

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS DE MADEIRA
PELO MÉTODO DA DENSIDADE BÁSICA**

CAMILLA SILVA ALMEIDA DE OLIVEIRA

**ORIENTADOR: JOSÉ HUMBERTO MATIAS DE PAULA,
MSC.**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL**

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO / 2017

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS DE MADEIRA
PELO MÉTODO DA DENSIDADE BÁSICA**

CAMILLA SILVA ALMEIDA DE OLIVEIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**Prof. JOSÉ HUMBERTO MATIAS DE PAULA, MSc. (UnB)
(ORIENTADOR)**

**LENILDO SANTOS DA SILVA, MSc. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**MARCO AURÉLIO SOUZA BESSA, MSc.
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**JÚLIO EUSTÁQUIO DE MELO, DSc.
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, DEZEMBRO de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, CAMILLA SILVA ALMEIDA DE

Dimensionamento de Elementos de Madeira pelo Método da Densidade Básica [Distrito Federal] 2017.

xiii, 135 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2017)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Estruturas de Madeira 2. Usos da Madeira 3. Elementos de Madeira: Dimensionamento
4. Densidade Básica 5. Dimensionamento Pela Densidade Básica (ASD) 6. Correlação Entre
Densidade Básica e Propriedades Mecânicas da Madeira

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, C. S. A. (2017). Dimensionamento de Elementos de Madeira pelo Método da Densidade Básica. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 135 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Camilla Silva Almeida de Oliveira.

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Dimensionamento de Elementos de Madeira pelo Método da Densidade Básica.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2017.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Camilla Silva Almeida de Oliveira

QNN 01 conj. C, casa 12 – Ceilândia Norte- DF

72220-013 – Brasília/DF - Brasil

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O TEMA	15
1.2. JUSTIFICATIVA	16
1.3. PROPOSTA	20
1.4. PROBLEMÁTICA	20
1.5. HIPÓTESE	21
1.6. OBJETIVO GERAL	22
1.7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.8. METODOLOGIA	22
1.9. ESTRUTURAÇÃO	23
2. ESTRUTURAS DE MADEIRA	24
2.1. FATORES HISTÓRICOS	24
2.2. A SITUAÇÃO DAS RESERVAS FLORESTAIS DO BRASIL	25
3. A MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO- PROPRIEDADES	26
3.1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	26
3.2. PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS	27
3.2.1. DENSIDADE BÁSICA	28
3.2.2. RESISTÊNCIA	28
3.2.3. RIGIDEZ	28
3.2.4. UMIDADE	29
3.2.5. RETRAÇÃO DA MADEIRA	30
3.3. DETERIORAÇÃO DA MADEIRA	31
3.4. DEFEITOS	31
4. CARACTERIZAÇÃO	32

4.1. SISTEMA DE AMOSTRAGEM PARA CARACTERIZAÇÃO DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA	32
5. CLASSIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE MADEIRA POR USO ESPECÍFICO.....	34
5.1. CLASSIFICAÇÃO EM USOS FINAIS	35
5.1.1. ESTRUTURA DE COBERTURA (VIGA, CAIBRO E RIPA).....	35
5.1.2. PONTE	38
5.1.2.1. PILAR OU COLUNA	38
5.1.2.2. VIGA E TABULEIRO OU ESTRADO	39
6. O MÉTODO DAS TENSÕES ADMISSÍVEIS.....	41
7. FUNÇÕES DE CORRELAÇÃO ENTRE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA VERDE (SATURADA) E SECA (12% DE UMIDADE) PARA O MÉTODO DAS TENSÕES ADMISSÍVEIS.....	42
7.1. TENSÃO RESISTENTE NOMINAL DE COMPRESSÃO NA FLEXÃO (MOR) .	42
7.1.1. MOR PARA A MADEIRA VERDE	43
7.1.2. MOR PARA A MADEIRA SECA (UMIDADE A 12%).....	43
7.2. TENSÃO RESISTENTE NOMINAL DE COMPRESSÃO AXIAL (CPA).....	45
7.2.1. CPA PARA A MADEIRA VERDE.....	46
7.2.2. CPA PARA A MADEIRA SECA (UMIDADE A 12%)	47
7.3. TENSÃO RESISTENTE NOMINAL DE CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS (CIS).....	47
7.3.1. CIS PARA A MADEIRA VERDE	48
7.3.2. CIS PARA A MADEIRA SECA (UMIDADE A 12%).....	49
7.4. TENSÃO RESISTENTE NOMINAL DE COMPRESSÃO PERPENDICULAR ÀS FIBRAS (CPE)	49
7.4.1. CPE PARA A MADEIRA VERDE	50
7.4.2. CPE PARA A MADEIRA SECA (UMIDADE A 12%).....	51
7.5. MÓDULO DE ELASTICIDADE À FLEXÃO (MOE).....	51

7.5.1.	MOE PARA A MADEIRA VERDE.....	52
7.5.2.	MOE PARA A MADEIRA SECA (UMIDADE A 12%).....	53
7.6.	DISCUSSÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO.....	53
8.	ANÁLISE DA SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DAS CORRELAÇÕES ENTRE PROPRIEDADES DE ESPÉCIES DE MADEIRA TROPICAL E A DENSIDADE BÁSICA.....	55
8.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS	57
8.2.	ANÁLISE DA MATRIZ DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS PROPRIEDADES E MECÂNICAS DE MADEIRA TROPICAL DO BANCO DE DADOS DO LPF/IBAMA	58
8.3.	O COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO – R ²	63
8.4.	ANÁLISE DE RESÍDUO – REGRESSÃO LINEAR	66
9.	MODELOS PARA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO SIMPLES, COMPRESSÃO AXIAL E FLEXÃO SIMPLES, BASEADOS NO MÉTODO DA DENSIDADE BÁSICA	80
9.1.	BARRAS TRACIONADAS	80
9.1.1.	HIPÓTESES BÁSICAS	80
9.1.2.	MADEIRA VERDE	80
9.1.3.	MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE).....	81
9.2.	BARRAS COMPRIMIDAS.....	81
9.2.1.	HIPÓTESES BÁSICAS	81
9.2.2.	MADEIRA VERDE	82
9.2.3.	MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE).....	83
9.2.4.	ANÁLISE DA FUNÇÃO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL.....	84
9.3.	BARRAS FLETIDAS	91
9.3.1.	HIPÓTESES BÁSICAS	91
9.3.2.	MADEIRA VERDE	92
9.3.3.	MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE).....	92

9.4.	ESFORÇO CORTANTE ADMISSÍVEL NA FLEXÃO SIMPLES	92
9.4.1.	MADEIRA VERDE	93
9.4.2.	MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE)	93
10.	MODELOS PARA RESISTÊNCIA À FLEXÃO COMPOSTA RETA E CARGAS LOCALIZADAS, UTILIZANDO O MÉTODO DA DENSIDADE BÁSICA	94
10.1.	BARRAS SUBMETIDAS A FLEXÃO COMPOSTA RETA	94
10.1.1.	HIPÓTESES BÁSICAS	94
10.1.2.	CONSIDERAÇÕES SOBRE O DIMENSIONAMENTO	94
10.1.3.	MADEIRA VERDE	96
10.1.4.	MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE)	102
10.2.	VERIFICAÇÃO DE CARGAS LOCALIZADAS	108
10.2.1.	HIPÓTESES BÁSICAS	108
10.2.2.	CONSIDERAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO	109
10.2.3.	MADEIRA VERDE	110
10.2.4.	MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE)	110
11.	SEGURANÇA E DESEMPENHO EM ESTRUTURAS DE MADEIRA	113
12.	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS	114
13.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	115
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
	ANEXOS	122
	ANEXO 1A: Tabelas de Espécies de Madeira Ordenadas Pelo Nome Científico-Madeira Verde	122
	ANEXO 1B: Tabelas de Espécies de Madeira Ordenadas Pelo Nome Científico-Madeira Seca	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de espécies para uso em Estruturas de Cobertura	37
Tabela 2: Classificação de espécies para uso em Pilares de Ponte.....	38
Tabela 3: Classificação de espécies para uso em Vigas e Tabuleiros de Pontes.....	40
Tabela 4: Distribuição de Espécies de Árvores da Amazônia por Densidade Básica.....	56
Tabela 5: Interpretação para os valores de Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r). ..	59
Tabela 6: Matriz dos coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físicas e mecânicas de madeira tropical na condição verde.....	60
Tabela 7: Matriz dos coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físicas e mecânicas da madeira seca (12%)	63
Tabela 8: : Estudo de regressão linear pelo ANOVA - MOR x Db	67
Tabela 9: Limites MORxDb	68
Tabela 10: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CPA x Db.....	69
Tabela 11: Limites CPAXDb	70
Tabela 12: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CPE x Db	71
Tabela 13: Limites CPExDb.....	71
Tabela 14: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CIS x Db	72
Tabela 15: Limites CISxDb.....	72
Tabela 16: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - MOE x Db.....	73
Tabela 17: Limites MOExDb	73
Tabela 18: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - MOR x Db	74
Tabela 19: Limites (DapxDB) MOR.....	74
Tabela 20: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CPA x Db.....	75
Tabela 21: Limites (DapxDB) CPA	76
Tabela 22: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CPE x Db	76
Tabela 23: Limites (DapxDB) CPE	77
Tabela 24: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CIS x Db	78
Tabela 25: Limites (DapxDB) CIS.....	78
Tabela 26: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - MOE x Db.....	79
Tabela 27: Limites (DapxDB) MOE.....	79

Tabela 0.28 Funções de regressão ajustadas para estimativas de propriedades mecânicas de madeiras na condição verde e seca (umidade em 12%) utilizando-se a densidade básica D_b como variável independente	79
Tabela 29 Funções de regressão ajustadas para estimativas de propriedades mecânicas de madeiras na condição verde e seca (umidade em 12%) utilizando-se a densidade básica D_b como variável independente	79
Tabela 30: Intervalos dos valores de Densidade Básica.....	84
Tabela 31: Método da Densidade Básica x Resultados Experimentais – Propriedades Mecânicas e Físicas	111
Tabela 32: Método da Densidade Básica x Resultados Experimentais – Resistência à Compressão Axial	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Propriedades da Madeira: comparativo.....	26
Figura 2: Anisotropia da Madeira.....	27
Figura 3: Classes de Umidade	29
Figura 4: Retração da Madeira	30
Figura 5: MOR madeira verde.....	43
Figura 6: MOR madeira seca.....	44
Figura 7: Correlação entre Densidade Básica e Densidade Aparente	45
Figura 8: CPA madeira verde	46
Figura 9: CPA madeira seca	47
Figura 10: CIS madeira verde.....	48
Figura 11: CIS madeira seca.....	49
Figura 12: CPE madeira verde.....	50
Figura 13: CPE madeira seca.....	51
Figura 14: MOE madeira verde	52
Figura 15: MOE madeira seca	53
Figura 16: Exemplo de Diagrama de Dispersão	58
Figura 17: Regra empírica, distribuição normal.....	66
Figura 18: Resíduos padronizados $MOR \times D_b$. Madeira verde	67

Figura 19: Resíduos padronizados CPAXDb. Madeira verde.....	69
Figura 20: Resíduos padronizados CPExDb. Madeira verde	70
Figura 21: Resíduos padronizados CISxDb. Madeira verde	71
Figura 22: Resíduos padronizados MOExDb. Madeira verde.....	72
Figura 23: Resíduos Padronizados para MOR- madeira seca	74
Figura 24: Resíduos Padronizados para CPA- madeira seca.....	75
Figura 25: Resíduos Padronizados para CPE- madeira seca	76
Figura 26: Resíduos Padronizados para CIS- madeira seca	77
Figura 27: Resíduos Padronizados para MOE- madeira seca	78
Figura 28: Curva de Flambagem	84
Figura 29: Função de Resistência à compressão para madeiras com baixa Densidade Básica	85
Figura 30: Função de Resistência à compressão para madeiras com média Densidade Básica	85
Figura 31: Função de Resistência à compressão para madeiras com média Densidade Básica	86
Figura 32: Função de Resistência à compressão para madeiras com alta Densidade Básica...	86
Figura 33: Comparação de Funções de Resistência- Madeira verde.....	87
Figura 34: Comparação de Funções de Resistência- Madeira Seca	88
Figura 35: Comparação das Funções de Resistência- Madeira verde e seca.....	89
Figura 36: Superfície de Flambagem: madeira verde.....	90
Figura 37: Superfície de Flambagem: madeira seca.....	90

RESUMO

A utilização de um material como elemento estrutural e construtivo é, comumente, influenciado pelas tradições e padrões culturais de uma sociedade. Associado a esses padrões culturais há questões históricas relacionadas ao ensino de estruturas de aço e de madeira nas escolas de engenharia e arquitetura no Brasil. No Brasil, materiais como o concreto, o aço e a madeira tem histórias de desenvolvimento e uso diferentes entre si, desde o início do século passado. No que se refere ao uso da madeira como material estrutural, não houve, nem por um breve período, o uso intensivo na construção de edifícios, em alguma região ou local do País. Por outro lado, enquanto que para o concreto armado, e especialmente para o aço, é possível utilizar os resultados de programas de pesquisas desenvolvidas no exterior, a madeira tem outra realidade sob o ponto de vista técnico e tecnológico. Na Europa existem pouco menos de vinte espécies de madeiras, enquanto que na Amazônia os botânicos estimam existir da ordem de três mil espécies. Portanto, para o uso da madeira dessa região em estruturas, ou outra função mesmo que não estrutural, é preciso conhecer as suas propriedades físicas, mecânicas, além dos aspectos tecnológicos relativos ao seu comportamento. Diante desse quadro a madeira como material de construção no Brasil ainda está relegado a uma forma quase empírica e tradicional. O uso da madeira de uma forma racional depende de amplos estudos para identificação, classificação e caracterização das espécies. Mas, existe uma diferença fundamental quando um programa de estudo envolve milhares de espécies, que é o caso Brasileiro, ou quando tem que estudar pouco menos de duas dezenas, como é a realidade da Europa. No Brasil, um programa de pesquisa voltado para o desenvolvimento e uso da madeira, obrigatoriamente tem que levar em consideração a existência de mais três mil espécies de madeira – o caso da floresta amazônica. Programas dessa natureza, especialmente em florestas tropicais, são difíceis e dispendiosos em virtude da necessidade de elaboração de inventários florestais, a coleta de espécimes e posterior caracterização e realização de ensaios em laboratório. Diante disto, uma proposta viável e alternativa a essa realidade é utilizar-se de um Banco de Dados de Espécies de Madeiras da Amazônia que foram caracterizadas, nos últimos trinta anos, utilizando-se as Normas Pan-Americanas de caracterização (COPANT). O Banco de Dados é o resultado de uma extensa pesquisa visando a caracterização de duzentos e cinquenta espécies, a partir de uma amostragem aleatória consistente para florestas tropicais. Este Programa ainda não havia tido as suas informações tratadas, nem seus resultados analisados até 2016 na Universidade de

Brasília, mesmo estando concluído há quase uma década. Os estudos estão disponíveis e foram conduzidos pelo Laboratório de Produtos Florestais-LPF do MMA (Ministério do Meio Ambiente). Portanto, o objetivo é a partir desse Banco de Dados construir um modelo estatístico matemático, que possa estimar com a precisão necessária as propriedades e outras características de espécies vegetais que ainda foram caracterizadas. É possível através de um modelo estatístico matemático, não só estimar com precisão outras propriedades mecânicas e físicas para um grande número de novas espécies, mas, também, inferir sobre características da madeira que são fundamentais para outros usos.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas de madeira, caracterização, método de dimensionamento, Densidade Básica.

ABSTRACT

The usage of a material as a structural and constructive element is influenced by factors such as traditions and patterns of a society. Linked to these factors we have the research and technology development of the material, based on the structure study in engineering and architecture schools, the facility and economic viability of his need. In Brazil, materials such as concrete, steel and wood have different use and different development since the last century. Regarding wood as a structure material there has not been an intense use of it in buildings in any place in Brazil. On the other hand, whereas metallic structure and reinforced concrete are possible to use results and researches done abroad, wood has another reality from a technical and technological point of view. In Europe there are less than twenty species of wood but in Amazon rainforest there are about three thousand species of wood. Therefore to be designed structure with wooden species found in these regions it is necessary to know their physical and mechanical characterization besides their durability, pathology and maintenance. Facing this situation, wood as a construction material is still handled in a traditional and empirical way. The use of wood in a rational way depends on extensive studies for identification, classification and characterization of the species. But there is a fundamental difference between a research project that involves thousands of wood species, as the Brazilian research and a research project that only includes less than twenties species, as the European reality. In Brazil, a research project that is focused in development and use of wood has to consider the amount of woods species – the Amazon Forest. Researches of this nature, especially in tropical forests, are difficult and costly because of the need for forest inventories, the collection of specimens and subsequent characterization and laboratory testing. Thus a feasible and alternative proposal to this reality is to use a Database of Woods Materials of the Amazon that were characterized in the last thirty years, using the Pan-American Standards Commission (COPANT). The database is the result of an extensive research aimed at the characterization of two hundred and fifty species from a consistent random sampling for rainforests. This research has not had its information handled nor its results analyzed until 2016 at University of Brasília, even though it was completed almost a decade ago. These researches are available and were conducted by the Forest Products Laboratory – FPL of the Ministry of Environment. Therefore, the objective is to create a mathematical statistical model from the database which can accurately estimate the properties and other characteristics of non-classified species. It is possible through this

mathematical statistical model not only to accurately estimate other mechanical and physical properties but also to infer about wood characteristics that are fundamental for other uses.

PALAVRAS-CHAVE: Wooden Structures, characterization, design method, Basic Density.

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O TEMA

A utilização de determinado material de construção é comumente influenciada por fatores sociais e culturais de determinada localidade. Nesse sentido, e considerando a tradição do desenvolvimento de estruturas de Concreto Armado no Brasil, a utilização da madeira como material construtivo acabou por limitar-se à utilização empírica, com seu uso restrito a obras provisórias, cimbramentos, postes, estacas. (MELO, 2017). De modo que o potencial de uso da madeira, bem como sua abundância enquanto recurso natural renovável acaba por ser subutilizada.

No Brasil se tem um grande potencial de uso da madeira, dentre outros fatores, pela abundância de espécies encontradas nas florestas nacionais. Estima-se que existam na Amazônia cerca de três mil espécies de madeira, enquanto na Europa, a título de comparação, existem cerca de dez espécies de madeira (DePaula, 2017). Para que o material possa ser usado como material estrutural e construtivo, é necessária sua caracterização quanto às propriedades físicas, mecânicas, bem como aspectos relativos à durabilidade, e nesse sentido, a grande quantidade de tipos de madeira existentes, bem como a dificuldade de acesso à Amazônia é um fator limitante para que as pesquisas em madeira no Brasil possam apresentar resultados representativos.

Outra consideração importante sobre o uso da madeira é que, devido a sua variabilidade de espécies e sua diversidade de ocorrência considerando o local, não se pode aproveitar o uso de normas internacionais nem projetos de pesquisa de outros países (América do Norte e Europa), uma vez que as características das madeiras de regiões não tropicais não são necessariamente parecidas com as madeiras tropicais brasileiras, ou de outros países da região amazônica da América do Sul.

E a realidade atual é que a maior parte das espécies tropicais amazônicas nunca foi caracterizada e sequer estudada. Existe uma grande deficiência de laboratórios especializados na caracterização de madeiras, e faltam profissionais com qualificação adequada para este fim. Sendo assim, o uso da madeira com fins estruturais no Brasil não é, ainda, uma solução economicamente competitiva, quando comparado com as estruturas de concreto ou de aço, por exemplo.

1.2. JUSTIFICATIVA

A madeira é o único material estrutural renovável, e apresenta uma excelente relação resistência/peso, inclusive superior à do Concreto Armado (sendo de cerca de 60, enquanto que para o Concreto Armado comum, essa relação é da ordem de 20). Além de apresentar bom isolamento térmico e a facilidade de fabricação de diversos produtos industrializados. Por ser extremamente leve, em comparação com outros materiais de construção, a madeira possui maior facilidade de trabalho, o que pode resultar em variados formatos de seção. Além da diminuição de custo de transporte, maior aproveitamento de resíduos, por ser biodegradável.

Com a crescente preocupação com a sustentabilidade dos sistemas estruturais, e as crises energéticas cada vez mais eminentes, buscam-se materiais que possam apresentar bom desempenho, e ainda assim ser renováveis e com quantidade de resíduos minimizada. Nesse sentido, a madeira se revela como elemento construtivo estratégico, uma vez que seu beneficiamento requer pouco consumo de energia, e menor contaminação de ar e água quando comparado com os sistemas construtivos tradicionais.

Curvas de resistência para peças de concreto armado e aço para diferentes formas de seções podem ser representadas por funções de interação de esforços, conforme abaixo:

$$\emptyset (P_1, P_2, \dots, f_{ck})$$

$$\emptyset (P_1, P_2, \dots, F_y)$$

Onde P_1, \dots, P_n são resultantes de tensões, características geométricas da seção, do elemento estrutural e o f_{ck} e F_y são propriedades mecânicas do concreto e do aço obtidas por ensaios, respectivamente. O f_{ck} é o limite de resistência do concreto à compressão e o F_y é o limite de escoamento do aço a tração. O ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos de concreto para determinação do f_{ck} é relativamente fácil de ser realizado. O ensaio de tração simples de chapas de aço é extremamente fácil de ser realizado e de ser compreendido. Todas as considerações e critérios de projeto de elementos de estruturas de aço advêm do ensaio de tração simples. Além disso, para o aço praticamente todos os estados limites relacionados à segurança de barras à Tração, Compressão, Flexão, Flexocompressão e Flexotração tem seus modelos de resistência relacionados diretamente a uma única variável - o Limite de Escoamento

(F_y). Além disso, o problema da determinação da resistência de peças de aço é mais simples que na madeira, pelo comportamento isotrópico do aço (DePaula,2017).

Por outro, a madeira tem um comportamento ortotrópico – onde as propriedades mecânicas não variam ao longo de um mesmo eixo, mas variam de uma direção para a outra. Os modelos tradicionais de resistência de peças de madeira, portanto, utilizam tensões admissíveis de comparação para as diferentes direções de solicitações, tornando os estudos complexos para o engenheiro e, especialmente, para o arquiteto. Assim, para a análise da forma de elementos estruturais de madeira é necessário determinar tensões limites de comparação para resistência à compressão paralela às fibras, compressão perpendicular às fibras, tração paralela às fibras, compressão na flexão, tensão de cisalhamento na flexão, tornando a análise de difícil entendimento para os engenheiros e arquitetos. Além, claro, de dificultar o ensino básico dessa disciplina nas escolas de arquitetura e engenharia.

A determinação da forma e função estrutural em projetos de estruturas de madeira é, portanto, conceitualmente complexa e trabalhosa. Além disso, os aspectos tecnológicos do material, seus produtos e condições do mercado brasileiro, que só dispõe de madeira verde, na grande maioria das situações, contribuem para o uso limitado desse material. Para a madeira a *Densidade Básica* – D_b é uma propriedade que apresenta forte correlação com outras propriedades mecânicas, podendo ser utilizada nos modelos e curvas de resistência, mantendo-se a acurácia dos métodos tradicionais.

A Densidade Básica é a relação entre a massa da madeira seca (m_s) em estufa a 0% (zero) de teor de umidade e o volume verde saturado (V_p). Dentre as várias densidades da madeira, a densidade básica é o parâmetro mais utilizado como referência às propriedades de espécies de madeira. É uma propriedade fácil de ser quantificada e que, conceitualmente, pode ser facilmente compreendida, mesmo para aqueles que não são do meio técnico.

A vantagem de se utilizar um modelo estatístico matemático para descrever correlações entre propriedades mecânicas e/ou físicas, é a redução significativa de custo e tempo, necessários em programas experimentais de caracterização. Em pesquisas dessa natureza, especialmente na Amazônia, é difícil e dispendiosa a coleta de amostras e posterior caracterização em laboratório. Programas experimentais com essas características, portanto,

exigem planejamento, muito tempo para execução, além da necessidade de dispendiosos recursos materiais, financeiros e humanos (DePaula E Bessa,2017).

Assim, a ideia é se utilizar da forte correlação apresentada pela Densidade Básica com outras propriedades da madeira e, com um modelo estatístico matemático, continuar a caracterização das espécies de madeira da Amazônia, a partir do Banco de Dados de Madeiras, elaborado pelo LPF\MMA. Além disso, é possível em uma abordagem inédita, utilizando-se dessas correlações, estabelecer um método de dimensionamento conceitualmente simples, que possa auxiliar o engenheiro e o arquiteto no estudo da forma e função estrutural de modo muito menos complexo e conceitualmente consistente. Essa nova abordagem a partir da Densidade Básica como propriedade única no dimensionamento unifica e traz para a madeira os conceitos já utilizados no concreto e, especialmente, no aço, conforme descrito no início deste item. Este método foi denominado como Método **DePaula&Bessa** de Dimensionamento Pela Densidade Básica da Madeira (DePaula, 2017).

O Método de Dimensionamento de Elementos de Madeira a Partir da Densidade Básica - D_b foi desenvolvido a partir de uma parceria entre a Universidade de Brasília – UnB e o Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, em um programa de pesquisa de desenvolvimento do uso de madeiras tropicais da Amazônia. O programa de pesquisa e estudos da madeira é uma colaboração entre pesquisadores da Faculdade de Tecnologia - FT e da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU da UnB e da Faculdade de Tecnologia do UniCEUB. O método de dimensionamento foi desenvolvido pelos Professores José Humberto M. de Paula (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – UnB/FT) e Marco Aurélio S. Bessa (Curso de Engenharia Civil – UniCEUB), sendo denominado como Método **DePaula&Bessa** de Dimensionamento a Partir Densidade Básica da Madeira. O Método DePaula&Bessa tem a Densidade Básica como única propriedade física para determinação da resistência de elementos de madeira submetidos à tração e compressão axial, flexão, cisalhamento, interação normal-fletor, efeitos de cargas localizadas e ligações. O método recorre-se de conceitos semelhantes aos utilizados no dimensionamento de elementos de aço (material isotrópico, que tem por propriedade de referência o limite de escoamento F_y , e em parte de conceitos usados no dimensionamento de elementos de concreto armado (que tem como referência o f_{ck}). Dessa forma, embora a madeira tenha um comportamento ortotrópico, pelo novo método baseado na Densidade Básica da madeira, sob o ponto de vista de não rigor técnico (meramente prático

para dimensionamento) é como se o material fosse isotrópico, semelhante ao aço estrutural. A pesquisa conduzida na UnB e UniCEUB teve como base o Banco de Dados de Espécies de Madeiras da Amazônia, caracterizadas utilizando-se das Normas Pan-americanas COPANT, pelo Laboratório de Produtos Florestais-LPF do MMA (Ministério do Meio Ambiente). A partir do Banco de Dados de propriedades físicas obtidas em ensaios, com um modelo estatístico matemático, foram estimadas correlações entre a Densidade Básica e essas propriedades, importantes para o dimensionamento – tanto para o arquiteto, quanto para o engenheiro. O Método DePaula&Bessa utiliza essas correlações para construir critérios de dimensionamento que possam estimar a forma estrutural para diferentes tipos de solicitações (tração e compressão axial, flexão, flexão composta além de outras), a partir unicamente da Densidade Básica (DePaula e Bessa, 2017).

A proposta se justifica pelas seguintes considerações: (DePaula,2017)

- Determinar quais funções matemáticas (lineares, exponenciais, logarítmicas, polinomiais) que melhor representam as correlações entre a Densidade Básica e as outras propriedades físicas e mecânicas da madeira. A partir de essas correlações completar o Banco de Dados do LPF/MMA, estimando propriedades de algumas espécies que não foram determinadas nos ensaios de laboratório já realizados.
- Comparar o método de dimensionamento a partir da Densidade Básica para madeiras tropicais com os métodos convencionais de dimensionamento, onde as resistências são obtidas a partir de resultados de ensaios de laboratório.
- O Método de DePaula&Bessa para dimensionamento de elementos de madeira, em virtude da sua simplicidade conceitual, deverá se constituir em uma ferramenta acadêmica para o ensino das estruturas de madeira nas escolas de engenharia e arquitetura.
- A caracterização de novas espécies pela análise do Banco de Dados do IPF/MMA com a utilização de um modelo estatístico matemático tem um forte apelo ambiental. A introdução de diversas novas espécies no mercado de madeira, com o conhecimento de suas propriedades, características e novas possibilidades de uso (resistência, cor, textura, figuras), deve reduzir a concentração do uso de espécies tradicionais, e que em alguns

casos já tem sua utilização restrita, como é o caso da *Tabebuia serratifolia* (Ipê) e da *Cedrela odorata* (Cedro). (DePaula,2017)

1.3. PROPOSTA

A proposta deste trabalho é dar uma contribuição para o dimensionamento de elementos de madeira partindo de uma propriedade simples, a Densidade Básica (D_b), e com isso estabelecer correlações, com precisão suficiente, para determinar algumas propriedades mecânicas e físicas importantes para o projeto, de modo a facilitar a etapa de projeto e diminuir o problema de caracterização listado anteriormente. Com essa abordagem, busca-se estabelecer métodos empíricos mais simples, partindo de um banco de dados representativo, para estimar correlações de propriedades com a densidade básica, de modo a simplificar os conceitos relativos aos aspectos técnicos, melhorando o ensino e a viabilidade de se trabalhar com estruturas de madeira. (DePaula, 2017).

A principal vantagem deste estudo é a redução de tempo e custo, diminuindo a necessidade de procedimentos experimentais de caracterização, uma vez que esta atividade, principalmente na Amazônia é extremamente onerosa e exige a retirada de amostras para posterior caracterização em laboratório.

Desse modo, esse trabalho pode representar uma contribuição para que o uso da madeira como sistema estrutural seja mais competitivo, e que o método de dimensionamento se torne mais simples, diminuindo os limitantes para o desenvolvimento dessa tecnologia.

1.4. PROBLEMÁTICA

Muitos são os desafios inerentes à construção desse tipo de modelo matemático. A complexidade na determinação das propriedades da madeira, bem como a dificuldade de obtenção de um banco de dados representativo para que sejam feitas as regressões estatísticas necessárias. Portanto, o desenvolvimento de modelos matemáticos exige uma série de conhecimentos anteriores, como o conhecimento das propriedades básicas, bem como a necessidade de modelos estatísticos que se adequem razoavelmente, de modo a obter grau razoável de precisão.

No desenvolvimento desse método, podem-se delinear alguns problemas específicos. Por ser uma proposição nova, vai de encontro às normas técnicas e conhecimento de dimensionamento consolidado e ensinado nas escolas de Engenharia, por isso enfrenta limitações quanto à sua aplicação imediata, necessitando de comprovação de sua efetividade, para que possa ser efetivamente usado como método de dimensionamento e ensinado para os profissionais do meio técnico.

Portanto, busca-se sistematizar o conhecimento em um primeiro momento, para que se possa entender o funcionamento da madeira enquanto material, para que depois se busque obter uma representação matemática razoável da realidade, e finalmente fornecer os meios para que as estruturas de madeira possam sair de sua posição secundária de utilização, e possam ser consideradas técnica e economicamente viáveis.

Tem-se que trabalhar, ainda, com a realidade cultural brasileira, desmistificando algumas propriedades da madeira, para que o usuário final possa entender sua viabilidade e considerar seu uso.

Por fim, resta o desafio físico das representações matemáticas. Como determinar modelos estatísticos com razoável precisão, e unificar a determinação de propriedades, mesmo considerando a anisotropia da madeira? Como determinar relações empíricas que sejam representativas, inclusive para espécies de madeira não catalogadas? Essas são algumas perguntas que essa pesquisa busca responder.

1.5. HIPÓTESE

O desenvolvimento de um modelo matemático para as propriedades mecânicas das espécies de madeira permite viabilizar o uso de madeiras ainda não catalogadas, e diminuir o inconveniente da caracterização dispendiosa na região amazônica.

A consideração da madeira como material construtivo viável economicamente, frente às demandas por sustentabilidade e minimização de resíduos pode fazer com que esta passe de material secundário para um uso estratégico na construção, uma vez que o potencial de produção de madeira no Brasil é muito grande.

1.6. OBJETIVO GERAL

Proposta de um método de dimensionamento de elementos estruturais de madeira, partindo de uma propriedade física simples, que possibilite uma reestruturação da forma de estudar e dimensionar tais estruturas, simplificando seu uso e extrapolando seus resultados para a grande quantidade de espécies de madeira existentes no Brasil, de modo a viabilizar seu uso, do ponto de vista técnico e econômico, além da aplicabilidade prática em projetos estruturais.

1.7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar os principais problemas na caracterização efetiva de elementos estruturais de madeira;
- Identificar suas propriedades e sistematizar um conhecimento que possa ser consolidado e usado para delimitar regressões estatísticas;
- Definir os requisitos de aplicação do modelo;
- Construir a estrutura sistemática de uso dessa metodologia, bem como definir os níveis de precisão necessários à sua aplicação;
- Contribuir com o desenvolvimento do ensino e capacitação do corpo técnico, tornando o ensino de estruturas de madeira mais simples e difundido.

1.8. METODOLOGIA

Tendo em mente os objetivos explicitados no tópico anterior, propõe-se a seguinte metodologia:

- Revisão bibliográfica para compreensão das propriedades da madeira, conhecimento dos ensaios de caracterização e das principais espécies;
- Pesquisa diagnóstica para levantamento dos problemas, dificuldades e requisitos específicos para a aplicação do método;
- Análise da metodologia de ensaios usada para a caracterização do Banco de Dados do LPF;
- Aprendizado sobre sistemas de amostragem e formas de realização de inventários florestais;

- Determinação e análise das funções de resistência, bem como a discussão sobre seu nível de precisão, considerando as diferentes funções de ajuste usadas.

1.9. ESTRUTURAÇÃO

O trabalho será estruturado em 13 capítulos. Este primeiro capítulo aborda a introdução e as considerações sobre o tema do trabalho, além da definição de elementos basilares do método científico.

O segundo capítulo introduz o tema das Estruturas de Madeira ao longo da história, bem como discorre sobre sua possibilidade de uso considerando a situação da produção madeireira no Brasil.

O terceiro capítulo discorre sobre a madeira enquanto material de construção, suas classificações, bem como suas propriedades físicas e mecânicas principais.

O quarto capítulo fala sobre o sistema de amostragem para a caracterização das madeiras da Amazônia.

O quinto capítulo apresenta uma visão geral das propriedades de interesse das espécies de madeira, de modo a classificá-las quanto aos seus usos.

O sexto capítulo versa sobre o método das tensões admissíveis, seus requisitos de aplicação, e situa sua utilização no desenvolvimento deste trabalho.

O sétimo capítulo apresenta as funções de correlação entre as propriedades de interesse da madeira verde e seca e a Densidade Básica.

O oitavo capítulo analisa a significância de modo a corroborar a hipótese de correlação com a Densidade Básica estabelecida no capítulo 1.

O nono capítulo apresenta modelos para a resistência de elementos submetidos a flexão composta e análise de cargas localizadas.

O décimo capítulo fala sobre considerações que devem ser feitas e analisadas sobre o uso e hipóteses do modelo.

O décimo primeiro capítulo faz uma comparação de valores obtidos pelo método desenvolvido em comparação a valores obtidos experimentalmente.

O décimo segundo capítulo versa sobre considerações de segurança e desempenho em estruturas de madeira.

O décimo terceiro capítulo fala sobre considerações sobre os resultados das correlações obtidas.

E finalmente o décimo quarto capítulo traz conclusões e sugestões de como pode ser desenvolvido o estudo sobre o tema.

Nos anexos estão apresentadas as tabelas referentes ao Banco de Dados do LPF/MMA, separados por madeira verde e seca.

2. ESTRUTURAS DE MADEIRA

2.1. FATORES HISTÓRICOS

As estruturas de madeira existem desde as primeiras experiências do homem. Objetivando a possibilidade de suporte do teto da caverna em que habitava, a primeira viga pode ter surgido de algum tronco de árvore. Sendo leve, resistente e fácil de trabalhar, além de existir em abundância, com grande variabilidade de diâmetros, deu ao homem a possibilidade de abandonar a caverna, construindo inicialmente cabanas com estruturas rudimentares, e cobertas por folhagens. (ARAÚJO & SCHNEIDER, 2009).

A necessidade de cobrir espaços cada vez mais amplos tornou a estrutura mais complexa, com o uso de peças inclinadas que exigiam apoio intermediário, surgiram assim as escoras e contra níveis. Posteriormente as peças de suporte externo deixaram de ser ligadas ao solo, passando a ser apoiadas em conjuntos de elementos verticais, isto é, um conjunto de vigas e pilares. (BRANCO, 2005).

Durante muitos séculos foi a carpintaria a arte mais importante na construção dos edifícios, e a arquitetura foi fortemente influenciada por esse material (ARAÚJO & SCHNEIDER, 2009). Não apenas na construção, mas em vários outros ramos da atividade humana, notou-se a versatilidade do uso da madeira, dado que esta flutua, os primeiros barcos

eram de madeira, utensílios domésticos, de trabalho e móveis também eram desse material, devido a sua facilidade de trabalhar.

Em algumas civilizações, o uso da madeira se destacou de forma diferente, como no Extremo Oriente, com uma arquitetura leve e feita para suportar os terremotos frequentes, sendo usados encaixes frágeis, mas resistentes. Já a arquitetura Norueguesa é caracterizada pela largura das paredes, capazes de isolar o frio, e destaca-se, portanto, um uso de madeira maciça em grandes dimensões. (ARAÚJO & SCHNEIDER, 2009).

Ao longo da história brasileira, criou-se o hábito de se pensar em construções de madeira como construções de pouca durabilidade, principalmente devido ao uso de técnicas construtivas inadequadas, aliada à grande tradição de estruturas de concreto e alvenaria, herdada principalmente dos colonizadores portugueses. (MASCARENHAS, 2009). As regiões brasileiras com maior destaque no uso da madeira são as regiões sul e sudeste, que utilizaram a madeira como forma de construção habitacional principalmente devido à abundância do pinho do Paraná. Todavia, em 1905, na cidade de Curitiba, o governo proibiu a construção de casa de madeira nas zonas centrais da cidade, o que contribuiu para gerar, entre o meio técnico brasileiro, o preconceito com estruturas de madeira. (BRANCO, 2005).

