

## ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA PROPORÇÃO DE LENHOS TARDIO E INICIAL NA RIGIDEZ A FLEXÃO DE *Pinus sp.*

Marcos Cesar de Moraes Pereira, Guilherme Corrêa Stamato, Jairo Ribas de Andrade Junior, Frederico Santos de Oliveira, Aires Corrêa de Oliveira Júnior – EXATAS – Engenharia Industrial Madeireira – Campus de Itapeva.

Diante da escassez de madeiras tropicais de boa procedência, a indústria da construção civil brasileira está, gradativamente, passando a aceitar o pinus e seus derivados em diversas utilizações, como prevê a própria Norma Brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, NBR 7190/1997, “Projeto de Estruturas de Madeira”, que apresenta os valores e critérios para dimensionamento de estruturas utilizando coníferas.

A utilização do Pinus como substituição de madeiras tropicais deve, porém, ser feita com critério, pois essas madeiras, provenientes de árvores de crescimento rápido, apresentam grande quantidade e distribuição de defeitos naturais, como nós, bolsas de resina, presença de medula, etc.

Segundo ESAU(1976) com pequena ampliação, ou mesmo sem nenhuma, o lenho revela a formação em camadas resultantes da presença de limites mais ou menos nítidos entre sucessivas camadas de crescimento.

Ainda segundo ESAU, cada camada de crescimento pode ser o produto de um período estacional de crescimento, mas convém lembrar que varias condições ambientais podem induzir a formação de mais de uma camada durante uma estação.

Quando aparecem camadas separadas, geralmente de madeira proveniente de florestas com estações anuais bem definidas, cada uma delas é dividida em lenho inicial e em lenho tardio.

O lenho primaveril ou inicial é menos denso que o tardio porque são predominados nele células maiores e com paredes mais delgadas; no tardio as células são mais estreitas e tem paredes mais espessas, fazendo com que a resistência e a rigidez do lenho outonal sejam bem maiores.

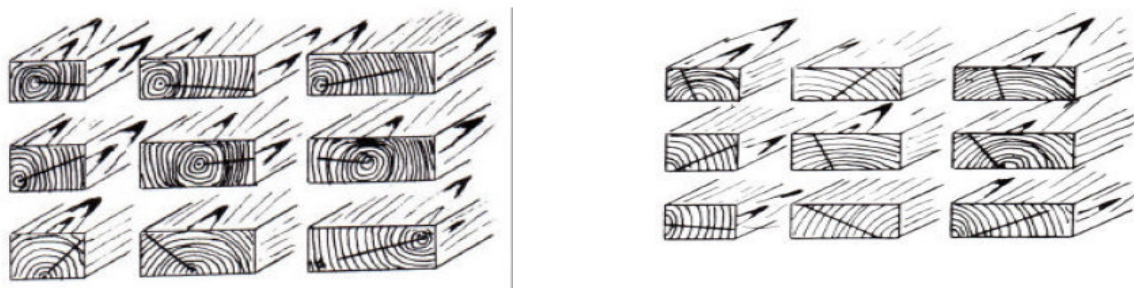
Além da classificação com relação a defeitos, a norma ASTM D245-93 também estabelece classes de densidade para a madeira, em função da taxa de crescimento da madeira serrada. O termo taxa de crescimento se refere à quantidade de anéis de crescimento presentes em 2,5 cm (1”), medida em uma linha radial representativa. Assim, para ser considerada como densa, a peça de madeira deve ter seis ou mais anéis de crescimento e, além disso, mais de (1/3) um terço da seção transversal deve ser madeira de inverno. Peças com quatro ou mais anéis de crescimento, e tendo mais da metade da seção transversal como madeira de inverno podem ser consideradas como densas. Para ser considerada de média densidade a peça deve ter quatro ou mais anéis de crescimento. As peças com menos de quatro anéis de crescimento por polegada são consideradas de baixa densidade.

As classes de densidades definidas pela ASTM D245-93 são apresentadas na Tabela 1. A Figura 1 apresenta as direções que devem ser consideradas na medida do número de anéis.

**Tabela 1** – Classes definidas na ASTM D245-93, apud CARREIRA (2002).

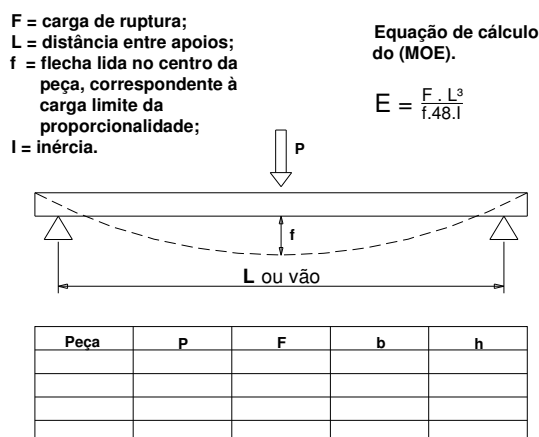
Classe	Anéis / 2,5 cm	Quantidade de madeira de inverno
Densa	$\geq 6$	$> 1/3$
	$\geq 4$	$> 1/2$
Média	$\geq 4$	
Baixa	$\geq 4$	

**Figura 1** – Linha radial representativa em peça contendo medula e linha radial representativa em peça sem medula. Fonte: SOUTHERN PINE INSPECTION BUREAU (1994), apud CARREIRA (2002).



