida pelas indústrias florestais brasileiras até os dias atuais. O gênero *Eucalyptus* compreende um grande número de espécies, com madeiras com características físico-mecânicas e estéticas bastante diferenciadas, o que permite a substituição de várias espécies latifoliadas nativas. Atrelado à exploração de madeiras provenientes de florestas plantadas, têm-se a necessidade de caracterizar estas espécies a fim de possibilitar um melhor aproveitamento das mesmas (PEREIRA et al., 2006).

De acordo com Valverde et al. (2004), o grande crescimento das plantações florestais no Brasil se deve às condições favoráveis encontradas no país, como clima, solo, extensão territorial, mão de obra, infra-estrutura e capacidade gerencial produtiva, impulsionando a economia e aumentando o nível de exportações do setor. A demanda de madeiras como material de construção aumenta com a expansão do setor, não só nos usos tradicionais (estruturas, pisos e esquadrias), mas também como material principal, tendo o seu uso aumentado em paredes e divisórias. Esta expansão tem requerido matérias-primas de características uniformes, de amplo suprimento e baixo custo. Características estas encontradas principalmente em madeiras de florestas plantadas, homogêneas e de rápido crescimento (NAHUZ, 2004).

O projeto denominado “Sistema Construtivo Amaru”, consiste no desenvolvimento de construções que utilizam madeira híbrida roliça de eucalipto “engenheirada”. As peças passam por processo de torneamento, o que as deixa com aspecto e dimensões homogêneos. Essa madeira recebe tratamento em autoclave com o preservativo, que proporciona resistência e durabilidade para garantir a nobreza do projeto.

O Sistema Amaru, como é conhecido, permite encaixes perfeitos entre as peças para formar estruturas múltiplas com menores custos e resistência igual ou maior do que a de peças de maior diâmetro.

A Figura 1 mostra uma construção em madeira roliça que utiliza o sistema Amaru.



**Figura 1:** Sistema construtivo de madeira roliça Amaru. Fonte: Plantar (2016).

Ainda dentro deste contexto, foi buscando fornecer madeiras com padrão mais homogêneo aliado a menor variabilidade de resistência e rigidez que a empresa de empreendimentos e produtos florestais estudada desenvolveu o Eucalipto Amaru, conforme detalhes da Figura 2.



**Figura 2:** Exemplos de híbridos roliços de eucalipto (Amaru) recém abatidos.

O Eucalipto Amaru é uma madeira exclusiva, resultado de décadas de pesquisas de melhoramento genético. O seu processo de produção é baseado na clonagem de indivíduos selecionados, que dão origem a uma madeira com comportamento mais uniforme, caracterizadas principalmente pela baixa incidência de rachaduras e tortuosidades, mas, sobretudo, com alta resistência mecânica.

Vale mencionar também que o Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeiras da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (LaMEM/EESC/USP) lançou recentemente um manual para orientar a construção utilizando peças roliças com madeiras de reflorestamento, (Calil Junior e Brito, 2010) e outro para orientar a construção de pontes com madeira roliça (Calil Junior et al, 2006).

Peças roliças tratadas são muito utilizadas também na construção de pontes de madeira (Molina e Calil Junior, 2009).

Como base no exposto, este trabalho teve como objetivo principal a caracterização física e mecânica da madeira Amaru, considerando diferentes modelos de corpo de prova, tendo estes as dimensões utilizadas na prática do sistema, para posterior comparação com valores de resistência e rigidez propostos pela ABNT NBR 7190 (1997) para demais eucaliptos.

### **1.1. Caracterização da madeira**

Atualmente, a caracterização físico-mecânica é feita seguindo-se os ensaios propostos pelo Anexo B da Associação Brasileira de Normas Técnicas na NBR 7190 (1997). Assim, de uma maneira geral, a ABNT NBR 7190 (1997) recomenda três tipos de caracterização para madeira sendo: caracterização completa, mínima e simplificada.

Na caracterização completa, são determinados os valores de resistência à compressão e à tração paralela e normal às fibras, assim como os valores de resistência ao cisalhamento e ao embutimento. São determinados também, neste caso, os valores de densidade básica e aparente. Já na caracterização mínima, usada para espécies pouco conhecidas, são determinados os valores de resistência à tração e à compressão na direção paralela às fibras, a resistência ao cisalhamento, além dos valores de densidade básica e aparente. Por fim, a caracterização simplificada é utilizada para espécies de madeiras usuais e, neste caso, as propriedades de resistência da madeira são obtidas com base na resistência da madeira na direção paralela às fibras a partir de relações entre as propriedades mecânicas e a resistência a compressão.