Num período de vinte anos de produção, que vai dos anos oitenta até o início dos anos dois mil, destacaram-se os trabalhos dos arquitetos Severiano Mário Porto, na região Amazônica, e Marcos Acayaba, na região sudeste.

2.2. A SITUAÇÃO DAS RESERVAS FLORESTAIS DO BRASIL

O Brasil possui uma das maiores áreas florestais nativas e de reflorestamento do mundo. A região Norte apresenta uma ampla área de floresta tropical, e no Sul tem-se as reservas de reflorestamento do tipo Eucalipto e Pinus. No entanto, necessita-se de que o meio técnico brasileiro desenvolva uma visão mais ampla e responsável sobre o processo de construção em madeira, buscando a preservação dos recursos florestais, principalmente sob a recomendação de que as madeiras usadas na construção sejam de origem certificada ou retiradas de área de manejo.

Manejo entende-se como uma produção de madeira que atende às normas ambientais e trabalhistas. Deve-se salientar que uma área desse tipo, depois de explorada, só volta a ser objeto de exploração num prazo de 25 anos. E considera-se também que a exploração

madeira deve ser não predatória, ou seja, deve gerar renda e auxiliar no desenvolvimento econômico da população local, principalmente oferecendo qualificação

Somente cerca de 6% das áreas de florestas exploradas no mundo são aplicadas na construção civil. Ressalta-se a relevância para os países sul americanos do desenvolvimento da indústria de produtos florestais, como por exemplo, a produção de madeiras laminadas e chapas transformadas. A produção industrial pode gerar maior desenvolvimento econômico em países como o Brasil, do que a exploração extrativista do material bruto.

Nesse ensejo de certificação e regulamentação do processo de extração, surgiu o selo verde, que é a denominação mais comum para a marca do FSC (*Forset Stewardship Council*). Esse selo é reconhecido internacionalmente pelos produtores e consumidores de madeira, de forma que o comprador pode se certificar de que o produto não agrediu as florestas tropicais.

Tal certificação surgiu da crescente preocupação ambiental dos consumidores, e nesse sentido foram elaboradas normas de obtenção do selo, de modo que os produtos fossem enquadrados em um plano de manejo racionalizado. Esse processo ainda é voluntário e consiste das etapas de avaliação, adequação, certificação e monitoramento anual, de modo que o processo se mantenha dinâmico e favoreça a manutenção de práticas extrativas sustentáveis.

3. A MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO- PROPRIEDADES

3.1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Quando comparada a outros materiais de construção, a madeira apresenta uma excelente relação resistência/massa, conforme a tabela abaixo:

Material	$\rho(t/m^3)$	f(MPa)	f/ ρ
Madeira a tração	0,5-1,2	30-110	60-90
Madeira a compressão	0,5-1,2	30-60	50-60
Aço a tração	7,85	250	32
Concreto a compressão	2,5	40	16

Nota: ρ = massa específica; f = resistência característica.

Figura 1: Propriedades da Madeira: comparativo

Esta ainda possui outras características favoráveis ao uso em construção, como a facilidade de fabricação e bom isolamento térmico.

As madeiras utilizadas em construção são obtidas de troncos de árvores, e destacam-se, como classificação inicial, duas categorias principais:

- (a) Madeiras Macias: São provenientes, de modo geral, de árvores coníferas (da classe Gimnosperma), de crescimento rápido, como o pinheiro-do-Paraná, e pinheiro-bravo.
- (b) Madeiras Duras: São provenientes de árvores frondosas (Angiospermas), de crescimento lento e folhas achatadas, como peroba, ipê, carvalho, etc. Esse é o tipo de madeira mais presente no Brasil. As madeiras duras de melhor qualidade são também chamadas de madeiras de lei.

Essas categorias distinguem-se pela estrutura celular dos troncos, e não pela resistência, de modo que algumas árvores de madeiras duras produzem madeira menos resistente que as de madeira macia.

3.2. PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

As propriedades da madeira são condicionadas por sua estrutura física e anatômica, devendo, portanto, distinguir-se os valores correspondentes à tração dos valores correspondentes à compressão. Devido também a sua anisotropia, devem-se relacionar três direções principais de tensão: a direção paralela às fibras, a direção perpendicular a estas, e a direção tangencial, na forma da figura abaixo:

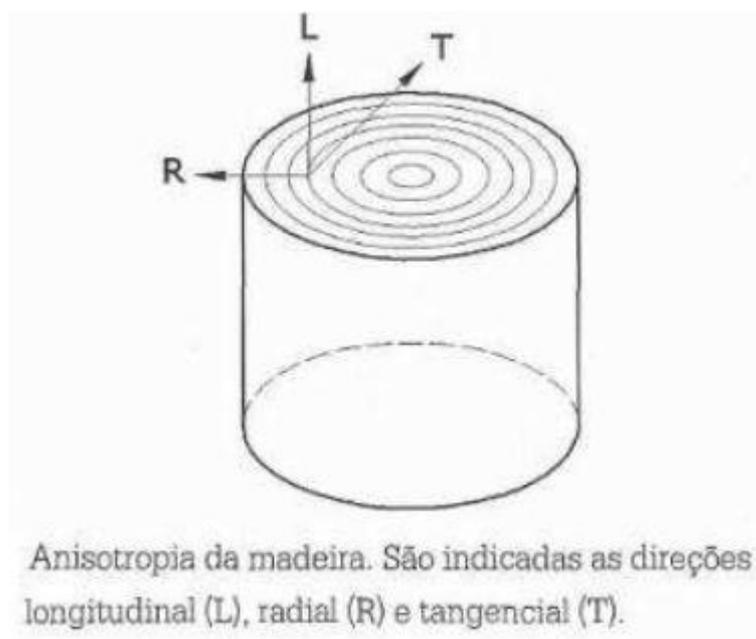


Figura 2: Anisotropia da Madeira

3.2.1. DENSIDADE BÁSICA

A densidade básica é uma propriedade de determinação fácil, com grandes aplicações na caracterização da madeira, e é, inclusive, a propriedade em que se baseia esse estudo. Esta é definida como o quociente da massa seca (m_s) pelo volume saturado (V_v).

A massa seca é obtida mantendo-se os corpos-de-prova em estufa a 103°C, até que sua massa permaneça constante, ou seja, seja atingido o valor de 0% de umidade. O volume saturado (ou volume verde) é determinado após submergir os corpos-de-prova em água até que sua massa se mantenha constante.

3.2.2. RESISTÊNCIA

A resistência pode ser entendida como a aptidão de determinado material suportar tensões. É determinada convencionalmente como a máxima tensão que pode ser aplicada a corpos-de-prova de determinado material, até que este se torne impossível utilizá-lo como elemento estrutural. Os principais fenômenos desse tipo, definidos pelas normas brasileiras são a ruptura e a deformação excessiva. Os efeitos da duração do carregamento e da unidade do meio ambiente são considerados por meio de coeficientes de modificação, ou K_{mod} .

Para este estudo, definiram-se as tensões de dimensionamento como: Tensão resistente nominal de compressão na flexão, de compressão axial, cisalhamento paralelo às fibras e compressão perpendicular às fibras. Tais parâmetros são determinados separadamente para madeiras verdes e secas, pois a depender de seu teor de umidade, o comportamento pode se diferenciar. Definir-se-ão com maiores detalhes esses parâmetros no capítulo subsequente.

3.2.3. RIGIDEZ

A rigidez dos materiais é medida pelo valor médio do módulo de elasticidade, determinado na fase de comportamento elástico-linear.

O módulo de elasticidade na direção paralela às fibras é medido no ensaio de compressão paralela às fibras, e o módulo de elasticidade na direção perpendicular às fibras é medido no ensaio de compressão normal às fibras.

Se não houver possibilidade de determinação empírica, pode-se assumir que o módulo de elasticidade na direção paralela as fibras igual a 20 vezes o módulo de elasticidade perpendicular a estas.

3.2.4. UMIDADE

A umidade tem grande importância sobre as propriedades da madeira.

O projeto de estruturas de madeira deve ser feito admitindo-se uma das classes de umidade especificadas pela NBR 7190/1997, como na tabela abaixo:

Classes de umidade	Umidade relativa do ambiente U_{amb}	Umidade de equilíbrio da madeira U_{eq}
1	$\leq 65\%$	12%
2	$65\% < U_{amb} \leq 75\%$	15%
3	$75\% < U_{amb} \leq 85\%$	18%
4	$U_{amb} > 85\%$ durante longos períodos	$\geq 25\%$

Figura 3: Classes de Umidade

As classes de umidade têm como função ajustar as propriedades de resistência e rigidez da madeira em função das condições ambientais de trabalho das estruturas. Também podem ser usadas como base para a determinação do melhor método de tratamento para a madeira.

O teor de umidade é a massa de água contida na madeira expressa como uma porcentagem em relação à massa seca desta, pela seguinte relação:

$$U(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100\%$$

A quantidade de água presente em madeiras verdes ou recém cortadas varia muito com as espécies e estação do ano. A faixa de variação da umidade das madeiras verdes tem como limites cerca de 30% para as madeiras resistentes e 130% para as madeiras macias.

Quando a madeira é posta a secar, evapora-se a água nas células ocas, atingindo-se o ponto de saturação das fibras, no qual a parede das células ainda está saturada, porém a água

em seu interior já evaporou. Este ponto corresponde ao grau de umidade de cerca de 30%. A partir desse ponto a madeira é denominada meio seca. Continuando-se a secagem, a madeira atinge o ponto de equilíbrio com o ar, sendo esta denominada seca ao ar. Esse ponto depende da umidade atmosférica, mas varia entre cerca de 10 e 20% para a umidade relativa do ar entre 60 e 90%. Em face a essa variabilidade, é mister que se defina uma umidade-padrão para a qual se refiram as propriedades. No Brasil adota-se 12% como umidade padrão de referência.

Devido à natureza higroscópica da madeira, o grau de umidade de uma peça em serviço pode variar continuamente, havendo variações diárias ou conforme as estações do ano.

3.2.5. RETRAÇÃO DA MADEIRA

As madeiras sofrem retração ou inchamento com a variação da umidade entre 0% e o ponto de saturação das fibras (30%), sendo a variação dimensional aproximadamente linear. O fenômeno é mais importante na direção tangencial. A retração radial é cerca de metade da retração tangencial. Na direção longitudinal a retração é menos pronunciada, valendo só cerca de 0,3% da dimensão verde para a secagem. O gráfico seguinte mostra os diagramas de retração e inchamento para três espécies: (1) Carvalho Brasileiro, (2) Eucalipto, (3) Pinho Brasileiro.

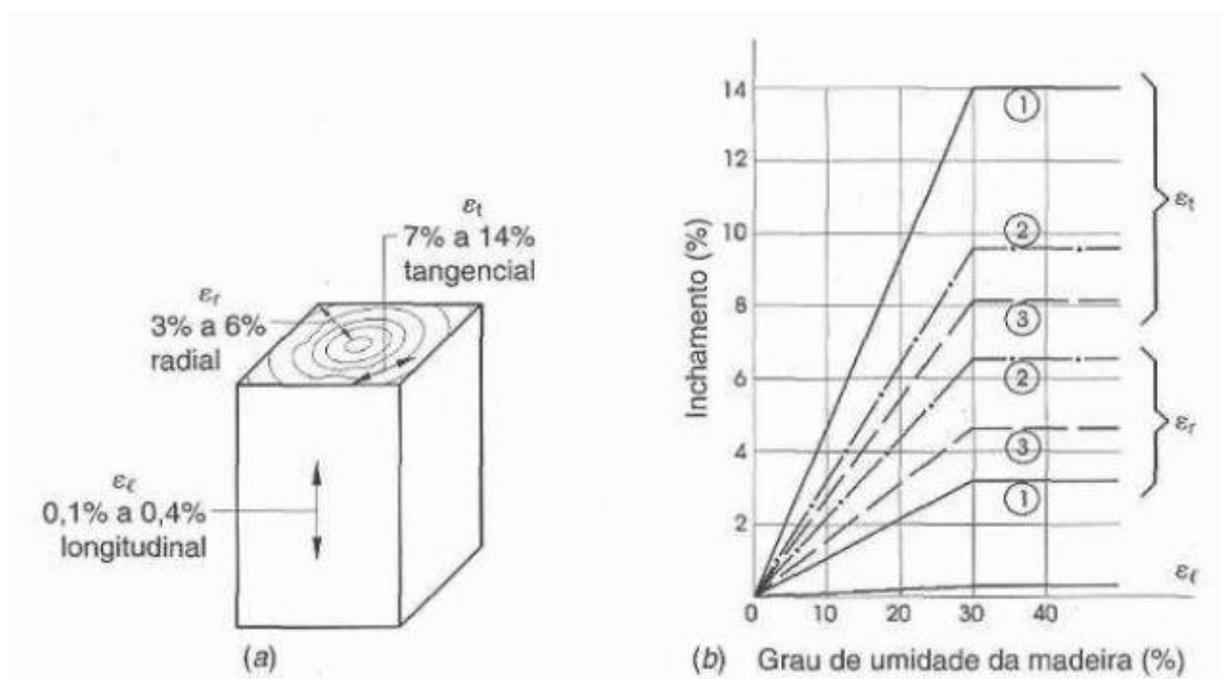


Figura 4: Retração da Madeira

3.3. DETERIORAÇÃO DA MADEIRA

A madeira está sujeita à deterioração por diversas formas, dentre as quais se destacam o ataque biológico e a ação do fogo. A deterioração por fungos é um exemplo de deterioração biológica comum nas madeiras.

A vulnerabilidade da madeira de construção ao ataque biológico depende, entre outros fatores:

- Da camada de tronco de onde foi extraída (o alborno é mais sensível que o cerne);
- Espécie da madeira (algumas espécies são mais resistentes à biodeterioração);
- Condições ambientais.

Por meio de tratamentos químicos pode-se aumentar a resistência da madeira. Esse tratamento, de maneira geral, consiste em impregnar a madeira com preservativos químicos e retardadores da ação do fogo.

3.4. DEFEITOS

As peças de madeira utilizadas nas construções apresentam uma série de defeitos que prejudicam a resistência, aspecto ou a durabilidade das peças. Esses efeitos se devem, principalmente, do fato de que a madeira é um material natural, e como tal apresenta imperfeições na constituição do tronco, ou no processo de preparação das peças. Como principais defeitos pode-se citar:

- Nós: Pontos do tronco onde existiam galhos, o que gera uma mudança na direção das fibras e faz com que, naquele local exista um ponto frágil na distribuição de tensões. Os galhos ainda vivos no momento da derubada da árvore produzem nós firmes, enquanto os galhos mortos produzem nós soltos. Os nós soltos podem cair durante a serragem, gerando buracos na madeira.
- Fendas: São aberturas geralmente presentes nas extremidades das peças, produzidas pela secagem mais rápida da superfície com relação à região interna. Se situam em planos longitudinais radiais, e atravessam os anéis de crescimento.

Seu aparecimento pode ser evitado com o controle de secagem da madeira, de modo que este se dê de forma uniforme.

- Gretas: Separação entre os anéis de crescimento, provocada por tensões internas, como flexão devido ao vento.

4. CARACTERIZAÇÃO

4.1. SISTEMA DE AMOSTRAGEM PARA CARACTERIZAÇÃO DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA

Nos últimos trinta anos, o Laboratório de Produtos Florestais- LPF do Ministério do Meio Ambiente conduziu um extenso programa para a caracterização das madeiras da Amazônia, tendo caracterizado cerca de 250 espécies diferentes de madeira, seguindo um rigoroso sistema de amostragem aleatória para que os materiais de campo fossem selecionados. Foram então realizados ensaios em laboratório para a determinação de uma série de propriedades. O objetivo do desenvolvimento deste programa experimental era obter resultados representativos das árvores da Amazônia como um todo, e dessa forma, poder comparar resultados e prever propriedades.

Foi adotada, portanto, uma metodologia específica, que leva em conta as condições e características das florestas tropicais. Tal metodologia foi proposta por NOACK (1970), com base em estudos e observações de madeiras tropicais.

Tal metodologia compreende as fases descritas a seguir:

- Fase 1: Escolha da região de coleta, que depende da existência de um Inventário Florestal;
- Fase 2: Montar infraestrutura com recursos humanos, materiais e de apoio na cidade mais próxima à região de coleta;
- Fase 3: Identificar na região selecionada os pontos de coleta;
- Fase 4: Executar a coleta das amostras segundo critérios preestabelecidos;
- Fase 5: Transporte do material coletado para o laboratório em Brasília;
- Fase 6: Acondicionamento e climatização das amostras no laboratório;
- Fase 7: Execução dos ensaios em laboratório.

Deve-se salientar que tal metodologia de caracterização exige elevada movimentação de recursos financeiros e humanos, para que se tenha um bom grau de certeza de que as amostras ensaiadas podem ser representativas.

Tal programa de caracterização determinou propriedades físicas e mecânicas, desenvolveu estudos de anatomia, química, secagem, preservação e durabilidade, compreendendo, portanto, um grande arcabouço informacional para estudo da madeira não apenas para o ponto de vista estrutural, mas também para diversos outros tipos de uso.

Tem-se que, devido às características específicas do mercado de madeira no Brasil, as que se tem disponíveis no mercado são, na grande maioria das vezes, utilizadas em condição verde (acima do valor de 12% de umidade). Isso se deve ao fato de que a maioria dos fornecedores não dispõem de pátios adequados para a secagem, e não têm infraestrutura adequada para a secagem artificial. (DePaula, 2016).

Diante disso, no programa experimental conduzido pelo LPF/MMA, são consideradas as madeiras verdes e secas (sendo os ensaios realizados para o teor de umidade de equilíbrio de 12%).

Um programa experimental com essa abrangência, principalmente considerando as espécies amazônicas de madeira, pressupõe a existência de um Inventário Florestal. Sendo esse o procedimento para que se obtenham as informações necessárias sobre as características quantitativas e qualitativas da floresta, de modo a conhecer áreas e as formas nas quais está se desenvolvendo a floresta (DePaula, 2016). Um Inventário Florestal pode fornecer diversas informações, tais como:

- Estimativa de área;
- Descrição da topografia;
- Mapeamento da área;
- Descrição de acessos;
- Condições de transporte para a madeira;
- Estimativa da quantidade e qualidade de diferentes espécies;
- Estimativas de crescimento (se o inventário for realizado mais de uma vez);

A elaboração de um Inventário Florestal é, portanto, dispendiosa, principalmente no tocante ao tempo e recursos financeiros empregados para a sua realização. E quando se

consideram as dimensões territoriais e a quantidade de espécies de madeira na região amazônica, as dificuldades são aumentadas. Aliadas a estas, têm-se as más condições das estradas, dificuldade de acesso à mata, dificuldade de acesso, dentre outros fatores que são determinantes neste caso.

Devido aos fatores supracitados, tem-se que o método convencional de estudo e pesquisa é quase inviável. Nesse sentido, é preciso considerar a necessidade de caracterização de milhares de novas espécies de árvores, além das 273 que já foram caracterizadas. No programa inicial de caracterização foram gastos quase 30 anos de pesquisas, portanto é inviável a caracterização das cerca de 2.700 espécies existentes atualmente na Amazônia (DePaula,2017).

Portanto, sob condições semelhantes de disponibilidade de recursos e condições observados no processo inicial de caracterização, seriam necessários mais de dois séculos de pesquisas para a caracterização das espécies restantes. Nesse sentido, o método convencional revela-se inviável técnico e economicamente.

Dessa forma, o objetivo deste estudo é proporcionar a continuação dos estudos realizados, sem que para isso seja necessário o aporte de recursos supracitados. Deseja-se, portanto, usar a representatividade do trabalho já desenvolvido pelo LPF para que, sejam estudadas as demais espécies, que têm, inclusive, grandes chances de serem viáveis tecnológico e economicamente, de modo a colaborar na preservação das espécies que são tradicionalmente usadas no mercado brasileiro atual.

5. CLASSIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE MADEIRA POR USO ESPECÍFICO

Os materiais manufaturados na indústria são fabricados para atender as necessidades de usos específicos. A madeira, por ser de natureza orgânica, se desenvolve com características próprias que são praticamente constantes dentro de uma mesma espécie. A grande quantidade de espécies de madeiras existentes e a variabilidade de comportamento que apresentam quanto à resistência, estabilidade e durabilidade permite que o processo de escolha de uma determinada espécie se dê de forma inversa, isto é, utilizar a espécie que possuir propriedades que atendam às necessidades de um uso específico. Desta forma, a garantia de eficiência, resistência e

durabilidade vão depender das condições de exposição que irá definir qual espécie possui as propriedades que atendam a estas condições específicas (MELO,2017).

Quando se pretende utilizar espécies pouco desconhecidas é comum comparar as propriedades de espécies tradicionalmente utilizadas, com as propriedades destas espécies.

5.1. CLASSIFICAÇÃO EM USOS FINAIS

A densidade é tomada como parâmetro básico na definição de usos, devido a sua correlação relativamente alta com as propriedades de resistência.

A definição de usos específicos foi feita para 224 espécies de madeiras, coletadas em diferentes regiões da Amazônia, caracterizadas pelo Laboratório de Produtos Florestais/MMA, cujas propriedades físicas e mecânicas foram determinadas em conformidade com as normas COPANT/72 (IBDF, 1981; IBDF, 1988; IBAMA, 1997).

O sistema de amostragem para seleção corte e retirada das amostras por árvore de cada espécie foi feito de forma aleatória resultando, após identificação botânica, de três a quinze árvores por espécie (Noack, 1970).

As espécies foram agrupadas em intervalos de classes, para a densidade básica, contração volumétrica, cores do cerne, tipos de grã e de textura, módulo de elasticidade em ordem decrescente e propriedades físicas e mecânicas.

As espécies listadas a seguir, bem como as propriedades mais importantes para os usos na construção e a metodologia utilizada foram retiradas do livro “A Madeira e seus Usos”. (MELO, 2016)

5.1.1. ESTRUTURA DE COBERTURA (VIGA, CAIBRO E RIPA)

As espécies estão colocadas por ordem decrescente de prioridade, em função das propriedades tecnológicas, como Densidade Básica, características de grã. mais apropriadas para o uso:

<i>Tabebuia serratifolia</i> - Ipê (1)	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> - Peroba-mico (49)
<i>Chrysophyllum prieurii</i> - Abiu-de-casca-fina (2)	<i>Trichilia lecointei</i> - Pracuúba-da-terra-firme (50)
<i>Diploptropis purpurea</i> - Sucupira-da-terra-firme (3)	<i>Couratari stellata</i> - Tauari (51)
<i>Swartzia recurva</i> - Urucurana (4)	<i>Eschweilera longipes</i> - Matamatá (52)
<i>Vantanea parviflora</i> - Uchirana (5)	<i>Vatairea sericea</i> - Angelim-amargoso (53)
<i>Bowdichia nitida</i> - Sucupira-preta (6)	<i>Pouteria gongrijpii</i> – Abiurana (54)
<i>Aniba canelilla</i> - Preciosa (7)	<i>Eschweilera grandiflora</i> - Matamatá (55)

<i>Pouteria caimito</i> - Abiurana (8)	<i>Licania oblongifolia</i> - Mucucurana (56)
<i>Zollernia paraensis</i> - Pau-santo (9)	<i>Dialium guianense</i> - Jutaipeba (57)
<i>Dipteryx odorata</i> - Cumaru (10)	<i>Couepia robusta</i> - Castanha-de-cutia (58)
<i>Tabebuia cf. incana</i> - Ipê-amarelo (11)	<i>Tabebuia sp.</i> - Ipê (59)
<i>Peltogyne paniculata</i> - Roxinho (12)	<i>Ormosia paraensis</i> - Tento (60)
<i>Hymenaea parvifolia</i> - Jatobá/Jutaí-mirim (13)	<i>Astronium ulei</i> - Muiracatiara (61)
<i>Manilkara huberi</i> - Maçaranduba (14)	<i>Eschweilera coriacea</i> - Matamatá-preto (62)
<i>Dinizia excelsa</i> - Angelim-vermelho (15)	<i>Astronium lecointei</i> - Muiracatiara-rajada (63)
<i>Pouteria egregia</i> - Abiu-pitomba (16)	<i>Buchenavia huberi</i> - Cuiarana (64)
<i>Pouteria guianensis</i> - Abiurana (17)	<i>Sloanea sp.</i> - Urucurana (65)
<i>Sloanea nitida</i> - Urucurana (18)	<i>Pouteria pachycarpa</i> - Goiabão (66)
<i>Enterolobium schomburgkii</i> - Sucupira amarela (19)	<i>Micropholis venulosa</i> - Rosadinho (67)
<i>Diploon venezuelana</i> - Abiurana (20)	<i>Sclerolobium poeppigianum</i> - Taxi-pitomba (68)
<i>Gutteria procera</i> - Envira-preta (21)	<i>Aspidosperma desmanthum</i> - Araracanga (69)
<i>Roupala montana</i> - Louro-faia/Faieira (22)	<i>Drypetes variabilis</i> - Pau-branco (70)
<i>Terminalia cf. argentea</i> - Cuia (23)	<i>Hymenolobium modestum</i> - Angelim-pedra (71)
<i>Cassia scleroxylon</i> - Muirapixuna (24)	<i>Cassia fastuosa</i> - Canafistula (72)
<i>Lecythis pisonis</i> - Castanha-sapucaia (25)	<i>Tetragastris altissima</i> - Breu (73)
<i>Hymenaea courbaril</i> - Jatobá (26)	<i>Andira sp.</i> - Angelim-tinto (74)
<i>Endopleura uchi</i> - Uchi-liso (27)	<i>Acioa sp.</i> - Castanha-de-cutia (75)
<i>Inga paraensis</i> - Ingá/Ingarana (28)	<i>Manilkara bidentata</i> - Maçaranduba (76)
<i>Parinari excelsa</i> - Parinari (29)	<i>Glycydendron amazonicum</i> - Glícia (77)
<i>Mouriri callocarpa</i> - Miraúba (30)	<i>Euxylophora paraensis</i> - Pau-amarelo (78)
<i>Brosimum rubescens</i> - Amapá-amargoso (31)	<i>Micropholis guianensis</i> - Abiurana-branca (79)
<i>Protium sp.</i> - Breu (32)	<i>Piptadenia suaveolens</i> - Faveira-folha-fina (80)
<i>Laetia procera</i> - Pau-jacaré (33)	<i>Buchenavia sp.</i> - Tanibuca (81)
<i>Licaria rigida</i> - Louro/Louro-amarelo (34)	<i>Micrandra rossiana</i> - Seringarana (82)
<i>Qualea brevipedicellata</i> - Mandioqueira-áspera (35)	<i>Tetragastris panamensis</i> - Barrote (83)
<i>Peltogyne cf. subsessilis</i> - Roxinho (36)	<i>Goupia glabra</i> - Cupiúba (84)
<i>Zizyphus itacaiunensis</i> - Maria-preta (37)	<i>Terminalia amazonica</i> - Cuiarana (85)
<i>Pouteria anomala</i> - Rosadinho/Mangarana (38)	<i>Apuleia molaris</i> - Garapeira (86)
<i>Marmaroxylon racemosum</i> - Angelim-rajado (39)	<i>Buchenavia capitata</i> - Tanibuca (87)
<i>Licania gracilipes</i> - Caraiperana (40)	<i>Maclura tinctoria</i> - Amoreira (88)
<i>Pouteria sp.</i> - Jará (41)	<i>Buchenavia cf. viridiflora</i> - Tanibuca (89)
<i>Astronium gracile</i> - Muiracatiara (42)	<i>Andira retusa</i> - Andirá-uxi (90)
<i>Licania octandra</i> - Caraiapé (43)	<i>Pouteria oppositifolia</i> - Abiu (91)
<i>Myrocarpus frondosus</i> - Cabreúva-parda (44)	<i>Piptadenia communis</i> - Faveira-folha-fina (92)
<i>Pouteria oblanceolata</i> - Tutturubá (45)	<i>Mezilaurus itauba</i> - Itaúba-amarela (93)
<i>Brosimum alicastrum</i> - Janitá (46)	<i>Buchenavia grandis</i> - Tanibuca (94)
<i>Vatairea paraensis</i> - Angelim-amargoso (47)	<i>Mezilaurus lindaviana</i> - Itaúba (95)
<i>Acioa edulis</i> - Castanha-de-cutia (48)	

PROPRIEDADES MAIS IMPORTANTES PARA O USO:

Densidade básica média a densidade básica alta

A densidade básica está relacionada com as propriedades de resistência e de durabilidade. Em geral, quanto maior a densidade maior é a resistência e, conseqüentemente, maior é a economia em relação ao volume de madeira na cobertura.

Resistência mecânica

Como os principais tipos de esforços são de flexão e cisalhamento e as cargas não são elevadas, as espécies de madeira com alto módulo de elasticidade são as mais econômicas, em termos de volume por metro quadrado de área de construção.

Durabilidade natural

É importante observar a durabilidade natural da madeira, devido a eventuais acúmulos de umidade e possíveis ataques de organismos xilófagos. Geralmente, a madeira de alta durabilidade natural não requer a sua preservação com produtos químicos.

Grã direita, reversa e ondulada

A madeira de grã direita apresenta menos defeitos no processamento e proporciona maior facilidade no acabamento. Considerando o tipo de acabamento desejado, a madeira de grã reversa ou ondulada também pode ser utilizada. Não é recomendável o emprego de madeiras de grã inclinada e irregular, por apresentarem baixa resistência à flexão.

Odor

Não se deve usar em estrutura de cobertura a madeira que apresenta odor desagradável, principalmente em cobertura sem laje.

5.1.2. PONTE

5.1.2.1. PILAR OU COLUNA

As espécies estão colocadas por ordem decrescente de prioridade, em função das propriedades tecnológicas mais apropriadas para o uso:

<i>Cassia scleroxylon</i> - Muirapixuna (1)	<i>Pouteria egregia</i> - Abiu-pitomba (16)
<i>Zollernia paraensis</i> - Pau-santo (2)	<i>Enterolobium schomburgkii</i> - Sucupira-amarela (17)
<i>Tabebuia serratifolia</i> - Ipê (3)	<i>Lecythis pisonis</i> - Castanha-sapucaia (18)
<i>Aniba canelilla</i> - Preciosa (4)	<i>Dinizia excelsa</i> - Angelim-vermelho (19)
<i>Hymenaea parvifolia</i> - Jatobá/Jutaí-mirim (5)	<i>Pouteria guianensis</i> - Abiurana (20)
<i>Sloanea nitida</i> - Urucurana (6)	<i>Licania oblongifolia</i> - Mucucurana (21)
<i>Trichilia lecointei</i> - Pracuúba-da-terra-firme (7)	<i>Couepia robusta</i> - Castanha-de-cutia (22)
<i>Pouteria caimito</i> - Abiurana (8)	<i>Manilkara bidentata</i> - Maçaranduba (23)
<i>Mouriri callocarpa</i> - Miraúba (9)	<i>Tabebuia cf. incana</i> - Ipê-amarelo (24)
<i>Dipteryx odorata</i> - Cumarú (10)	<i>Inga paraensis</i> - Ingá/Ingarana (25)
<i>Manilkara huberi</i> - Maçaranduba (11)	<i>Licania gracilipes</i> - Caraiperana (26)
<i>Tabebuia sp.</i> - Ipê (12)	<i>Acioa edulis</i> - Castanha-de-cutia (27)
<i>Vantanea parviflora</i> - Uchirana (13)	<i>Terminalia cf. argentea</i> - Cuia (28)
<i>Diploon venezuelana</i> - Abiurana (14)	<i>Zizyphus itacaiunensis</i> - Maria-preta (29)
<i>Dialium guianense</i> - Jutaipeba (15)	<i>Terminalia amazonica</i> - Cuiarana (30)

Tabela 2: Classificação de espécies para uso em Pilares de Ponte

PROPRIEDADES MAIS IMPORTANTES PARA O USO:

Densidade básica alta

A densidade básica está relacionada com as propriedades de resistência e de durabilidade da madeira. As condições agressivas de exposição e altas solicitações de esforços na flexão, na compressão e cisalhamento paralelo às fibras requerem o uso de espécies de madeira de densidade básica a mais alta possível.

Durabilidade natural

É importante considerar a durabilidade natural em usos que mantém a madeira em contato constante com a umidade. Geralmente, a madeira de alta durabilidade natural

não requer a sua preservação com produtos químicos. Não foram encontrados dados referentes à sua durabilidade natural.

Impacto

A resistência ao impacto proporciona uma melhor resposta aos possíveis choques e frenagem sobre a ponte.

Grã direita, reversa e ondulada

Não é recomendável o emprego de madeiras de grã inclinada e irregular, por apresentarem baixa resistência à flexão e ao impacto.

5.1.2.2. VIGA E TABULEIRO OU ESTRADO

As espécies estão colocadas por ordem decrescente de prioridade, em função das propriedades tecnológicas mais apropriadas para o uso:

<i>Tabebuia serratifolia</i> - Ipê (1)	<i>Hymenaea courbaril</i> - Jatobá (26)
<i>Chrysophyllum prieurii</i> - Abiu-de-casca-fina (2)	<i>Inga paraensis</i> - Ingá/Ingarana (27)
<i>Swartzia recurva</i> - Urucurana (3)	<i>Mouriri callocarpa</i> - Miraúba (28)
<i>Vantanea parviflora</i> - Uchirana (4)	<i>Protium sp.</i> - Breu (29)
<i>Bowdichia nitida</i> - Sucupira-preta (5)	<i>Zizyphus itacaiunensis</i> - Maria-preta (30)
<i>Aniba canelilla</i> - Preciosa (6)	<i>Peltogyne cf. subsessilis</i> - Roxinho (31)
<i>Zollernia paraensis</i> - Pau-santo (7)	<i>Licania gracilipes</i> - Caraiperana (32)
<i>Pouteria caimito</i> - Abiurana (8)	<i>Marmaroxylon racemosum</i> - Angelim-rajado (33)
<i>Dipteryx odorata</i> - Cumarú (9)	<i>Pouteria oblanceolata</i> - Tuturubá (34)
<i>Tabebuia cf. incana</i> - Ipê-amarelo (10)	<i>Myrocarpus frondosus</i> - Cabreúva-parda (35)
<i>Peltogyne paniculata</i> - Roxinho (11)	<i>Licania octandra</i> - Caraiapé (36)
<i>Hymenaea parvifolia</i> - Jatobá/Jutaí-mirim (12)	<i>Acioa edulis</i> - Castanha-de-cutia (37)
<i>Manilkara huberi</i> - Maçaranduba (13)	<i>Licania oblongifolia</i> - Mucucurana (38)
<i>Pouteria egregia</i> - Abiu-pitomba (14)	<i>Trichilia lecointei</i> - Pracuúba-da-terra-firme (39)
<i>Dinizia excelsa</i> - Angelim-vermelho (15)	<i>Piptadenia suaveolens</i> - Faveira-folha-fina (40)
<i>Pouteria guianensis</i> - Abiurana (16)	<i>Tabebuia sp.</i> - Ipê (41)
<i>Sloanea nitida</i> - Urucurana (17)	<i>Couepia robusta</i> - Castanha-de-cutia (42)

<i>Diploon venezuelana</i> - Abiurana (18)	<i>Astronium lecointei</i> - Muiracatiara-rajada (43)
<i>Enterolobium schomburgkii</i> - Sucupira-amarela (19)	<i>Buchenavia huberi</i> - Cuiarana (44)
<i>Cassia scleroxylon</i> - Muirapixuna (20)	<i>Buchenavia sp.</i> - Cuiarana (45)
<i>Terminalia cf. argentea</i> - Cuia (21)	<i>Manilkara bidentata</i> - Maçaranduba (46)
<i>Roupala montana</i> - Louro-faia/Faeira (22)	<i>Acioa sp.</i> - Castanha-de-cutia (47)
<i>Dialium guianense</i> - Jutaipeba (23)	<i>Tetragastris panamensis</i> - Breu-preto (48)
<i>Lecythis pisonis</i> - Castanha-sapucaia (24)	<i>Terminalia amazonica</i> - Cuiarana (49)
<i>Endopleura uchi</i> - Uchi-liso (25)	

Tabela 3: Classificação de espécies para uso em Vigas e Tabuleiros de Pontes

PROPRIEDADES MAIS IMPORTANTES PARA O USO:

Densidade básica alta

A densidade básica está relacionada com as propriedades de resistência e de durabilidade da madeira. As condições agressivas de exposição e altas solicitações de esforços na flexão, na compressão e cisalhamento paralelo às fibras requerem o uso de espécies de madeira de densidade básica a mais alta possível.

Madeiras com alto módulo de elasticidade tendem a diminuir os efeitos de vibração.

Durabilidade natural

É importante considerar a durabilidade natural em usos que mantém a madeira em contato constante com a umidade. Geralmente, a madeira de alta durabilidade natural não requer a sua preservação com produtos químicos. Não foram encontrados dados referentes à sua durabilidade natural.

Impacto

A resistência ao impacto proporciona uma melhor resposta aos possíveis choques e frenagem sobre a ponte.

Grã direita, reversa e ondulada

Não é recomendável o emprego de madeiras de grã inclinada e irregular, por apresentarem baixa resistência à flexão e ao impacto.

Obs. Determinados produtos químicos presentes na madeira podem reagir quando em contato com outros elementos químicos da natureza formando subprodutos como ácidos. Estes ácidos

podem provocar oxidações ou mesmo corrosões quando em contato com metais, comprometendo a sua durabilidade e resistência.

6. O MÉTODO DAS TENSÕES ADMISSÍVEIS

Para que uma estrutura tenha um comportamento adequado do ponto de vista de segurança e desempenho, seu projeto e execução devem ser feitos para suportar as solicitações previstas durante sua execução e utilização, a um custo razoável e com boas características de manutenção. Para tanto, os esforços solicitantes e de resistência não devem ultrapassar determinados limites, que dependem do material, formato da estrutura e do sistema construtivo empregado. (MELO, 2016).