Atualmente, países que utilizam coníferas em grande escala correlacionam diretamente as características visuais da madeira com suas propriedades de resistência e rigidez. Mesmo esses países, porém, estão defrontando agora com diferenças significativas nos resultados da classificação visual de madeiras de crescimento rápido, se comparado aos das madeiras de crescimento lento, já que as madeiras de crescimento rápido apresentam porcentagem muito maior de madeira juvenil e anéis de crescimento mais espaçados. A proposta de definição de parâmetros para a correlação entre a classificação visual e as propriedades mecânicas de coníferas vem atender uma carência na utilização dessas madeiras para fins estruturais, oferecendo uma ferramenta acessível a qualquer indústria ou engenheiro interessado nesse uso, para que possam fazê-lo da forma mais segura e eficiente possível, sem a necessidade de grandes equipamentos. Esse artigo apresenta parte da pesquisa voltada para o estudo de parâmetros para a classificação visual de pinus para uso estrutural. Nesse trabalho foram avaliadas amostras de madeira de 5 empresas da região de Itapeva, separando-se as amostras segundo a proporção de lenho tardio na seção, em função da densidade de anéis de crescimento da madeira, conforme metodologia do SPIB (Southern Pine Inspection Bureau-USA). Essas peças foram ensaiadas para a determinação do MOE (Módulo de Elasticidade na flexão) por ensaios de três pontos (biapoiado) a fim de comparar a proporção de madeira de lenho tardio com as propriedades de rigidez da madeira. Os dados obtidos levam à conclusão de que a densidade de anéis está diretamente correlacionada com o MOE, de onde se conclui que as propriedades mecânicas da madeira estão diretamente relacionadas à proporção de madeira de lenho tardio.

Todas as peças são visualmente classificadas, de acordo com os procedimentos do SPIB, apresentados anteriormente. Foram realizados ensaios estáticos não destrutivos de vigas biapoiadas submetidas à flexão por carga concentrada no meio do vão. Para cada peça foram anotados o vão, as dimensões da seção transversal (b.h), a carga aplicada (P) e a flecha (f) causada por essa carga. A Figura 2 apresenta o esquema estático e a planilha utilizada para a determinação do MOE.