### **1.2. Classes de resistência**

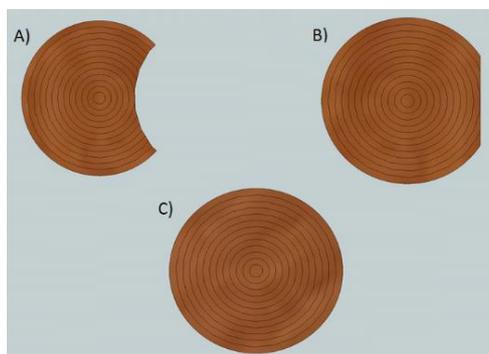
Segundo a ABNT NBR 7190 (1997), a utilização das classes de resistência tem por objetivo o emprego de madeiras com propriedades padronizadas, orientando a escolha do material para projetos estruturais. Para tanto, o valor de referência admitido pela ABNT NBR 7190 (1997) é a resistência à compressão paralela às fibras. A partir da resistência a compressão é possível enquadrar a madeira em uma determinada classe resistência que no caso dos Eucaliptos pode chegar até 60 MPa. Os valores de referência da norma de madeiras têm como base a umidade de 12% para a madeira.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1. Amostras de Amaru**

Os exemplares de madeira Amaru analisados, neste caso, apresentavam 10 anos de idade e para tanto foram consideradas peças com diâmetro médio igual a 13 cm, com geometrias variadas para as seções transversais, conforme ilustrado na Figura 3. As peças apresentaram ainda comprimentos diferenciados variando entre 2,20m e 2,50m. O lote de madeira recebido

estava com umidade aproximada de 22,1 % e foi seco ao ar livre, sem climatização e sem o uso qualquer tipo de estufa. As peças foram ainda torneadas para eliminar suas conicidades.



**Figura 3:** Geometrias das seções transversais: A) Côncavas; B) Retas; C) Roliças.

Como visto na Figura 3, as amostras de Amaru são utilizadas no sistema construtivo com diferentes acabamentos para as seções transversais, ou seja, algumas toras possuem face côncava, outras face reta e também face completamente roliça, sem qualquer acabamento. Esse tipo de acabamento (torneamento da seção transversal) é admitido para compor os diferentes elementos estruturais utilizados nas construções que compõem método construtivo proposto pela empresa. As peças côncavas são utilizadas nas paredes, enquanto as peças retas formam pilares duplos ou quádruplos. As peças roliças, por sua vez, são utilizados como elementos de viga e de telhado.

## 2.2. Número de repetições

Para iniciar os ensaios mecânicos, optou-se por dividir todo o lote (composto por um total de 78 elementos) em dois sublotes como mostra a Tabela 1. Uma das metades foi destinada à confecção de corpos de prova para ensaios de compressão paralela às fibras e cisalhamento paralelo às fibras. O restante das amostras foi ensaiado na tração paralela às fibras.

**Tabela 1:** Divisão do lote total em dois sublotes.

	<b>Sublote 1</b>	<b>Sublote 2</b>
Peças Côncavas	32	32
Peças com Lateral Reta	3	3
Peças Roliças	4	4
Total	39	39

Todo o lote foi testado seguindo-se as recomendações de ensaios propostas na norma ABNT NBR 7190:1997. No entanto, os ensaios não foram realizados em peças isentas de defeitos como habitualmente a norma propõe, mas sim em peças estruturais, com dimensões idênticas às usadas no sistema construtivo proposto pela empresa em questão.

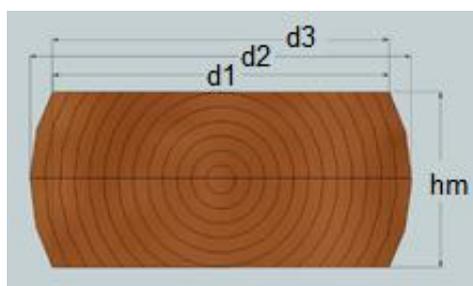
### 2.3. Ensaio de compressão paralela às fibras

Este ensaio fornece os valores de resistência ( $f_{c0}$ ) e de rigidez ( $E_{c0}$ ) na direção paralela às fibras da madeira. A rigidez da madeira é entendida, neste caso, como o módulo de elasticidade do material.

