



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS

OBTENÇÃO DA RESISTÊNCIA AO IMPACTO DA MADEIRA

Mário Rabelo de Souza, PhD

Brasília, 1982

R E S U M O

Entre as propriedades físico-mecânicas publicadas pelo LPF, de diversas espécies da Amazônia, não se incluía o cálculo da resistência ao impacto. Este trabalho é uma tentativa de se conseguir obter a resistência ao impacto para estas espécies, através de uma correlação entre as propriedades físico-mecânicas já divulgadas. Encontrou-se uma equação que fornece esta propriedade com um coeficiente de correlação de 83%, considerados muito bons, envolvendo módulo de ruptura, módulo de elasticidade e densidade básica. O estudo mostrou ainda que o Brasil possui inúmeras espécies aptas para substituir, até com vantagens, as melhores espécies exóticas quanto a resistência ao impacto.

OBTENÇÃO DA RESISTÊNCIA AO IMPACTO DA MADEIRA

I - INTRODUÇÃO

A "resistência ao impacto" é um indicador da capacidade dos materiais de absorver energia proveniente de cargas rápidas. A norma americana ASTM (American Society for Testing and Materials) nº D-143-1972 trata esta propriedade de duas formas distintas para a madeira:

a) Tenacidade: Segundo a norma, tenacidade é a capacidade da madeira de absorver energia, com aplicação de carga em alta velocidade, proveniente da queda do martelo de um pêndulo com 10 kgm de energia causando rápida e total destruição do corpo de prova.

O parâmetro medido é a energia absorvida na ruptura do corpo de prova que é dado pela diferença entre a altura inicial e final do pêndulo.

b) Flexão dinâmica: é a capacidade da madeira absorver energia, com a aplicação de carga em alta velocidade proveniente da queda de um martelo de 22,5 kg mas com a energia aumentando progressivamente, variando-se a altura do mesmo, até a ruptura do corpo de prova, partindo-se de uma polegada. O parâmetro medido é a energia necessária para iniciar a ruptura do corpo de prova, que em muitas publicações é expresso apenas pela altura de queda do martelo.

O Laboratório de Produtos Florestais (LPF) utiliza a norma COPANT (Comissão Panamericana de Normas Técnicas)

nicas) em seus ensaios, que é compatível com a ASTM, mas não realiza o teste de impacto por falta do equipamento. Este teste é muito importante quando se procura classificar madeira para cabos de ferramentas, cabos de armas, ancoradouros, implementos agrícolas, raquetes e outras aplicações similares.

Este trabalho visa estudar uma forma de se determinar a resistência ao impacto das madeiras já estudadas e publicadas pelo LPF (em torno de 70), utilizando-se das outras propriedades de resistência já determinadas.

II - MATERIAL E MÉTODOS

Para conseguir-se uma equação matemática que correlacione a resistência ao impacto com as demais propriedades físicas e mecânicas da madeira, precisa-se partir de uma tabela, a maior possível, com dados de resistência que incluam o impacto. No Brasil pode-se encontrar nas Fichas Características das Madeiras Brasileiras (04) resultados de testes físico-mecânicos, incluindo impacto, realizando segundo a norma brasileira ABNT-MB-26, que para o impacto utiliza um pêndulo de Charpy de 10 kgm de energia. Mas após minuciosas análises, não se encontrou nenhuma correlação forte entre o impacto e as demais características destes dados. Entende-se por correlação forte, aquela que apresenta um coeficiente de correlação (R) acima de 70%.

No Wood handbook (06) encontra-se uma tabela completa para madeiras que crescem nos E.U.A., incluindo, além das propriedades físico-mecânicas que podem ser realizadas

no LPF, tenacidade e flexão dinâmica. Utilizando-se os dados de tenacidade encontrou-se uma correlação muito fraca entre as propriedades físico-mecânicas e a mesma. Isto talvez possa ser explicado pelo elevado coeficiente de variação que apresentou este teste nas espécies estudadas (34% contra 10% apresentado pelo peso específico básico, 16% do módulo de ruptura, 14% do cisalhamento e 22% do módulo de elasticidade, entre outros). Mas, com flexão dinâmica, encontrou-se uma equação com um coeficiente de correlação de 83%.