Desse modo, conhecer o comportamento mecânico do material, determinado a partir de sua caracterização, permite que se estabeleçam coeficientes de segurança regulamentados por meio de normas de dimensionamento de estruturas, que são aplicados às ações e/ou resistências. No método de dimensionamento pelas tensões admissíveis o coeficiente de segurança é aplicado nos valores de resistência do material, enquanto que no método probabilístico de dimensionamento pelos estados limites, o coeficiente de segurança é aplicado às ações na estrutura e nos valores de resistência do material. (MELO, 2016).

A partir de 1997, a norma brasileira de projeto e dimensionamento de estruturas de madeira passou a utilizar o método de dimensionamento por estados limites, tendo seus coeficientes calibrados para que os mesmos resultados fossem obtidos em ambos os métodos, de modo que tal alteração não resultou em mudanças significativas do ponto de vista de projeto e economia de madeira em uma estrutura. Tal consideração justifica a adoção do Método das Tensões Admissíveis para o desenvolvimento e análise das correlações estabelecidas neste trabalho.

O método das tensões admissíveis, portanto, consiste em aplicar um coeficiente de segurança nas propriedades de resistência do material de forma que o mesmo tenha um comportamento elástico e cujas ações são consideradas no seu valor real estimado. Atende a dois requisitos de segurança: de resistência, onde os esforços aplicados à estrutura devem ser menores que os esforços admissíveis e de deformação, onde as deformações de elementos e/ou da estrutura devem ser menores que as deformações admissíveis. O coeficiente de segurança leva em consideração uma série de fatores que afetam a resistência da madeira, tais como tempo de duração de carga, teor de umidade, defeitos e a variabilidade da resistência entre espécies,

entre árvores de uma mesma espécie e dentro de uma mesma árvore. Pela norma, este coeficiente possui valor constante para cada direção de solicitação e é aplicado sobre o valor médio de ensaios de caracterização, realizados em pequenos corpos-de-prova isentos de defeitos, na condição verde, conforme metodologia e sistemas de amostragens normalizados. (MELO, 2016).

7. FUNÇÕES DE CORRELAÇÃO ENTRE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA VERDE (SATURADA) E SECA (12% DE UMIDADE) PARA O MÉTODO DAS TENSÕES ADMISSÍVEIS

As funções de correlação, entre a *Densidade Básica- D_b* e *Propriedades Mecânicas de Espécies de Madeira da Amazônia*, foram obtidas pela utilização do modelo estatístico matemático incorporado na versão educacional do software comercial *Excel*, da Microsoft. O Banco de Dados obtido pelo programa de caracterização conduzido pelo LPF é composto por 273 espécies de madeiras da Amazônia. Nos itens seguintes são apresentadas as correlações obtidas entre a densidade básica e propriedades mecânicas importantes para o uso e o projeto de elementos de madeira, obtendo-se funções de resistência para: tensão de compressão na flexão, compressão uniforme axial, cisalhamento na flexão, efeito de cargas localizadas e módulo de elasticidade.

Estabelecidas essas correlações, conforme os itens seguintes é possível verificar Condições de Segurança e Desempenho de Estruturas de Madeira, de forma simples a partir de uma única propriedade conceitualmente fácil de ser compreendida – a Densidade Básica.

Para a determinação de tais funções, fez-se a regressão estatística e a determinação das tendências dos dados para diversas funções matemáticas.

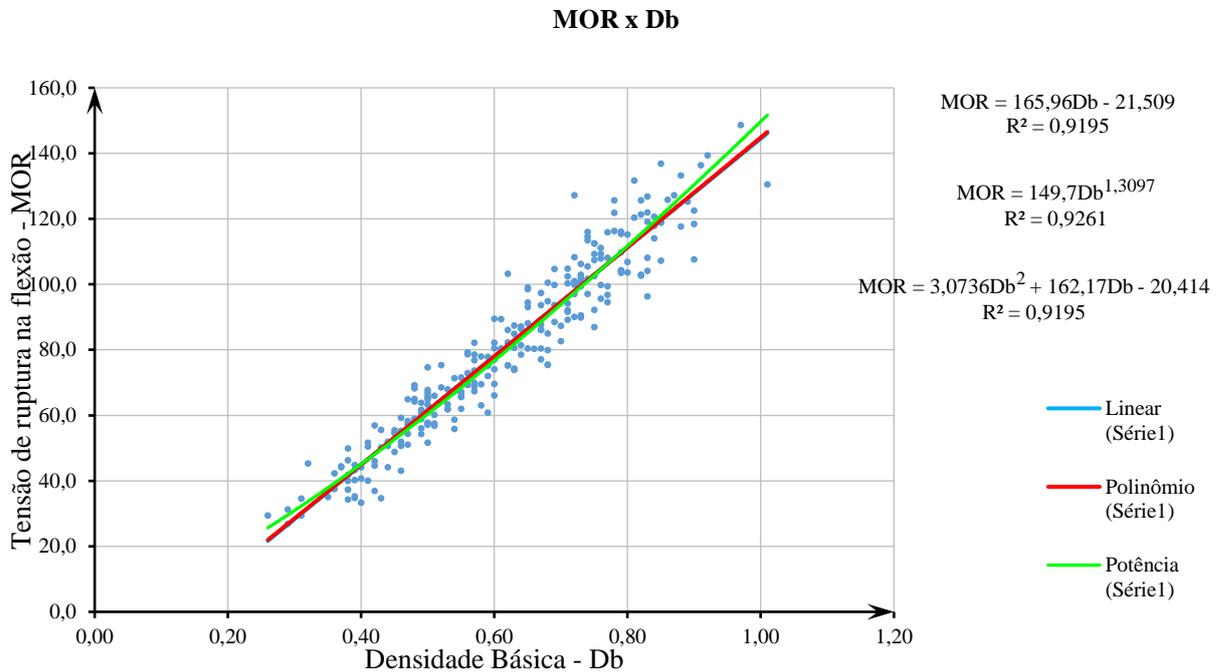
7.1. TENSÃO RESISTENTE NOMINAL DE COMPRESSÃO NA FLEXÃO (MOR)

Este é o caso de elementos estruturais submetidos à flexão simples, correspondentes a um estado de tensões gradientes na flexão. Esta propriedade é usada no dimensionamento de peças fletidas e arqueamento de peças.

(Tamanho da amostra para ensaio de cada espécie: 20 corpos de prova)

(Total de espécies estudadas: 270)

7.1.1. MOR PARA A MADEIRA VERDE



Portanto, tem-se a Tensão Resistente Nominal de Compressão na Flexão (MOR) em função da Densidade Básica, para a madeira verde, como:

$$MOR = 165,96D_b - 21,509$$

7.1.2. MOR PARA A MADEIRA SECA (UMIDADE A 12%)

Para a madeira seca, as funções de correlação não podem ser feitas diretamente pela Densidade Básica, uma vez que, ao considerá-la como a relação entre massa seca a 12% de umidade e volume saturado, não se leva em conta o fato de que o fator de umidade da madeira quando esta está seca não é necessariamente o de 12%, uma vez que este varia em função da umidade ambiente do local. Para desconsiderar essa parcela de umidade, far-se-á a correlação entre a Tensão resistente em questão com a Densidade Aparente (sendo essa definida como a relação entre massa e volume no momento da determinação, não necessariamente estando no teor de umidade de equilíbrio).

Após a obtenção da relação entre MOR e Densidade Aparente, obtendo-se a relação entre esta e a Densidade básica, obtém-se a correlação entre MOR e Densidade Básica. Tal metodologia será estendida para todas as outras tensões a serem determinadas na madeira seca.

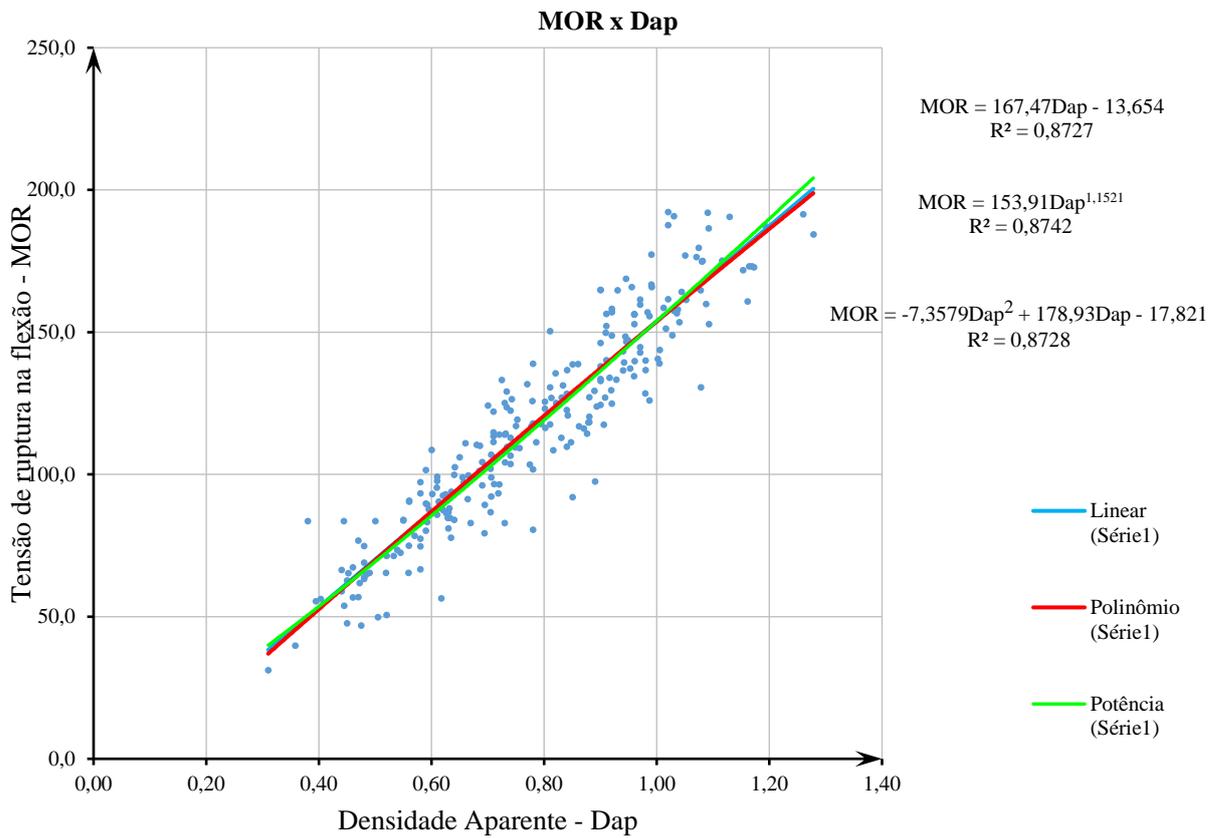


Figura 6: MOR madeira seca

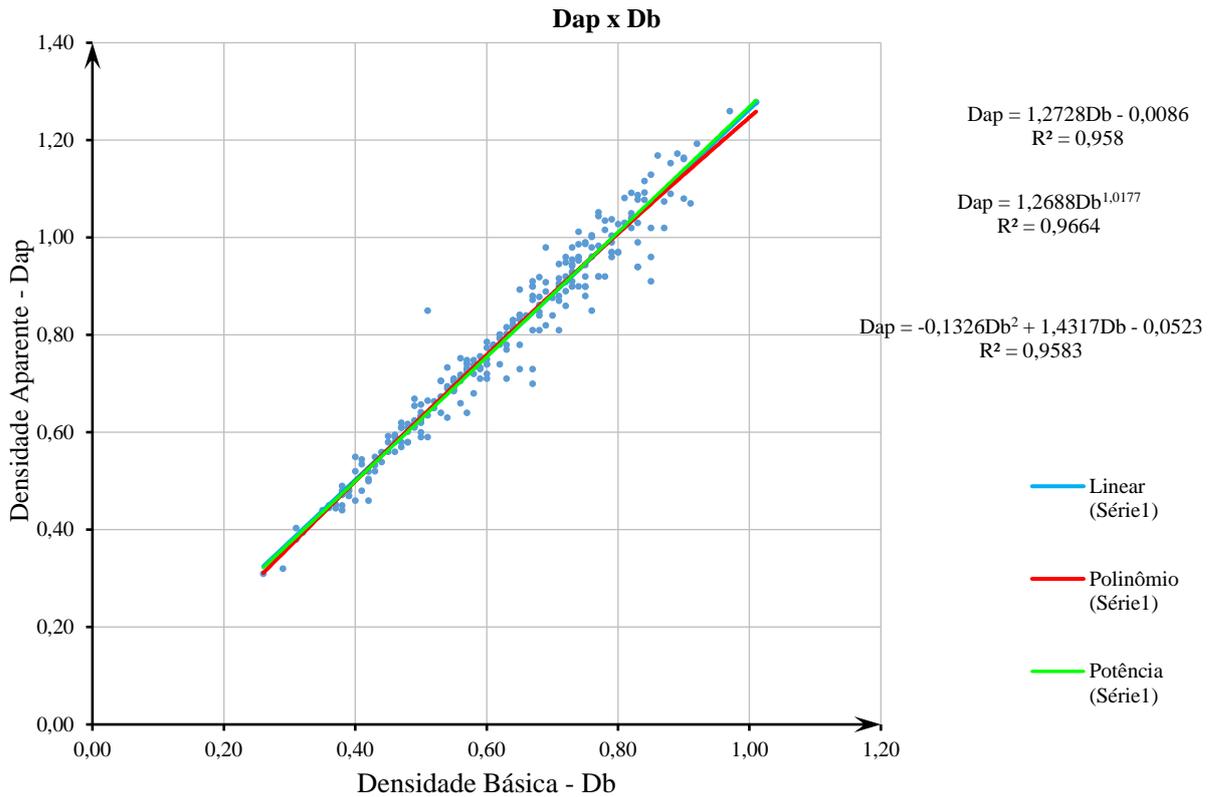


Figura 7: Correlação entre Densidade Básica e Densidade Aparente

Portanto, tem-se a Tensão Resistente Nominal de Compressão na Flexão (MOR) em função da Densidade Básica, para a madeira seca a 12% de umidade, como:

$$MOR = 212,1544D_b - 14,3184$$

7.2. TENSÃO RESISTENTE NOMINAL DE COMPRESSÃO AXIAL (CPA)

Esta propriedade é usada para a verificação da resistência de barras uniformemente comprimidas axialmente, tais como pilares, barras de treliças, e verificação do estado de tensões em ligações.

7.2.1. CPA PARA A MADEIRA VERDE

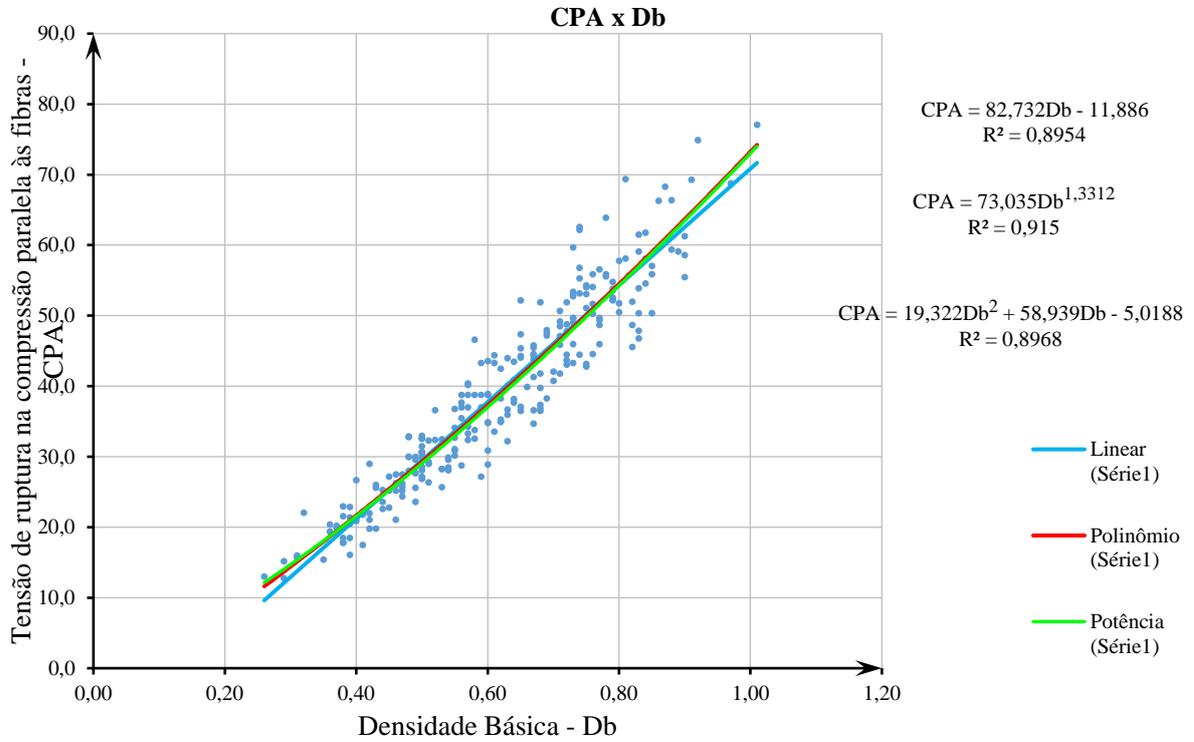


Figura 8: CPA madeira verde

Portanto, tem-se a Tensão Resistente Nominal de Compressão Axial (CPA) em função da Densidade Básica, para a madeira verde, como:

$$CPA = 82,732D_b - 11,886$$

7.2.2. CPA PARA A MADEIRA SECA (UMIDADE A 12%)

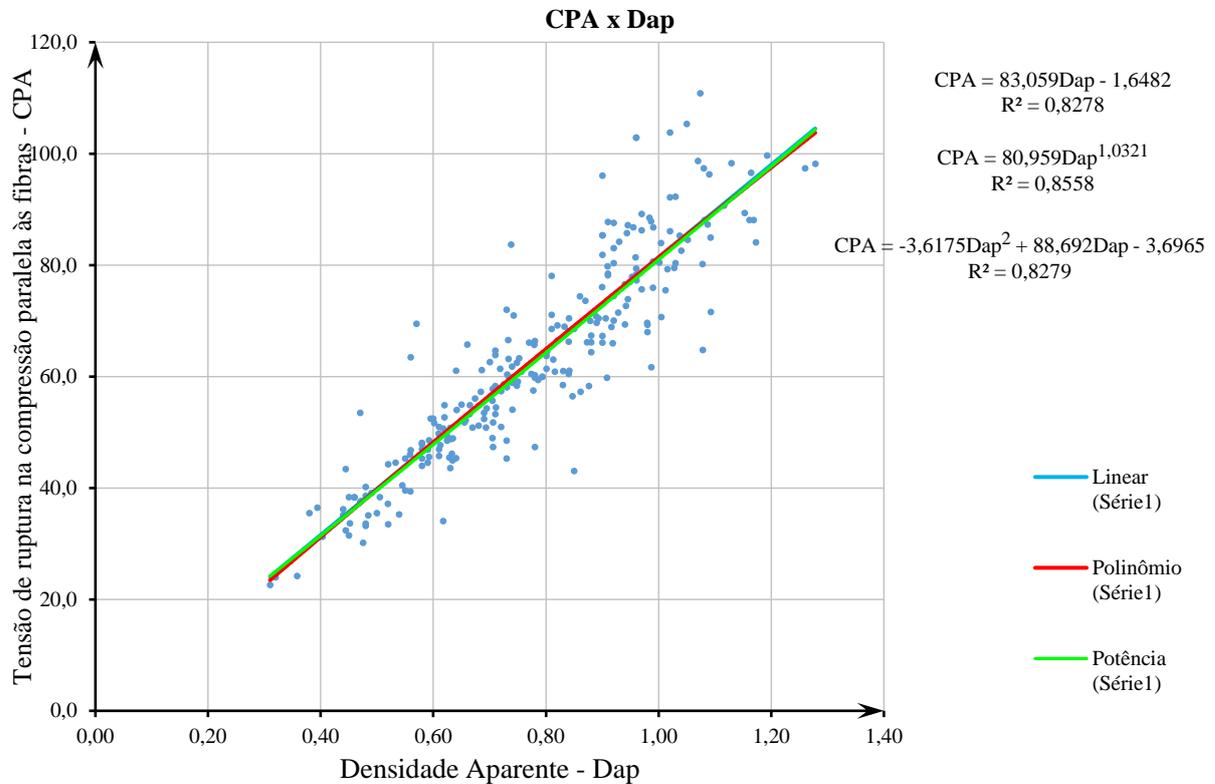


Figura 9: CPA madeira seca

Portanto, tem-se a Tensão Resistente Nominal de Compressão Axial (CPA), para a madeira seca a 12% de umidade, em função da Densidade básica como:

$$CPA = 106,773D_b - 2,929$$

7.3. TENSÃO RESISTENTE NOMINAL DE CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS (CIS)

Essa propriedade é usada para verificação da resistência ao esforço cortante em barras fletidas, ou tensão de cisalhamento na flexão, para a verificação do estado de tensões em ligações.

7.3.1. CIS PARA A MADEIRA VERDE

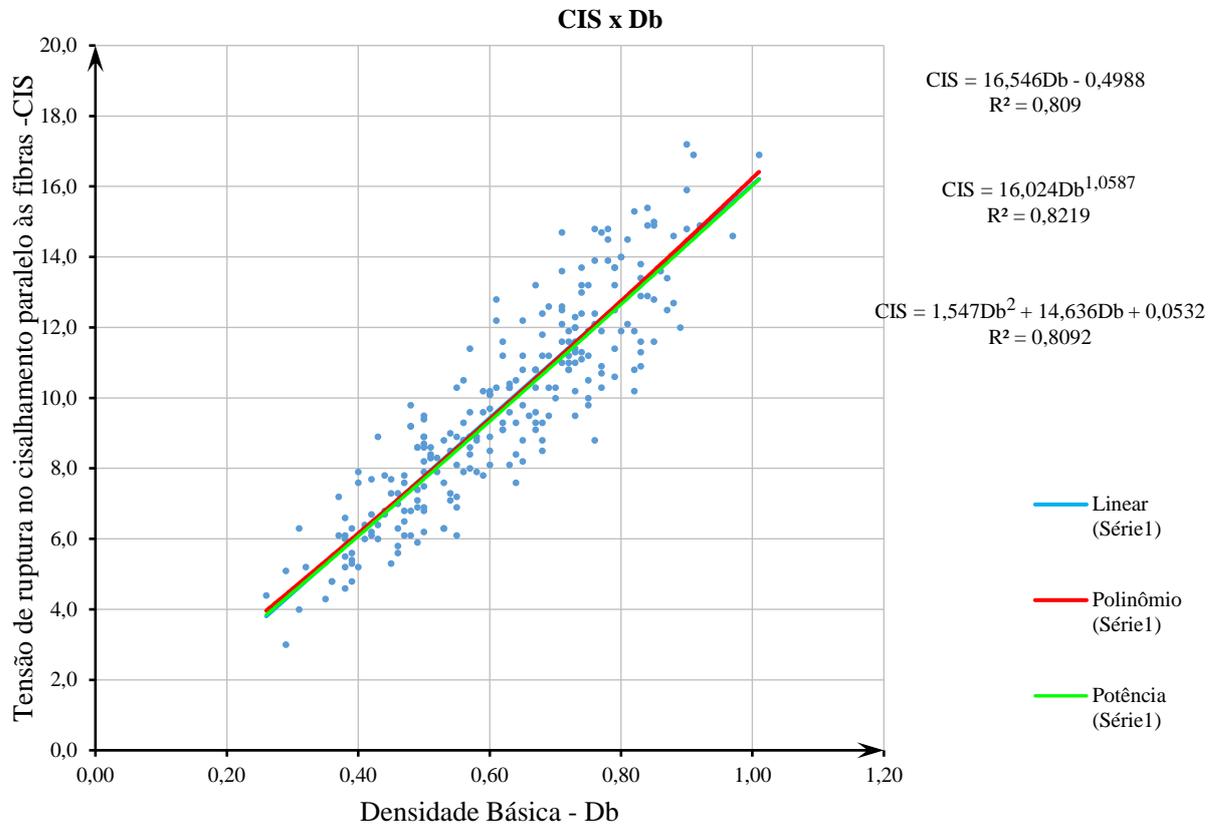


Figura 10: CIS madeira verde

Portanto, tem-se a Tensão Resistente Nominal de Cisalhamento Paralelo às Fibras (CIS) em função da Densidade Básica, para a madeira verde, como:

$$CIS = 16,546D_b - 0,4988$$

7.3.2. CIS PARA A MADEIRA SECA (UMIDADE A 12%)

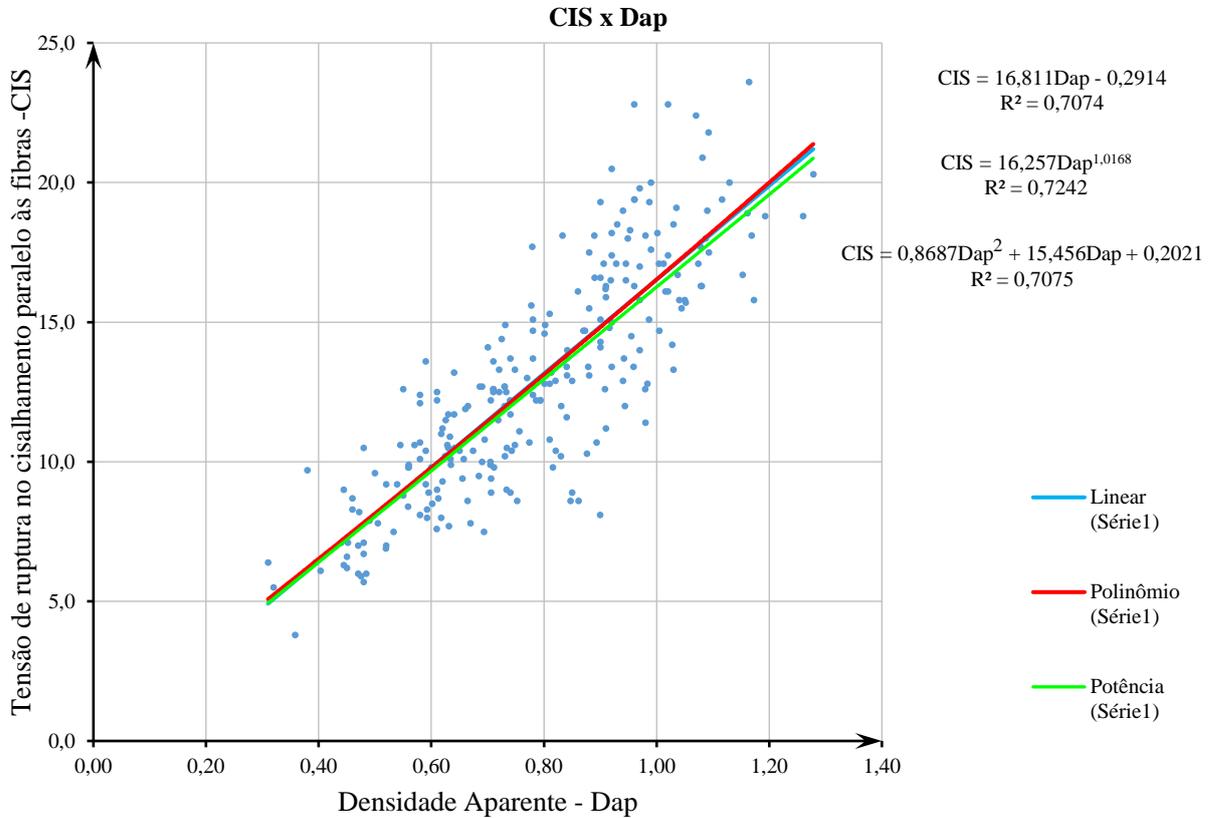


Figura 11: CIS madeira seca

Portanto, tem-se a Tensão Resistente Nominal Cisalhamento Paralelo às Fibras (CIS) em função da Densidade básica, para a madeira seca a 12% de umidade, como:

$$CIS = 20,9051D_b - 0,0492$$

7.4. TENSÃO RESISTENTE NOMINAL DE COMPRESSÃO PERPENDICULAR ÀS FIBRAS (CPE)

Essa propriedade é usada para verificar o efeito de cargas localizadas, que normalmente ocorrem em apoio de vigas, treliças e dormentes de linhas férreas. A análise do efeito de cargas localizadas em região d aplicação de cargas de valor elevado, em áreas reduzidas, é uma análise

complexa, pois envolve uma distribuição de tensões não uniforme sob a carga aplicada e as regiões adjacentes.

7.4.1. CPE PARA A MADEIRA VERDE

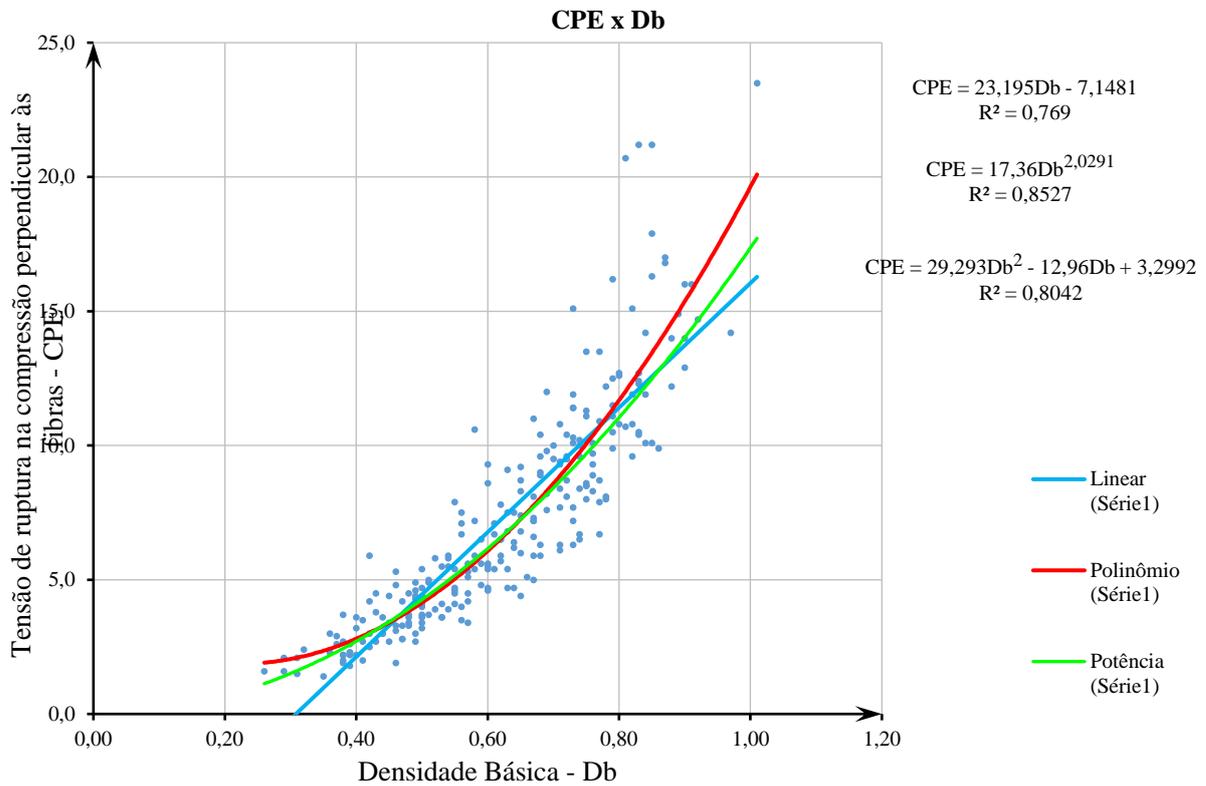


Figura 12: CPE madeira verde

Portanto, tem-se a Tensão Resistente Nominal de Compressão Perpendicular às Fibras (CPE), para a madeira verde, em função da Densidade básica como:

$$CPE = 23,195D_b - 7,1481$$

7.4.2. CPE PARA A MADEIRA SECA (UMIDADE A 12%)

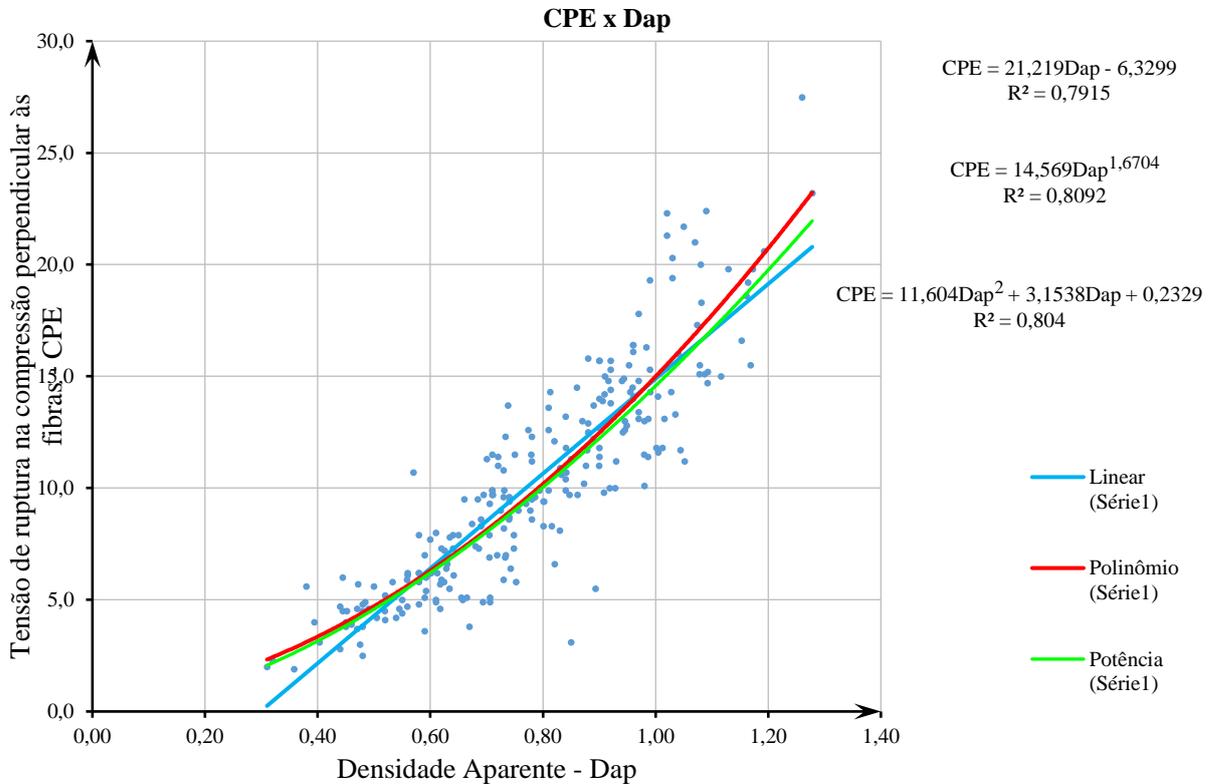


Figura 13: CPE madeira seca

Portanto, tem-se a Tensão Resistente Nominal Compressão Perpendicular às Fibras (CPE) em função da Densidade básica, para a madeira seca a 12% de umidade, como:

$$CPE = 27,7920D_b - 6,9409$$

7.5. MÓDULO DE ELASTICIDADE À FLEXÃO (MOE)

O Módulo de Elasticidade à Flexão na fase elástica linear, determinado com ensaio à flexão com carga concentrada central, é mais adequado porque considera os efeitos de deformação por tensões de cisalhamento e tensões normais de flexão na seção transversal. O Módulo de Elasticidade é utilizado na avaliação do estado limite de utilização, especialmente para verificação de deslocamentos em elementos estruturais e vibração. Este é importante também para estudos de arqueamento de peças de madeira.

