

# Projeto de estruturas de madeira ecológica

TWBRAZIL – Treated Wood Brazil

Sede:  
Ponta Grossa  
Rua Ana Scremin, 495 – Distrito Industrial  
CEP 84.043-465 – Ponta Grossa – PR  
Tel.: (42)3228.1590 / 3219.6400  
FAX: (42)3228.1590  
Endereço Internet:  
www.twbrazil.com

Origem: NBR 7190:1997  
CB-02 – Comitê Brasileiro de Construção Civil  
CE-02:003.10 – Comissão de Estudo de Estruturas de Madeira  
NBR 7190 – Design of wooden structures  
Descriptors: Wooden structure. Wood. Design. Wood Preserve  
Departamento Engenharia TWBrazil  
Puppi Bernardi Engenharia Imobiliária  
Esta Norma resume a NBR 7190:1997 para construtores  
Esta Norma foi desenvolvida para uso exclusivo da TWBrazil, com finalidade exclusiva de fornecer especificações técnicas a projetistas, construtores e distribuidores de madeira tratada TWBrazil.

Copyright © 2008,  
Puppi Bernardi Engenharia  
Printed in Brazil/  
Impresso no Brasil  
Todos os direitos reservados

Palavras-chave: Estrutura de madeira. Madeira. Madeira Tratada.

4 páginas

Exemplar autorizado para uso exclusivo – Distribuidores, parceiros comerciais e clientes

## Sumário

1	Objetivo .....	1
2	Referências normativas .....	2
3	Generalidades .....	2
3.1	Projeto .....	2
3.2	Conceitos adotados nesta norma .....	2
4	Hipóteses básicas de segurança .....	2
5	Ações .....	2
6	Propriedades das madeiras .....	2
6.1	Generalidades .....	2
6.2	Densidade .....	3
6.3	Resistência .....	3
6.4	Rigidez .....	3
6.5	Umidade .....	4
6.6	Classes de resistência .....	4

## Prefácio

A TWBrazil – Treated Wood Brazil – é uma usina de tratamento de madeiras e fabricante de máquinas para este fim. Esta norma foi desenvolvida exclusivamente para a TWBrazil, com base na NBR 7190:2003, com intuito de resumir-la e focar o projeto específico de estruturas de madeira utilizando-se madeiras ecologicamente corretas, ou seja, provenientes de florestas plantadas, com espécies de ciclo curto, e tratadas industrialmente de modo que desempenhem a função estrutural por um longo período.

O consumidor final da estrutura de madeira almeja atualmente não só o atendimento aos requisitos básicos de uma estrutura, mas também exige que as garantias

previstas nas normas de desempenho sejam atendidas e que toda a matéria prima envolvida no processo tenha sido extraída e processada respeitando-se leis, tratados e convenções internacionais de meio ambiente.

A TWBrazil orgulha-se de ser pioneira em oferecer a todo o mercado esta norma técnica “ecologicamente correta”, e vislumbra a possibilidade de que no futuro apenas árvores plantadas de espécies de ciclo de vida curto sejam extraídas, e que as espécies centenárias continuem ocupando seus lugares dentro de florestas nativas e seus ecossistemas ricos em biodiversidade.

## Introdução

Esta norma foi elaborada a partir do trabalho realizado por um grupo de pesquisa interno da TWBrazil, sob supervisão de empresa consultora Puppi Bernardi Engenharia, e com base nos trabalhos desenvolvidos pelos docentes da Escola Politécnica e da Escola de Engenharia de São Paulo, ambas da Universidade de São Paulo, que culminaram com a elaboração da NBR 7190:2003. Esta norma de base fixa condições genéricas que devem ser seguidas no projeto, na execução e no controle das estruturas correntes de madeira, porém considera a utilização de espécies que se encontram protegidas por leis federais brasileiras, tornando a sua extração e transporte ilegais.

## 1 Objetivo

Esta norma fixa as condições gerais que devem ser seguidas no projeto, na execução e no controle das estruturas correntes de madeira ecológica, tais como coberturas, pisos, postes, mourões, dormentes e estacas. Além das regras desta norma, devem ser obedecidas as de outras normas especiais e as exigências peculiares a cada caso em particular. Esta norma não substitui a NBR 7190:1997.