Na Figura 4 têm-se a forma e as dimensões da seção transversal dos corpos de prova que foram considerados nos ensaios de compressão paralela às fibras. Nestes ensaios foram utilizados corpos de prova confeccionados a partir do sublote 1, os quais tinham peças com seções transversais conforme mostrado na Figura 3. Assim, as peças foram usinadas de modo a ficarem com o aspecto da seção mostrada na Figura 4. Esse modelo de corpo de prova também foi utilizado por Molina (2008). De cada peça roliça primitiva (Figura 3) retirou-se um total de 4 corpos de prova, sendo 2 para os ensaios de compressão paralela e 2 para os ensaios de cisalhamento. Portanto, no ensaio de compressão foram usados 78 corpos de prova, sendo 64, 6 e 8 retirados de peças côncavas, retas e roliças, respectivamente.

Os corpos de prova foram numerados e identificados antes do aplainamento de suas faces.

Foi feita esta diferenciação a fim de notar a influência da geometria das toras na resistência e rigidez da madeira, pois observou-se que as peças usinadas (côncavas ou retas) possuíam inicialmente maior incidência de rachaduras e fendas, muito provavelmente devido à liberação das tensões de crescimento.



**Figura 4:** Medições feitas no corpo de prova usado no ensaio de compressão paralela as fibras.

A resistência inicial dos corpos de prova de compressão foi estimada a partir de um corpo de prova gêmeo com carregamento aplicado conduzido até a ruptura do corpo de prova.

Para a determinação da área do corpo de prova, conforme indicado na Figura 4, foram feitas primeiramente medições nas partes retas do topo,  $h_m$  (altura média do corpo de prova). Posteriormente, também foram feitas medições na região curva da peça para tomada dos valores de  $d_1$ ,  $d_2$  e  $d_3$ . A medida utilizada nesta face foi a média aritmética entre as 3 medidas tomadas ( $d_1$ ,  $d_2$  e  $d_3$ ). Considerou-se, portanto, neste caso, uma seção transversal retangular com área calculada por (1):

$$A = h_m \times \left( \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} \right) \quad (1)$$

Para determinação do módulo de elasticidade da madeira foram utilizados dois relógios comparadores com precisão igual a 0,001 mm posicionados a uma distância pré-fixada (base de medida para as deformações) de 100 mm, segundo recomendação da ABNT NBR 7190:1997.

A aplicação do carregamento nos corpos de prova foi realizada a partir da utilização da máquina universal de ensaios da marca AMSLER, com capacidade de 25 kN (3000 kgf).

Os carregamentos foram aplicados de forma contínua e sem a realização de ciclos de carregamento, com incrementos de carga de 10 kN. Portanto, a cada 10 kN de força aplicada era realizada a medida de deslocamento nos relógios comparadores.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. A Figura 5 mostra os detalhes da instrumentação do corpo de prova e realização do ensaio de compressão paralela às fibras.



**Figura 5:** Relógios comparadores para medida dos deslocamentos do corpo de prova.

Vale mencionar também que alguns corpos de prova apresentaram maior resistência a compressão do que o esperado e precisaram ser rompidos em uma outra máquina de ensaios, também da marca AMSLER, porém com maior capacidade. Detalhes desse ensaio são mostrados na Figura 6.



**Figura 6:** Detalhe da realização do ensaio de compressão paralelo as fibras na máquina universal de ensaios.

A Figura 7 mostra o modo de ruptura obtido para o corpo de prova ensaiado na compressão paralela às fibras.



**Figura 7:** Modo de ruptura obtido para o ensaio de compressão paralela às fibras.

Para cada corpo de prova o valor resistência à compressão ( $f_{c0}$ ) foi então obtido por (2), dividindo-se a força última de ruptura ( $F_{rup}$ ) obtida pela área da seção transversal ( $A$ ) considerada, a qual foi obtida por (1) com base na Figura 4.

$$f_{c0} = \frac{F_{rup}}{A} \quad (2)$$

O módulo de elasticidade da madeira na compressão foi obtido com base na *Lei de Hooke* ( $\sigma = E \cdot \varepsilon$ ) para carregamento variando dentro do trecho linear da curva tensão versus deformação (carregamento variando entre 10% e 50% da carga de ruptura  $F_{rup}$  do corpo de prova), conforme indicado em (3).