7.5.1. MOE PARA A MADEIRA VERDE

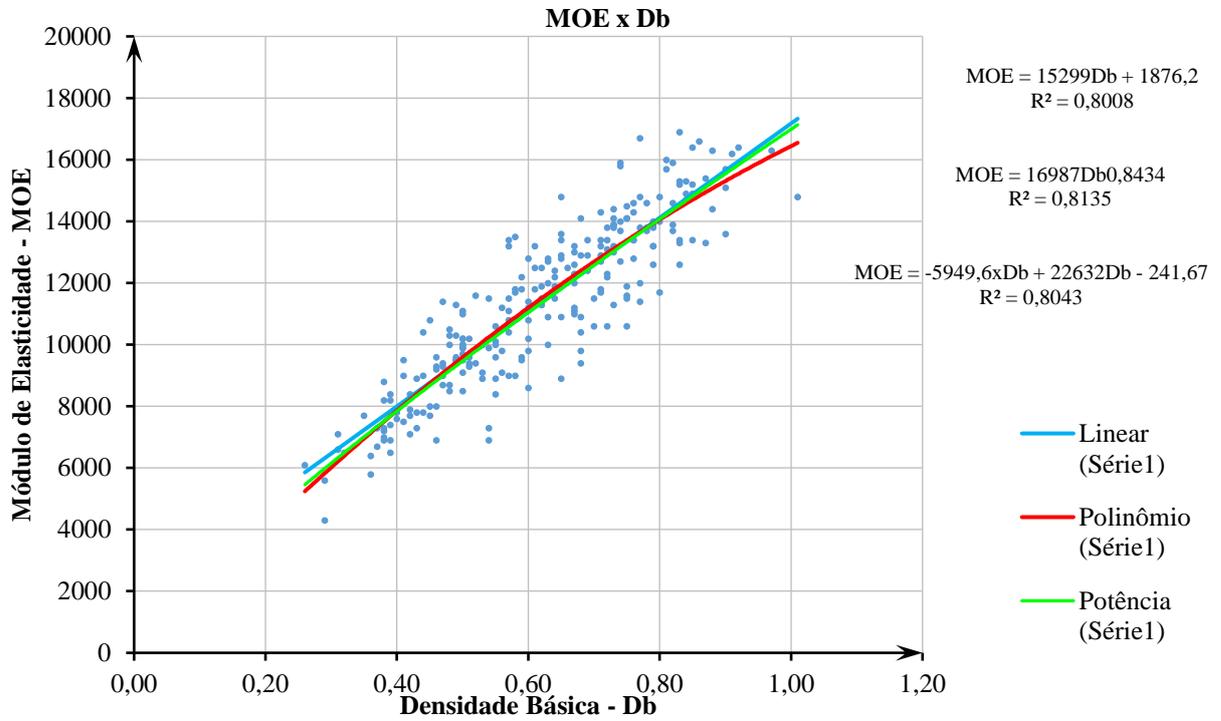


Figura 14: MOE madeira verde

Portanto, tem-se o Módulo de Elasticidade à Flexão (MOE) em função da Densidade Básica, para a madeira verde, como:

$$MOE = 15.299D_b + 1876,2$$

7.5.2. MOE PARA A MADEIRA SECA (UMIDADE A 12%)

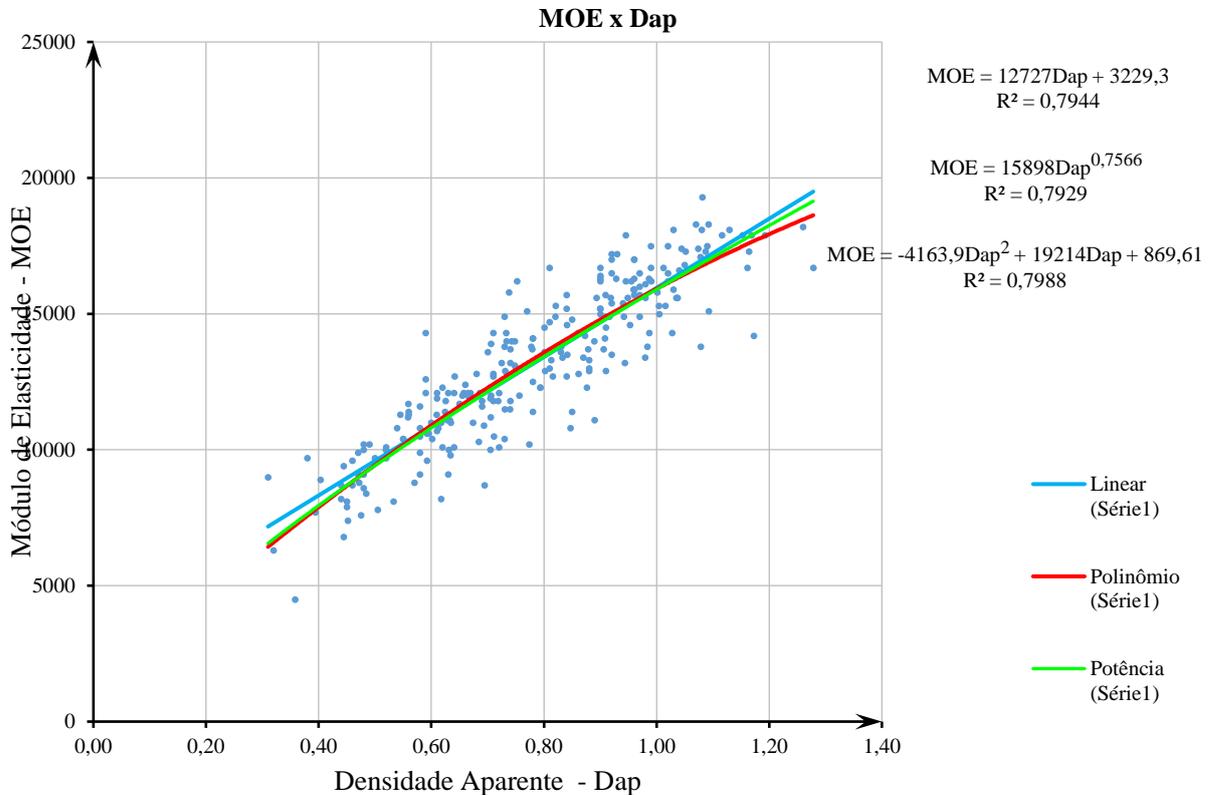


Figura 15: MOE madeira seca

Portanto, tem-se o Módulo de Elasticidade à Flexão (MOE) em função da Densidade básica, para a madeira seca a 12% de umidade, como:

$$MOE = 16.107,9975D_b + 3202,6349$$

7.6. DISCUSSÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO

Define-se o coeficiente de correlação R^2 calculado na determinação dos ajustes das funções do banco de dados como sendo o nível em que tal linha de tendência se ajusta à dispersão de dados, sendo portanto, desejável que seu valor se aproxime de 1, indicando maior correlação entre dados e função. Ajustando-se pela função de densidade de probabilidade, têm-se dados pela função os valores com pequena probabilidade de serem ultrapassados, tanto para limites inferiores, como para limites superiores.

A partir do banco de dados do LPF/MMA, foram determinadas as curvas de correlação para as propriedades, e determinadas suas respectivas equações, conforme os gráficos acima. Desta forma, percebe-se que o coeficiente de correlação R^2 se apresentou dentro de níveis satisfatórios em quase todas as funções ajustadas à tendência dos dados, apresentando correlações de 75% a 97%, evidenciando a satisfatoriedade do modelo.

Deste modo, procede-se à análise dos modelos matemáticos, de modo a determinar quais deles retratam melhor o comportamento físico do material quando submetidas às tensões estudadas.

Em engenharia, as funções de correlação entre propriedades mecânicas e físicas são, de maneira geral, funções da geometria da seção, de características mecânicas como módulo de elasticidade e tensões resistentes nominais. Usando-se a Densidade Básica como parâmetro, tem-se que, ao aumentar ou diminuir a área da seção, o modo como o material se comporta é linear.

Tal análise é também válida ao se considerar que, nas situações de dimensionamento consideradas, como elementos tracionados axialmente e elementos submetidos ao cisalhamento paralelo às fibras e compressão axial, o material encontra-se em estado uniaxial de tensões, permitindo, portanto, rejeitar as funções logarítmicas, exponenciais, de potência e polinomiais. Para o caso de elementos submetidos a cargas localizadas, observa-se um estado múltiplo de tensões, justificando portanto, nesses casos, uma possível adoção de funções de potência ou polinomiais, dentro de limites definidos pelo comportamento físico do material.

É importante ainda salientar que um dos objetivos fundamentais desse trabalho é a simplificação no dimensionamento e verificação de elementos estruturais, de modo a difundir o estudo e uso de estruturas de madeira na construção civil, bem como maior ajuste das características de mercado aos métodos existentes.

Tendo feito essas considerações, adotar-se-ão, para o método de dimensionamento desenvolvido a seguir, as funções advindas das equações lineares, devido a sua simplicidade de uso e verificação por parte do projetista, e porque os ganhos no fator de correlação não são considerados suficientemente significativos, tendo em vista a complexidade de uso das equações polinomiais, exponenciais, logarítmicas e de potenciação, quando comparadas a funções lineares.

8. ANÁLISE DA SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DAS CORRELAÇÕES ENTRE PROPRIEDADES DE ESPÉCIES DE MADEIRA TROPICAL E A DENSIDADE BÁSICA

Foram analisadas 260 espécies a partir de um banco de dados (veja-se o Anexo A) fornecido pelo LPF/IBAMA. Esses dados estão disponíveis no endereço eletrônico <http://www.mundoflorestal.com.br/>. O banco de dados é o resultado de um programa de pesquisa para caracterização de espécies de madeiras tropicais da Amazônia, conduzido pelo LPF, nos últimos trinta anos. O Programa caracterizou espécies de madeiras selecionadas, geralmente com alta ocorrência na floresta, incluindo-se estudos e determinação de propriedades físicas e mecânicas, estudos de anatomia, química, secagem, preservação e durabilidade natural. Neste trabalho serão analisadas e estudadas as propriedades físicas e mecânicas, importantes para o projeto de estruturas e uso de madeira em construção civil. A pesquisa contém informações tanto para madeira em condição verde (umidade de saturação), quanto para a condição seca (umidade a 12%). Os ensaios foram realizados em corpos de prova isentos de defeito, segundo as prescrições das Normas Pan-Americanas da COPANT (COPANT,1975). As propriedades constantes no banco de dados são listadas a seguir:

CT - Contração tangencial

CR - Contração radial

CV - Contração volumétrica

D_b - Densidade básica

D_{ap} - Densidade aparente a 12% de teor de umidade

D_v - Densidade verde (saturado em água)

MOE - Módulo de elasticidade na flexão

MOR - Tensão de ruptura na flexão

CPA - Tensão de ruptura na compressão paralela às fibras

CPE - Tensão de ruptura na compressão perpendicular às fibras

CIS - Tensão de ruptura no cisalhamento paralelo às fibras

DE - Dureza Janka paralela às fibras

DT - Dureza Janka perpendicular às fibras

TPER - Tração perpendicular às fibras

FEND – Fendilhamento.

A floresta amazônica, estimam os botânicos, possui algo em torno de 3.000 espécies de árvores (MELO, 2000). Dessa forma, o programa de pesquisa conduzido pelo LPF/IBAMA tem uma boa representatividade da floresta, pois apresenta uma amostra aleatória com, aproximadamente, 8,7% da população e com uma variabilidade de espécies de baixa, média e alta densidade, conforme a Tabela 4.

Densidade Básica (kgf/m ³)	Número de Espécies	%
Baixa $D_b \leq 500$	74	28,5%
Média $500 < D_b \leq 720$	108	41,5%
Alta $D_b > 720$	78	30,0%

Tabela 4: Distribuição de Espécies de Árvores da Amazônia por Densidade Básica

Para o dimensionamento de elementos estruturais de madeira, utilizados em construção civil (peças submetidas à tração e compressão axial, flexão simples, flexão composta, efeitos de cargas localizadas, ligações) é necessário conhecer, além das propriedades físicas, algumas propriedades mecânicas, tais como MOE, MOR, CPA, CPE e CIS. Dessa forma, é importante elaborar estudos no sentido de estudar a significância estatística entre o modelo aqui proposto e a amostra, representada pelo banco de dados, resultado dos ensaios de laboratório do LPF. Nesse sentido, uma série de testes estatísticos devem ser elaborados visando avaliar probabilidades de o modelo proposto estimar, adequadamente, a amostra representada pelas 260 espécies ensaiadas em laboratório pelo LPF. Assim, embora seja necessário a realização de testes estatísticos para verificação da significância estatística, neste trabalho será realizados apenas os dois primeiros da lista abaixo. Os demais testes foram realizados em (De Paula, 2017). Dentre esses testes de significância estatísticos entre os resultados estimados pelo modelo proposto e a amostra do banco de dados do LPF, incluem-se:

1. Matriz dos Coeficientes de Correlação de Pearson (r)
2. Coeficientes de Determinação R^2
3. Análise de Dispersão dos Resíduos Padronizados

4. Análise do Histograma de Resíduos Padronizados Confrontados com a Distribuição Normal
5. Teste de Aderência de Qui-Quadrado (χ^2).

8.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para a compreensão de um problema, seja ele sociológico, como o comportamento de uma população a um determinado estímulo, seja em fenômenos físicos e mecânicos presentes em modelos de segurança estrutural, é importante analisar as relações existentes entre as variáveis envolvidas no sistema em estudo. A medida padronizada da relação entre duas variáveis pode ser definida como correlação. Essa correlação indica a intensidade e o direcionamento entre duas variáveis aleatórias e apresentam as seguintes características (Castro e Sergio, 2009):

- A correlação nunca pode ser maior do que 1 ou menor do que -1
- Uma correlação próxima a zero indica que as duas variáveis não estão relacionadas linearmente
- Uma correlação positiva indica que as duas variáveis se movem juntas, e a relação é forte quanto mais a correlação se aproxima 1
- Uma correlação negativa indica que as duas variáveis se movem em direções opostas
- A relação fica mais forte quanto mais próxima a correlação é de -1
- Duas variáveis que estão perfeitamente correlacionadas positivamente ($r = 1$) se movem essencialmente em perfeita proporção na mesma direção
- Dois conjuntos que estão perfeitamente correlacionados negativamente ($r = -1$) se movem em perfeita proporção em direções opostas.

A relação entre as variáveis pode ser facilmente observada utilizando-se de um diagrama de dispersão cartesiano, onde são plotados os conjunto de valores (x,y) obtidos de um determinado estudo. Uma variável X é representada pelo eixo horizontal que usualmente é a variável independente e a variável Y é representada no eixo vertical, sendo esta a variável dependente. Com a plotagem dos pontos pode-se então analisar o tipo de comportamento do fenômeno estudado. A Fig. 16 mostra um exemplo de diagrama de dispersão, onde os pares (x,y) apresentam uma tendência linear.

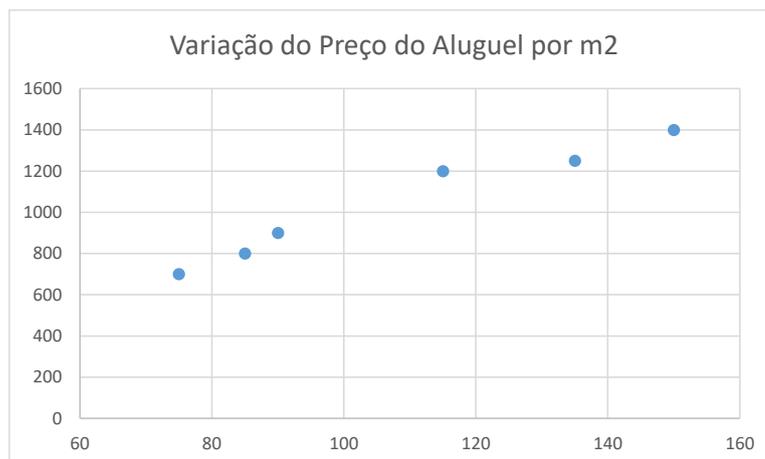


Figura 16: Exemplo de Diagrama de Dispersão

A correlação entre duas variáveis, além de apresentarem o sinal positivo ou negativo, podem ser linear, ou não-linear, onde:

- Correlação Linear: Quando é possível ajustar uma reta entre as observações. A proximidade entre as observações e a reta determina a força da correlação.
- Correlação não-linear: Quando não é possível ajustar uma reta entre as observações.

8.2. ANÁLISE DA MATRIZ DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS PROPRIEDADES E MECÂNICAS DE MADEIRA TROPICAL DO BANCO DE DADOS DO LPF/IBAMA

O coeficiente de Correlação de Pearson é utilizado para medir o grau de relação entre as duas variáveis estudadas. Para um conjunto de pares ordenados X e Y, ou amostras n, o Coeficiente de Pearson mede a aderência, ou a qualidade do ajuste à verdadeira reta, na qual pretende-se relacionar X e Y. O coeficiente de correlação de Pearson (r) calculado na amostra pode ser definido por:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2 / n) (\sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2 / n)}}$$

Onde :

r = coeficiente de correlação linear de Pearson;

n = número de observações de cada variável;

x_i e y_i = valores i – ésimos das variáveis x e y , respectivamente.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) mede somente se a relação é linear. Portanto, para correlações não lineares não é possível usar estes coeficientes. Quanto mais o coeficiente r se aproxima do valor 1 (absoluto), maior será a relação entre as variáveis. Quando o valor é $r = 1$, significa que temos uma correlação linear perfeita. Por outro lado, valor tendendo a zero significa que as variáveis não apresentam correlação linear. Valor baixo para correlação de Pearson não significa, necessariamente, que não existe correlação entre as variáveis, mas somente que estas correlações não são lineares. Variáveis com baixo valor de r podem, ou não, apresentar fortes correlações para outro tipo de função, como polinomial, logarítmica, exponenciais, ou de potência, por exemplo.

Segundo Shimakura (2006), a interpretação dos resultados obtidos nas correlações depende de cada estudo que está sendo realizado e um bom parâmetro inicial para análise é descrito na tabela 5, abaixo:

Valores de r (\pm)	Interpretação
0 a 0,19	Correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Tabela 5: Interpretação para os valores de Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r).

A Matriz de Pearson é uma matriz diagonal, cuja diagonal principal é igual a unidade, uma vez que contém como elementos a correlação de cada propriedade correlacionada com ela mesma. A Matriz de Pearson é condição necessária para estudo da consistência estatística entre o modelo e banco de dados experimentais. Contudo, uma matriz formada com elementos de valor elevado de r de Person, não é suficiente para atestar uma consistência estatística. A partir do banco de dados e os resultados estimados pelo modelo da Densidade Básica, aqui proposto, foi elaborada a Matriz dos Coeficientes de Correlação de Pearson, entre as propriedades físicas e mecânicas, de aproximadamente 260 espécies para madeira tropical da Amazônia, na condição verde (saturada) e seca (umidade em 12%). A Tabela 6 é a matriz para madeira verde e a Tabela 7 é a matriz para madeira seca. Observa-se logo abaixo de cada elemento da matriz, entre parênteses, o número de espécies correlacionadas.

	<i>D_b</i>	<i>D_v</i>	<i>MOE</i>	<i>MOR</i>	<i>CPA</i>	<i>CPE</i>	<i>CIS</i>	<i>DE</i>	<i>DT</i>	<i>TPER</i>	<i>FEND</i>	<i>CT</i>	<i>CR</i>	<i>CV</i>
<i>D_b</i>	1 (258)													
<i>D_v</i>	0,8095 (238)	1 (238)												
<i>MOE</i>	0,8949 (253)	0,7263 (238)	1 (253)											
<i>MOR</i>	0,9589 (253)	0,7519 (238)	0,9119 (253)	1 (253)										
<i>CPA</i>	0,9463 (252)	0,7170 (238)	0,8834 (252)	0,9716 (252)	1 (252)									
<i>CPE</i>	0,8769 (251)	0,7166 (238)	0,7186 (251)	0,8573 (251)	0,8596 (251)	1 (251)								
<i>CIS</i>	0,8994 (252)	0,7089 (238)	0,8406 (252)	0,9012 (252)	0,9073 (252)	0,8086 (251)	1 (252)							
<i>DE</i>	0,9340 (251)	0,7326 (238)	0,8530 (251)	0,9416 (251)	0,9416 (251)	0,8592 (251)	0,8986 (251)	1 (251)						
<i>DT</i>	0,9491 (248)	0,7580 (238)	0,8549 (248)	0,9447 (250)	0,9429 (250)	0,8771 (250)	0,9005 (250)	0,9880 (250)	1 (250)					
<i>TPER</i>	0,6556 (248)	0,4905 (238)	0,5815 (248)	0,6677 (248)	0,6570 (248)	0,5927 (248)	0,6959 (248)	0,6338 (248)	0,6342 (248)	1 (248)				
<i>FEND</i>	0,8079 (189)	0,6415 (189)	0,7810 (189)	0,8340 (189)	0,8161 (189)	0,7443 (189)	0,8547 (189)	0,8106 (189)	0,8064 (189)	0,7757 (189)	1 (189)			
<i>CT</i>	0,4502 (258)	0,4515 (238)	0,5217 (253)	0,4021 (253)	0,3563 (252)	0,2527 (251)	0,3083 (252)	0,3675 (251)	0,3735 (250)	0,2026 (248)	0,3017 (189)	1 (258)		
<i>CR</i>	0,5473 (257)	0,4991 (238)	0,5899 (253)	0,5210 (253)	0,4909 (252)	0,3788 (251)	0,4367 (252)	0,5043 (251)	0,4957 (250)	0,2365 (248)	0,3562 (189)	0,6770 (257)	1 (257)	
<i>CV</i>	0,5380 (258)	0,5081 (238)	0,5986 (253)	0,4911 (253)	0,4430 (252)	0,3245 (251)	0,3826 (252)	0,4732 (251)	0,4757 (250)	0,2117 (248)	0,3440 (189)	0,9162 (258)	0,8102 (257)	1 (258)

Tabela 6: Matriz dos coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físicas e mecânicas de madeira tropical na condição verde

Obs. Os valores entre parênteses representam o número de pares (x,y) utilizados na correlação.

Pode-se verificar na Tabela 6 que existem correlações fortes e muito fortes (Shimakura, 2006), entre a densidade básica D_b e as propriedades mecânicas importantes e, normalmente, utilizadas nos modelos que estimam a resistência de elementos estruturais em estruturas de madeira. A tensão resistente nominal de ruptura a compressão na flexão – MOR está ligada diretamente ao dimensionamento de elementos à tração e compressão axial (NBR 7190, 1997), à flexão simples e à flexão composta. O coeficiente de Pearson para $MOR \times D_b$ apresenta um valor $r = 0,9589$, podendo ser considerado muito forte. Para verificação de elementos solicitados a compressão axial e a flexão composta, além do MOR , a NBR-7190/97, utiliza a tensão resistente nominal de compressão axial paralela às fibras – CPA . O coeficiente de Pearson para $CPA \times D_b$ apresenta um valor $r = 0,9463$, também muito forte. O coeficiente de Pearson para $MOE \times D_b$ tem valor igual a $r = 0,8949$, $CPE \times D_b$ tem $r = 0,8769$ e $CIS \times D_b$ um $r = 0,8994$, todos na fronteira superior de classificação forte. Portanto, uma significância estatística para as correlações estimadas entre essas propriedades e a densidade básica - D_b é provável, sendo sugerida pelos altos coeficientes de Pearson, conforme visto acima. Isso reforça a consistência dos modelos de resistência, propostos nos capítulos seguintes, para verificação de estados limites de tração e compressão axial, além de flexão e flexão composta.

A correlação entre $CPA \times CPE$ apresenta um coeficiente de Pearson $r = 0,8596$, já visto acima, indicando uma correlação forte. Alguns códigos de projeto, incluindo a NBR-7190/97, utiliza-se de uma correlação entre $CPE \times CPA$ para estimar a resistência sob o efeito de cargas localizadas (especialmente em apoios de vigas submetidas à carga elevadas, ou apoio de treliças com vãos médios, ou grandes). Uma das razões para isso (estimar CPE a partir de CPA) é que a maioria dos programas de pesquisa, no Brasil, que caracterizaram espécies de madeiras tropicais, não incluíram os ensaios experimentais para estimativa da tensão resistente nominal de compressão perpendicular às fibras – CPE . O programa conduzido pelo LPF, ao contrário, estimou o CPE para quase 251 espécies de madeiral tropicais. Dessa forma, é possível não só utilizar a correlação entre $CPE \times CPA$ e, assim, avaliar o critério atualmente proposto pela norma brasileira (NBR 7190, 97). Além disso, é possível utilizar-se da correlação entre $CPE \times D_b$, e apresentar uma alternativa mais simples, além de ser mecanicamente mais coerente (porque faz uso direto dos resultados dos ensaios de CPE), para verificação de efeito de cargas localizadas.

A verificação de peças à tração paralela às fibras, pelo critério atualmente proposto pela NBR-7190/97, é feita a partir de uma estimativa da tensão resistente nominal à tração (F_t), a partir de uma correlação com o CPA. Contudo, ensaios à tração de corpos de prova de madeira isentos de defeitos, são difíceis de se executar, em virtude de ser frequente o rompimento na seção de contato do corpo de prova com a garra da máquina de ensaio (especialmente em espécies de madeira de baixa e média densidade básica, por apresentarem baixos valores de CPE). Portanto, não há evidências de significância estatística da correlação entre $F_t \times CPA$, proposta pela na NBR-7190/97, em virtude da pequena quantidade de ensaios à tração disponíveis para madeiras tropicais da Amazônia. Dessa forma, parece ser mais coerente adotar a correlação entre $F_t \times MOR$, conforme é o critério de alguns códigos de projeto internacionais e, também, como recomendava a antiga NBR-7190/82. Mesmo porque, há uma forte correlação entre $MOR \times D_b$, permitindo-se utilizar, o método da densidade básica, proposto nesse trabalho.

Para verificar os estados limites de utilização e também estados limites últimos (para elementos em fase de instabilidade elástica de Euler, ou de instabilidade inelástica) é necessário conhecer o módulo de elasticidade a flexão E_m (MOE), ou o módulo de elasticidade a compressão E_c . O programa experimental conduzido pelo LPF estimou o módulo de elasticidade E_m para 251 espécies da madeira tropical, de baixa, média e alta densidade básica, conforme distribuição constante na Tabela 8.2. O coeficiente de Pearson para $MOE \times D_b$ tem

valor igual a $r = 0,8949$, indicando uma forte correlação e já na fronteira para classificação como uma correlação muito forte (Shimakura, 2006). Para o estado limite de utilização de deslocamentos máximos em estruturas de edifícios, vibração em pisos (especialmente ações induzidas pelo caminhar, ou a movimentação rítmica de pessoas), a estimativa precisa do módulo de elasticidade é fundamental. A partir de uma significância estatística entre $MOE \times D_b$, já indicada pela forte correlação de Pearson, esses estados limites de utilização poderão ser analisados, a partir apenas da função de correlação entre $MOE \times D_b$.

A propriedade mecânica da dureza janka é de grande relevância na construção civil, especialmente, na industrialização de pisos. Esses elementos estruturais estão sujeitos ao arraste de móveis, o movimento intenso de pessoas, pisoteio com saltos de sapato, queda de objetos e situações similares, necessitando então de espécies resistentes a esses tipos de esforços. Em via de regra, quanto maior densidade do piso, mais qualidade e durabilidade ele terá. Os coeficientes de correlação de Pearson, para as correlações entre $DE \times D_b$ e $DT \times D_b$, são $r = 0,9340$ e $r = 0,9491$, respectivamente. Portanto, ambas as correlações podem ser classificadas como muito forte, sendo possível selecionar espécies de madeiras, que poderão ser utilizadas para finalidades específicas, somente a partir da densidade básica - D_b .

A menor correlação entre as propriedades observadas utilizados na verificação de elementos estruturais quanto a sua resistência foi a entre $D_b \times CIS$ cujo valor $r = 0,8994$, apesar de ser a menor ainda assim é uma correlação forte e que pode ser utilizada para explicar o comportamento de espécies de madeiras sujeitas ao cisalhamento.

Para as propriedades físicas que são as contrações, a correlação é moderada apresentando o máximo valor as contrações radiais- CR onde $r = 0,5594$ e menor para contração tangencial – CT com $r = 0,4322$. Com esses valores não é possível explicar de maneira precisa o seu comportamento, ou seja, não temos uma significância estatísticas para determinar o fenômeno físico somente com as contrações.

	<i>Dap.</i>	<i>Db</i>	<i>Dv</i>	<i>MOE</i>	<i>MOR</i>	<i>CPA</i>	<i>CPE</i>	<i>CIS</i>	<i>DE</i>	<i>DT</i>	<i>TPER</i>	<i>FEND</i>	<i>CT</i>	<i>CR</i>	<i>CV</i>
<i>Dap.</i>	1 (259)														
<i>Db</i>	0,9791 (259)	1 (259)													
<i>Dv</i>	0,7894 (238)	0,8098 (238)	1 (238)												
<i>MOE</i>	0,8913 (253)	0,8850 (253)	0,7286 (238)	1 (253)											
<i>MOR</i>	0,9342 (252)	0,9384 (252)	0,7528 (238)	0,9348 (252)	1 (252)										
<i>CPA</i>	0,9098 (252)	0,9199 (252)	0,7381 (238)	0,8996 (252)	0,9493 (252)	1 (252)									
<i>CPE</i>	0,8896 (248)	0,9213 (248)	0,7560 (238)	0,7978 (248)	0,9008 (248)	0,8994 (248)	1 (248)								
<i>CIS</i>	0,8331 (248)	0,8403 (248)	0,6799 (238)	0,8253 (248)	0,8500 (248)	0,8239 (248)	0,8248 (248)	1 (248)							
<i>DE</i>	0,8700 (240)	0,8883 (248)	0,7535 (238)	0,8300 (240)	0,8822 (240)	0,8811 (240)	0,8676 (240)	0,8723 (240)	1 (240)						
<i>DT</i>	0,9067 (237)	0,9249 (237)	0,7682 (237)	0,8528 (237)	0,9138 (237)	0,9042 (237)	0,9149 (237)	0,8813 (237)	0,9654 (237)	1 (237)					
<i>TPER</i>	0,5540 (248)	0,5723 (248)	0,3963 (238)	0,4966 (248)	0,5447 (248)	0,5305 (248)	0,5043 (248)	0,5675 (248)	0,5109 (240)	0,5192 (237)	1 (248)				
<i>FEND</i>	0,6740 (184)	0,6892 (184)	0,5349 (184)	0,6832 (184)	0,6961 (184)	0,6997 (184)	0,6141 (184)	0,6754 (184)	0,6424 (184)	0,6519 (184)	0,7458 (184)	1 (184)			
<i>CT</i>	0,4988 (258)	0,4502 (258)	0,4540 (238)	0,5878 (253)	0,4966 (252)	0,4655 (252)	0,3405 (248)	0,3941 (248)	0,4936 (240)	0,4692 (237)	0,3104 (248)	0,4521 (184)	1 (258)		
<i>CR</i>	0,5651 (257)	0,5473 (257)	0,4993 (238)	0,6270 (253)	0,5955 (252)	0,5836 (252)	0,4783 (248)	0,4742 (248)	0,5515 (240)	0,5264 (237)	0,2554 (248)	0,4042 (184)	0,6770 (257)	1 (257)	
<i>CV</i>	0,5722 (258)	0,5380 (258)	0,5085 (238)	0,6466 (253)	0,5700 (252)	0,5484 (252)	0,4265 (248)	0,4525 (248)	0,5652 (240)	0,5328 (237)	0,3063 (248)	0,4605 (184)	0,9162 (258)	0,8102 (257)	1 (258)

Tabela 7: Matriz dos coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físicas e mecânicas da madeira seca (12%)

O comportamento físico e mecânico da madeira seca é muito similar aos da madeira verde este fato pode ser explicado pelo fato que a correlação entre D_{ap} x D_b apresentar $r = 0,9791$, isto significa que através da densidade básica é possível determinar várias propriedades mecânicas quando a madeira esta seca. A maior correlação com a densidade aparente- D_{ap} ocorre com a tensão de ruptura na flexão – MOR onde $r=0,9342$ e a menor se dá com a resistência a tração perpendicular as fibras – TPER com $r=0,5540$. Os valores dos coeficientes de correlação para as propriedades físicas da madeira seca (12%) se mostraram também moderados, seguindo o mesmo modo da madeira verde com o máximo para as contrações volumétricas CV onde $r=0,5722$ e o mínimo para contração tangencial – CT com $r=0,4988$. Os resultados obtidos pelo estudo do banco de dados do LPF/IBAMA, apresentam o mesmo comportamento que os obtidos pelos pesquisadores Araújo (2007), Melo et al. (1992), Paula et al. (1986) e Nascimento (1993), mostrando coerência e congruência nesta análise.

8.3. O COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO – R^2

Segundo Bastos, o coeficiente de determinação – R^2 é uma medida de poder explicativo do modelo utilizado. Dá a proporção da variável dependente, Y, que é explicada em termos lineares pela variável independente, X, i.e., a proporção da variação de Y explicada pelo modelo.

$$R^2 = \frac{\text{variação explicada}}{\text{variação total}} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{ci} - y_m)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_m)^2}$$

Ou

$$R^2 = \frac{a \sum_{i=1}^n y_i + b \sum_{i=1}^n y_i x_i - n y_m^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - n y_m^2}$$

Define-se o coeficiente de regressão R^2 como uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado em relação aos valores observados. Tem-se que:

- $0 \leq R^2 \leq 1$, a proporção da variação de Y explicada pelo modelo é no máximo 1 e no mínimo zero;
- Se $R^2 \cong 1$, significa que grande parte da variação de Y é explicada linearmente por X (modelo adequado);
- Se $R^2 \cong 0$, o modelo não é adequado aos dados;
- $1 - R^2$ é a proporção de variação de Y não explicada pela variável X, resultante de fatores não incluídos no modelo. O coeficiente de determinação pode ser utilizado como uma medida da qualidade do ajustamento ou como medida da qualidade de confiança depositada na equação de regressão como instrumento de precisão;
- A raiz quadrada de R^2 , dá-se o nome de coeficiente de correlação simples ou coeficiente de Pearson (r). É uma medida do grau de associação linear entre as variáveis X e Y.

Os coeficientes de determinação R^2 obtidos através do método dos mínimos quadrados resultaram em valores superiores a 0,7 que podem ser considerados significativos estatisticamente, segundo os parâmetros estabelecidos pelo modelo.

Como era de se esperar, o *ranking*, ou hierarquia, dos R^2 das equações ajustadas foi praticamente o mesmo dos coeficientes de correlação linear (r) de D_b com as demais propriedades (apresentados na Tabela 6.3).

A maioria das equações de regressão das propriedades mecânicas, que são o foco deste trabalho, apresentou um R^2 que pode ser considerado forte e muito forte (próximos a 0,9), ou seja, acima de 0,7, que podem ser considerados significativos estatisticamente. O maior valor encontrado foi o da equação para estimar MOR ($R^2 = 0,9195$), e o menor valor foi o da equação

para estimar CPE ($R^2 = 0,769$), significando, respectivamente, o melhor e o pior desempenho dessas equações quanto à precisão de estimativas.

Entretanto, o valor do coeficiente de regressão depende do número de observações (n) tendendo a ser mais correto quando o número de amostras da população cresce. A magnitude de R^2 , também, depende da amplitude de variação da variável regressora x . Geralmente, R^2 aumentará com a menor amplitude (resíduos) dos pontos observados em relação a reta regressora e aumentará em caso contrário. Em geral, também, R^2 não mede a magnitude da inclinação da reta, ou seja, um valor grande de R^2 não significa uma reta mais inclinada. Além do mais, ele não leva em consideração a falta de ajuste do modelo; ele poderá ser grande, mesmo que y e x estejam não linearmente relacionados. Dessa forma, vê-se que R^2 não deve ser considerado sozinho, mas sempre aliado a outros diagnósticos do modelo, testes de aderência.

Aliado a esse estudo, é feita a análise dos resíduos, que é um conjunto de técnicas utilizadas para investigar a adequabilidade de um modelo de regressão, onde este é dado pela diferença entre a variável resposta observada e a variável resposta estimada. Esses dados devem seguir uma distribuição normal, ter média zero, ter variância constante e ser independente.

Os pontos do gráfico se distribuem de forma aleatória em torno da reta correspondente ao resíduo zero, como podemos observar nas figuras 6.14 até 6.22, formando uma mancha larga e uniforme. Dessa forma espera-se que os erros sejam independentes, de média nula e de variância constante. Os gráficos dos resíduos apresentam a distância da média dos resíduo até duas vezes o desvio padrão ($\pm 1,96\sigma$). Desse modo, fazem-se as análises de resíduo das aproximações feitas, definindo a confiabilidade padrão em engenharia de 95%, mediante dispersão de dados definida pela distribuição normal, e sabendo que a probabilidade de tais valores estabelecidos pelo método serem ultrapassados é de 2,5% para cima, e 2,5% para baixo.

A figura 17 apresenta os níveis de confiabilidade para 1,2 e 3 desvios padrões em torno da média

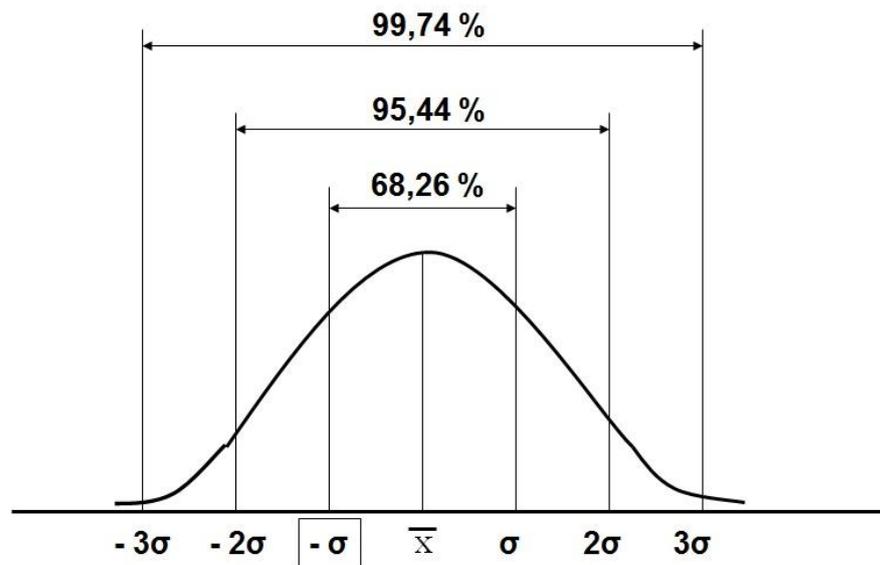


Figura 17: Regra empírica, distribuição normal

8.4. ANÁLISE DE RESÍDUO – REGRESSÃO LINEAR

a) Resíduos determinados para correlações em madeira verde:

- MOR

Tensão Resistente Nominal de Compressão na Flexão (*MOR*) é utilizada na verificação de elementos estruturais submetidos à flexão simples e flexão composta, correspondentes a um estado de tensões gradientes na flexão.

Para o estudo de regressão linear foi utilizado o software comercial Excel da Microsoft Corporation Inc. e seu módulo ANOVA, em que os cálculos são realizados utilizando-se uma abordagem de regressão de mínimos quadrados para descrever a relação estatística entre o preditor e uma variável contínua. A Tabela 8 mostra os resultados obtidos por essas análises.

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estadística de regressão</i>	
R múltiplo	0,958912099
R-Quadrado	0,919512413
R-quadrado ajustado	0,919191746
Erro padrão	7,625649858
Observações	253

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	166746,2716	166746,2716	2867,493298	2,4475E-139
Resíduo	251	14595,78448	58,15053576		
Total	252	181342,056			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	-21,50934764	1,975170143	-10,88987079	7,16502E-23	-25,39936668	-17,6193286	-25,39936668	-17,6193286
Db	165,9580933	3,099183069	53,54898036	2,4475E-139	159,8543755	172,0618111	159,8543755	172,0618111

Tabela 8: : Estudo de regressão linear pelo ANOVA - MOR x Db

Pela regressão linear estimada pelo módulo ANOVA é possível determinar os resíduos entre os valores estimados e os valores observados da amostra. A Figura 18 mostra os resíduos padronizados em relação a densidade básica D_b .