## 2 Referências normativas

NBR 7190:2003 – Projeto de estruturas de madeira

NBR 6118:2004 – Projeto e execução de obras de concreto armado – Procedimento

NBR 6120:1980 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações – Procedimento

NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento  
NBR 6627:1981 – Pregos comuns e arestas de aço para madeiras – Especificação

NBR 7187:1987 – Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido – Procedimento

NBR 7188:1982 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestres – Procedimento

NBR 7189:1983 – Cargas móveis para projeto estrutural de obras ferroviárias – Procedimento

NBR 7808:1983 – Símbolos gráficos para projeto de estruturas – Simbologia

NBR 8681:1984 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento

NBR 8800:1986 – Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios (Método dos estados limites) – Procedimento

Eurocode nº5:1991 – Design of Timber Structures

## 3 Generalidades

### 3.1 Projeto

As construções a serem executadas total ou parcialmente com madeira devem obedecer a projeto elaborado por profissionais legalmente habilitados.

O projeto de uma estrutura de madeira deve ter a composição prevista na NBR 7190, resumidamente composto por memorial justificativo, desenhos, e quando há particularidades do projeto que interfiram na construção, por plano de execução, empregam-se os símbolos gráficos especificados pela NBR 7808.

### 3.2 Conceitos adotados nesta norma

- Madeira ecológica: espécie de madeira com curto ciclo de vida (crescimento rápido), proveniente de florestas cultivadas (plantadas pelo homem em áreas próximas dos centros consumidores), e que sejam passíveis de tratamento por vácuo-pressão em autoclave para garantir durabilidade prolongada.
- Madeira nativa: madeira proveniente de florestas nativas, em que a árvore a ser extraída está inserida em ecossistemas inexplorados e que sua extração acarreta invariavelmente em agressão ao meio ambiente. Por ter desenvolvimento lento, geralmente possui alta

densidade, o que impede tratamento por vácuo-pressão em autoclave, conseqüente baixa durabilidade contra agentes biológicos.

- Agentes biológicos: todo e qualquer ser vivo que possa reduzir a durabilidade da madeira, seja por apodrecimento (fungos) ou por redução de dimensões (roedores e insetos).
- Tratamento por vácuo-pressão em autoclave: tratamento industrial em que a madeira é submetida a vácuo inicial (retirada de líquidos do interior da membrana celulósica) e inserção de solução de preservantes nestas cavidades capazes de tornar o amido restante nocivo à fungos (cobre), roedores e insetos (arsênio/Boro).

## 4 Hipóteses básicas de segurança

Os requisitos básicos de segurança devem ser atendidos a NBR 7190:2003 e NBR 8800:1986.

## 5 Ações

As ações são as causas que provocam o aparecimento de esforços ou deformações nas estruturas. As forças são consideradas como ações diretas e as deformações impostas como ações indiretas.

Apenas um profissional legalmente habilitado poderá definir ações, combinações e carregamentos para fins de projetos. O desempenho da estrutura depende da habilidade técnica, experiência e bom senso do projetista principalmente nesta fase do projeto, que até então não há como ser ponderada por inteligência artificial.

O capítulo da NBR 7190:1997 que trata deste assunto estende-se por várias laudas, e o entendimento deste exige conhecimento teórico de mecânica vetorial, resistência dos materiais e teoria das estruturas, que no caso deste resumo não tem sentido maiores explanações.

Para esta norma, com fins de simplificação, será sempre considerada classe de carregamento de longa duração (mais de seis meses), já que para projetos de estruturas com duração menor do que esta não há necessidade de tratamento da madeira.

## 6 Propriedades das madeiras

### 6.1 Generalidades

As propriedades da Madeira são condicionadas por sua estrutura anatômica, devendo distinguir-se os valores correspondentes à tração dos correspondentes à compressão, bem como os valores correspondentes à direção paralela às fibras dos correspondentes à direção normal às fibras. Deve-se também distinguir-se os valores correspondentes às diferentes classes de umidade, definidas em 6.1.5.

A caracterização mecânica das madeiras para o projeto de estruturas deve seguir os métodos de ensaio especificados no anexo B da NBR 7190:1997.

