



**LaMEM**

Universidade de São Paulo – USP - Escola de Engenharia de São Carlos – EESC

Departamento de Engenharia de Estruturas – SET

Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira – LaMEM

Fones: (016) 3373.9483

Av. Trabalhador São-carlense, 400 – Cx. P. 359 – 13566-590 – São Carlos - SP

**Interessado:** Pro-Cedro – Associação Brasileira dos Produtores de Cedro Australiano,  
Fazenda Bela Vista, Zona Rural s/n, Cx Postal 17,  
CEP: 37,270-000, Campo Belo/MG

**Assunto:** Relatório de possíveis aplicações da madeira de cedro australiano com base nos ensaios realizados e outras aplicações

Neste trabalho estão sendo discutidos os resultados sobre as propriedades de resistência e de elasticidade das madeiras de cedro australiano, considerando seu significativo desenvolvimento florestal, com rápido crescimento, e considerando também as consequências destas particularidades.

Devido ao banco de dados existente, é possível sugerir procedimentos a partir dos quais surjam propostas adequadas para o uso da madeira de cedro. Para as propostas foram considerados os critérios normalizados baseados na NBR7190/1997 das Classes de Resistência das Folhosas e, das outras possíveis aplicações com base na proposta da SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA/IPT – Grupamento de espécies tropicais da Amazônia por similaridade de características básicas e por utilização que se baseia nos critérios de Sallenave.

#### **- CRITÉRIO DE SALLENAVE**

A classificação, ou ordenação, das madeiras segundo seu comportamento mecânico deve, ainda, considerar a sua natureza particular, sua anisotropia e outras características devidas à sua constituição orgânica.

#### **Classificação Geral e Requisitos Necessários para a utilização da Madeira de Cedro**

Para a análise deste item, contou-se com o trabalho apresentado pela SUDAM/IPT (1981) foi possível fazer a classificação geral das possíveis aplicações do cedro na construção civil por usos finais em função dos requisitos técnicos, apresentados a seguir.

##### **– Construção civil pesada externa**

- estacas marítimas, trapiches, pontes obras imersas
- postes, cruzetas, estacas, escoras, dormentes ferroviários
- estruturas pesadas, torres de observação, vigamentos para pontes.

Os requisitos técnicos necessários são:

- massa específica alta (pesada);
- propriedades mecânicas altas a muito altas;
- duráveis ou tratáveis;
- boa fixação mecânica

##### **– Construção civil pesada interna**

- carpintaria resistente em geral;
- tesouras, treliças, estruturas, plataformas, escadas.

Os requisitos técnicos necessários são:

- massa específica alta (pesada);
- resistência a flexão (MOR e MOE) e resistência à compressão altas a muito altas;

- resistência ao cisalhamento acima da média;
- qualidade de desdobro moderado e muito fácil;
- fixação mecânica boa.

#### – Construção civil leve externa

- moirões, pontaltes, porteiros;
- andaimes, longarinas, calhas, elementos de cobertura;
- esquadrias em geral: portas, venezianas, caixilhos, batentes;
- tabuado em geral, vigas;

Os requisitos técnicos necessários são:

- massa específica média a baixa
- resistência à flexão não inferior a média;
- retratibilidade média a muito baixa;
- duráveis ou tratáveis;
- fixação mecânica regular a muito boa;
- trabalhabilidade regular a muito boa;
- qualidade de desdobro moderada a muito fácil;

#### – Construção civil leve interna

- Decorativa: lambris, painéis, molduras e perfilados, guarnições;
- Utilidade geral: cordões, forros, guarnições, rodapés;
- Estrutural: vigas, caibros, ripas.

Os requisitos técnicos necessários são :

- Decorativo:
  - retratibilidade média a muito baixa;
  - fixação mecânica regular a boa;
  - acabamento regular a bom;
  - qualidade de secagem ao ar moderadamente difícil a fácil;
  - condutividade média a baixa.
- Utilidade geral:
  - retratibilidade e acabamento de regular a bom;
  - qualidade de desdobro de fácil a muito fácil;
  - qualidade de secagem ao ar de moderadamente difícil a fácil;
  - peso médio ou leve.
- Estrutural:
  - massa específica média;
  - resistência à flexão (MOR e MOE) e resistência ao cisalhamento de média a muito alta;
  - fixação mecânica regular a boa;
  - qualidade de secagem de moderadamente difícil a muito fácil;
  - qualidade de desdobro de moderada a muito fácil.

#### – Assoalhos

- Domésticos: tacos, tábuas, parquet;
- Industriais: tacos, tábuas, blocos.

Os requisitos técnicos necessários são:

- Domésticos:
  - massa específica média ou alta;
  - dureza alta e muito alta;
  - resistência a compressão alta e muito alta;
  - retratibilidade média a muito baixa;
  - trabalhabilidade regular a boa;

- acabamento bom;
- qualidade de desdobro moderada a muito fácil;
- qualidade de secagem moderadamente difícil a fácil.