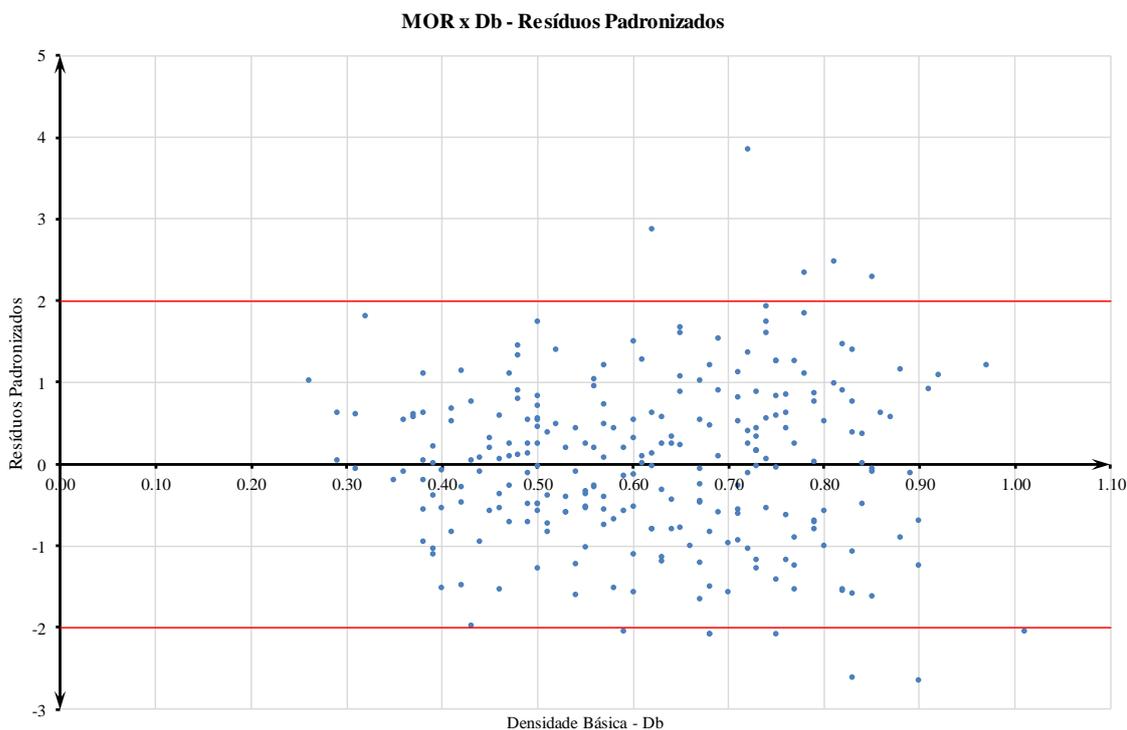


Figura 18: Resíduos padronizados MORxDb. Madeira verde

Limite	pontos outlier	%
superior	5	1.98%
inferior	8	3.16%
Total	13	5.14%

Tabela 9: Limites MORxDb

A nuvem de pontos plotados no diagrama de dispersão apresenta um comportamento aleatório, não indicando tendências, ou padrões. Isso mostra que a função linear (equação da reta) proposta pelo ANOVA apresenta, aparentemente, um bom resultado. Analisando-se o gráfico de resíduos, verifica-se que 13 espécimes da amostra (espécies de árvores), correspondendo a 5,14% do espaço amostral analisado, possuem valores fora do intervalo de confiança (95% ou $\pm 1,96\sigma$). A distribuição dos resíduos é relativamente simétrica em relação ao desvio padrão nulo, ao longo da densidade básica. A distribuição resulta em 51,38% acima e 48,62% abaixo da linha correspondente ao desvio padrão nulo. Isso indica aparentemente uma distribuição uniforme e quase simétrica da amostra, que é um fator significativo para escolha de uma equação de regressão. Para garantir que os resíduos são independentes é necessário traçar o histograma e fazer o teste de aderência do *Qui-Quadrado* (χ^2).

Para todas as análises a seguir, a análise de resíduos foi feita de forma análoga.

- CPA

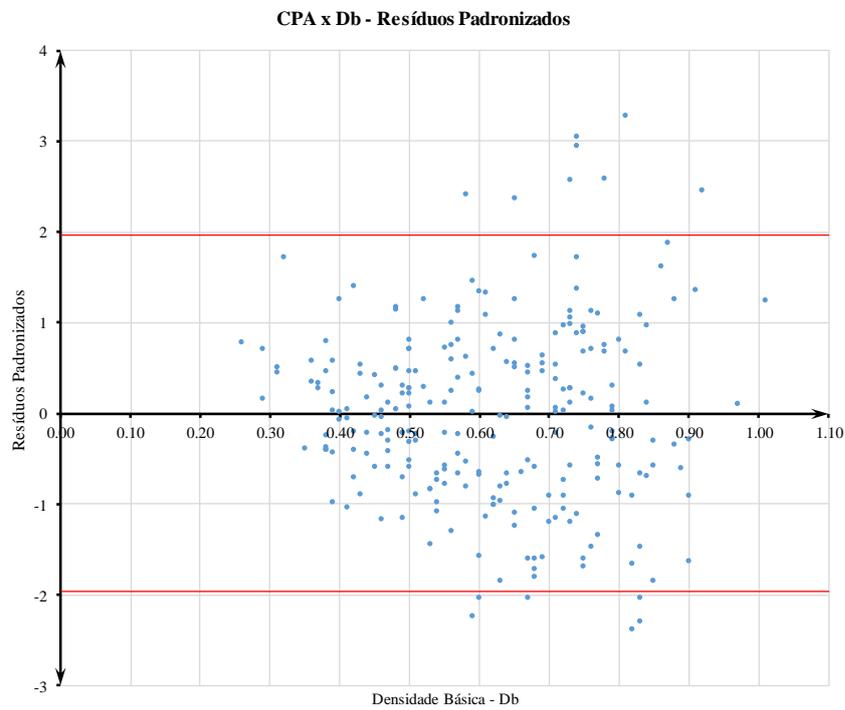


Figura 19: Resíduos padronizados CPAXDb. Madeira verde

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.94627333
R-Quadrado	0.895433215
R-quadrado ajustad	0.895014948
Erro padrão	4.365790302
Observações	252

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>le significação</i>
Regressão	1	40804.2311	40804.2311	2140.817	1.4E-124
Resíduo	250	4765.03124	19.06012496		
Total	251	45569.26234			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>5% inferior</i>	<i>5% superior</i>	<i>inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	-11.88632127	1.136146687	-10.46196007	1.75E-21	-14.124	-9.64868	-14.124	-9.648682196
g/cm3	82.73206076	1.788068345	46.2689589	1.4E-124	79.21046	86.25366	79.21046	86.2536585

Tabela 10: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CPA x Db

Limite	pontos outlier	%
superior	8	3.17%
inferior	6	2.38%
Total	14	5.56%

Tabela 11: Limites CPAxDb

Para a tensão resistente nominal de compressão axial (CPA) a variação encontrada foi de 5,6%, demonstrada por 14 pontos fora do intervalo. Porém um valor que excede o limite dos 5% não descredibiliza o método, uma vez que os 6 valores encontrados que foram abaixo dos reais medidos experimentalmente não apresentam problemas quanto à segurança estrutural, na verdade garantem maior segurança à estrutura, uma vez que os valores de cálculo são inferiores aos valores reais.

- CPE

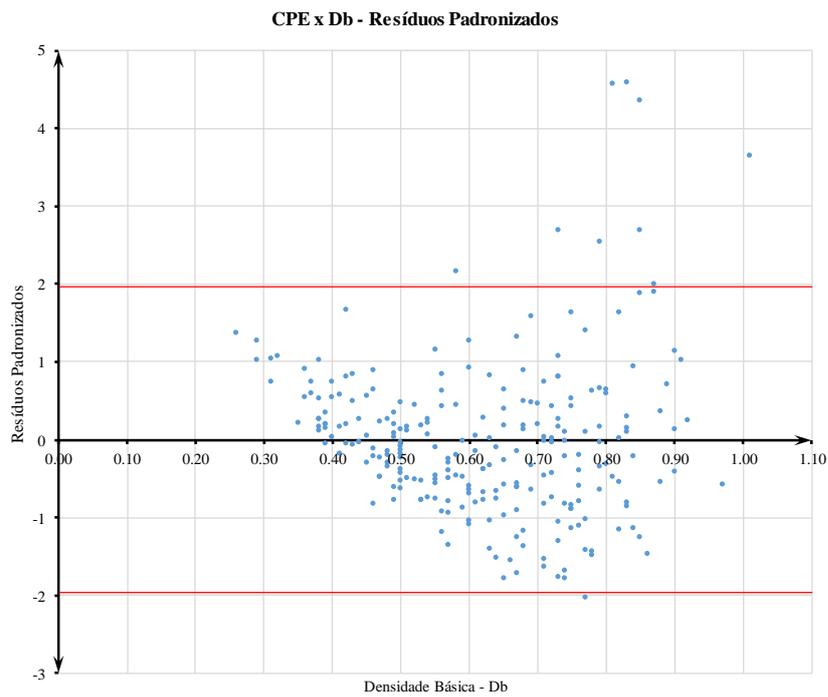


Figura 20: Resíduos padronizados CPExDb. Madeira verde

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0.876914563
R-Quadrado	0.768979152
R-quadrado ajustad	0.768051357
Erro padrão	1.984975244
Observações	251

ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1	3265.674742	3265.674742	828.8248	3.42373E-81
Resíduo	249	981.0915527	3.940126717		
Total	250	4246.766295			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	-7.148129836	0.515649529	-13.86238024	9.03E-33	-8.163720594	-6.132539079	-8.163720594	-6.132539079
Db	23.19502399	0.805681622	28.78931748	3.42E-81	21.60820434	24.78184365	21.60820434	24.78184365

Tabela 12: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CPE x Db

Limite	pontos outlier	%
superior	9	3.59%
inferior	1	0.40%
Total	10	3.98%

Tabela 13: Limites CPExDB

Para a tensão resistente nominal de compressão perpendicular às fibras (CPE) os pontos fora do intervalo de confiabilidade foram 10 indicando uma variação de aproximadamente 4%.

- CIS

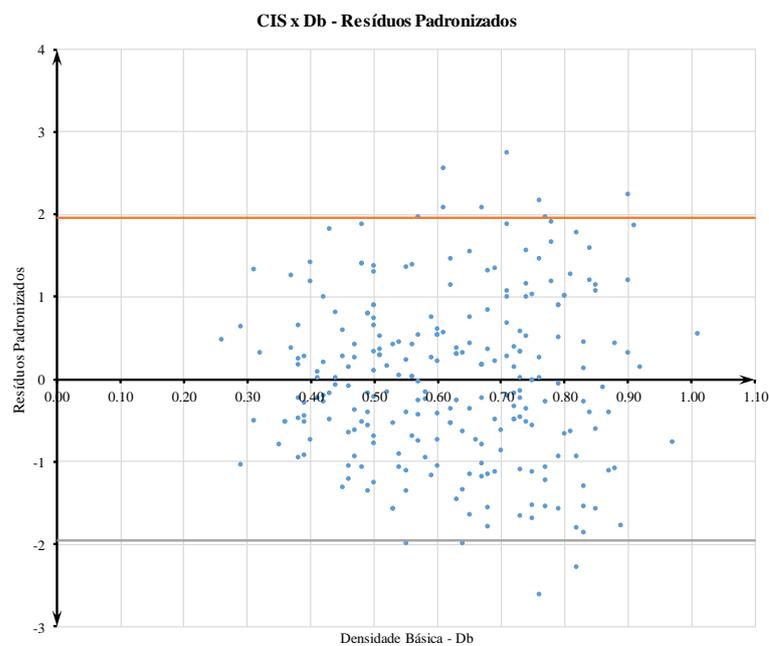


Figura 21: Resíduos padronizados CISxDB. Madeira verde

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0.899435417
R-Quadrado	0.808984069
R-quadrado ajustado	0.808220005
Erro padrão	1.25759414
Observações	252

ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1	1674.524086	1674.524086	1058.791	7.61831E-92
Resíduo	250	395.3857554	1.581543021		
Total	251	2069.909841			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	-0.498837648	0.324756533	-1.53603576	0.125794	-1.138445118	0.140769822	-1.138445118	0.140769822
Db	16.54604746	0.508497792	32.53907435	7.62E-92	15.54456187	17.54753304	15.54456187	17.54753304

Tabela 14: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CIS x Db

Limite	pontos outlier	%
superior	7	2.78%
inferior	4	1.59%
Total	11	4.37%

Tabela 15: Limites CISxDb

Para a tensão resistente nominal de cisalhamento, obtiveram-se 11 pontos apenas fora do intervalo de dois desvios padrões, ou seja, uma porcentagem de falha do modelo de 4,37%.

- MOE

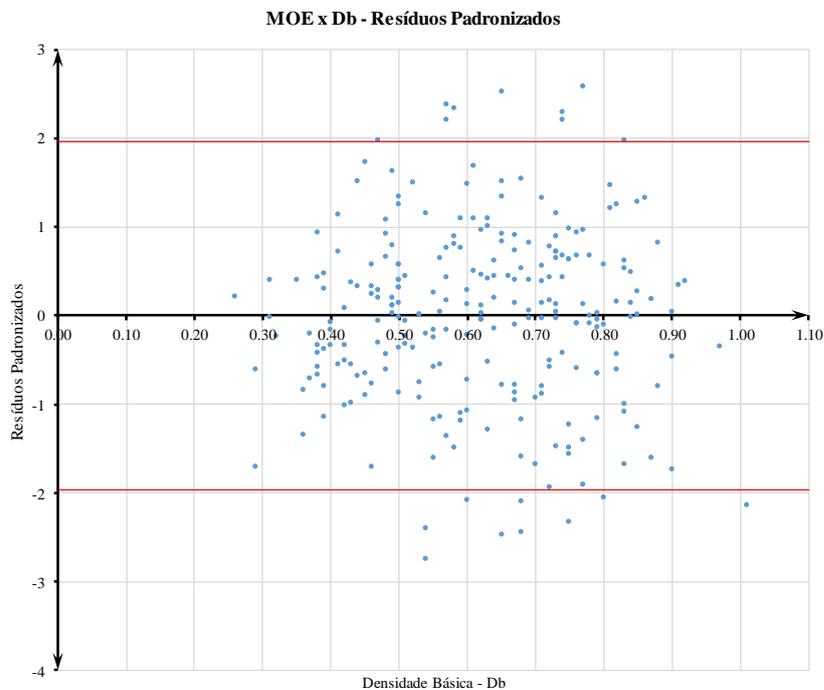


Figura 22: Resíduos padronizados MOExDb. Madeira verde

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.894901087
R-Quadrado	0.800847956
R-quadrado ajustac	0.800054521
Erro padrão	1182.270923
Observações	253

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1410824659	1410824659	1009.343579	6.26842E-90
Resíduo	251	350838898.5	1397764.536		
Total	252	1761663557			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	1876.196379	306.68836	6.117598917	3.62399E-09	1272.185852	2480.206906	1272.185852	2480.206906
Db	15298.54997	481.5382133	31.77016806	6.26842E-90	14350.17961	16246.92032	14350.17961	16246.92032

Tabela 16: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - MOE x Db

Limite	pontos outlier	%
superior	9	3.57%
inferior	9	3.57%
Total	18	7.14%

Tabela 17: Limites MOExDb

Para o módulo de elasticidade à flexão (MOE) a variação encontrada foi de 7,14%, demonstrada por 18 pontos fora do intervalo. Porém um valor que excede o limite dos 5% não descredibiliza o método, uma vez que os 9 valores encontrados que foram abaixo dos reais medidos experimentalmente não apresentam problemas quanto à segurança estrutural, na verdade garantem maior segurança à estrutura, uma vez que os valores de cálculo são inferiores aos valores reais. Sendo assim, todas as análises de resíduos mostradas validam o método.

b) Resíduos determinados para as correlações em madeira seca:

- MOR

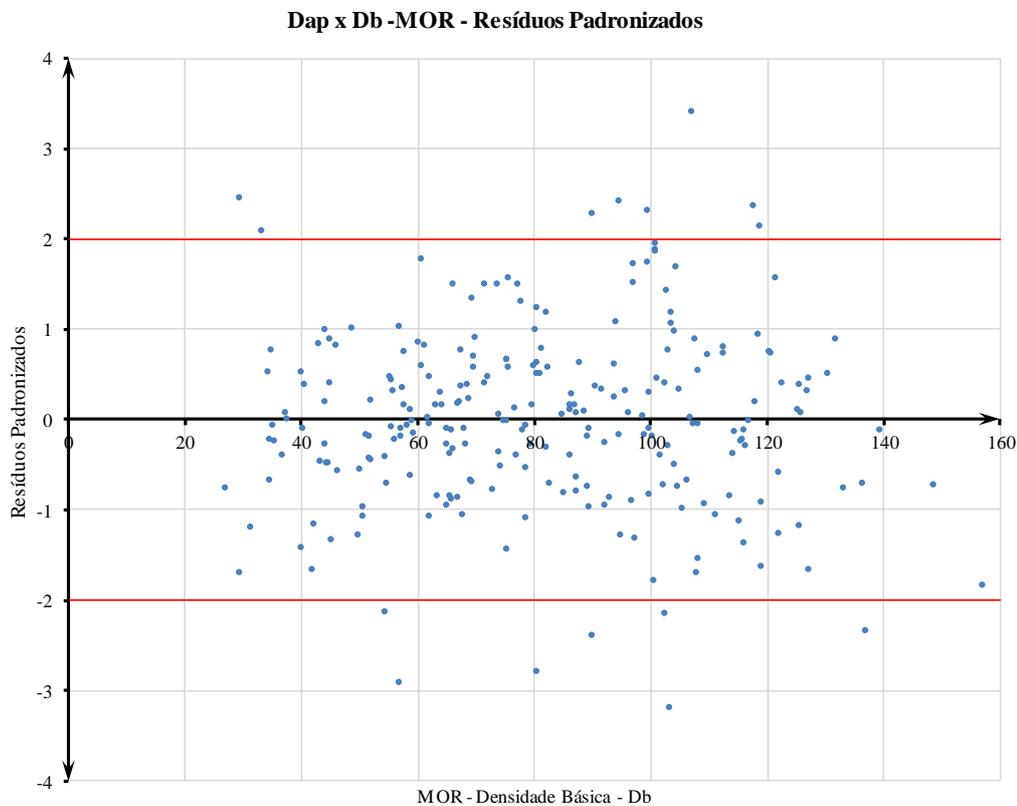


Figura 23: Resíduos Padronizados para MOR- madeira seca

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0.937189075
R-Quadrado	0.878321487
R-quadrado ajustado	0.877832818
Erro padrão	12.67374763
Observações	251

ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1	288701.5204	288701.5204	1797.376095	6.9258E-116
Resíduo	249	39995.34587	160.623879		
Total	250	328696.8663			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	16.20280327	2.514156555	6.444627817	5.95558E-10	11.25107924	21.15452729	11.25107924	21.15452729
DB	1.240597539	0.029262501	42.39547258	6.9258E-116	1.182963965	1.298231112	1.182963965	1.298231112

Tabela 18: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - MOR x Db

Limite	pontos outlier	%
superior	8	3.19%
inferior	7	2.79%
Total	15	5.98%

Tabela 19: Limites (DapxDB) MOR

Para a tensão resistente nominal de compressão na flexão (MOR) para madeira seca os pontos discrepantes foram de 15, indicando variação de aproximadamente 6,0%, porém 7 desses pontos não apresentam problemas quanto à segurança estrutural, na verdade garantem maior segurança à estrutura, uma vez que os valores de cálculo são inferiores aos valores reais.

- CPA

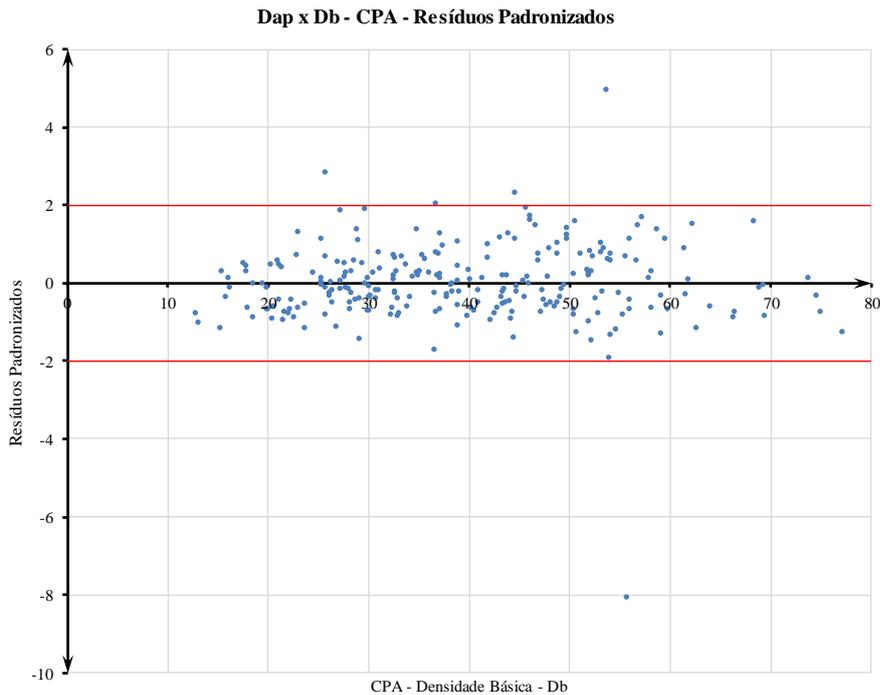


Figura 24: Resíduos Padronizados para CPA- madeira seca

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estadística de regressão</i>	
R múltiplo	0.900982963
R-Quadrado	0.811770299
R-quadrado ajustado	0.811014357
Erro padrão	8.214184099
Observações	251

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	72455.81019	72455.81019	1073.851808	2.79874E-92
Resíduo	249	16800.73228	67.47282042		
Total	250	89256.54247			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	15.21208252	1.553039139	9.79504131	2.26044E-19	12.15331468	18.27085036	12.15331468	18.27085036
DB	1.211604444	0.03697334	32.76967818	2.79874E-92	1.138784088	1.2844248	1.138784088	1.2844248

Tabela 20: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CPA x Db

Limite	pontos outlier	%
superior	4	1.59%
inferior	1	0.40%
Total	5	1.99%

Tabela 21: Limites (DapxDB) CPA

Para a tensão resistente nominal de compressão axial (CPA) para madeiras secas, a porcentagem de erro pelo método é de apenas 1,60%, evidenciando uma ótima aproximação para os valores experimentais dessa propriedade.

- CPE

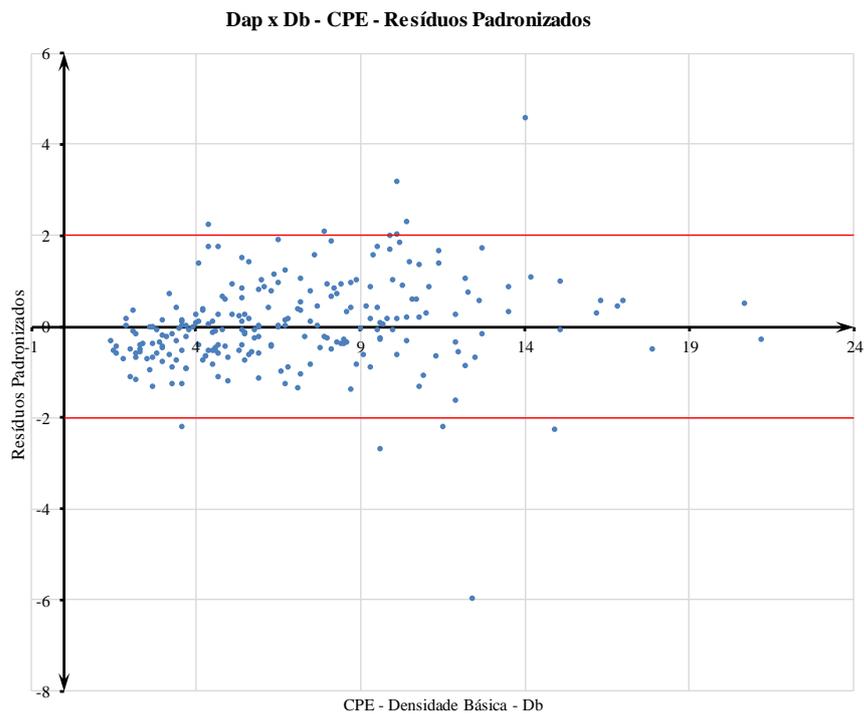


Figura 25: Resíduos Padronizados para CPE- madeira seca

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.902183075
R-Quadrado	0.8139343
R-quadrado ajustado	0.813162243
Erro padrão	2.109123905
Observações	243

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	4689.691346	4689.691346	1054.241413	5.61785E-90
Resíduo	241	1072.065279	4.448403648		
Total	242	5761.756626			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	2.489945734	0.276863892	8.9933928	7.26071E-17	1.944563676	3.035327791	1.944563676	3.035327791
DB	1.08588866	0.033443773	32.46908395	5.61785E-90	1.020009237	1.151768083	1.020009237	1.151768083

Tabela 22: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CPE x Db

Limite	pontos outlier	%
superior	7	2.88%
inferior	5	2.06%
Total	12	4.94%

Tabela 23: Limites (DapxDB) CPE

Para a análise de resíduos da tensão resistente nominal de compressão perpendicular às fibras (CPE) para a madeira seca os valores obtidos se mantiveram dentro dos limites esperados, com 4,94% dos valores fora do intervalo.

- CIS

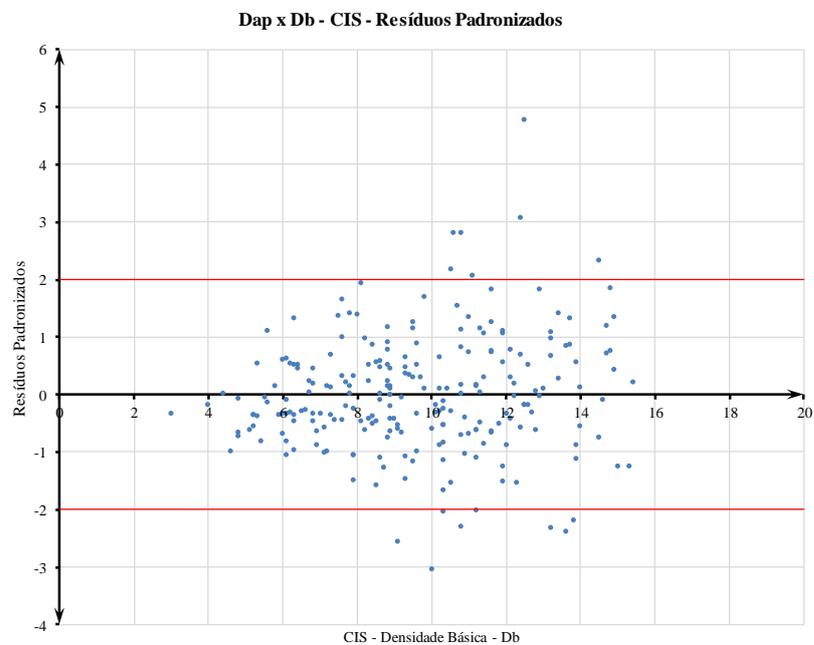


Figura 26: Resíduos Padronizados para CIS- madeira seca

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.894734626
R-Quadrado	0.80055005
R-quadrado ajustado	0.799729269
Erro padrão	1.813806219
Observações	245

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	3208.799674	3208.799674	975.350771	4.85711E-87
Resíduo	243	799.4439991	3.289893		
Total	244	4008.243673			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	0.523736168	0.412630498	1.269261897	0.20561983	-0.289052821	1.336525158	-0.289052821	1.336525158
DB	1.263788063	0.040466331	31.23060632	4.85711E-87	1.18407852	1.343497606	1.18407852	1.343497606

Tabela 24: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - CIS x Db

Limite	pontos outlier	%
superior	7	2.86%
inferior	8	3.27%
Total	15	6.12%

Tabela 25: Limites (DapxDB) CIS

Na análise de resíduos para a tensão resistente nominal de cisalhamento (CIS) a porcentagem de valores fora do intervalo foi de 6,12%, porém os valores que estimam a resistência como sendo acima do que ela realmente é (pontos de subdimensionamento) são apenas 7.

- MOE

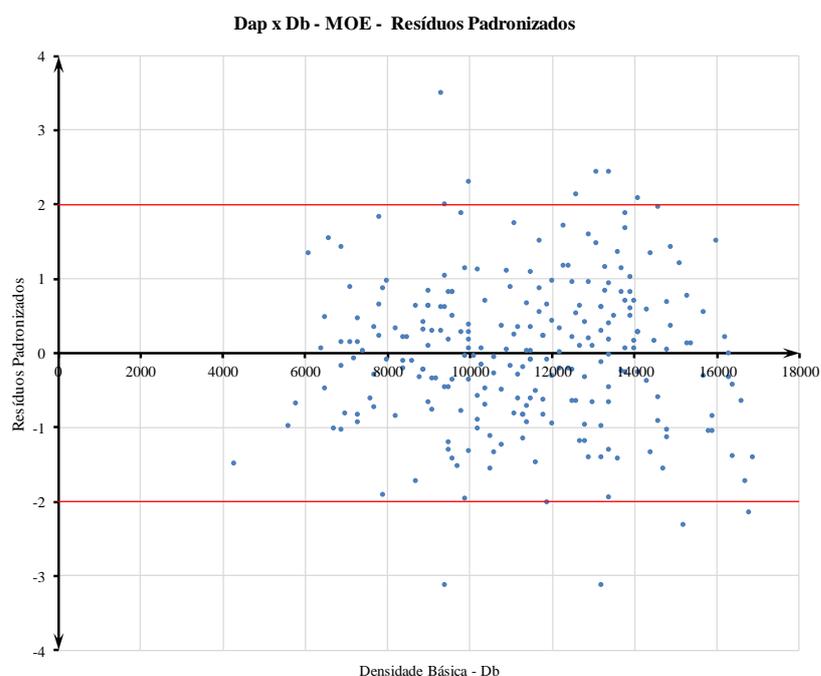


Figura 27: Resíduos Padronizados para MOE- madeira seca

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0.94571825
R-Quadrado	0.894383008
R-quadrado ajustado	0.893958843
Erro padrão	937.0798578
Observações	251

ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1	1851579211	1851579211	2108.575179	1.5216E-123
Resíduo	249	218651546.3	878118.6598		
Total	250	2070230757			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	1487.661754	260.9448101	5.701058983	3.35871E-08	973.7213297	2001.602178	973.7213297	2001.602178
MOE DB	1.025484649	0.02233236	45.91922451	1.5216E-123	0.981500243	1.069469055	0.981500243	1.069469055

Tabela 26: Estudo de regressão linear pelo ANOVA - MOE x Db

Limite	pontos outlier	%
superior	8	3.19%
inferior	6	2.39%
Total	14	5.58%

Tabela 27: Limites (DapxDB) MOE

E por fim tem-se a análise de resíduos para o módulo de elasticidade à flexão para a madeira seca, com 5,6% de valores fora do intervalo. Onde 6 desses valores superestimam a resistência.

- GERAL

Feitas essas análises, obtiveram-se valores que ratificam o uso do método no tocante às análises de resíduos que foram feitas para todas as correlações estabelecidas.

Tabela 0.28 Funções de regressão ajustadas para estimativas de propriedades mecânicas de madeiras na condição verde e seca (umidade em 12%) utilizando-se a densidade básica D_b como variável independente

Propriedade Mecânica	Condição da Madeira	Função de Correlação	R^2	n
MOE	Verde	$MOE = 15.298,550D_b + 1.876,20$	0,8008	253
	Seca	$MOE = 16.198,926D_b + 3.119,8480$	-	-
MOR	Verde	$MOR = 165,96D_b - 21,5090$	0,9195	253
	Seca	$MOR = 213,156D_b - 15,0940$	-	-
CPA	Verde	$CPA = 82,732D_b - 11,8860$	0,8954	252
	Seca	$CPA = 105,717D_b - 2,3620$	-	-
CPE	Verde	$CPE = 23,195D_b - 7,1481$	0,7690	251
	Seca	$CPE = 27,007D_b - 6,5120$	-	-
CIS	Verde	$CIS = 16,546D_b - 0,4988$	0,8090	252
	Seca	$CIS = 21,397D_b - 0,4360$	-	-

Tabela 29 Funções de regressão ajustadas para estimativas de propriedades mecânicas de madeiras na condição verde e seca (umidade em 12%) utilizando-se a densidade básica D_b como variável independente

Para as propriedades mecânicas de madeira verde não foi possível estabelecer um R^2 com a densidade básica visto que, estas foram, anteriormente, correlacionadas com a densidade aparente e em seguida com a densidade básica, ou seja, não foram correlacionadas diretamente.

9. MODELOS PARA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO SIMPLES, COMPRESSÃO AXIAL E FLEXÃO SIMPLES, BASEADOS NO MÉTODO DA DENSIDADE BÁSICA

9.1. BARRAS TRACIONADAS

9.1.1. HIPÓTESES BÁSICAS

Este item trata do estudo de barras tracionadas axialmente. Normalmente, barras tracionadas ocorrem em elementos de treliça utilizadas na cobertura de galpões de uso geral. Os critérios de verificação obedecem às seguintes hipóteses básicas:

- A força de tração axial passa pelo centroide CG da seção transversal da peça;
- Ausência de momento fletor atuante em todo o comprimento da barra;
- Barra retilínea sem imperfeições iniciais e material sem defeito;
- Barra prismática (seção transversal constante);
- A tensão atuante na seção transversal é uniforme;
- Madeira verde saturada;
- Madeira seca a 12% de umidade.

9.1.2. MADEIRA VERDE

A carga admissível à tração axial na madeira verde, admitindo-se as hipóteses acima, pode ser determinada por:

$$T_a = \phi_t A_g (1659,6D_b - 215,09)$$

T_a : Carga admissível à tração axial (Kgf)

ϕ_t : Fator de ponderação da resistência à tração = 0,15

A_g : Área bruta da seção transversal (cm²)

D_b : Densidade básica (g/cm³).

9.1.3. MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE)

A carga admissível à tração axial na madeira seca, admitindo-se as hipóteses acima, pode ser determinada por:

$$T_a = \phi_t A_g (2131,56 D_b - 150,94)$$

T_a : Carga admissível à tração axial (Kgf)

ϕ_t : Fator de ponderação da resistência à tração = 0,15

A_g : Área bruta da seção transversal (cm²)

D_b : Densidade básica (g/cm³).

9.2. BARRAS COMPRIMIDAS

9.2.1. HIPÓTESES BÁSICAS

Este item trata do estudo de barras submetidas à compressão axial. A compressão centrada ocorre mais frequentemente em barras de treliças de cobertura em galpões de uso geral. As hipóteses básicas consideradas são:

- A força de compressão axial passa pelo centroide (CG) da seção transversal da peça;
- Ausência de momento fletor atuante em todo o comprimento da barra;
- Barra retilínea e sem imperfeições iniciais e material sem defeito;
- Barra prismática (seção transversal constante);
- A tensão atuante na seção transversal é uniforme;
- Madeira verde saturada.
- Madeira seca a 12% de umidade.

9.2.2. MADEIRA VERDE

A carga admissível à tração axial na madeira verde, admitindo-se as hipóteses acima, pode ser determinada por:

$$P_a = \phi_c \rho A_g (827,32 D_b - 118,86)$$

P_a : Carga admissível à compressão axial (Kgf)

ϕ_c : Fator de ponderação da resistência à compressão = 0,20

A_g : Área bruta da seção transversal (cm²)

D_b : Densidade básica (g/cm³)

ρ : Função resistência nominal a compressão axial

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$: Esbeltez reduzida, ou fictícia, da barra.

a) Para $\bar{\lambda} \leq 40/\alpha$ (Barra Curta)

$$\rho = 1,0$$

b) Para $40/\alpha < \bar{\lambda} \leq 1,369$ (Barra Intermediária)

$$\rho = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\alpha \bar{\lambda} - 40}{1,369\alpha - 40} \right)$$

c) Para $1,369 < \bar{\lambda} \leq 140/\alpha$ (Barra Esbelta)

$$\rho = \left(\frac{1,25}{\bar{\lambda}^2} \right)$$

Onde:

$$\alpha = \pi \cdot \sqrt{\frac{15.299,55 D_b + 1876,20}{82,732 D_b - 11,886}}$$

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$, esbeltez reduzida, ou fictícia

$\lambda = Kl/i$, igual a esbeltez real da barra

K = Coeficiente para determinação comprimento efetivo de flambagem da barra isolada

l = Comprimento real da barra

i = Raio de giração da seção transversal

D_b : Densidade básica (g/cm³).

9.2.3. MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE)

A carga admissível à tração axial na madeira seca, admitindo-se as hipóteses acima, pode ser determinada por:

$$P_a = \phi_c \rho A_g (1057,17D_b - 23,62)$$

P_a : Carga admissível à compressão axial (Kgf)

ϕ_c : Fator de ponderação da resistência à compressão = 0,20

A_g : Área bruta da seção transversal (cm²)

D_b : Densidade básica (g/cm³)

ρ : Função resistência à compressão axial

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reduzida, ou fictícia, da barra.

a) Para $\bar{\lambda} \leq 40/\alpha$ (Barra Curta)

$$\rho = 1,0$$

b) Para $40/\alpha < \bar{\lambda} \leq 1,369$ (Barra Intermediária)

$$\rho = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\alpha\bar{\lambda} - 40}{1,369\alpha - 40} \right)$$

c) Para $1,369 < \bar{\lambda} \leq 140/\alpha$ (Barra Esbelta)

$$\rho = \left(\frac{1,25}{\bar{\lambda}^2} \right)$$

Onde:

$$\alpha = \pi \cdot \sqrt{\frac{16.198,926D_b + 3.119,848}{105,717D_b - 2,362}}$$

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$, esbeltez reduzida, ou fictícia

$\lambda = Kl/i$, igual a esbeltez real da barra

K = Coeficiente para determinação comprimento efetivo de flambagem da barra isolada

l = Comprimento real da barra

i = Raio de giração da seção transversal

D_b : Densidade básica (g/cm³).