## 6.2 Densidade

Define-se o termo prático “densidade básica” da madeira como sendo a massa específica convencional obtida pelo quociente da massa seca (à 103°C) pelo volume saturado (completamente cheio de água).

A densidade da madeiras ecológica é geralmente menor que a de madeira nativa, o que torna possível o tratamento por vácuo-pressão em autoclave.

A densidade é medida com umidade de equilíbrio da madeira a 12% (praticamente seca em ambiente em que a umidade relativa do ar é menor que 65%) e como deve ser recebida para execução de uma obra.

Nome comum	Nome científico	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )
Pinus Taeda	<i>Pinus taeda L.</i>	645
Pinus Elliottii	<i>Pinus elliotii</i>	560
Eucalipto Grandis	<i>Eucalyptus grandis</i>	640
Eucalipto Dunnii	<i>Eucalyptus dunnii</i>	690

**Tabela 1 – Densidade de algumas madeiras ecológicas**

E para fins de comparação, algumas madeiras nativas e suas densidades.

Nome comum	Nome científico	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )
Angelim pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>	694
Cedro amargo	<i>Cedrella odorata</i>	504
Pinho do Paraná	<i>Araucaria angustifolia</i>	580
Jatobá <sup>1</sup>	<i>Hymenaea spp.</i>	1074

**Tabela 2 - Densidade de algumas madeiras nativas**

## 6.3 Resistência

A resistência é a aptidão de a matéria suportar tensões.

A resistência é determinada convencionalmente pela máxima tensão que pode ser aplicada a corpos de prova isentos de defeitos do material considerado, até o aparecimento de fenômenos particulares de comportamento além dos quais há restrição de emprego do material em elementos estruturais. De modo geral estes fenômenos são os de ruptura ou de deformação específica excessiva.

Para fins de dimensionamento de peças estruturais com madeiras ecológicas, serão consideradas neste resumo de norma as resistências já minoradas de acordo com os

<sup>1</sup> A madeira de Jatobá está entre as madeiras mais densas, resistentes e rígidas já ensaiadas pelo LaMEM (Laboratório de Madeiras e de estruturas de Madeiras da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

coeficientes de moderação da NBR 7190:1997, admitindo-se sempre madeira serrada, carregamento de longa duração, classe de umidade (1) ou (2), e madeira de segunda categoria, o que resulta num coeficiente geral de modificação de 0,56. E os coeficientes de ponderação da resistência para estados limites últimos de 1,4 para compressão e 1,8 para tração paralela às fibras. Portanto, as resistências das madeiras ecológicas podem ser consideradas, já feitas as devidas considerações, na tabela abaixo.

Madeira ecológica	Resistência à tração/compressão paralela às fibras para cálculos (kg/cm <sup>2</sup> )
Pinus Taeda	177,6
Pinus Elliottii	161,6
Eucalipto Grandis	195,6
Eucalipto Dunnii	161,2

**Tabela 3 - Resistência de madeiras ecológicas**

Para fins de comparação, segue resistência de madeiras nativas, comumente empregadas na construção civil.

Madeira nativa	Resistência à tração/compressão paralela às fibras para cálculos (kg/cm <sup>2</sup> )
Angelim pedra	234,8
Cedro amargo	180,7
Pinho do Paraná	163,6
Jatobá	373,2

**Tabela 4 - Resistência de algumas madeiras nativas**

A resistência é importante para execução de estruturas treliçadas (tesouras), porque neste tipo de estrutura o esforço predominante é axial (compressão ou tração). Para esforços de flexão (ripas, caibros e terças de coberturas), a propriedade importante para evitar deformações excessivas é de rigidez.

## 6.4 Rigidez

A rigidez é a propriedade de a madeira submetida à flexão resistir à deformação. À unidade de medida da rigidez, dá-se o nome de módulo de elasticidade, e é medida em Mega Pascal (MPa ou MN/m<sup>2</sup>). Quanto maior o módulo de elasticidade, menor a deformação.

Essa característica é muito valorizada na execução de estruturas de coberturas, já que as ripas, caibros e terças são submetidos basicamente a flexão. O dimensionamento inadequado causa a patologia conhecida popularmente como “selamento”, pois ao deformar-se uma das terças, a cobertura de duas águas assemelha-se a uma sela de montaria.

