

CLASSIFICAÇÃO VISUAL E MECÂNICA SIMPLIFICADA DA MADEIRA DE *PINUS* SPP. – AVALIAÇÃO COM ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

André Simões Ballarin, aluno – EESC-USP, andre.ballarin@usp.br

Sérgio Augusto Rodrigues, professor – FCA-UNESP, sergioar@fca.unesp.br

Adriano Wagner Ballarin, professor – FCA-UNESP, awballarin@fca.unesp.br

Carlito Calil Júnior, professor – EESC-USP, calil@sc.usp.br

Resumo

A NBR 7190/1997 - norma para o projeto de estruturas de madeira - não contempla procedimentos para a classificação visual da madeira serrada para uso estrutural. O seu texto de revisão, ainda em discussão, propõe preliminarmente quatro classes de qualidade (SS, S1, S2 e S3) para a madeira de pinus de reflorestamento com finalidade estrutural. Alguns códigos normativos e documentos internacionais têm apresentado a tendência de redução do número de classes visuais, facilitando o processo classificatório, desempenhado muitas vezes por graduadores humanos. Estudando a situação nacional, trabalhos preliminares já confirmaram a pertinência da adoção de três classes visuais: foi constatada diferença estatística entre as classes, sobretudo entre as extremas e o ensaio de flexão foi o mais sensível na diferenciação entre as três classes propostas. Este trabalho teve como objetivo estudar a adequação das regras simplificadas de classificação (redução de quatro para três classes – C1, C2 e C3) com 58 peças de *Pinus* spp ensaiadas à flexão dinâmica (MOE_{din}) e estática (MOR e MOE) empregando estatística multivariada – análises de agrupamento e de componentes principais. Utilizou-se o método de agrupamento hierárquico de Ward com base na distância euclidiana e, para eliminar possíveis efeitos de escala, os dados foram padronizados. As variáveis utilizadas possibilitaram o agrupamento das vigas em três grupos, indicando comportamentos distintos entre os mesmos em relação à flexão dinâmica e estática. O MOR foi a propriedade mais distinta entre as classes estudadas.

Palavras-chave: Classificação. Defeitos. Nós. *Pinus* spp. Análise multivariada

Abstract

Brazilian standard for the design of wood structures (NBR 7190/1997) does not detail procedures for the visual classification of lumber for structural use. The draft of the revision text of this standard, still under discussion, preliminarily proposes four grades (SS, S1, S2 and S3) for *Pinus* Structural Lumber. Some normative codes and international technical documents have shown a tendency to reduce the number of visual grades, facilitating the classificatory process, often performed by human graders. Concerning the national situation, preliminary work has already confirmed the relevance of the adoption of three visual grades: statistical difference was found among the grades, especially between extreme grades, and bending MOR and MOE associated to visual grades were the most sensitive mechanical properties in the differentiation among them. The objective of this work was to study the adequacy of the simplified grading rules (reduction from four to three grades – C1, C2 and C3) analyzing 58 specimens (structural sizes) of *Pinus* spp tested in dynamic nondestructive (MOE_{din}) and static bending (MOR and MOE) and using multivariate

analyses of the results: cluster analyzes and principal components analyzes. Ward's hierarchical grouping method was used based on Euclidean distance and, to eliminate possible scale effects, the data were standardized. The variables used allowed grouping specimens into three groups, indicating different behaviors among them in relation to dynamic and static bending. Bending strength (MOR) was the most distinct property among the three grades the formation of groups.

Keywords: Grading. Defects. Knots. Pinus spp. Multivariate analyzes

1 Introdução

A utilização do pinus de reflorestamentos na indústria madeireira brasileira é extensiva. Particularmente para o mercado de madeira de uso estrutural, o Pinus spp vem ganhando espaço, sobretudo com emprego em estruturas de cobertura pré-fabricadas. A produção dessa madeira em ciclos mais curtos tem tornado comum o decréscimo constante na oferta de árvores adultas com grandes diâmetros. Além do aspecto da juvenilidade, nota-se que a madeira hoje disponível para uso industrial e comercial apresenta uma incidência muito grande de nós e outros defeitos, que podem comprometer significativamente seu desempenho físico-mecânico e sua qualidade.

A norma brasileira NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira (ABNT, 1997), atualmente vigente, preconiza ensaios em corpos de prova isentos de defeitos e não contempla procedimentos detalhados para a classificação visual da madeira serrada para uso estrutural. A qualidade da madeira é contabilizada indiretamente, por meio de um coeficiente de ponderação de resistências (k_{mod3}) igual a 1,0, no caso de madeira de 1ª categoria e 0,8, no caso de 2ª categoria.

Dentre os diversos trabalhos científicos sobre o assunto, pode-se citar o de Carreira (CARREIRA, 2003), que verificou, para os condicionantes nacionais, a adequação das regras do Southern Pine Inspection Bureau (SPIB, 1994; 1999) às madeiras de *Pinus elliotii* e *Pinus taeda* destinadas ao uso estrutural. O método estudado que contemplava quatro níveis de qualidade (SS; S1, S2 e S3), baseados nos defeitos visualmente detectados que podem comprometer o desempenho estrutural das peças, e dois níveis de densidade (D – densa; ND – pouco densa), foi considerado eficaz. Entretanto, constata-se, em tendências mundiais, a busca de simplificação do método de classificação visual das peças, como no caso dos órgãos normativos do Chile (NCh 1207, 1990), da Argentina (IRAM, 2013) e do próprio SPIB (SPIB, 2014), por conta do exaustivo trabalho de classificação visual desempenhado por graduadores humanos e pelos erros de classificação que uma quantidade maior de classes pode induzir.

Estudando a situação nacional, trabalhos preliminares já confirmaram a pertinência da adoção de três classes visuais: foi constatada diferença estatística entre as classes propostas, sobretudo entre as extremas e o ensaio de flexão foi o mais sensível na diferenciação entre as três classes propostas.

Este trabalho teve como objetivo estudar a adequação de regras simplificadas de classificação (redução de quatro para três classes) com 58 peças de Pinus spp ensaiadas à flexão dinâmica (MOE_{din}) e estática (MOR e MOE) empregando estatística multivariada – análises de agrupamento e de componentes principais.