9.2.4. ANÁLISE DA FUNÇÃO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

A função ρ tratada acima se relaciona com a esbeltez da peça, que depende do módulo de elasticidade da peça, bem como de seu comprimento e raio de giração. Deste modo, normalizou-se a função ρ dividindo-se este pelo CPA (tensão de compressão axial), deixando o valor de esbeltez fictícia da peça variando apenas de 0 a 1, o que facilita para o trabalho com a função, bem como a geração de tabelas para análise de barras comprimidas com diferentes valores de esbeltez, conforme descrito na figura abaixo:

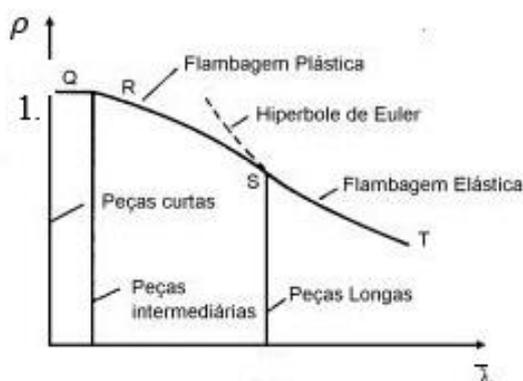


Figura 28: Curva de Flambagem

Obtiveram-se, a partir do banco de dados, as curvas de resistência à compressão para madeiras com baixa Densidade Básica, média Densidade Básica e alta Densidade básica, seguindo os limites definidos por Melo, 2016:

Densidade Básica (kgf/m ³)
Baixa $Db \leq 500$
Média $500 < Db \leq 720$
Alta $Db > 720$

Tabela 30: Intervalos dos valores de Densidade Básica

E sendo assim, para alguns valores dentro destes intervalo, obtiveram-se as funções de resistência à compressão, de modo a perceber como tais funções variam com a Densidade Básica.

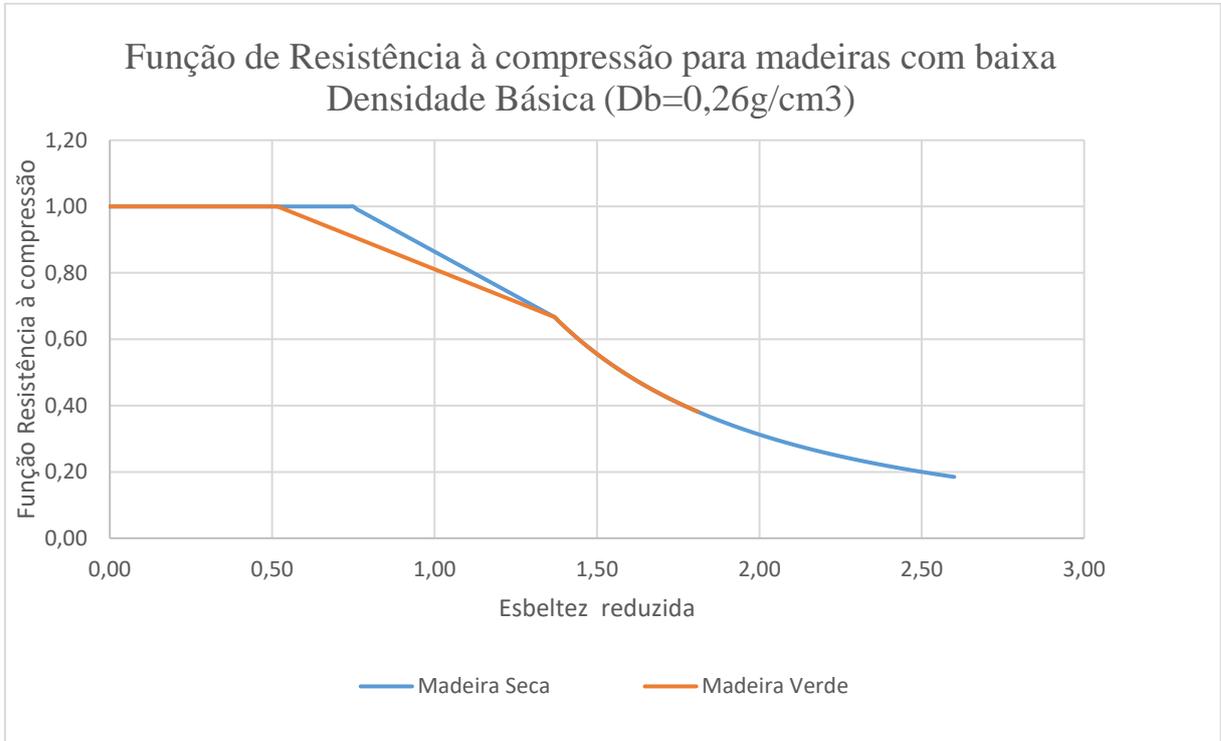


Figura 29: Função de Resistência à compressão para madeiras com baixa Densidade Básica

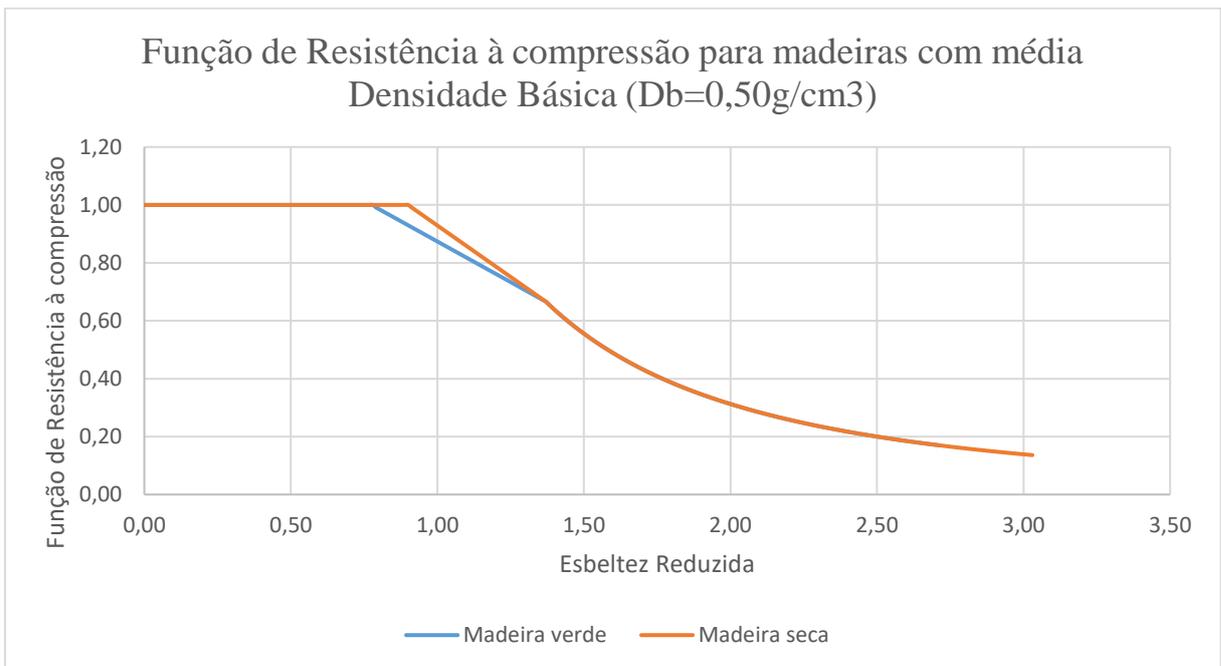


Figura 30: Função de Resistência à compressão para madeiras com média Densidade Básica

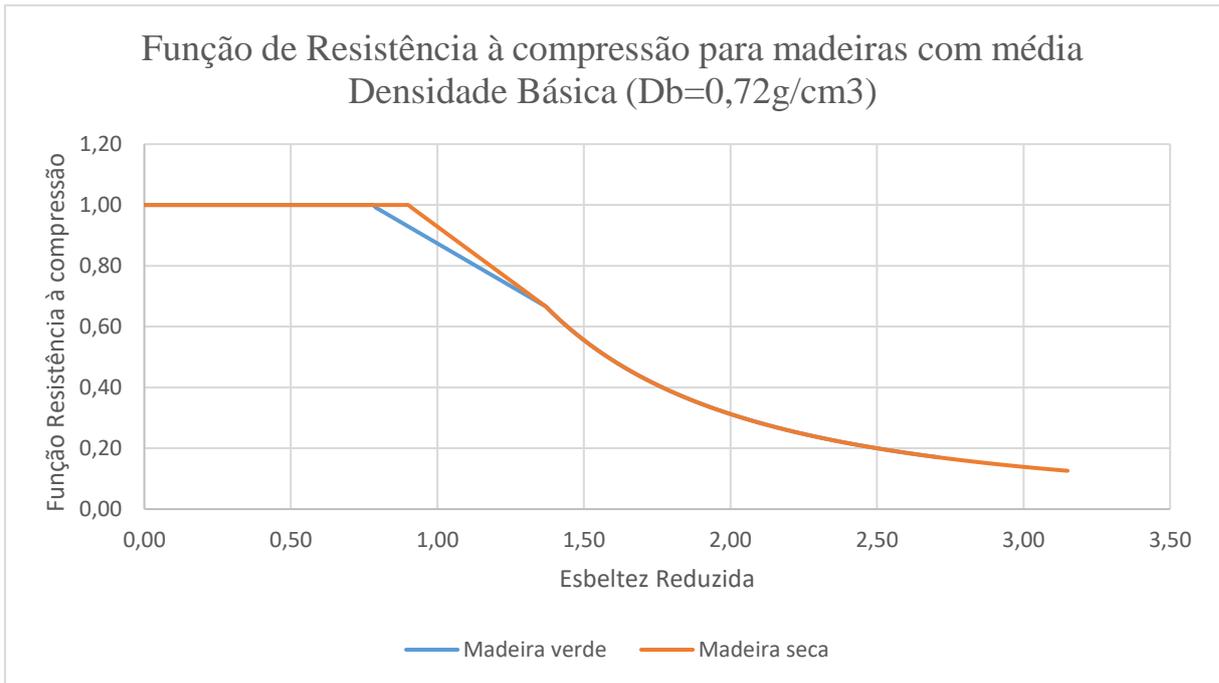


Figura 31: Função de Resistência à compressão para madeiras com média Densidade Básica

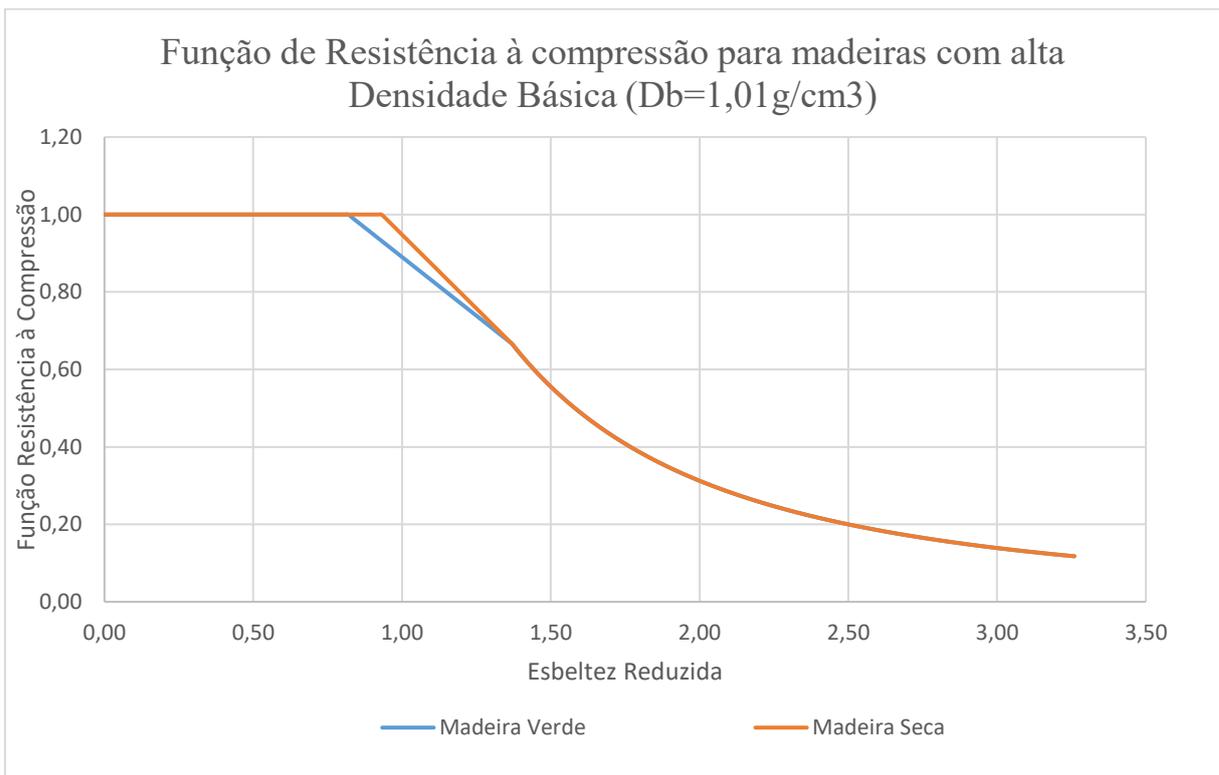


Figura 32: Função de Resistência à compressão para madeiras com alta Densidade Básica

Sendo possível fazer uma série de considerações sobre o formato de tais funções, bem como de sua significância física. Dentre elas:

- Observa-se que tanto para madeira verde quanto para madeira seca, os valores de ρ são iguais para barras esbeltas, de modo que estas peças apresentam comportamento semelhante, e que independe de seu teor de umidade. Dessa forma, para barras com valores altos de esbeltez (barras de treliça, por exemplo) a resistência a compressão independe da condição de umidade da madeira. Portanto, é possível avaliar a dispensa do processo de secagem.
- Para madeiras na condição verde e seca, os valores de ρ para os quais as barras estão na fase instabilidade inelástica (barra intermediária) são maiores para madeiras secas do que para madeiras verdes. O que pode ser justificado pela menor variabilidade dimensional das peças de madeira seca.
- Os valores de esbeltez para os quais a barra passa a não resistir mais à compressão (perde estabilidade) são diretamente maiores, tão maiores forem os valores de Densidade Básica, de modo que se conclui que a quantidade de material lenhoso influencia diretamente na resistência das peças, bem como em sua estabilidade.

A partir de tais análises, elaboraram-se, também, gráficos que comparam os diversos valores de Densidade Básica (dentro dos intervalos da tabela 8) separadamente para madeira verde e seca.

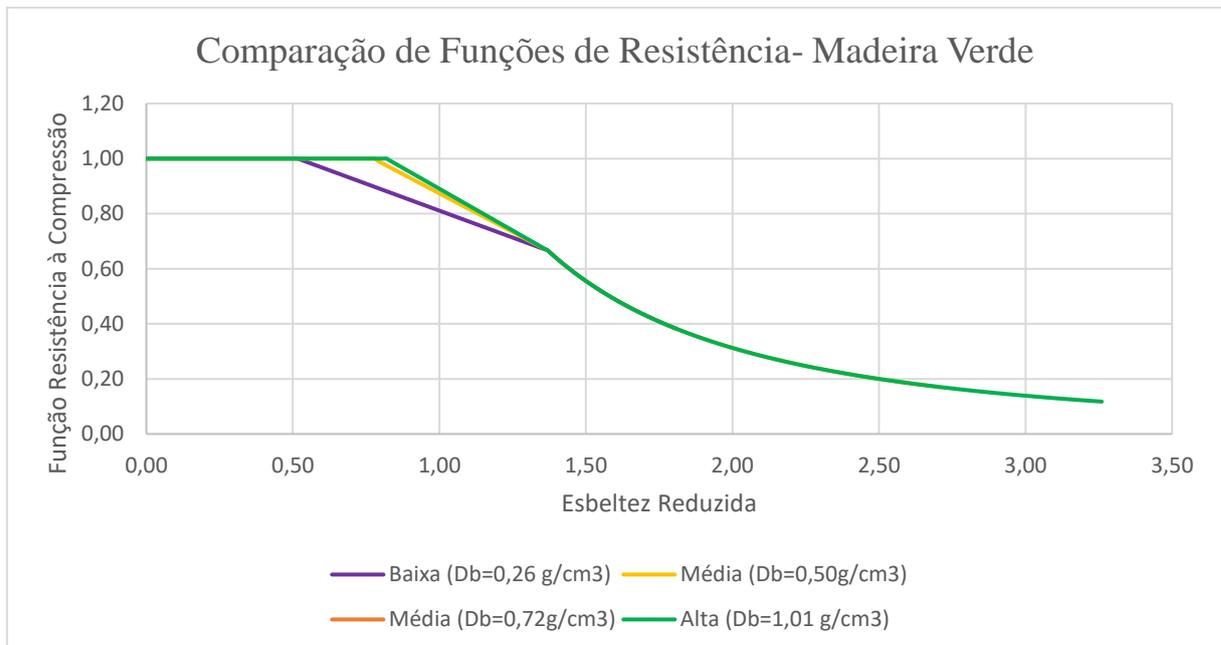


Figura 33: Comparação de Funções de Resistência- Madeira verde

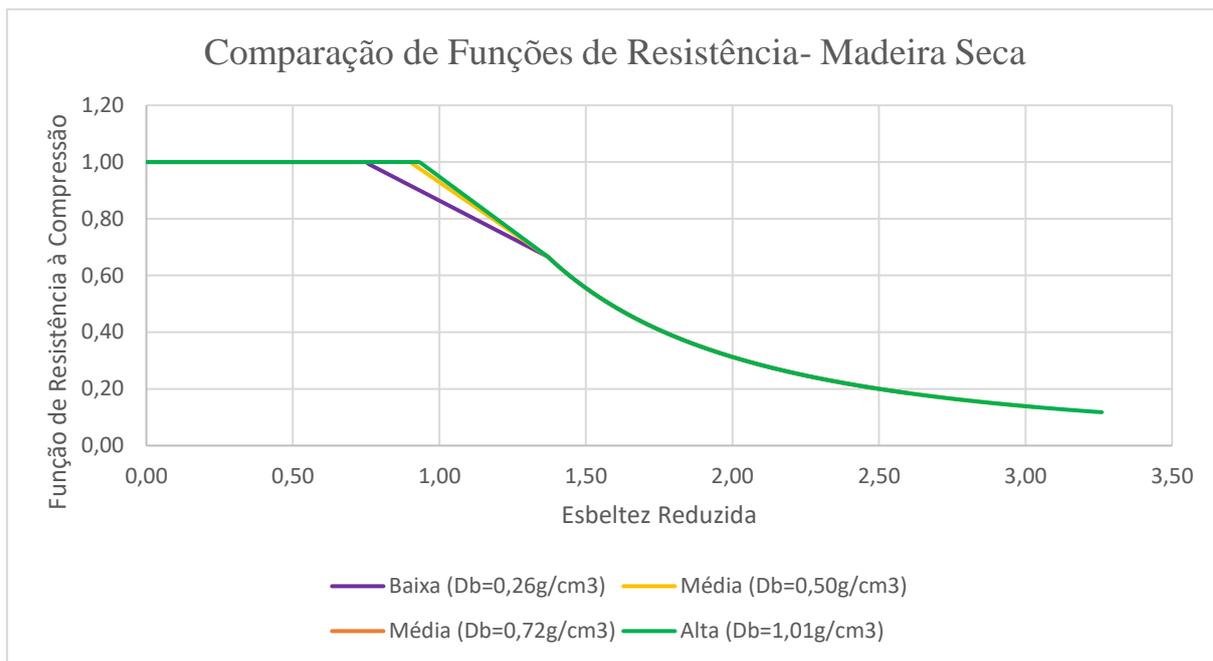


Figura 34: Comparação de Funções de Resistência- Madeira Seca

A partir dos comparativos obtidos acima, pode-se considerar que:

- Os valores de ρ para os quais a peça começa a perder estabilidade são crescentes em função do valor de Densidade Básica, de modo que madeiras mais densas apresentam maior resistência do que barras menos densas, considerando-as saturadas, na condição verde.
- Outra constatação interessante que pode ser feita   em função das curvas de resistência para as madeiras de densidade média praticamente coincidem em seus valores, o que ratifica que madeiras pertencentes ao mesmo intervalo de valores de Densidade Básica apresentam comportamentos similares.
- Assim como no caso anterior, observa-se que os valores de esbeltez são crescentes em função da Densidade Básica da madeira, de modo que se pode construir barras mais esbeltas com madeiras com maior valor de Densidade Básica.

Compararam-se também todas as curvas de compressão mostradas anteriormente num mesmo gráfico, de modo a entender como esta variação se dá em função das madeiras verdes e secas.

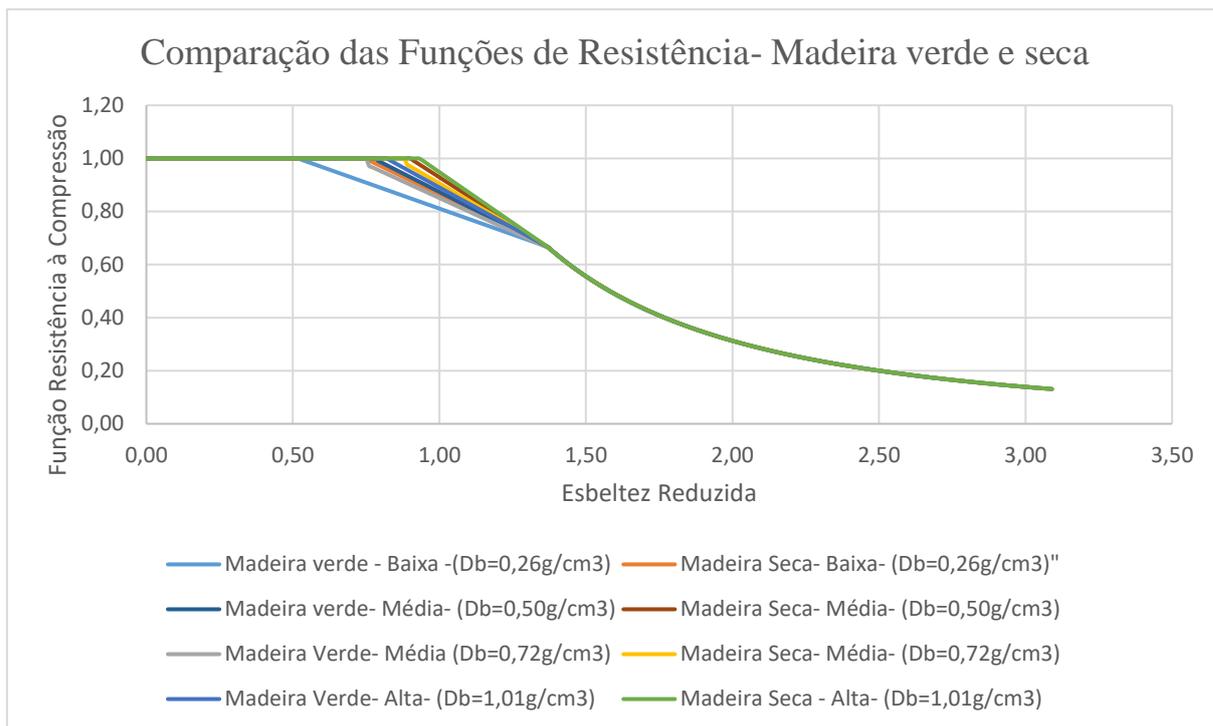


Figura 35: Comparação das Funções de Resistência- Madeira verde e seca

A partir da figura acima, conclui-se que as curvas para madeira seca apresentam valores de esbeltez maiores para perda de estabilidade do que as curvas para madeira verde, mesmo para casos em que a densidade básica desta é maior do que daquelas.

E, por fim, para os casos da madeira verde e seca, onde tais grandezas relacionadas com a flambagem são funções da Densidade Básica, pode-se obter uma superfície que define a função de resistência à compressão axial em função da esbeltez e da Densidade Básica.

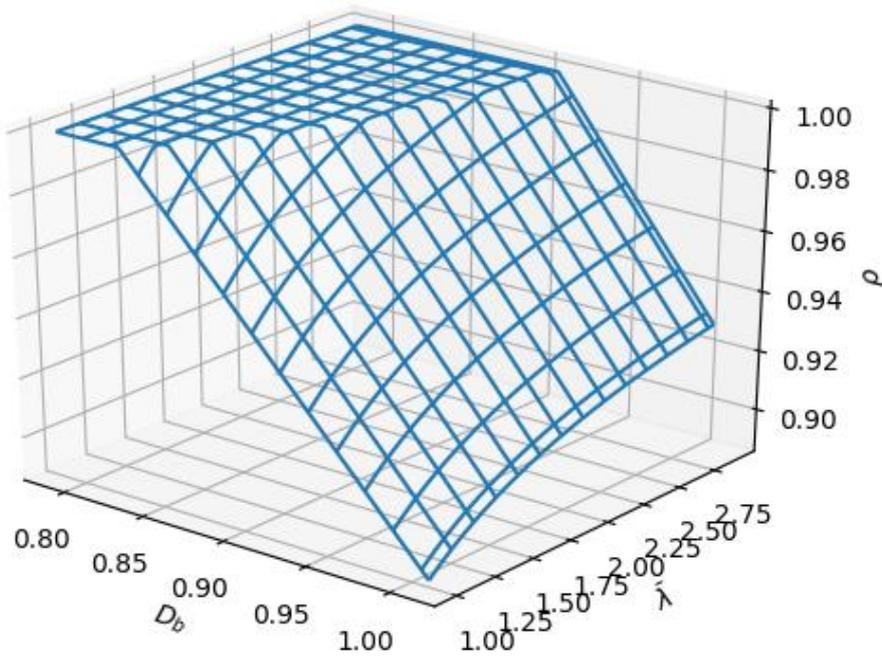


Figura 36: Superfície de Flambagem: madeira verde

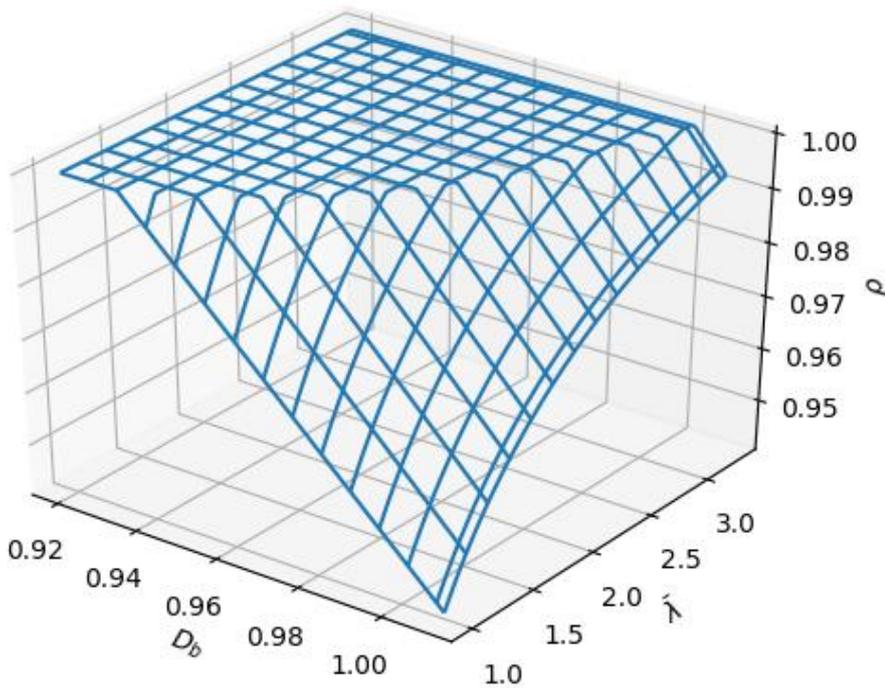


Figura 37: Superfície de Flambagem: madeira seca

É importante, ainda, observar as diferenças na resistência de madeiras na base verde e seca, e o quanto é importante considerar as madeiras no estado em que realmente estão (diferentemente do que preconiza a NBR 7190/97, que considera o uso apenas de madeiras que

passaram pelo processo de secagem). Em praticamente todos os casos demonstrados neste trabalho, ao considerar apenas madeiras secas, admite-se um subdimensionamento das estruturas, em virtude das variações de resistência inerentes ao teor de umidade. Além disso, ressalta-se que cerca de 98% das madeiras comercializadas no Brasil não passaram por correto procedimento de secagem, sendo assim o dimensionamento considerando esta hipótese incorreria em erro grosseiro, ameaçando a segurança e o desempenho das estruturas.

9.3. BARRAS FLETIDAS

9.3.1. HIPÓTESES BÁSICAS

Este item trata do estudo das barras submetidas à flexão simples. Estas normalmente ocorrem nos pisos de edifícios, ou mezaninos, para uso residencial, comercial, ou mesmo industriais. As hipóteses básicas consideradas são:

- Para peças submetidas à flexão simples as verificações devem ser feitas de acordo com a teoria da elasticidade clássica;
- As barras à flexão simples estão submetidas a momentos fletores em relação a somente um dos eixos principais de inércia;
- O plano de aplicação das cargas passa pelo centro de cisalhamento da seção transversal, estando a viga restringida à rotação nos apoios e pontos de aplicação de cargas concentradas;
- Barra retilínea sem imperfeições iniciais;
- Barra prismática o que significa que a viga tem seção constante ao longo do seu eixo longitudinal;
- Os pontos de apoio das vigas são restringidos a rotação em torno do seu eixo longitudinal;
- As cargas são aplicadas lentamente de modo que possam ser consideradas estáticas, ou quase estáticas;
- Madeira na base verde e seca.

9.3.2. MADEIRA VERDE

Momento fletor admissível para tensão de compressão na flexão, na madeira verde:

$$M_a = \phi_b W (1659,6D_b - 215,09)$$

M_a : Momento admissível à flexão simples (m.Kgf)

ϕ_b : Fator de ponderação da resistência à flexão = 0,15

W : Módulo resistente elástico (cm³)

D_b : Densidade básica da madeira (g/cm³).

9.3.3. MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE)

Momento fletor admissível para tensão de compressão na flexão, na madeira seca:

$$M_a = \phi_b W (2131,56D_b - 150,94)$$

M_a : Momento admissível à flexão simples (m.Kgf)

ϕ_b : Fator de ponderação da resistência à flexão = 0,15

W : Módulo resistente elástico (cm³)

D_b : Densidade básica da madeira (g/cm³).

9.4. ESFORÇO CORTANTE ADMISSÍVEL NA FLEXÃO SIMPLES

As seções utilizadas para madeira são normalmente retangulares, quadradas ou circulares. As vigas de seção composta, geralmente são formadas por essas seções individuais. Logo, são compactas e frequentemente as tensões de cisalhamento atuantes são significativamente menores que as tensões admissíveis ao cisalhamento. Dessa forma, para seções maciças retangulares não há necessidade de verificação da interação simultânea do momento fletor com a força cortante.

9.4.1. MADEIRA VERDE

Resistência ao esforço cortante

$$V_a = \phi_v \left(\frac{b.I}{S} \right) (165,46D_b - 4,988)$$

V_a : Esforço cortante admissível na seção (Kgf).

ϕ_v : Fator de ponderação resistência ao cisalhamento = 0,10

I : Momento de inércia da seção (cm⁴).

b : Largura da seção no plano de corte considerado (cm).

S : Momento estático para parte comprimida, ou tracionada da seção transversal em relação à linha neutra (cm³).

D_b : Densidade básica da madeira (g/cm³).

9.4.2. MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE)

Resistência ao esforço cortante

$$V_a = \phi_v \left(\frac{b.I}{S} \right) (213,97D_b - 4,36)$$

V_a : Esforço cortante admissível na seção (Kgf).

ϕ_v : Fator de ponderação resistência ao cisalhamento = 0,10

I : Momento de inércia da seção (cm⁴).

b : Largura da seção no plano de corte considerado (cm).

S : Momento estático para parte comprimida, ou tracionada da seção transversal em relação à linha neutra (cm³).

D_b : Densidade básica da madeira (g/cm³).

10. MODELOS PARA RESISTÊNCIA À FLEXÃO COMPOSTA RETA E CARGAS LOCALIZADAS, UTILIZANDO O MÉTODO DA DENSIDADE BÁSICA

10.1. BARRAS SUBMETIDAS A FLEXÃO COMPOSTA RETA

10.1.1. HIPÓTESES BÁSICAS

Este item trata do estudo das barras submetidas à flexão composta. Estas normalmente ocorrem em pilares de canto em edificações, estacas de fundações, e estruturas cuja arquitetura exija a aplicação de uma excentricidade inicial. As hipóteses básicas consideradas são:

- Para peças submetidas à flexão composta as verificações devem ser feitas de acordo com a teoria da elasticidade clássica;
- As barras à flexão composta estão submetidas a momentos fletores e forças axiais em relação a somente um dos eixos principais de inércia;
- O plano de aplicação das cargas passa pelo centro de cisalhamento da seção transversal, estando a viga restringida à rotação nos apoios e pontos de aplicação de cargas concentradas;
- Barra retilínea sem imperfeições iniciais;
- Barra prismática o que significa que a viga tem seção constante ao longo do seu eixo longitudinal;
- Os pontos de apoio das vigas são restringidos a rotação em torno do seu eixo longitudinal;
- As cargas são aplicadas lentamente de modo que possam ser consideradas estáticas, ou quase estáticas;
- Madeira na base verde e seca.

10.1.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O DIMENSIONAMENTO

A tensão admissível na flexão composta (F_{fca}) na borda comprimida, não deverá ultrapassar um valor intermediário entre as tensões admissíveis na compressão paralela às fibras e na flexão simples. Para considerar os efeitos combinados de momento fletor e esforço normal, estabelece-se uma excentricidade fictícia (e), determinada pela razão entre momento fletor atuante e esforço normal:

$$e = \frac{|M|}{|N|} \quad (10.1)$$

Define-se também a razão entre a Tensão Nominal de Flexão Simples e a Tensão Nominal da Flexão Composta como:

$$\varepsilon = \frac{\text{Tensão na Flexão simples}}{\text{Tensão na Flexão composta}} = \frac{\frac{|M|y}{I}}{\frac{|M|y}{I} + \frac{|N|}{A}} \quad (10.2)$$

Onde:

ε = excentricidade relativa à tensão de compressão na flexão simples e a tensão na flexão composta

$|M|$ = valor absoluto do momento fletor atuante

$|N|$ = valor absoluto da força axial de compressão

A = área da seção transversal;

y = posição do centro de gravidade da peça.

Devido principalmente a estética, nas edificações residenciais os pilares ou colunas de madeira são utilizados na forma quadrada ou circular. Como a flexão composta ocorre na maioria das vezes nessas condições, a equação acima pode ser simplificada:

No caso específico de seção quadrada tem-se:

$$\varepsilon = \frac{6e}{6e + h} \quad \text{Para seção retangular} \quad (10.3)$$

$$\varepsilon = \frac{8e}{8e + D} \quad \text{Para seção retangular} \quad (10.4)$$

Onde:

$e = \frac{|M|}{|N|}$ excentricidade fictícia na direção perpendicular ao eixo de flexão

h = altura da seção transversal da peça, na direção perpendicular ao eixo de flexão

D = diâmetro da seção transversal circular.

Definindo-se também a esbeltez da peça (λ), como abaixo, vem:

$$\lambda = \frac{L_0}{i} \quad (10.5)$$

Onde:

λ = índice de esbeltez real da peça

L_0 = comprimento efetivo de flambagem
 i = raio de giração da seção
 I = momento de inércia
 A = área da seção transversal.

10.1.3. MADEIRA VERDE

a) Para peças com $0 < \lambda < 40$ (Barra Curta)

O intervalo para barras curtas deste item, apresentado acima em função da esbelteza real λ , pode ser dado em função da esbelteza reduzida $\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$. Assim, para a esbelteza reduzida o intervalo passa a ser: $0 < \bar{\lambda} \leq 40/\alpha$ (veja-se o item 9.2).

A tensão admissível na flexão composta F_{fca} é dada pela Eq. (10.6), após algumas manipulações algébricas a partir da função de resistência para barras curtas, proposta pela NBR-7190/82:

$$F_{fca} = \phi_c \rho CPA (1 - \varepsilon) + \phi_b MOR \varepsilon \quad (10.6)$$

A Eq. (10.6) mostra que tensão para a flexão composta é formada por uma componente de tensão proveniente do esforço axial (CPA), sem flambagem, e uma parcela proveniente do esforço de flexão (MOR). Deste modo, para madeira na condição verde a partir das funções de correlação a partir da densidade básica levando a Eq. (10.7a) e Eq. (10.7b) na Eq. (10.6), vem:

$$CPA = 827,32D_b - 118,86 \quad (10.7a)$$

$$MOR = 1659,58D_b - 215,09 \quad (10.7b)$$

$$F_{fca} = \phi_c \rho (827,32D_b - 118,86)(1 - \varepsilon) + \phi_b (1659,6D_b - 215,09)\varepsilon \quad (10.8)$$

Já que para barra curta não há necessidade de se considerar a flambagem, já que a ruína se dará por esmagamento a compressão axial paralela às fibras. Portanto, para esse caso $\rho = 1,0$ (veja item 9.2), a Eq. (10,8) pode tomar a forma abaixo, dada pela Eq. (10.8a), assumindo-se a função ρ igual a unidade (sem flambagem). Ou:

$$F_{fca} = \phi_c (827,32D_b - 118,86)(1 - \varepsilon) + \phi_b (1659,6D_b - 215,09)\varepsilon \quad (10.8a)$$

Onde:

F_{fca} = tensão admissível na flexão composta (Kgf/cm²)

$\rho = 1,0$ é a função adimensional de resistência nominal crítica a compressão axial. Conforme visto no item 9.2, sobre barras comprimidas axialmente, para peças curtas não se considera a flambagem, o que significa tomar ρ igual à unidade

ε = excentricidade relativa à tensão de compressão na flexão simples e a tensão na flexão composta, dada pela Eq. (10.2), Eq. (10.3), ou Eq. (10.4)

CPA = tensão resistente nominal de compressão axial (Kgf/cm²)

MOR = tensão resistente nominal de compressão na flexão (Kgf/cm²)

$\phi_b = 0,15$ fator de ponderação da resistência a compressão na flexão

$\phi_c = 0,20$ fator de ponderação da resistência a compressão axial

D_b = densidade básica da madeira (g/cm³).