As madeiras ecológicas possuem um módulo de elasticidade ligeiramente inferior ao das madeiras nativas. Fato que pode ser compensado dimensionando-se vãos (distância entre apoios) ligeiramente menores.

No anexo A desta norma há um comparativo entre a mesma cobertura foi coberta foi tecnicamente dimensionada com madeiras ecológicas e nativas.

Madeira ecológica	Módulo de elasticidade (MPa)
Pinus Taeda	13304
Pinus Elliottii	11889
Eucalipto Grandis	12813
Eucalipto Dunnyi	18029

**Tabela 5 - Módulo de elasticidade de algumas madeiras ecológicas**

E o algumas madeiras nativas e seus módulos de elasticidade.

Madeira nativa	Módulo de elasticidade (MPa)
Angelim pedra	12912
Cedro amargo	9839
Pinho do Paraná	15225
Jatobá <sup>2</sup>	23607

**Tabela 6 - Módulo de elasticidade de algumas madeiras nativas**

### 6.5 Umidade

O projeto das estruturas de madeira deve ser feito admitindo-se uma das classes de umidade especificadas na tabela 7 da NBR 7190:1997.

As classes de umidade têm por finalidade ajustar as propriedades de resistência e de rigidez da madeira em função das condições ambientais onde permanecerão as estruturas. Estas classes também podem ser utilizadas para a escolha da classes de tratamento preservativos a ser utilizado na madeira.

Para fins de pedido de orçamento junto à TWBrazil, o projetista deverá mencionar a situação de risco de biodeterioração em que a madeira será empregada:

- Situação 1: caracterizada pelas condições em que a madeira está inteiramente protegida das intempéries e não sujeita à reumidificação. Ex: madeiras internas de coberturas com telhas que impeçam totalmente a entrada de umidade e permitam ventilação de vapores.
- Situação 2: caracterização pelas condições em que a madeira está inteiramente protegida das intempéries, mas sujeita à reumidificação ocasional. Ex: madeiras empregadas em tábuas de beiral e forros de varandas/sacadas.
- Situação 3: caracterizada pelas condições em que a madeira está protegida das intempéries, ou está protegida mas sujeita à reumidificação freqüente. Ex: madeiras roliças como pilares de varandas/sacadas.

- Situação 4: caracterizada pelas condições em que a madeira está permanentemente em contato com o solo ou com água doce. Ex: Mourões, palanques, dormentes, estacas e postes.
- Situação 5: caracterizada pelas condições em que a madeira está permanentemente em contato com água salgada. Ex: Atracadouros em encostas e "piers".

Dependendo da classificação acima, o departamento de engenharia da TWBrazil especificará a classe de tratamento de acordo com as normas internacionais vigentes. Vale ressaltar que não ainda não existem normas brasileiras que regulamentem o tratamento preservativo de madeiras. Embora a NBR 7190:1997 cite alguns tratamentos em seu anexo D, o conteúdo é muito escasso e incompleto sobre o assunto. A NBR 7190:1997 recomenda a preservação mínima utilizando-se impregnação em autoclave. A TWBrazil segue normas e padrões internacionais de preservação de madeiras (AWPA – American Wood Preserver Association).

### 6.6 Classes de resistência

Para facilitar a escolha da madeira num dado projeto, a NBR 7190 agrupa as madeiras de acordo com suas características de resistência em 5 classes. Para classificação não são considerados coeficientes de modificação nem de ponderação.

- C20: resistência maior do que 200kg/cm<sup>2</sup>. Ex:
- C25: resistência maior do que 250kg/cm<sup>2</sup>. Ex: **Pinus elliotii, Pinus taeda**, Pinho do Paraná,
- C30: resistência maior do que 300kg/cm<sup>2</sup>. Ex:
- C40: resistência maior do que 400kg/cm<sup>2</sup>. Ex:
- C60: resistência maior do que 600kg/cm<sup>2</sup>. Ex:

<sup>2</sup> A madeira de Jatobá está entre as madeiras mais resistentes já ensaiadas pelo LaMEM.