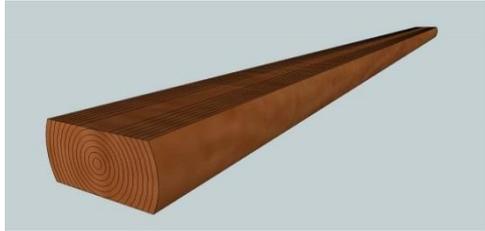
$$E_{c0} = \frac{\sigma_{50\%} - \sigma_{10\%}}{\varepsilon_{50\%} - \varepsilon_{10\%}} \quad (3)$$

O comportamento da madeira na compressão é elasto-plástico, ou seja, a curva tensão-deformação apresenta um comportamento praticamente linear até 70% da carga de ruptura e posteriormente a curva tem comportamento não-linear.

#### 2.4. Ensaio de tração paralela às fibras

As peças submetidas aos ensaios de tração foram retiradas do sublote 2. As dimensões da seção transversal foram idênticas àsquelas utilizadas para os ensaios de compressão, conforme mostrado na Figura 4, ou seja, as dimensões médias das seções transversais das peças de madeira, neste caso, foram aproximadamente 7cm x 13cm. Considerou-se, neste caso, para as referidas peças comprimentos variando entre 2,20 m e 2,50 m. Nesse sentido, cuidado especial foi tomado com relação às faces das peças de madeira. Essas tiveram suas superfícies aplainadas para evitar escorregamentos nas garras da máquina durante os ensaios.

A Figura 8 mostra os detalhes das peças utilizadas nos ensaios de tração.



**Figura 8:** Vista geral do corpo de prova usado nos ensaios de tração.

Nos ensaios de tração, a peça estrutural foi conduzida até a ruptura em um único ciclo e a máquina forneceu o valor da força ( $F_{rup}$ ) em kN. A partir deste valor de força ( $F_{rup}$ ) fornecido pela máquina de ensaios, foi obtido o valor da resistência à tração ( $f_{t0}$ ) do elemento ensaiado dividindo-se a força de ruptura obtida na tração pela área da seção transversal considerada, conforme (4)

$$f_{t0} = \frac{F_{rup}}{A} \quad (4)$$

O equipamento utilizado para os ensaios de tração dos elementos de madeira foi uma máquina METRIGUARD, com capacidade de 80 kN (8000 kgf).

A Figura 9 mostra o equipamento utilizado nos ensaios de tração para determinação da resistência dos elementos estruturais de Amaru.



**Figura 9:** Máquina utilizada nos ensaios de tração paralela às fibras.

O comportamento da madeira na tração é elasto-frágil, ou seja, a madeira vai sendo tracionada até atingir a força última, quando então o material rompe de uma forma brusca.

A Figura 10 mostra o corpo de prova estrutural de tração posicionado na máquina de ensaios para a determinação da resistência a tração.



**Figura 10:** Posicionamento do corpo de prova estrutural para o ensaio de tração na direção paralela as fibras.

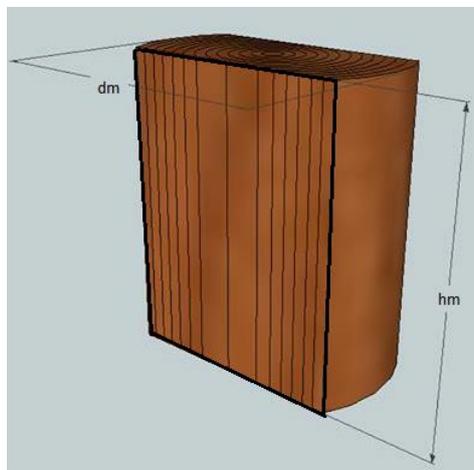
A Figura 11 mostra o modo de ruptura obtido para o corpo de prova a após a realização do ensaio de tração.



**Figura 11:** Modo de ruptura obtido a partir do ensaio de tração paralela as fibras da madeira.

### 2.5. Ensaio de cisalhamento paralelo às fibras

Os corpos de prova utilizados nos ensaios de cisalhamento também foram idênticos aos usados na compressão paralela. A área de ruptura considerada, neste caso, foi tomada de madeira diferente. Foram feitas medições com na região cisalhante, ou seja, na parte a ser rompida com o carregamento aplicado, conforme dimensões indicadas na Figura 12. Foi considerada a maior seção do corpo de prova para este ensaio.