λ = esbeltez real da peça

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$ esbeltez reduzida (veja-se item 9.2, barras comprimidas axialmente)

$$\alpha = \pi \cdot \sqrt{\frac{15.299,55D_b + 1876,20}{82,732D_b - 11,886}} \quad (\text{veja-se item 9.2})$$

a) Para Barras com $40 \leq \lambda \leq \lambda_0$ (Barra Intermediária)

O intervalo para barras intermediárias deste item, pode ser dado em função da esbeltez reduzida (ou fictícia) $\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$. Assim, corresponde a $\frac{40}{\alpha} \leq \bar{\lambda} \leq 1,369$ (veja-se o item 9.2).

A tensão admissível na flexão composta F_{fca} , para barras intermediárias, é dada pela Eq. (10.9), segundo a NBR-7190/82. Após algumas manipulações algébricas a partir da função de resistência para barras curtas, chega-se às equações abaixo para madeira na condição verde:

$$F_{fca} = \phi_c \rho CPA (1 - \varepsilon) + \phi_b MOR \varepsilon \quad (10.9)$$

Na Eq. (10.9) ρ é a função adimensional que leva em conta a instabilidade que deve ser considerada para barra de esbeltez intermediária. Assim, para CPA e MOR para madeira na condição verde, definidos pela Eq. (10.7a) e Eq. (10.7b) e as considerações do item 9.2 (barras comprimidas axialmente), vem:

$$F_{fca} = \phi_c \rho (827,32D_b - 118,86)(1 - \varepsilon) + \phi_b (1659,6D_b - 215,09)\varepsilon \quad (10.10)$$

Onde:

F_{fca} = tensão admissível na flexão composta (Kgf/cm²)

$\rho = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\alpha \bar{\lambda} - 40}{1,369\alpha - 40} \right)$ é a função adimensional de resistência nominal crítica a compressão axial (veja-se item 9.2, sobre barras comprimidas axialmente)

ε = excentricidade relativa á tensão de compressão na flexão simples e a tensão na flexão composta, dada pela Eq. (10.2), Eq. (10.3), ou Eq. (10.4)

CPA = tensão resistente nominal de compressão axial (Kgf/cm²)

MOR = tensão resistente nominal de compressão na flexão (Kgf/cm²)

$\phi_b = 0,15$ fator de ponderação da resistência a compressão na flexão

$\phi_c = 0,20$ fator de ponderação da resistência a compressão axial

D_b = densidade básica da madeira (g/cm³).

λ = esbeltez real da peça

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$ esbeltez reduzida (veja-se item 9.2, barras comprimidas axialmente)

$$\alpha = \pi \cdot \sqrt{\frac{15.299,55D_b + 1876,20}{82,732D_b - 11,886}} \quad (\text{veja-se item 9.2})$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{3\pi(15.299,55D_b + 1.876,20)}{8\phi_c(82,732D_b - 11,886)}} = 1,369\alpha \quad (\text{veja-se item 9.2})$$

Na Eq. (10.10), nota-se que ρ é obtido mediante a normalização da função de resistência a compressão axial a partir da tensão de ruína a compressão paralela às fibras (CPA) e a esbeltez de instabilidade elástica de Euler (Euler, 1744), correspondente à essa mesma tensão CPA . Para maior clareza, veja a seção 8.2.2, deste trabalho. Evidenciando novamente que a tensão admissível para a flexão composta possui uma parcela que se relaciona com o tensão devido à solicitação axial (CPA) e uma parcela que se relaciona com o momento fletor, portanto da tensão de compressão na flexão MOR .

a) Para peças com $\lambda_0 < \lambda \leq 140$

O intervalo para barras esbeltas definido acima em função da esbeltez real λ , pode ser dado em função da esbeltez reduzida $\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$. Assim, para a esbeltez reduzida o intervalo passa a ser: $1,369 < \bar{\lambda} \leq 140/\alpha$ (veja-se o item 9.2).

A tensão admissível na flexão composta F_{fca} segundo a norma NBR-7190/82 é dada por um parâmetro ε_0 , definido pela Eq. (10.11), abaixo:

$$\varepsilon_0 = 1 - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right) \quad (10.11)$$

Seguindo o item 9.2 deste trabalho, sobre o dimensionamento de barras comprimidas axialmente, $\lambda_0 = 1,369\alpha$ e $\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$. Assim, ε_0 pode ser definido a partir α , λ e $\bar{\lambda}$. Ou:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{15}{8} \left(\frac{\alpha}{\lambda}\right)^2 \quad (10.12)$$

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{15}{8} \frac{1}{\bar{\lambda}^2} \quad (10.13)$$

Assim, seguindo as prescrições da NBR-7191/82, vem:

1) Se $\varepsilon \leq \varepsilon_0$

Para esse caso a NBR-7191/82 recomenda verificar a barra como barra esbelta e solicitada somente à tensão axial de instabilidade elástica de Euler. Portanto, além das características geométricas da seção transversal, do comprimento da barra e as condições de contorno representada pelos apoios, a tensão de flexão composta F_{fca} dependerá, principalmente, do módulo de elasticidade da madeira. A condição da madeira – estado verde ou seca (umidade de 12%) – não tem grande interferência na capacidade de carga da barra, como é possível observar pelas equações, seguintes. Assim, para madeira verde $CPA = 827,32D_b - 118,86$, vem:

$$F_{fca} = \phi_c \rho CPA$$

$$F_{fca} = \phi_c \rho (827,32D_b - 118,86) \quad (10.14)$$

A partir de manipulações algébricas na Eq. (10.14), com mudanças de variáveis, a tensão da flexão composta F_{fca} pode ser estimada a partir da variável esbeltez real da barra λ , ou a partir da variável esbeltez reduzida $\bar{\lambda}$. A rigor as funções são as mesmas, ficando a opção de escolha para avaliação da tensão na flexão composta, em função de ρ , λ , ou $\bar{\lambda}$, a critério do

projetista. Mas, todas em função da densidade básica como propriedade física da espécie de madeira em uso. Assim:

$$F_{fca} = 12,5\phi_c \frac{\pi^2(15.299,55D_b + 1.876,20)}{\lambda^2} \quad (10.15)$$

$$F_{fca} = 12,5\phi_c \frac{\pi^2(827,32D_b - 118,86)}{\bar{\lambda}^2} \quad (10.16)$$

Onde:

F_{fca} = tensão admissível na flexão composta (Kgf/cm²)

$\rho = \frac{1,25}{\bar{\lambda}^2}$ é a função adimensional de resistência nominal crítica a compressão axial para barra esbelta (veja-se item 9.2, sobre barras comprimidas axialmente)

ε = excentricidade relativa à tensão de compressão na flexão simples e a tensão na flexão composta, dada pela Eq. (10.2), Eq. (10.3), ou Eq. (10.4)

CPA = tensão resistente nominal de compressão axial (Kgf/cm²)

$\phi_c = 0,20$ fator de ponderação da resistência a compressão axial

D_b = densidade básica da madeira (g/cm³).

λ = esbeltez real da peça

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$ esbeltez reduzida (veja-se item 9.2, barras comprimidas axialmente)

$$\alpha = \pi \cdot \sqrt{\frac{15.299,55D_b + 1.876,20}{82,732D_b - 11,886}} \quad (\text{veja-se item 9.2})$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{3\pi^2(15.299,55D_b + 1.876,20)}{8\phi_c(82,732D_b - 11,886)}} = 1,369\alpha \quad (\text{veja-se item 9.2})$$

2) Se $\varepsilon > \varepsilon_0$

Para esse caso a NBR-7191/82 recomenda verificar a tensão na borda não deve ultrapassar a tensão na flexão composta F_{fca} , resultado da interação da tensão nominal resistente a compressão axial na direção das fibras (CPA) e a tensão resistente nominal de compressão na flexão (MOR), dada pela Eq. (10.17). A NBR-7190/82 não considera, para esse caso, a verificação de instabilidade (flambagem), mas fatora tanto a tensão resistente nominal de

compressão axial (*CPA*), quanto a tensão resistente nominal de compressão na flexão (*MOR*), da grandeza $(\varepsilon - \varepsilon_0)$. Nesse caso como $F_{cr} = CPA$, logo a $\rho = 1,0$ (sem flambagem). Assim:

$$F_{fca} = \frac{2}{3}\phi_c\rho F_{cr} + (\phi_b MOR - \frac{2}{3}\phi_c F_{cr})(\varepsilon - \varepsilon_0) \quad (10.17)$$

Assim, vem da Eq. (10.17):

$$F_{fca} = \frac{2}{3}\phi_c\rho(827,32D_b - 118,86)[1 - (\varepsilon - \varepsilon_0)] + \phi_b(1659,6D_b - 215,09)(\varepsilon - \varepsilon_0) \quad (10.17)$$

A partir de manipulações algébricas na Eq. (10.17), com mudanças de variáveis, a tensão da flexão composta F_{fca} pode ser estimada a partir da variável esbeltez real da barra λ , ou a partir da variável esbeltez reduzida $\bar{\lambda}$. Da mesma forma que na seção anterior, funções são as mesmas, ficando a opção de escolha para avaliação da tensão na flexão composta, em função de ρ , λ , ou $\bar{\lambda}$, a critério do projetista. Mas, todas em função da densidade básica como propriedade física da espécie de madeira em uso. Assim:

$$F_{fca} = \frac{2}{3}\phi_c\rho(827,32D_b - 118,86) \left[1 - \left(\varepsilon + \frac{15\alpha^2}{8\lambda^2} - 1 \right) \right] + \phi_b(1659,6D_b - 215,09) \left(\varepsilon + \frac{15\alpha^2}{8\lambda^2} - 1 \right) \quad (10.18)$$

$$F_{fca} = \frac{2}{3}\phi_c\rho(827,32D_b - 118,86) \left[1 - \left(\varepsilon + \frac{15}{8\bar{\lambda}^2} - 1 \right) \right] + \phi_b(1659,6D_b - 215,09) \left(\varepsilon + \frac{15}{8\bar{\lambda}^2} - 1 \right) \quad (10.19)$$

Onde:

F_{fca} = tensão admissível na flexão composta (Kgf/cm²)

$\rho = 1,0$ é a função adimensional de resistência nominal crítica a compressão axial para barra esbelta (veja-se item 9.2, sobre barras comprimidas axialmente)

ε = excentricidade relativa à tensão de compressão na flexão simples e a tensão na flexão composta, dada pela Eq. (10.2), Eq. (10.3), ou Eq. (10.4)

CPA = tensão resistente nominal de compressão axial (Kgf/cm²)

$\phi_c = 0,20$ fator de ponderação da resistência a compressão axial

$\phi_b = 0,15$ fator de ponderação da resistência a compressão na flexão

D_b = densidade básica da madeira (g/cm³).

λ = esbeltez real da peça

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$ esbeltez reduzida (veja-se item 9.2, barras comprimidas axialmente)

$$\alpha = \pi \cdot \sqrt{\frac{15.299,55D_b + 1876,20}{82,732D_b - 11,886}} \quad (\text{veja-se item 9.2})$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{3\pi^2(15.299,55D_b + 1.876,20)}{8\phi_c(82,732D_b - 11,886)}} = 1,369\alpha \quad (\text{veja-se item 9.2})$$

10.1.4. MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE)

a) Para peças com $0 < \lambda < 40$ (Barra Curta)

O intervalo para barras curtas apresentado em função da esbeltez real λ , pode ser dado em função da esbeltez reduzida $\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$. Assim, para a esbeltez reduzida o intervalo passa a ser: $0 < \bar{\lambda} \leq 40/\alpha$ (veja-se o item 9.2).

A tensão admissível na flexão composta F_{fca} é dada pela Eq. (10.6), após algumas manipulações algébricas a partir da função de resistência para barras curtas, proposta pela NBR-7190/82:

$$F_{fca} = \phi_c \rho CPA(1 - \varepsilon) + \phi_b MOR \varepsilon \quad (10.20)$$

A Eq. (10.20) mostra que tensão para a flexão composta é formada por uma componente de tensão proveniente do esforço axial (CPA), sem flambagem, e uma parcela proveniente do esforço de compressão na flexão (MOR). Deste modo, para madeira na condição seca (umidade a 12%), a partir das funções de correlação a partir da densidade básica levando a Eq. (10.21a) e Eq. (10.21b) na Eq. (10.20), vem:

$$CPA = 1057,17D_b - 23,62 \quad (10.21a)$$

$$MOR = 2131,56D_b - 150,94 \quad (10.21b)$$

$$F_{fca} = \phi_c \rho (1057,17D_b - 23,62)(1 - \varepsilon) + \phi_b (2131,56D_b - 150,94)\varepsilon \quad (10.22a)$$

Para barra curta não há necessidade de se considerar a flambagem, já que a ruína se dará por esmagamento a compressão axial paralela às fibras. Portanto, para esse caso $\rho = 1,0$ (veja

item 9.2), a Eq. (10.22a) pode tomar a forma abaixo, dada pela Eq. (10.22b), assumindo-se a função ρ igual a unidade (sem flambagem). Ou:

$$F_{fca} = \phi_c(1057,17D_b - 23,62)(1 - \varepsilon) + \phi_b(2131,56D_b - 150,94)\varepsilon \quad (10.22b)$$

Onde:

F_{fca} = tensão admissível na flexão composta (Kgf/cm²)

$\rho = 1,0$ é a função adimensional de resistência nominal crítica a compressão axial. Conforme visto no item 9.2, sobre barras comprimidas axialmente, para peças curtas não se considera a flambagem, o que significa tomar ρ igual à unidade

ε = excentricidade relativa à tensão de compressão na flexão simples e a tensão na flexão composta, dada pela Eq. (10.2), Eq. (10.3), ou Eq. (10.4)

CPA = tensão resistente nominal de compressão axial (Kgf/cm²)

MOR = tensão resistente nominal de compressão na flexão (Kgf/cm²)

$\phi_b = 0,15$ fator de ponderação da resistência a compressão na flexão

$\phi_c = 0,20$ fator de ponderação da resistência a compressão axial

D_b = densidade básica da madeira (g/cm³).

λ = esbeltez real da peça

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$ esbeltez reduzida (veja-se item 9.2, barras comprimidas axialmente

$\alpha = \pi \cdot \sqrt{\frac{16.198,93D_b+3.119,85}{105,717D_b-2,362}}$, para madeira seca (umidade a 12%) (veja-se item 9.2)

b) Para Barras com $40 \leq \lambda \leq \lambda_0$ (Barra Intermediária)

O intervalo para barras intermediárias deste item, pode ser dado em função da esbeltez reduzida (ou fictícia) $\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$. Assim, corresponde a $\frac{40}{\alpha} \leq \bar{\lambda} \leq 1,369$ (veja-se o item 9.2).

A tensão admissível na flexão composta F_{fca} , para barras intermediárias, é dada pela Eq. (10.23), segundo a NBR-7190/82. Após algumas manipulações algébricas a partir da função de resistência para barras curtas, chega-se às equações abaixo para madeira na condição seca:

$$F_{fca} = \phi_c \rho CPA (1 - \varepsilon) + \phi_b MOR \varepsilon \quad (10.23)$$

Na Eq. (10.23) ρ é a função adimensional que leva em conta a instabilidade que deve ser considerada para barra de esbeltez intermediária. Assim, para *CPA* e *MOR* para madeira na condição verde, definidos pela Eq. (10.21a) e Eq. (10.21b) e as considerações do item 9.2 (barras comprimidas axialmente), vem:

$$F_{fca} = \phi_c \rho (1057,17D_b - 23,62)(1 - \varepsilon) + \phi_b (2131,56D_b - 150,94)\varepsilon \quad (10.24)$$

Onde:

F_{fca} = tensão admissível na flexão composta (Kgf/cm²)

$\rho = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\alpha \bar{\lambda} - 40}{1,369\alpha - 40} \right)$ é a função adimensional de resistência nominal crítica a compressão axial (veja-se item 9.2, sobre barras comprimidas axialmente)

ε = excentricidade relativa á tensão de compressão na flexão simples e a tensão na flexão composta, dada pela Eq. (10.2), Eq. (10.3), ou Eq. (10.4)

CPA = tensão resistente nominal de compressão axial (Kgf/cm²)

MOR = tensão resistente nominal de compressão na flexão (Kgf/cm²)

$\phi_b = 0,15$ fator de ponderação da resistência a compressão na flexão

$\phi_c = 0,20$ fator de ponderação da resistência a compressão axial

D_b = densidade básica da madeira (g/cm³).

λ = esbeltez real da peça

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$ esbeltez reduzida (veja-se item 9.2, barras comprimidas axialmente)

$\alpha = \pi \cdot \sqrt{\frac{16.198,93D_b + 3.119,85}{105,717D_b - 2,362}}$, para madeira seca (umidade a 12%) (veja-se item 9.2)

$\lambda_0 = \sqrt{\frac{3\pi(16.198,93D_b + 3.119,85)}{8\phi_c(105,717D_b - 2,362)}} = 1,369\alpha$ para madeira seca (umidade a 12%) (veja-se item 9.2)

Na Eq. (10.10), nota-se que ρ é obtido mediante a normalização da função de resistência a compressão axial a partir da tensão de ruína a compressão paralela às fibras (*CPA*) e a esbeltez de instabilidade elástica de Euler (Euler, 1744), correspondente à essa mesma tensão *CPA*. Para maior clareza, veja a seção 8.2.2, deste trabalho. Evidenciando novamente que a tensão admissível para a flexão composta possui uma parcela que se relaciona com a tensão devido à solicitação axial (*CPA*) e uma parcela que se relaciona com o momento fletor, portanto da tensão de compressão na flexão *MOR*.

a) Para peças com $\lambda_0 < \lambda \leq 140$

O intervalo para barras esbeltas definido acima em função da esbeltez real λ , pode ser dado em função da esbeltez reduzida $\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$. Assim, para a esbeltez reduzida o intervalo passa a ser: $1,369 < \bar{\lambda} \leq 140/\alpha$ (veja-se o item 9.2).

A tensão admissível na flexão composta F_{fca} segundo a norma NBR-7190/82 é dada por um parâmetro ε_0 , definido pela Eq. (10.25), abaixo:

$$\varepsilon_0 = 1 - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right) \quad (10.25)$$

Seguindo o item 9.2 deste trabalho, sobre o dimensionamento de barras comprimidas axialmente, $\lambda_0 = 1,369\alpha$ e $\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$. Assim, ε_0 pode ser definido a partir α , λ e $\bar{\lambda}$. Ou:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{15\alpha^2}{8\lambda^2} \quad (10.26)$$

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{15}{8\bar{\lambda}^2} \quad (10.27)$$

Assim, seguindo as prescrições da NBR-7191/82, vem:

1) Se $\varepsilon \leq \varepsilon_0$

Para esse caso a NBR-7191/82 recomenda verificar a barra como barra esbelta e solicitada somente à tensão axial de instabilidade elástica de Euler. Portanto, além das características geométricas da seção transversal, do comprimento da barra e as condições de contorno representada pelos apoios, a tensão de flexão composta F_{fca} dependerá, principalmente, do módulo de elasticidade da madeira. A condição da madeira – estado verde ou seca (umidade de 12%) – não tem grande interferência na capacidade de carga da barra, como é possível observar pelas equações, seguintes. Assim, para madeira verde $CPA = 1057,17D_b - 23,62$, vem:

$$F_{fca} = \phi_c \rho CPA$$

$$F_{fca} = \phi_c \rho (1057,17D_b - 23,62) \quad (10.28)$$

A partir de manipulações algébricas na Eq. (10.28), com mudanças de variáveis, a tensão da flexão composta F_{fca} pode ser estimada a partir da variável esbeltez real da barra λ , ou a partir da variável esbeltez reduzida $\bar{\lambda}$. A rigor as funções são as mesmas, ficando a opção de escolha para avaliação da tensão na flexão composta, em função de ρ , λ , ou $\bar{\lambda}$, a critério do projetista. Mas, todas em função da densidade básica como propriedade física da espécie de madeira em uso. Assim:

$$F_{fca} = 12,5\phi_c \frac{\pi^2(16.198,93D_b + 3.119,85)}{\lambda^2} \quad (10.29)$$

$$F_{fca} = 12,5\phi_c \frac{\pi^2(1057,17D_b - 23,62)}{\bar{\lambda}^2} \quad (10.30)$$

Onde:

F_{fca} = tensão admissível na flexão composta (Kgf/cm²)

$\rho = \frac{1,25}{\bar{\lambda}^2}$ é a função adimensional de resistência nominal crítica a compressão axial para barra esbelta (veja-se item 9.2, sobre barras comprimidas axialmente)

ε = excentricidade relativa à tensão de compressão na flexão simples e a tensão na flexão composta, dada pela Eq. (10.2), Eq. (10.3), ou Eq. (10.4)

CPA = tensão resistente nominal de compressão axial (Kgf/cm²)

$\phi_c = 0,20$ fator de ponderação da resistência a compressão axial

D_b = densidade básica da madeira (g/cm³).

λ = esbeltez real da peça

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$ esbeltez reduzida (veja-se item 9.2, barras comprimidas axialmente)

$\alpha = \pi \cdot \sqrt{\frac{16.198,93D_b + 3.119,85}{105,717D_b - 2,362}}$, para madeira seca (umidade a 12%) (veja-se item 9.2)

$\lambda_0 = \sqrt{\frac{3\pi^2(16.198,93D_b + 3.119,85)}{8\phi_c(105,717D_b - 2,362)}} = 1,369\alpha$ para madeira seca (umidade a 12%) (veja-se item 9.2)

2) Se $\varepsilon > \varepsilon_0$

Para esse caso a NBR-7191/82 recomenda verificar a tensão na borda não deve ultrapassar a tensão na flexão composta F_{fca} , resultado da interação da tensão nominal resistente a compressão axial na direção das fibras (CPA) e a tensão resistente nominal de compressão na

flexão (*MOR*), dada pela Eq. (10.31). A NBR-7190/82 não considera, para esse caso, a verificação de instabilidade (flambagem), mas fatora tanto a tensão resistente nominal de compressão axial (*CPA*), quanto a tensão resistente nominal de compressão na flexão (*MOR*), da grandeza $(\varepsilon - \varepsilon_0)$. Nesse caso como $F_{cr} = CPA$, logo a $\rho = 1,0$ (sem flambagem). Assim:

$$F_{fca} = \frac{2}{3} \phi_c \rho F_{cr} + (\phi_b MOR - \frac{2}{3} \phi_c F_{cr})(\varepsilon - \varepsilon_0) \quad (10.31)$$

Assim, vem da Eq. (10.31):

$$F_{fca} = \frac{2}{3} \phi_c \rho (1057,17D_b - 23,62)[1 - (\varepsilon - \varepsilon_0)] + \phi_b (2131,56D_b - 150,94)(\varepsilon - \varepsilon_0) \quad (10.32)$$

A partir de manipulações algébricas na Eq. (10.32), com mudanças de variáveis, a tensão da flexão composta F_{fca} pode ser estimada a partir da variável esbeltez real da barra λ , ou a partir da variável esbeltez reduzida $\bar{\lambda}$. Da mesma forma que na seção anterior, funções são as mesmas, ficando a opção de escolha para avaliação da tensão na flexão composta, em função de ρ , λ , ou $\bar{\lambda}$, a critério do projetista. Mas, todas em função da densidade básica como propriedade física da espécie de madeira em uso. Assim:

$$F_{fca} = \frac{2}{3} \phi_c \rho (1057,17D_b - 23,62) \left[1 - \left(\varepsilon + \frac{15\alpha^2}{8\lambda^2} - 1 \right) \right] + \phi_b (2131,56D_b - 150,94) \left(\varepsilon + \frac{15\alpha^2}{8\lambda^2} - 1 \right) \quad (10.33)$$

$$F_{fca} = \frac{2}{3} \phi_c \rho (1057,17D_b - 23,62) \left[1 - \left(\varepsilon + \frac{15}{8\bar{\lambda}^2} - 1 \right) \right] + \phi_b (2131,56D_b - 150,94) \left(\varepsilon + \frac{15}{8\bar{\lambda}^2} - 1 \right) \quad (10.34)$$

Onde:

F_{fca} = tensão admissível na flexão composta (Kgf/cm²)

$\rho = 1,0$ é a função adimensional de resistência nominal crítica a compressão axial para barra esbelta (veja-se item 9.2, sobre barras comprimidas axialmente)

ε = excentricidade relativa à tensão de compressão na flexão simples e a tensão na flexão composta, dada pela Eq. (10.2), Eq. (10.3), ou Eq. (10.4)

CPA = tensão resistente nominal de compressão axial para madeira seca (umidade a 12%) (Kgf/cm²)

$\phi_c = 0,20$ fator de ponderação da resistência a compressão axial

$\phi_b = 0,15$ fator de ponderação da resistência a compressão na flexão

D_b = densidade básica da madeira (g/cm^3).

λ = esbeltez real da peça

$\bar{\lambda} = \lambda/\alpha$ esbeltez reduzida (veja-se item 9.2, barras comprimidas axialmente)

$\alpha = \pi \cdot \sqrt{\frac{16.198,93D_b+3.119,85}{105,717D_b-2,362}}$, para madeira seca (umidade a 12%) (veja-se item 9.2)

$\lambda_0 = \sqrt{\frac{3\pi^2(16.198,93D_b+3.119,85)}{8\phi_c(105,717D_b-2,362)}} = 1,369\alpha$ para madeira seca (umidade a 12%) (veja-se item 9.2)

10.2. VERIFICAÇÃO DE CARGAS LOCALIZADAS

10.2.1. HIPÓTESES BÁSICAS

Este item trata da verificação de elementos submetidos a cargas localizadas. Estas normalmente ocorrem em vigas apoiadas sobre vigas, apoio de vigas sobre pilares e apoio de elementos de cobertura e treliça sobre vigas. As hipóteses básicas consideradas são:

- Para peças submetidas a cargas localizadas, as verificações devem ser feitas de acordo com a teoria da elasticidade clássica;
- O plano de aplicação das cargas passa pelo centro de cisalhamento da seção transversal, estando a viga restringida à rotação nos apoios e pontos de aplicação de cargas concentradas;
- Barra retilínea sem imperfeições iniciais;
- Barra prismática o que significa que a viga tem seção constante ao longo do seu eixo longitudinal;
- Os pontos de apoio das vigas são restringidos a rotação em torno do seu eixo longitudinal;
- As cargas são aplicadas lentamente de modo que possam ser consideradas estáticas, ou quase estáticas;
- Madeira na base verde e seca;

- A extensão da carga na direção das fibras é menor ou igual a 15 cm e está afastada de pelo menos 7,5 cm da extremidade da peça (caso geral da NBR-7190/82, que na prática é o caso em que se enquadra a maior parte das ocorrências práticas).

10.2.2. CONSIDERAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO

A tensão de compressão perpendicular às fibras (F_n) deve ser verificada nos apoios e em outros pontos onde haja cargas concentradas em pequenas áreas:

$$F_{n(atuante)} = \frac{V}{A} \leq F_n$$

Sendo:

V = Força aplicada ou reação de apoio;

A = Área de contato ou apoio;

F_n = Tensão admissível na compressão perpendicular às fibras.

Sabendo que F_n é dado pela expressão

$$F_n = 0,3\phi_c CPA\gamma'$$

Onde:

F_n = Tensão admissível na compressão perpendicular às fibras;

ϕ_c = Fator de ponderação da resistência à compressão = 0,20;

CPA = Tensão resistente nominal de compressão axial (MPa);

γ' = Coeficiente que considera o efeito de carga pontual na resistência da madeira. Quando a extensão da carga na direção das fibras for menor ou igual a 15 cm e estiver afastada de pelo menos 7,5 cm da extremidade da peça, este coeficiente tem os valores fornecidos pela tabela seguinte:

Coeficiente γ' na compressão normal às fibras.

Extensão da carga normal medida paralela às fibras	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	7,5 cm	10 cm	15 cm
Coeficiente γ'	2,00	1,70	1,55	1,40	1,30	1,15	1,10	1,00

10.2.3. MADEIRA VERDE

A tensão admissível na compressão normal às fibras para a madeira verde, considerando as condições de dimensionamento descritas acima é:

$$F_n = 0,3\gamma'\phi_c(827,32D_b - 118,86)$$

Onde:

F_n = Tensão admissível na compressão perpendicular às fibras;

ϕ_c = Fator de ponderação da resistência à compressão = 0,20;

D_b = Densidade básica da madeira (g/cm^3);

γ' = Coeficiente que considera o efeito de carga pontual na resistência da madeira.

10.2.4. MADEIRA SECA (12% DE UMIDADE)

A tensão admissível na compressão normal às fibras para a madeira seca, considerando as condições de dimensionamento descritas acima é:

$$F_n = 0,3\gamma'\phi_c(1057,17D_b - 23,62)$$

Onde:

F_n = Tensão admissível na compressão perpendicular às fibras;

ϕ_c = Fator de ponderação da resistência à compressão = 0,20;

D_b = Densidade básica da madeira (g/cm^3);

γ' = Coeficiente que considera o efeito de carga pontual na resistência da madeira.

11. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS OBTIDOS PELO PROGRAMA EXPERIMENTAL E O MÉTODO DA DENSIDADE BÁSICA PARA PROPRIEDADES MECÂNICAS E RESISTÊNCIA DE ELEMENTOS À COMPRESSÃO AXIAL

Na Tabela 31 a seguir apresentam-se os resultados experimentais obtidos pelo LPF e os valores estimados a partir das correlações tendo a densidade básica como variável independente. Foram utilizadas para efeito de comparação entre os dois procedimentos (Experimental x Densidade Básica), espécies de madeira de baixa, média e alta densidade, pela classificação proposta pelo LPF. As propriedades analisadas foram o Módulo de Elasticidade

Espécie da Madeira		D_b (g/cm ³) (Kg/m ³)	Referência	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)	CPA (Mpa)	CPE (Mpa)	CIS (Mpa)
Nome Científico	Nome Popular							
<i>Cedrela sp.</i>	Cedro	0,39 (390)	Experimental	8.400	44,8	22,9	2,3	6,3
			Método- D_b	7.843	43,2	21,5	1,9	6,0
			Erro (%)	6,6	3,6	6,1	17,4	4,8
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Angelim Pedra	0,59 (590)	Experimental	9.600	72,0	38,8	6,5	10,2
			Método- D_b	10.902	76,2	38,7	6,5	9,3
			Erro (%)	13,6	5,8	0,26	0,0	8,8
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumarú	0,91 (910)	Experimental	16.200	136,4	69,3	16,0	16,9
			Método- D_b	15.798	129,5	66,1	14,0	14,6
			Erro (%)	2,5	5,1	4,6	12,5	13,6
<i>Zollernia paraensis</i>	Pau-Santo	0,97 (970)	Experimental	16.300	148,7	68,8	14,2	14,6
			Método- D_b	16.716	139,5	71,3	15,4	15,6
			Erro (%)	2,6	6,2	3,6	8,5	6,8

Tabela 31: Método da Densidade Básica x Resultados Experimentais – Propriedades Mecânicas e Físicas

(MOE), a Tensão Nominal Resistente de Compressão na Flexão (MOR), a Tensão Nominal Resistente de Compressão Axial Paralela às Fibras (CPA), a Tensão Nominal Resistente de Compressão Perpendicular às Fibras (CPE) e Tensão Nominal ao Cisalhamento na Flexão (CIS). As diferenças observadas entre os resultados experimentais e o método da densidade básica, são perfeitamente aceitáveis levando-se em consideração a variabilidade da madeira como material estrutural e a segurança necessária em projetos de estruturas convencionais. A

maior discrepância ocorre para a estimativa da CPE, mas com valores aceitáveis no que se refere na confiabilidade de projetos de estruturas em construção civil.

A Tabela 32 a seguir apresenta a comparação de resultados obtidos pelo programa experimental e o método da densidade básica para a estimativa da resistência admissível à compressão axial para barras, convencionalmente, definidas como curtas, médias e longas. Nesse exemplo foram adotadas madeiras de média e alta densidade, normalmente utilizadas em estruturas como coberturas, estruturas de pisos, ou mesmo pontes vicinais. Pode-se observar que as diferenças entre o método da densidade básica e os resultados experimentais são perfeitamente aceitáveis no que se refere à segurança necessária em estruturas de madeira.

Espécie de Madeira		D_b (g/cm ³) (Kg/m ³)	Condição Madeira	Referência	Esbeltez da Barra (λ)		
Nome Científico	Nome Popular				38,5 (curta)	54,0 (média)	105,0 (longa)
					Resistência à Compressão Axial (Kgf)		
<i>Hymenolobium petraeun</i>	Angelim Pedra	0,59 (590)	Verde	Experimental	7.450	6.193	2.063
				Método- D_b	7.090	6.118	2.377
				Erro (%)	4,83	1,21	11,9
			Seca (12%)	Experimental	10.234	8.234	2.536
				Método- D_b	11.522	9.126	2.719
				Erro (%)	12,6	10,7	7,22
					Resistência à Compressão Axial (Kgf)		
<i>Zollernia paraensis</i>	Pau-Santo	0,97 (970)	Verde	Experimental	13.210	10.858	3.502
				Método- D_b	13.126	10.881	3.722
				Erro (%)	0,64	0,21	6,28
			Seca (12%)	Experimental	18.701	14.059	3.910
				Método- D_b	19.235	14.503	4.039
				Erro (%)	2,86	3,16	3,30

Tabela 32: Método da Densidade Básica x Resultados Experimentais – Resistência à Compressão Axial

12. SEGURANÇA E DESEMPENHO EM ESTRUTURAS DE MADEIRA

Um dos principais objetivos do cálculo e verificação de estruturas em engenharia é assegurar o desempenho satisfatório das estruturas com o máximo de economia possível. Desse modo, a garantia da segurança e desempenho é uma das principais bases ao se analisar, calcular e executar uma estrutura. Atingir esse objetivo, porém, é uma tarefa complexa, considerando a grande variabilidade de execuções e sistemas estruturais. O risco e as incertezas estão, pois, implícitos nesses sistemas.

Para uma estrutura, sua segurança é uma função da máxima ação (tensão admissível) que lhe pode ser imposta durante seu tempo de construção e vida útil, e depende também da máxima resistência dessa estrutura, ou seja, de sua máxima capacidade de suportar tais ações. Como a máxima ação à qual a estrutura pode estar submetida ao longo de sua vida útil bem como sua capacidade real de suporte são difíceis de serem previstas com exatidão, a garantia absoluta de segurança em uma estrutura é impossível. Desse modo, a segurança e o desempenho são garantidos em termos da probabilidade de que a resistência disponível será suficiente para resistir à máxima ação que pode ocorrer na estrutura.

Sendo assim, os problemas de confiabilidade em uma estrutura podem ser definidos com a determinação da capacidade de que o sistema atenda a determinados requisitos de projeto, seja relacionado com a ruína segura da estrutura (ruína com grandes deformações, para que o usuário possa perceber alterações a olho nu e eventualmente proceder à evacuação do local), seja relacionada com requisitos de conforto na utilização da estrutura (limitação de vibrações, deslocamentos ou trincamentos).

Desta forma, estimativas e previsões são necessárias do ponto de vista da determinação desses requisitos supracitados. Busca-se limitar as ações e resistências a valores com pequena probabilidade de serem ultrapassados (para mais ou para menor), geralmente definindo uma confiabilidade ótima de 95% para estruturas convencionais. Sendo também esse valor alterado para mais ou para menos a depender dos requisitos operacionais, riscos inerentes à ruína e custos associados.

Considerando também as características da madeira como material, deve-se salientar os cuidados específicos na secagem, garantia de durabilidade, dentre outros fatores que apresentam, para este sistema construtivo, grande variabilidade de acordo com as condições de contorno nas quais a estrutura de insere.

Diante disso, a resistência disponível, bem como a solicitação real são admitidas como pertencentes a determinados intervalos, podendo ser modelados como variáveis aleatórias. Nestes termos, portanto, a confiabilidade de um sistema pode ser mais realisticamente medida em termos de probabilidade, para tanto, definem-se as variáveis aleatórias a seguir:

A= Resistência;

B= Solicitação.

O objetivo da análise de confiabilidade é assegurar o evento ($X>Y$) durante toda a vida útil da estrutura. Esta garantia se faz possível em termos de probabilidade se $P(X>Y)$, representando, portanto, a medida da confiabilidade do sistema.

Tendo em mente as análises supracitadas, deve-se salientar que os coeficientes presentes em todas as equações de tensões admissíveis expressas neste trabalho são advindos de estudos de probabilidade que buscam garantir que o índice de falha do sistema estrutural para a solicitação predominante (seja de compressão, tração, flexão) seja a menor possível dentro de parâmetros de custo e porte da estrutura.