III - RESULTADOS E CONCLUSÕES

A equação abaixo foi a que apresentou o melhor resultado, após várias tentativas, utilizando-se dados do Wood handbook, para folhosas em estado verde. Esta foi conseguida através de uma comparação entre acústica e impacto, pois as ondas de choque comportam-se analogamente às ondas sonoras uma vez que ambas são ondas de pressão. Observa-se que o termo $\sqrt{\frac{E}{P}}$ é a velocidade de propagação sonora.

$$W = 637 + 2,5MOR - 2,37 \sqrt{\frac{E}{P}}$$

Onde:

W= altura máxima de queda do martelo (mm)

MOR= módulo de ruptura à flexão (kg/cm²)

E= módulo de elasticidade à flexão (kg/cm²)

P= densidade básica (peso seco ao ar pelo volume verde)
(g/cm³)

coeficiente de correlação = R = 83%

Uma observação importante é quanto ao estado da madeira que necessariamente tem que ser verde, porque além de ser o estado que apresentou a melhor correlação, é o que apresenta o maior valor para o impacto.

Numa regressão desta natureza, necessita-se fazer um teste de autocorrelação dos resíduos para certificarmos se os mesmos são aleatórios. Aplicando-se o teste de Durbin Watson obteve-se: $d = 1,719$ que situa-se na ala de aceitação da hipótese da nulidade, ou seja os resíduos não são autocorrelacionados, significando que os parâmetros estimados do modelo regressivo são de boa representatividade.

Um modo preciso de se verificar a exatidão desta fórmula é compará-la com o método desenvolvido por Caillez (01) para comparação entre espécies. Esta comparação está apresentada no quadro I, para algumas espécies estudadas e publicadas pelo LPF, com densidade básica igual ou menor à apresentada por "hickory" (*Carya* sp) que é a espécie tradicionalmente utilizada quando se requer madeira com alta resistência ao impacto. Este método é estatístico e é utilizado pelo LPF, vários outros laboratórios de pesquisa do Brasil, África, Ásia e América Central para classificação de espécies florestais.

Baseado na comparação acima pode-se afirmar que as espécies amazônicas listadas abaixo substituem até com vantagens, as melhores espécies exóticas, quando comparadas pela resistência ao impacto:

Faveira folha fina - Piptadenia suaveolens

Tauari - Couratari stellata

Itaúba - Mezilaurus itauba

Envira preta - Onychopetalum amazonicum

Tachi vermelho - Sclerolobium aft. Chrysophyllum

Açoita cavalo - Lueheopsis duckeana

Castanheira - Bertholletia excelsa

QUADRO I - Comparação entre os resultados obtidos pela fórmula desenvolvida para o impacto e os encontrados pelo método estatístico.

ESPÉCIES COM FLEXÃO DINÂMICA SUPERIOR A 1500mm JÁ ESTUDADAS PELO LPF E PUBLICADAS	ALTURA DO MARTELO (CALCULADO) * (mm)	ESPÉCIES INDICADAS COMO SUBSTITUTAS DE "HICKORY" PELO MÉTODO ESTATÍSTICO
Piptadenia suaveolens	2356	<u>Onychopetalum amazonicum</u>
Faveira folha fina - <u>timborana</u>		Envira preta
Couratari stellata	2036	Tachi preto
Tauari		<u>Tachigalia myrmecophylla</u>
Mezillaurus itauba	1897	Couratari stellata
Itauba		Tauari
Onychopetalum amazonicum	1774	Piptadenia suaveolens
Envira preta		Faveira folha fina - <u>timborana</u>
Sclerolobium aff. <u>chrysophyllum</u>	1773	
Tachi		
Lueheopsis duckeana	1637	
Açoita cavalo		
Bertholletia <u>excelsa</u>	1636	
Castanheira		
Tachigalia <u>myrmecophylla</u>	1578	
Tachi preto		
Carapa guianensis	1566	
Andiroba		
Maquira <u>sclerophylla</u>	1545	
Muiratinga		
Copaifera <u>reticulata</u>	1508	
Copaiba		
Carya sp	2240	
hickory**		

* Valores compatíveis com COPANT 30, STM D143 e com valores publicados no Wood handbook

** Madeira padrão usada para comparação

BIBLIOGRAFIA

- CAILLIEZ, F. Pages, J.P. Introduction a l'analyse des donnes Smash. Paris. França. 1976.
- IBDF, Madeiras da Amazônia: características e utilização, Floresta Nacional do Tapajós, vol. I CNPq. Brasília. 1982.
- IBDF, Espécies Florestais da Amazônia, características, propriedades e dados de engenharia da madeira. PRODEPEF. 1976.
- IPT, Fichas Características das madeiras brasileiras. Divisão de madeiras. S. Paulo - 1979.
- IPT, Tabelas de resultados obtidos para madeiras nacionais. Boletim nº 31 - São Paulo. 1956.
- U.S. Forest Products Laboratory, Wood handbook: Wood as an engineering material. USDA. Agr. hand. 72. 1974.