**Figura 12:** Dimensões médias das arestas consideradas para o cálculo da área cisalhante.

A área cisalhante considerada no ensaio de cisalhamento foi tomada num plano paralelo à direção das fibras da madeira (direção da carga aplicada).

Os detalhes do dispositivo de ensaio de cisalhamento dos corpos de prova de cisalhamento são apresentados na Figura 13.



**Figura 13:** Detalhe do dispositivo usado nos ensaios de cisalhamento.

Neste ensaio o número de corpos de prova utilizados também foi idêntico ao número usado no ensaio de compressão. Foram ensaiados 64, 6 e 8 corpos de provas advindos de peças côncavas, retas e roliças, respectivamente. O carregamento foi aplicado de forma contínua, até que fosse atingida a força máxima suportada pelo corpo de prova. A resistência ao cisalhamento ( $f_{v0}$ ), neste caso, foi obtida pela divisão entre a força última de ruptura obtida dividida pela área ( $A = h_m \times d_m$ ) ilustrada na Figura 12 de acordo com (5).

$$f_{v0} = \frac{F_{rup}}{A}$$

A Figura 14 mostra o modo de ruptura obtido no caso do ensaio de cisalhamento.



**Figura 14:** Modo de ruptura obtido por cisalhamento na direção das fibras.

### 3. Resultados e discussão

Neste tópico são apresentados os valores de resistência e rigidez obtidos, a partir dos ensaios realizados. Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de resistência a compressão paralela ( $f_{c0,m}$ ) e módulo de elasticidade ( $E_{c0,m}$ ), para madeiras de Amaru. Os valores de

resistência e rigidez obtidos na umidade =22,1% foram corrigidos para a umidade de referência de 12%, conforme recomendações da norma ABNT NBR 7190 (1997).

**Tabela 2:** Valores médios de resistência e rigidez obtidos nos ensaios de compressão.

	$f_{c0,m}$ (MPa)	$E_{c0,m}$ (MPa)
Côncavas	35,3	12388
Retas	40,2	12944
Roliças	41,3	13849
Valores Médios (U=22,1%)	38,9	13060
Valores Corrigidos (U=12%)	50,7	15690

Os valores médios de resistência a tração paralela às fibras ( $f_{v0,m}$ ) obtidos para a umidade de 22,1% também foram corrigidos para a umidade padrão de referência da norma de madeiras igual a 12%, assim como os valores médios de cisalhamento ( $f_{v0,m}$ ) na direção das fibras da madeira. Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentados os valores médios das resistências a tração e ao cisalhamento obtidos neste estudo.

**Tabela 3:** Valores médios de resistência obtidos nos ensaios de tração.

	$f_{t0,m}$ (MPa)
Côncavas	39,9
Retas	42,8
Roliças	49,7
Valores Médios (U=22,1%)	46,6
Valores Corrigidos (U=12%)	60,8

**Tabela 4:** Valores médios de resistência obtidos a partir dos ensaios de cisalhamento.

	$f_{v0,m}$ (MPa)
Côncavas	5,9
Retas	5,5
Roliças	7,4
Valores Médios	6,3
Valores Corrigidos	8,2

Para fins de comparação com o Amaru, foram consideradas as propriedades das madeiras de eucalipto relacionadas na ABNT NBR 7190 (1997). A Tabela 5 apresenta valores médios das propriedades das madeiras de eucalipto segundo a ABNT NBR 7190:1997, como também para o Amaru, na umidade U=12%.

O gênero composto pelos Eucalyptus tem propriedades bastante variadas. Porém foi possível comparar os resultados calculados com a média dos valores encontrados na norma, valores estes que correspondem às espécies mais usuais cultivadas no Brasil atualmente.

A densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ) calculada para o Amaru ficou cerca de 25% abaixo da média geral dos Eucalyptus, mas encontra-se próxima de espécies conhecidas como *E. grandis*, e *E. dunnii*.

O valor de referência da norma ( $f_{c0}$ ) ficou abaixo da média dos valores conhecidos e próximo de espécies como *E. cloeziana*, *E. dunnii*, e *E. propinqua*.

A resistência à tração ( $f_{t0}$ ) atingiu valores inferiores aos encontrados na norma de madeiras, ficando 40% abaixo da média geral, sendo inclusive, inferior ao menor valor de resistência relacionado pela norma para o *E. alba*.

A resistência ao cisalhamento ( $f_{v0}$ ) encontrou-se próxima aos valores da média e próxima aos valores de espécies como *E. urophylla* e *E. saligna*.