□ Industriais:

- massa específica alta;
- propriedades mecânicas consideradas não inferiores a alta;
- retratibilidade média a muito baixa;
- trabalhabilidade regular a muito boa;
- qualidade de desdobro moderada a muito fácil;

### **Classificação das Madeiras Segundo Critério Proposto por SALLENAVE**

<b>Classe</b>	<b>Densidade Kg/m<sup>3</sup></b>
Muito leve	$\rho \leq 500$
Leve	$500 < \rho \leq 649$
Semi pesadas	$650 \leq \rho \leq 790$
Pesadas	$800 \leq \rho \leq 950$
Muito pesadas	$\rho > 951$

<b>Classe</b>	<b>Dureza JANKA normal às fibras (MPa)</b>
Muito Brandas	2,7 a 20,4
Brandas	20,5 a 40,9
Semi duras	41,0 a 81,7
Duras	81,8 a 122,6
Muito duras	122,7 a 272,4

<b>Classe</b>	<b>Tenacidade (kJ/m<sup>2</sup>)</b>
Muito baixa	$< 7,5$
Baixa	7,6 – 22,5
Média	22,6 – 37,5
Elevada	37,6 – 52,5
Muito elevada	$> 52,6$

<b>Classe</b>	<b>Resistência Fendilhamento MPa</b>
Fraca	$< 1,5$
Média	1,6 a 3,1
Forte	$> 3,1$

## Retratibilidade ( % )

Classe	Radial	Tangencial	Volumetrica
Muito baixa	< 1,5	< 3,0	< 4,5
Baixa	1,6 - 2,5	3,1 - 5,0	4,6 - 7,5
Média	2,6 - 4,5	5,1 - 9,0	7,6 - 13,5
Elevada	4,6 - 6,5	9,1 - 13,0	13,6 - 19,5
Muito elevada	> 6,6	> 13,1	> 19,6

## Classificação da madeira estrutural de acordo com a NBR7190: Projeto de estruturas de madeira

As classes de resistência das madeiras têm por objetivo o emprego de madeiras com propriedades padronizadas, orientando a escolha do material para elaboração de projetos estruturais. O enquadramento de peças de madeira nas classes de resistência especificadas na Tabela deve ser feito conforme as exigências definidas em **Erro! Fonte de referência não encontrada.** da NBR7190, em função da resistência a compressão paralela as fibras.

**Tabela 1 – Classes de resistência das folhosas**

Folhosas (Valores na condição-padrão de referência U = 12 %)				
Classes	$f_{c0k}$ MPa	$f_{v0,k}$ MPa	$E_{c0,m}$ MPa	$\rho_{parente}$ kg/m <sup>3</sup>
D20	20	4	9500	650
D30	30	5	14500	800
D40	40	6	19500	950
D50	50	7	22000	970
D60	60	8	24500	1000

Com base nestes critérios as tabelas 2 e 3 apresentam as seguintes classes para os clones e seminal da madeira de cedro australiano:

**Tabela 2: Classes para os Clones 1 e 2 de 7 anos:**

7 anos					
		Clone 1		Clone 2	
		Resultados	Classes	Resultados	Classes
Classe de resistência*		22,2 MPa	D20	25,6 MPa	D20
Densidade**		327 kg/m <sup>3</sup>	Muito leve	357 kg/m <sup>3</sup>	Muito leve
Dureza Janka**		10,5 MPa	Muito brandas	12,1 MPa	Muito brandas
Tenacidade**		17,2 kJ/m <sup>2</sup>	Baixa	17,5 kJ/m <sup>2</sup>	Baixa
Fendilhamento**		1,95 Mpa	Média	1,75 MPa	Média
Retratibilidade **	radial	6,30%	Elevada	5,60%	Elevada
	tangencial	9,50%	Elevada	8,60%	Média
	volumétrica	16,90%	Elevada	15%	Elevada

\*Valores característicos

\*\*Valores médios

Tabela 3: Classes para os Seminais de 7 e 13 anos:

	Seminal				
	7 anos		13 anos		
	Resultados	Classes	Resultados	Classes	
Classe de resistência*	26,4 MPa	D20	23,4 MPa	D20	
Densidade**	393 kg/m <sup>3</sup>	Muito leve	400 kg/m <sup>3</sup>	Muito leve	
Dureza Janka**	15,2 MPa	Muito brandas	17,0 MPa	Muito brandas	
Tenacidade**	17,3 kJ/m <sup>2</sup>	Baixa	20,3 kJ/m <sup>2</sup>	Baixa	
Fendilhamento**	0,62 MPa	Media	0,65 MPa	Media	
Retratibilidade **	radial	6,50%	Elevada	10,70%	Muito elevada
	tangencial	17,20%	Muito elevada	23,80%	Muito elevada
	volumétrica	25,30%	Muito elevada	37,70%	Muito elevada

\*Valores característicos

\*\*Valores médios

Com base nestes resultados e na proposta da NBR7190/97 e da SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA/IPT, as possíveis aplicações do cedro são:

**Estrutural:** Com exceção do Clone 3 de 7anos, todos os lotes testados da madeira de cedro australiano se enquadraram na classe estrutural D20 para construção civil pesada ou leve, externa ou interna. Para aplicação externa necessita de tratamento preservativo.

São Carlos, 19 de junho de 2018



Prof. Dr. Carlito Calil Junior

Coordenador do LaMEM/SET-EESC-USP