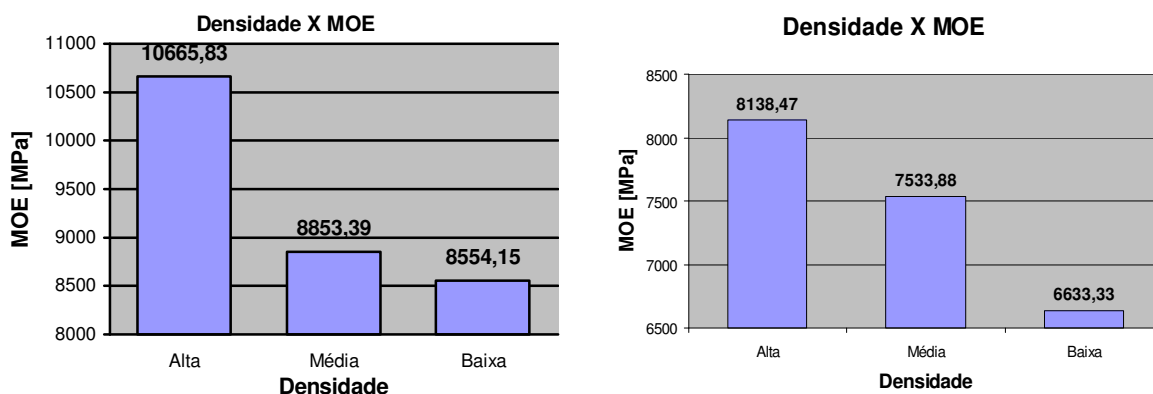


**Figura 2:** Planilha que indica o método de cálculo do MOE.

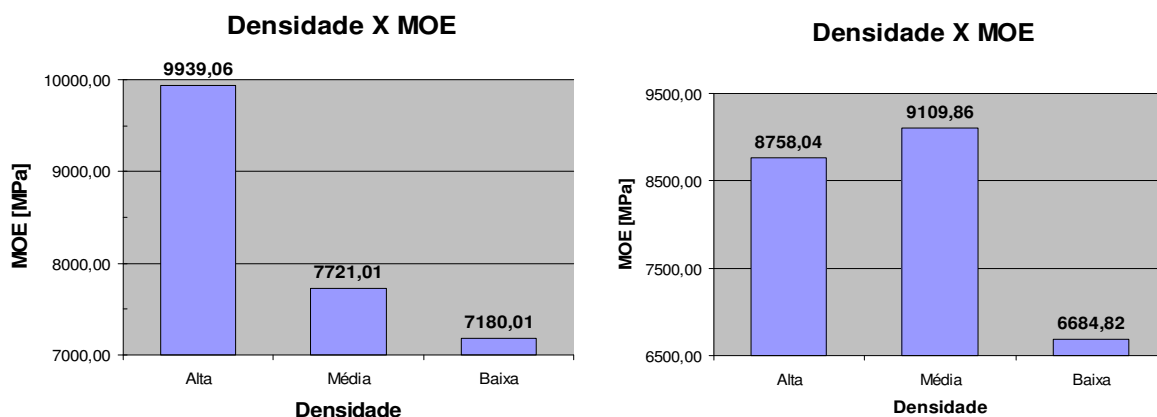
Utilizando esses valores é calculado o módulo de elasticidade na flexão (MOE), que posteriormente será relacionado com a classe de resistência e densidade da madeira segundo a NBR 7190/1997. Sendo o MOE calculado pela equação (1):

$$MOE = \frac{(PL^3)}{(48fbh^3)} \quad (1)$$

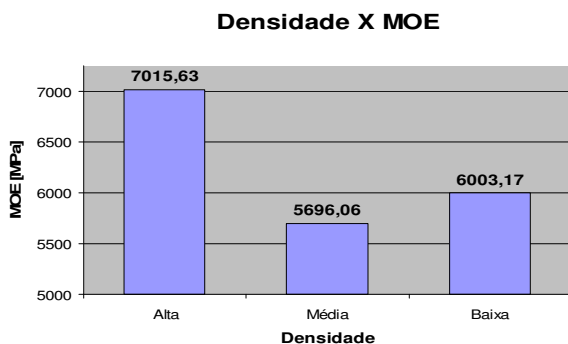
Relacionando os resultados obtidos com a medição das densidades na classificação visual, com os resultados da classificação mecânica realizada pelo grupo, apresentados nos gráficos das figuras 3, 4 e 5, fica evidente como a resistência mecânica varia conforme a densidade da amostra.



**Figura 3:** Relação da densidade com o MOE das amostras da empresa 1(esq.) e da Empresa 2 (dir.)



**Figura 4:** Relação da densidade com o MOE das amostras da empresa 3(esq.) e da Empresa 4 (dir.)



**Figura 5:** Relação da densidade com o MOE das amostras da empresa 5

Com os estudos sobre a classificação visual de madeiras com dimensões estruturais foi possível observar a variação das características da madeira serrada de Pinus na região de Itapeva, e como esta variação afeta a resistência mecânica destas peças.

Os ensaios realizados com peças de diversas empresas revelam que peças menos densas possuem menor rigidez comparadas às mais densas, e aliada a essa variação, o índice de defeitos naturais também influenciam na rigidez.

Os resultados mostraram que as madeiras de alta densidade sofrem menor influência do índice de defeitos comparados as classes de densidade e visuais. As madeiras de média e baixa densidade têm forte interferência dos defeitos naturais em sua resistência mecânica.

A correlação entre as propriedades de rigidez e densidade mostra que o uso de técnicas de classificação visual é uma eficiente indicação das propriedades de rigidez de peças estruturais de pinus.

### **Bibliografia Básica**

American Society of Testing and Materials - ASTM (1993) ASTM D245-93. *Standard Practice for Establishing Structural Grades and Related Allowable Properties for Visually Graded Lumber*.

ASTM D1990-97. *Standard Practice for Establishing Allowable Properties for Visually Graded Dimension Lumber From In-Grade Test of Full-Size Specimens*.

PS 20 (1999). *American Softwood Lumber Standard*. National Institute of Standards and Technology, Washington, DC. 39p.

CARREIRA, Marcelo Rodrigo. (2003) *Critérios para classificação visual de peças estruturais de pinus sp.* Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos.

ROCCO LAHR, Francisco Antônio & MASCIA, Nilson Tadeu. (1986) Metodologia do ensaio de peças de madeira à flexão estática. Anais do: *Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira*, 2, São Carlos, 1986. pg : 114-132.

SOUTHERN PINE INSPECTION BUREAU (1994). *Standard Grading Rules for Southern Pine Lumber*. Pensacola, Fla.

SOUTHERN PINE INSPECTION BUREAU (2001). *Procedures for Mechanically graded lumber*. Pensacola, Fla.