A última propriedade da madeira que pode ser comparada com os valores da norma é o módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras ( $E_{c0}$ ), valor que ficou muito próximo da média e da espécie *E. propinqua*.

**Tabela 5:** Comparação geral entre as propriedades das principais madeiras de eucalipto e Amaru.

Nome comum	$\rho_{ap}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$f_{c0}$ (MPa)	$f_{t0}$ (MPa)	$f_{v0}$ (MPa)	$E_{c0}$ (MPa)
<i>E. Alba</i>	705	47,3	69,4	9,50	13409
<i>E. Camaldulensis</i>	899	48,0	78,1	9,00	13286
<i>E. Citriodora</i>	999	62,0	123,6	10,70	18421
<i>E. Cloeziana</i>	822	51,8	90,8	10,50	13963
<i>E. Dunnii</i>	690	48,9	139,2	9,80	18029
<i>E. Grandis</i>	640	40,3	70,2	7,00	12813
<i>E. Maculata</i>	931	63,5	115,6	10,60	18099
<i>E. Maidene</i>	924	48,3	83,7	10,30	14431
<i>E. Microcorys</i>	929	54,9	118,6	10,30	16782
<i>E. Paniculata</i>	1087	72,7	147,4	12,40	19881
<i>E. Propinqua</i>	952	51,6	89,1	9,70	15561
<i>E. Punctata</i>	948	78,5	125,6	12,90	19360

<i>E. Saligna</i>	731	46,8	95,5	8,20	14933
<i>E. Tereticornis</i>	899	57,7	115,9	9,70	17198
<i>E. Triantha</i>	755	53,9	100,9	9,20	14617
<i>E. Umbra</i>	889	42,7	90,4	9,40	14577
<i>E. Urophylla</i>	739	46,0	85,1	8,30	13166
-	-	-	-	-	-
Média Aritmética dos valores	841	53,8	102,3	9,8	15795
<i>Amaru</i>	640	50,7	60,8	8,2	15690

#### 4. Conclusão

A utilização de clones de Amaru aumenta as soluções em madeiras na construção, principalmente no que se refere ao uso de madeira duras (dicotiledôneas)

Os valores de resistência e rigidez obtidos para o Amaru se aproximaram dos valores propostos pela ABNT NBR 7190:1997 para as espécies de Eucalipto mais conhecidas no Brasil.

Tomando a resistência a compressão como um valor de referência da norma de madeira, pode-se dizer que as espécies de eucalipto que mais se aproximaram do Amaru foram o *E. cloenziana* e o *E. propínqua*.

Os valores obtidos para as propriedades das peças roliças de Amaru podem servir de base para o cálculo de estruturas de madeiras a serem projetadas futuramente

#### 5. Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- CALIL JUNIOR, C.; BRITO, L. D. 2010. *Manual de projeto e construção de estruturas com peças roliças de madeira de reflorestamento*, São Carlos, SET/EESC/USP.
- CALIL JUNIOR, C.; DIAS, A. A., GÓES, J. L. N., CHEUNG, A. B., STAMATO, G. C., PIGOZO, J. C., OKIMOTO, F. S., LOGSDON, N. B., BRAZOLIN, S., LANA, E. L. 2006. *Manual de projeto e construção de pontes de madeira*, São Carlos, SET/EESC/USP.
- MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. 2009. Development of timber – concrete composite bridge decks in Brazil. *The structural engineer*, 87(1), 1-9.
- MOLINA, J. C. 2008. *Análise do comportamento dinâmico da ligação formada por barras de aço coladas para tabuleiros mistos de madeira e concreto para pontes*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- NAHUZ, M A. Atividades industriais com madeiras de Pinus: atualidades e desafios. 2010. *Revista da madeira*, edição 124.
- PEREIRA, J. C. D; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. Características da madeira de algumas espécies de Eucalipto plantadas no Brasil. EMBRAPA Florestas, Colombo, n. 38, p.1-112, 2006.

PLANTAR. Disponível em: <<http://www.grupoplantar.com.br/negocios/produtos-florestais/obras-executadas/?&lang=pt>>. Acesso em: 29 fev. 2016.

VALVERDE, S. R.; SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G. E NEIVA, S. A. 2004. O comportamento do mercado da madeira de eucalipto no Brasil. *Renabi: Biomassa e Energia*, 1(4), 393-403.