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS

Os critérios propostos para verificação e dimensionamento de elementos de estruturas convencionais de madeira, pelo Método de Dimensionamento de Elementos de Madeira a Partir da Densidade Básica (Método DePaula&Bessa), levam a uma série de considerações:

- As equações possuem uma formulação similar às curvas de resistência utilizadas na verificação e dimensionamento de elementos de estruturas de aço;
- A utilização de uma única propriedade física, a Densidade Básica, com alta correlação com outras propriedades mecânicas e físicas, simplifica a verificação e dimensionamento das peças para os diversos estados limites;
- O comportamento ortotrópico da madeira, com tensões resistentes admissíveis variáveis, de acordo com a direção da tensão, com a utilização do método proposto, deixa de ser importante. Para o engenheiro e, principalmente, para o arquiteto, é apenas compreender o conceito de Densidade Básica.
- A inclusão e disponibilização para o meio técnico e para o mercado de um grande número de novas espécies de madeiras tropicais, em curto prazo, a partir da determinação de propriedades pelo modelo estatístico matemático proposto,

poderá reduzir o corte de espécies tradicionalmente utilizadas, às vezes até com o uso proibido.

- Um critério simples de verificação e dimensionamento racional para elementos de madeira, conforme proposto, poderá contribuir para a formação e capacitação do meio técnico (indústria, arquitetos, engenheiros).

14. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

É possível tirar algumas conclusões e propor estudos posteriores:

- A partir das correlações entre Densidade Básica e outras propriedades físicas e mecânicas da madeira tropicais, é possível completar o banco de dados do LPF/MMA estimando propriedades de algumas espécies que não foram determinadas em ensaios de laboratório;
- Desenvolvimento de *softwares* para verificação e dimensionamento de madeira, baseado no método deste trabalho.
- Desenvolvimento dos critérios de Dimensionamento a partir da Densidade Básica, para o Método dos estados limites (LRFD);
- O Método da Densidade Básica proposto (Método DePaula&Bessa) permite eliminar cálculos trabalhosos para a verificação e dimensionamento de elementos de estruturas de madeira. De certa forma o comportamento ortotrópico da madeira deixa de ser importante na prática dos projetos, uma vez que as tensões são substituídas por uma única propriedade, de fácil obtenção, fácil compreensão conceitual, tanto pela comunidade técnica de engenheiros, como dos arquitetos.
- O Método da Densidade Básica para dimensionamento de elementos de madeira na construção civil se constitui em uma importante contribuição acadêmica para o ensino das estruturas de madeira nas escolas de arquitetura e engenharia;
- O Método deve contribuir para a formação e capacitação do meio técnico, contribuindo para a difusão do uso da madeira como material na construção civil;
- Possibilidade de qualificação e quantificação de propriedades de novas espécies ainda não classificadas, a baixo custo e em tempo reduzido. Isso pode contribuir

para a redução da pressão ambiental, atualmente existente, em diversas espécies, tais como o Ipê.

- Futuros projetos de caracterização poderão contribuir para aperfeiçoar a representatividade destas relações;
- Possibilidade de incorporar espécies de madeira caracterizadas por países latinos que utilizam a norma COPANT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MELO, J. E. **Estruturas em Madeira**, Departamento de Tecnologia, Faculdade de Arquitetura, Universidade de Brasília. Publicação Interna, Brasília, 2016.
- DE PAULA, J.H.M. **Projeto e Construção de Edifícios de Aço – Método dos Estados Limites (LRFD)**. 5ª Edição. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Publicação Interna, Brasília, 2016.
- DE PAULA, J.H.M. **Método de Dimensionamento Pela Densidade Básica De Espécies de Madeira Tropical - Contribuição Ao Ensino e o Uso da Madeira Na Arquitetura e Engenharia**. Projeto de Pesquisa de Doutorado, em andamento no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília-UnB, Brasília, 2017.
- PFEIL, W. & PFEIL, M.S. **Estruturas de Madeira**. Livros Técnicos e Científicos. 6ª Edição. Rio de Janeiro, 2003.
- GESUALDO, F. R. **Estruturas de Madeira – Notas de Aula**. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia. Publicação Interna, 2003.
- FUSCO, P. B., Junior, C. C., Almeida, P.A. **Norma de Projeto de Estruturas de Madeira**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP-BT/PEF/9602. São Paulo, 1996.
- ABNT, NBR-7190/1997. **Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 1997.
- NEVES, O.R.; Camisasca, M.M. **Aço Brasil: Uma Viagem Pela Indústria do Aço**. Editora Belo Horizonte-Escritório de Histórias. Belo Horizonte, 2013.
- ARAÚJO, L. D. & SCHNEIDER, T. M. **Estruturas em Madeira**. ULBRA. Palmas, 2009. 59p.
- PONCE, R. H.; **Madeira serrada de Eucalipto: desafios e perspectivas**. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria. p.50-58.
- TINOCO, J. E. L.; **Telhados tradicionais patologias, reparos e manutenção**. Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação. Vol.1, No.5, 2007, p. 232 – 237.
- MASCARENHAS, J. **Sistemas de Construção- O Edifício de Rendimento da Baixa Pmpalina de Lisboa**. Lisboa: Livros Horizonte, 2009.
- OLIVEIRA, E. V. Galhano F, Pereira B., **Construções Primitivas em Portugal**. Lisboa: Instituto da Alta Cultura. Centro de Estudos de Etnologia. 1969.
- CRUZ, H.; **Patologia, avaliação e conservação de Estruturas de Madeira**. I curso livre internacional de património. Associação portuguesa dos municípios com centro histórico; fórum UNESCO Portugal. Santarém, fevereiro/março de 2001

MEDEIROS, M. **Estruturas de Madeira- Notas de Aula**. UFPR. Paraná, 2016.

BRANCO, J. M. **A madeira como material de estruturas**. Arte & Construção. Revista Profissional da construção e dos novos materiais. Edição Especial Madeiras. Pp. 78-81, Maio 2005.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - **Madeiras da Amazônia: Características e Utilização** - V.3 – Amazônia oriental, Brasília – DF, 1997. 141 p.
<http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/>

IBDF - INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Madeiras da Amazônia: Características e Utilização** - V.1, CNPq, Brasília – DF, 1981. 114p.
<http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/>

IBDF - INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Madeiras da Amazônia: Características e Utilização** - V.2, Brasília – DF, 1988. 236 p.
<http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/>

NOACK, D. **Evaluation of properties of tropical timbers**. Hamburgo. IUFRO, 1970

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION – AITC. **Volume Factor for Structural Glue Laminated Timber**. AITC Technical Note 21. USA. 2005. 4p

AMERICAN STANDARD OF TESTING MATERIALS. ASTM D-143:1972. Standard Methods Testing: **Small Clear Specimens of Timber**. USA. 1972. 57p.

AMERICAN STANDARD OF TESTING MATERIALS. ASTM- 198:1973. Standard Test **Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes**. USA. 1984. 52p.

BODIG, J. & JAYNE, B. A. **Mechanics of Wood and Wood Composites**. Van Nostrand Reinhold Company. New York, 1982.

BRITISH STANDARD INSTITUTION, BS 5820/79- **Methods of Test Determination of Certain Physical and Mechanical Properties of Timber in Structural Size**. UK, London, 1979. 20p.

BURGER, L. M. & RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. Nobel, São Paulo, 1991.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 461: 1972. **Método de Determinación del Peso Especifico Aparente**. Buenos Aires. 1972. 7p.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 462: 1972. **Método de Determinación de la Contracción**. Buenos Aires. 1972. 5p.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 464: 1972. **Método de Determinación de la Compresión Axil o Paralelo al Grano**. Buenos Aires. 1972. 6p.

- COMISIÓN PARAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 463: 1973. **Método de Determinación del Cizallamiento Paralelo al Grano.** Buenos Aires. 1973. 7p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 555: 1973. **Método de Ensayo de Flexión Estática.** Buenos Aires. 1973, 10p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 459: 1972. **Acondicionamiento de las Maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos.** Buenos Aires. 1972. 5p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 235: 1971. **Recomendaciones.** Buenos Aires. 1973. 10p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 458: 1972. **Selección y colección de muestras.** Buenos Aires. 1973. 12p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 460: 1972. **Método de determinación de la humedad.** Buenos Aires. 1973. 5p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 465: 1972. **Método de determinación de la dureza.** Buenos Aires. 1973. 4p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 466: 1972. **Método de determinación de la compression perpendicular al grano.** Buenos Aires. 1973. 5p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 556: 1973. **Método de ensayo de tenacidad.** Buenos Aires. 1973. 10p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 741: 1975. **Método de ensayo de resistencia al clivaje.** Buenos Aires. 10p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 742: 1975. **Método de ensayo de tracción paralela al grano.** Buenos Aires. 1973. 10p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 743: 1975. **Método de ensayo de tracción perpendicular al grano.** Buenos Aires. 1973. 10p.
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 744: 1975. **Método de extracción de clavos.** Buenos Aires 1973. 10p.
- CORANDIN, V. T. R. **Noções sobre identificação de madeiras.** Brasília- Df, 1990. Laboratório de Produtos Florestais- IBAMA. (Apostila).
- GALVÃO, A. P. M. **Estimativa de Umidade de Equilíbrio em Madeira de diferentes Cidades do Brasil.** Boletim ABPM 58. São Paulo. 1987. 6p.

JARA, E. P. **Determinação do ponto de saturação das fibras de madeiras utilizadas no Brasil.** Boletim ABPM 58. São Paulo. 1987. 6p.

LOGSDON, N. B. & JÚNIOR, C. C. **Influência da Umidade nas Propriedades de Resistência e Rigidez da Madeira.** Caderno de engenharia de estruturas, São Carlos, n. 18, p. 77-107. 2002. 30p.

PADT-REFORD. **Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.** Peru: Junta Del Acuerdo de Cartagena. 1982. 470p.

WANGAARD, F. F. **WOOD: Its Structure and Properties.** U. S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory. Penssylvania State University, 1981. 465p.

BESSA, M. A. S. **Estruturas de madeira: Notas de aula.** Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB. Publicação interna, Brasília, 2017.

ARAÚJO, H. J. B. **Relações Funcionais entre Propriedades Físicas e Mecânicas de Madeiras Tropicais Brasileiras.** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

ARGANBRIGHT, D. G. Influence of extratives on bendings strenght of redwood (Sequoiia Supervirens). **Wood and Fibers**, Madison, v. 2, n. 4, 367-372, 1971.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook:** wood as an engeneering material. Madison, v. 50, n. 7/8, p. 75-87, 2000.

JANKOWSKY, I. P. **Influência da densidade básica e do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira.** 94 f. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1979.

ARAÚJO, H. J. B. **Relações funcionais entre propriedades físicas e Mecânicas de madeiras tropicais brasileiras.** Revista Floresta, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2007; Bastos, N.R.O., <http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/malva/MetodosElectro/Regress%C3%A3o.pdf>;

BUSSAB, Wilton de O. et al. – Estatística Básica, 5ª ed., Saraiva, São Paulo, 2003; Castro Neto, José Luís de; Sérgio, Renata Sena Gomes - **Análise de Risco e Crédito** – Curitiba:IESDE Brasil S.A.,2009;

DePaula, J.H.M., 2017. A Arte de Projetar em Estruturas de Madeira - **Novo Método de Dimensionamento a Partir da Densidade Básica – Tese de Doutorado.** Universidade de Brasília – Faculdade de Arquitetura, Departamento de Tecnologia – Qualificação, 2017;

DIAS, F. M; LAHR, F. A. R. **Estimativa das propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente.** IPEF, Revista Scientia Forestalis, N. 65, p. 102-113, jun, 2004; <https://docs.ufpr.br/~jomarc/correlacao.pdf>;

MELO, J.E.; Siqueira, M.J (1992). **Correlação entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras da Amazônia**. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 4., São Carlos, SP, 1992. Anais. São Carlos, USP, EESC, SET, LaMEM. V.1 p.67-76;

NASCIMENTO, C. C. **Variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras da Amazônia**. 129 f. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1993;

PAULA, E. V. C. M.; CABRAL, M. T. F. D.; NASCIMENTO, C. C.; ROCHA, J. S. **Propriedades mecânicas de trinta e nove espécies de madeiras do Amazonas**. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS EEM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 2., 1986, São Paulo. Anais... São Paulo, 1986. v 1;

Shimakura, S. **Associação, correlação e regressão**. Departamento de Estatística da UFPR. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/>.

ANEXOS

ANEXO 1A: Tabelas de Espécies de Madeira Ordenadas Pelo Nome Científico- Madeira Verde

Legenda do cabeçalho da tabela:

Textura: (f-Fina, m-média, g-grossa, mg-média a grossa, mf-média a fina)

Grã: (d-direita, r-reversa, i-irregular, in-inclinada, o-ondulada)

CT - Contração tangencial

CR - Contração radial

CV - Contração volumétrica

Db - Densidade básica

Dap. - Densidade aparente a 12% de teor de umidade

Dv - Densidade verde (saturado em água)

MOE - Módulo de elasticidade na flexão

MOR - Tensão de ruptura na flexão

CPA - Tensão de ruptura na compressão paralela às fibras

CPE - Tensão de ruptura na compressão perpendicular às fibras

CIS - Tensão de ruptura no cisalhamento paralelo às fibras

DE- Dureza Janka paralela às fibras

DT - Dureza Janka perpendicular às fibra

TPER = Tração perpendicular às fibras

FEND = Fendilhamento

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m
<i>Acacia polyphylla</i>	Espinheiro-preto	m	d	am	10,1	4,9	14,0	0,60	0,74	1,20	11400	77,0	30,9	4,6	10,1	3230	3250	4,9	540
<i>Acioa edulis</i>	Castanha-de-cutia	m	r	ma	10,3	8,0	17,5	0,82	1,04	1,23	13700	102,9	48,7	11,9	10,2	8970	9180	4,3	620
<i>Acioa sp.</i>	Castanha-de-cutia	m	o	ma	9,7	5,3	15,1	0,79	0,97	1,20	12600	116,1	52,6	12,5	13,2	9510	9350	5,7	520
<i>Alexa grandiflora</i>	Melanciaeira	mg	o	br	9,9	4,7	14,5	0,60	0,79	1,17	9800	69,6	34,8	8,6	8,5	5230	5290	4,6	
<i>Allantoma lineata</i>	Seru	f	i	ci	7,5	5,5	11,6	0,60	0,75	1,21	10200	66,1	28,9	5,4	8,1	4230	4430	3,4	490
<i>Amburana acreana</i>	Cerejeira	g	r	am	5,4	2,9	8,2	0,47	0,57	1,13	8700	54,4	25,7	4,2	7,8	3310	3400	2,8	390
<i>Anacardium giganteum</i>	Cajuaçu	m	r	ci	6,0	2,7	8,5	0,38	0,49	1,04	8200	34,3	17,8	2,2	6,1	2450	1960	2,4	320
<i>Anacardium microcarpum</i>	Cajuaçu	f	d	ci	6,1	3,5	9,7	0,42	0,46	1,10	7100	36,9	19,8	2,5	6,7	2880	2460	2,3	360
<i>Anacardium parvifolium</i>	Cajuaçu	m	r	ci	5,4	3,3	8,6	0,44	0,54	1,13	9000	44,2	22,6	3,0	6,8	2850	2330	3,1	330
<i>Anacardium spruceanum</i>	Cajuaçu	m	r	ci	6,0	2,9	9,4	0,42	0,52	1,04	8400	44,6	21,1	3,0	6,2	2770	2240	2,9	
<i>Anacardium tenuifolium</i>	Cajuí	m	d	ci	4,9	3,1	8,7	0,43	0,52	1,13	7800	34,7	19,8	2,7	6,4	3090	2560	2,2	330
<i>Andira retusa</i>	Andirá-uxi	g	r	ma	7,9	5,6	12,5	0,67	0,70	1,18	11000	86,1	44,3	7,3	10,8	7300	7530	4,7	630
<i>Andira sp.</i>	Angelim-tinto	g	r	ma	9,5		14,3	0,67	0,90	1,22	12600	89,2	45,5	7,2	9,1	5340	5620	4,6	600
<i>Aniba canelilla</i>	Preciosa	m	in	pr	8,2	6,4	13,6	0,92	1,19	1,30	16400	139,4	74,9	14,7	14,9	12250	12750	5,9	900
<i>Apeiba echinata</i>	Pente-de-macaco	mg	d	ci	6,5	2,3	9,3	0,36	0,44	0,78	5800	42,3	20,4	3,0	4,8	2860	2140	2,7	
<i>Apuleia molaris</i>	Garapeira	m	r	ma	10,1	6,5	15,9	0,75	0,88	1,25	11600	92,2	43,2	13,5	11,2	6380	7200	4,8	620
<i>Aspidosperma desmanthum</i>	Arapanga	m	r	la	9,0	5,8	14,5	0,69	0,82	1,22	12900	93,7	48,0	7,6	11,2	7080	6960	5,2	710
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	Peroba-mico	f	r	ma	6,2	4,4	11,5	0,65	0,78	1,11	13600	98,6	52,2	9,2	12,2	7290	6110	3,7	
<i>Astronium gracile</i>	Muiracatiara	m	r	ma	8,0	5,3	11,9	0,73	0,93	1,14	13800	90,6	49,0	7,7	11,3	5830	6850		700
<i>Astronium lecointei</i>	Muiracatiara-rajada	mf	r	ma	7,6	4,6	11,9	0,79	1,00	1,19	13200	104,2	52,3	9,9	13,7	8010	9060	5,3	750
<i>Astronium lecointei</i>	Muiracatiara-rajada	mf	r	ma	7,2	4,1	11,0	0,75	0,94		11500	102,6	53,1	11,3	10,0	6720	6840	6,9	
<i>Astronium ulei</i>	Muiracatiara	m	in	ma	8,1	4,3	12,2	0,71	0,91	1,06	13200	89,2	45,9	6,1	14,7	6490	7060	4,4	610
<i>Beilschmiedia brasiliensis</i>	Louro	m	i	ma	9,4	6,2	14,3	0,59	0,73	1,14	11800	60,8	27,2	4,8	7,8	3490	3380	3,4	410
<i>Bixa arborea</i>	Urucu-da-mata	m	d	ma	6,0	2,6	9,1	0,32	0,39	0,88	6500	45,3	22,1	2,4	5,2	2840	1540	2,1	
<i>Bowdichia nitida</i>	Sucupira-preta	m	r		8,5	5,8	14,2	0,74	0,96	1,20	15900	114,5	62,2	9,6	13,7	9920	9860	3,6	670
<i>Bowdichia nitida</i>	Sucupira-preta	m	r	ma	9,0	6,0	14,7	0,85	0,96	1,22	16400	136,9	74,6	10,1	14,9	12030	12660	6,4	780
<i>Bowdichia nitida</i>	Sucupira-preta	m	r	ma	7,4	4,5	12,3	0,77	0,98		11400	115,9	56,6	13,5	11,9	9710	9700	5,9	
<i>Brosimum acutifolium</i>	Mururé	m	r	ma	7,8	4,8	12,6	0,55	0,70	1,06	10000	67,2	31,1	4,5	7,2	4460	4150	3,9	600
<i>Brosimum acutifolium</i>	Mururé	m	r		9,1	5,0	14,1	0,67	0,91	1,18	11100	93,7	43,8	7,2	10,8	4460	4150	3,3	
<i>Brosimum alicastrum</i>	Janitá	m	d	ma	9,4	5,6	16,0	0,74	0,99	1,23	13700	97,1	44,5	6,5	11,1	6870	6930	3,8	570
<i>Brosimum parinarioides</i>	Amapá-doce	m	r	ma	7,7	4,5	12,6	0,57	0,73	1,13	9000	68,8	34,3	5,5	8,0	4940	4500	3,9	
<i>Brosimum potabile</i>	Amapá-doce	m	r	ma	6,8	4,1	11,9	0,53	0,67	1,13	8900	67,9	32,5	4,1	7,6	4640	4320	3,6	
<i>Brosimum rubescens</i>	Amapá-amargoso/Condu	m	r	ve	8,1	5,3	12,0	0,71	0,81	1,24	14300	104,8	46,9	6,3	12,6	7180	6940	4,0	630
<i>Brosimum rubescens</i>	Amapá-amargoso/Condu	m	r	ve	7,8	5,3	13,2	0,73	0,94		13000	106,3	52,8	11,9	11,4	7790	7160	4,1	
<i>Brosimum utile</i>	Garote	m	r	ma	7,7	4,8	12,0	0,47	0,58	1,12	9300	51,1	24,4	2,8	6,8	3090	2750	2,5	340
<i>Buchenavia capitata</i>	Tanibuca	m	r	ol	11,6	5,9	16,7	0,70	0,84	1,26	11500	82,7	40,8	10,0	10,3	5010	4650	4,0	630
<i>Buchenavia cf. viridiflora</i>	Tanibuca	m	o	ol	9,3	5,7	11,2	0,67	0,88	1,19	11200	97,4	44,6	11,0	13,2	8240	7240		530
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND
					%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m
<i>Buchenavia grandis</i>	Tanibuca	m	r	ol	7,4	4,7	12,2	0,72	0,89	1,22	10600	90,1	43,7	8,7	11,0	7760	7550	5,1	590
<i>Buchenavia huberi</i>	Cuiarana	mf	d	ol	9,1	6,0	14,7	0,79	1,04	1,24	13200	103,5	53,8	10,5	10,6	9560	9830	5,9	
<i>Buchenavia sp.</i>	Tanibuca	m	o	ol	7,4	3,9	12,7	0,72	0,86	1,19	12200	99,9	47,8	9,6	11,6	7850	7540	4,1	600
<i>Callophyllum brasiliense</i>	Jacareúba	m	r	ma	8,4	5,4	13	0,54	0,69		6900	55,9	28,5	5,5	7,3	4550	3640	4,4	
<i>Caraiipa densiflora</i>	Tamaquaré	m	i		9,9	6,5	15,6	0,63	0,77	1,21	12700	80,6	36,7	4,7	9,6	5060	4680	3,8	560
<i>Carapa guianensis</i>	Andiroba	m	i	ma	7,0	4,5	11,8	0,56	0,71		9100	72,9	37,0	6,7	8,8	5360	4650	5,2	
<i>Carapa guianensis</i>	Andiroba	m	i	ma	8,1	4,4	12,6	0,59	0,76	1,03	9500	75,2	37,0	5,6	9,6	5830	5260	5,0	
<i>Cariniana micrantha</i>	Jequitibá-rosa	m	d	ma	8,1	5,1	14,0	0,58	0,68	1,06									
<i>Caryocar glabrum</i>	Pequiarana	m	r	am	8,7	4,0	11,9	0,61	0,78	1,16	13200	80,4	33,6	6,7	10,3	5530	5970	4,0	680
<i>Caryocar sp.</i>	Pequiá	m	r		8,1	5,0	13,2	0,60	0,77		8600	74,1	38,9	9,3	10,2	5600	5910	6,4	
<i>Caryocar villosum</i>	Pequiá	m	r	ci	8,5	4,3	12,6	0,63	0,78	1,17	10000	74,3	32,2	9,1	10,3	3720	3920	5,5	640
<i>Cassia fastuosa</i>	Canafistula	mg	r	ma	9,1	6,2	15,3	0,71	0,87	1,22	12700	102,5	49,2	10,8	13,6	8840	8810	5,1	590
<i>Cassia scleroxylon</i>	Muirapixuna	m	i	pr	8,2	3,6	11,5	1,01	1,28	1,34	14800	130,5	77,1	23,5	16,9	10790	12430	3,8	880
<i>Castilla ulei</i>	Caucho	m	r	br	10,5	5,2	16,1	0,39	0,47	1,07	7400	35,3	18,5	1,8	4,8	1460	1050	2,1	260
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	g	d	ro	12,1	9,1	20,8	0,39	0,47	1,06	8400	44,8	22,9	2,3	6,3	2870	2680	3,0	400
<i>Cedrela sp.</i>	Cedro	g	d	ro	6,2	4,4	9,6	0,43	0,53		7300	50,2	26,0	3,8	6,0	3550	2550	3,6	
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Cedrorana	g	d	ci	8,0	4,1	11,6	0,45	0,56	1,10	10800	55,5	27,2	2,7	7,7	3850	3640	3,3	440
<i>Ceiba pentandra</i>	Sumaúma	m	d	ci	5,5	2,7	9,3	0,29	0,36	1,01	4300	26,9	12,8	1,6	3,0	1490	1330	1,8	
<i>Chysophyllum anomalum</i>	Rosadinho/Mangarana	f	d	ma	9,4	6,3	15,2	0,75	0,90	1,22	14100	112,5	54,1	8,5	11,9	9030	9140	4,5	640
<i>Chysophyllum anomalum</i>	Rosadinho/Mangarana	f	d	ma	9,1	5,7	14,4	0,73	0,96	1,25	13900	100,8	49,7	11,4	12,0	8210	8400	5,3	760
<i>Clarisia racemosa</i>	Guariúba/Oiticica	m	r	am	7,1	3,7	9,6	0,56	0,66	1,17	11200	79,3	38,8	7,5	8,8	5770	5460	4,2	570
<i>Copaifera duckei</i>	Copaiba	m	d	ma	8,2	4,1	12,5	0,62	0,79	1,11	11300	75,3	35,0	6,5	9,1	5380	5430	4,4	
<i>Copaifera multijuga</i>	Copaiba	m	d	ma	6,7	3,6	11,4	0,50	0,63	1,10	11100	67,8	30,7	3,6	8,7	4190	3470	3,6	460
<i>Copaifera reticulata</i>	Copaiba	m	d	ma	8,2	4,1	12,5	0,62	0,79	1,11	11300	75,3	35,0	6,5	9,1	5380	5430	4,4	
<i>Copaifera sp.</i>	Copaibarana	m	d	ma	7,5	4,9	12,7	0,56	0,72	1,16	9800	69,3	28,8	4,0	9,3	4620	4570	3,1	410
<i>Copaifera sp.</i>	Copaibarana	m	d	ma	6,8	3,9	10,3	0,47	0,62		11400	58,3	25,2	3,3	7,6	3010	2890	3,8	520
<i>Copaifera sp.</i>	Copaibarana	m	d	ma	7,7	3,9	10,3	0,46	0,58		6900	50,7	26,0	4,8	6,3	2930	2930	3,7	
<i>Cordia bicolor</i>	Freijó	m	d	br	11,7	6,3	18,0	0,49	0,67	1,10	9600	56,1	27,7	3,0	5,9	3690	3430	2,8	
<i>Cordia goeldiana</i>	Freijó	m	i	ci	6,6	4,1	10,6	0,48	0,60	0,92	8500	65,0	32,8	3,4	6,8	4180	3600	3,5	
<i>Cordia sagotii</i>	Freijó	m	d	ci	7,7	3,8	11,3	0,50	0,63	0,92	9700	66,8	33,0	4,2	6,2	3920	3660	2,6	
<i>Cordia sp.</i>	Freijó	m	d		8,1	4,5	11,4	0,50	0,63		8500	63,3	31,5	3,4	6,9	4220	3650	2,9	
<i>Couepia robusta</i>	Castanha-de-cutia	m	i	ma	11,0	5,8	15,7	0,83	1,03	1,21	13300	104,1	47,9	12,3	10,9	9840	10800	2,6	530
<i>Couratari guianensis</i>	Tauari	m	d	ci	6,1	3,6	10,4	0,52	0,65	1,11	9400	68,5	32,4	5,8	8,3	4810	4290	5,2	
<i>Couratari oblongifolia</i>	Tauari	m	d	br	6,6	4,2	11	0,50	0,63	1,13	10200	64,9	29,8	4,0	8,9	3990	3720	4,6	550
<i>Couratari oblongifolia</i>	Tauari	m	d	br	6,1	3,6	10,4	0,49	0,61	1,09	9500	58,9	27,7	4,6	6,9	3800	3560	3,3	
<i>Couratari stellata</i>	Tauari	m	d	am	7,8	5,8	13,4	0,65	0,84	1,13	13400	99,0	45,4	8,3	9,8	6950	6790	5,4	
<i>Dacryodes spp.</i>	Breu-branco	m	r	ma	6,5	4,5	11,6	0,51	0,59	1,04	9300	60,1	29,0	5,0	8,4	4460	3680	4,0	490
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM				%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m
		Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m
<i>Dialium guianense</i>	Jutaípeba	f	r	ma	9,2	5,0	13,7	0,85	1,02	1,28	13400	107,2	55,9	17,9	15,0	12210	12240	6,2	890
<i>Diclinanona calycina</i>	Envira	m	d	ol	10,1	3,2	13,6	0,47	0,61	1,07	9000	64,9	27,5		6,1	3270	3250	3,1	
<i>Dicorynia paraensis</i>	Angélica-do-pará	g	r	ci	7,2	3,6	11,5	0,45	0,58	1,09	7700	54,6	25,2	4,4	7,3	4280	3860	3,3	410
<i>Dinizia excelsa</i>	Angelim-vermelho	m	r	ma	9,5	5,7	14,5	0,83	1,09	1,26	15300	122,0	61,5	10,5	13,4	10190	11080	5,3	750
<i>Diploon venezuelana</i>	Abiurana	f	d	ma	10,1	7,1	15,7	0,85	1,13	1,20	14900	118,8	57,1	16,3	12,8	9120	9490	5,4	860
<i>Diplostropis purpurea</i>	Sucupira-da-terra-firme	m	r	ma	8,8	6,7	15,6	0,74	0,90	1,19	16800	113,5	56,8	10,2	13,2	7940	7820	3,5	760
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumaru	m	r	am	8,4	5,4	13,5	0,91	1,07	1,28	16200	136,4	69,3	16,0	16,9	12920	13930	6,4	930
<i>Drypetes variabilis</i>	Pau-branco	f	r	ol	11,3	5,8	15,9	0,71	0,95	1,24	12900	94,2	41,8	7,7	11,0	8010	7620	4,7	700
<i>Endopleura uchi</i>	Uchi-liso	m	d	ma	9,6	6,4	15,6	0,78	1,04	1,18	14600	116,3	55,6	8,0	13,9	9540	9120	5,5	580
<i>Enterolobium maximum</i>	Faveira-tamboril	mg	r	ma	4,6	2,3	6,8	0,42	0,50	1,05	7900	56,9	29,0	5,9	6,1	3390	2970	2,7	340
<i>Enterolobium maximum</i>	Faveira-tamboril	mg	r	ma	4,5	2,4	6,7	0,37	0,44	1,05	7300	44,2	20,2	2,6	7,2	3110	2750	3,0	
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Sucupira amarela	mg	r	am	9,3	4,2	12,7	0,84	1,08	1,21	14900	117,9	58,1	14,2	15,4	8840	9860	6,4	780
<i>Eriotheca longipedicellata</i>	Munguba-grande-da-terr	m	i	ma	9,8	4,5	14,9	0,45	0,59	1,08	8000	48,8	22,8	3,4	5,3	2950	2720	2,2	
<i>Erisma uncinatum</i>	Quarubarana/Cedrinho	m	d	ma	10,0	4,3	13,4	0,46	0,59	1,11	9200	59,3	27,5	3,1	7,3	3580	2820	2,7	370
<i>Erisma uncinatum</i>	Quarubarana/Cedrinho	m	d	ma	8,7	3,6	12,9	0,48	0,62	1,10	8700	59,0	30,0	3,3	6,1	3840	3240	2,7	370
<i>Eschweilera coriacea</i>	Matamatá-preto	m	d	ol	11	4,3	14,9	0,69	0,91	1,21	12500	88,5	38,3	12,0	10,3	7140	7440		470
<i>Eschweilera coriacea</i>	Matamatá-preto	m	d	ol	9,7	5,6	16,4	0,73	0,98	1,24	13200	102,9	43,3	10,3	9,5	7570	8540	4,0	540
<i>Eschweilera grandiflora</i>	Matamatá	m	d	ol	8,0	4,6	14,9	0,76	0,85	1,24	13400	95,6	44,6	8,3	8,8	7460	8040	2,8	510
<i>Eschweilera longipes</i>	Matamatá	m	d	ol	9,6	5,6	14,5	0,69	0,98	1,20	13400	104,7	47,6	8,2	9,5	6420	6830	3,6	530
<i>Eschweilera sp.</i>	Matamatá	m	d	ol	10,7	6,0	16,1	0,81	1,08	1,26	16000	120,4	58,1	10,7	12,1	10540	11870	7,0	680
<i>Euxylophora paraensis</i>	Pau-amarelo	m	d	am	7,8	6,5	13,1	0,69	0,89	1,20	12400	99,8	47,2	9,8	12,6	7800	8000	4,6	590
<i>Euxylophora paraensis</i>	Pau-amarelo	m	d	am	6,1	4,5	11,1	0,68	0,81	1,20	9400	94,9	41,8	9,6	11,8	7420	6650	6,2	
<i>Ficus insipida</i>	Figueira	m	r	br	9,7	5,0	14,1	0,36	0,45	1,09	6400	37,5	19,4	2,3	4,8	1240	860	2,3	280
<i>Glycydendron amazonicum</i>	Glícia	m	o	ro	7,6	4,9	12,0	0,66	0,84	1,11	12500	80,3	39,9	5,1	9,5	5690	5390	4,4	470
<i>Goupia glabra</i>	Cupiúba	m	r	ma	8,9	5,0	13,1	0,71	0,88	1,17	11800	92,1	47,1	9,3	12,1	7510	7050	5,2	690
<i>Goupia glabra</i>	Cupiúba	m	r		8,4	4,5	13,2	0,71	0,92	1,13	11700	91,6	48,5	9,4	12,5	7780	7470	6,6	730
<i>Guatteria olivacea</i>	Envira-preta	m	d	ol	9,3	4,4	13,0	0,51	0,85	1,11	10200	57,5	26,4		8,3	4030	3230	3,5	430
<i>Guatteria procera</i>	Envira-preta	mg	d	ol	11,4	7,2	18,5	0,65	0,89	1,17	14800	80,4	37,1	4,4	8,8	4990	4880		460
<i>Hura creptans</i>	Açacu	m	r	br	5,2	3,7	7,5	0,39	0,48	1,08	6500	34,8	16,1	2,6	5,6	2120	1760	2,4	300
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	m	in	ma	7,7	3,4	11,4	0,76	0,96	1,24	14600	109,3	55,9	10,1	14,8	9020	9650	6,9	880
<i>Hymenaea parvifolia</i>	Jatobá/Jutaí-mirim	m	in	ve	9,7	3,7	13,4	0,90	1,16	1,30	15700	122,5	61,3	16,0	17,2	10570	12220	7,7	980
<i>Hymenolobium cf. pulcherr</i>	Angelim-pedra	g	r	ro	9,0	5,4	13,6	0,60	0,71	1,17	11200	89,5	43,6	5,6	8,9	4980	4870	3,1	510
<i>Hymenolobium modestum</i>	Angelim-pedra	g	r	ve	7,7	4,6	13,5	0,65	0,84	1,19	12800	93,1	44,1	6,8	11,2	6200	6380	4,1	570
<i>Hymenolobium nitidum</i>	Angelim-pedra	g	r	ma	7,2	4,3	11,8	0,55	0,69	1,16	10100	65,8	34,1	5,4	8,9	4680	4380	3,7	490
<i>Hymenolobium petraeun</i>	Angelim-pedra	g	r	ma	6,3	4,1	10,1	0,59	0,71	1,19	9600	72,0	38,8	6,5	10,2	5430	5150	4,3	
<i>Hymenolobium sp.</i>	Angelim-da-mata	g	r	ma	7,2	3,7	9,9	0,60	0,72	1,20	10800	82,2	38,8	5,5	10,1	5270	4940	4,4	650
<i>Inga alba</i>	Ingá	mg	o	ma	9,6	4,0	13,3	0,62	0,80	1,17	11500	81,1	38,3	5,7	11,6	5920	5620	4,3	630
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m
<i>Inga paraensis</i>	Ingá/Ingarana	mg	in	ma	10,7	5,3	15,9	0,82	1,09	1,26	14600	121,4	52,0	9,6	15,3	10990	11480		1010
<i>Inga sp.</i>	Ingarana	mg	in	ma	9,6	4,1	12,0	0,58	0,74	1,17	13500	117,0	46,6	10,6	13,9	9790	9100	6,7	830
<i>Iryanthera grandis</i>	Ucuubarana	mf	d	ma	8,7	5,4	13,5	0,63	0,82	1,12	10900	73,9	36,0	5,4	8,1	4140	4400	4,2	
<i>Jacaranda copaia</i>	Paraparã	m	d	br	8,2	5,4	13,9	0,31	0,40	0,84	7100	34,6	15,7	1,5	4,0	2030	1400	1,7	
<i>Joannesia heveoides</i>	Castanha-de-arara	mg	d	ci	6,1	2,8	9,8	0,39	0,48	1,03	6900	40,3	20,5	2,3	5,3	2490	2020	2,7	
<i>Laetia procera</i>	Pau-jacaré	mf	i	am	11,3	5,4	17,2	0,68	0,84	1,16	14100	79,9	37,4	6,3	8,8	6410	5730	7,0	700
<i>Laetia procera</i>	Pau-jacaré	mf	i	am	12,0	5,1	17,1	0,68	0,92	1,20	12900	75,5	36,9	5,9	12,4	6520	5830	5,9	
<i>Lecythis idatinon</i>	Matamatã-vermelho	m	in	ma	10,3	4,9	15,3	0,76	1,00	1,26	12800	99,8	50,3	9,7	12,1	8000	8800	4,1	680
<i>Lecythis pisonis</i>	Castanha-sapucaia	m	r	ve	8,0	5,6	13,9	0,84	1,09	1,25	14700	114,1	54,6	11,9	14,9	9160	10960	5,3	670
<i>Licania gracilipes</i>	Caraiperana	m	i	ci	12,5	5,5	18,1	0,82	1,02	1,23	13900	102,7	45,6	10,8	10,8	9540	10110	3,8	630
<i>Licania oblongifolia</i>	Mucucurana	m	r	ci	11,7	5,9	19,6	0,83	0,94	1,24	13400	96,3	46,8	10,4	11,3	9910	9670	4,1	500
<i>Licania octandra</i>	Caraipé	m	d	ci	11,9	6,1	17,4	0,77	1,04	1,25	13800	94,6	46,0	6,7	10,3	8310	8370	3,1	500
<i>Licaria rigida</i>	Louro/Louro-amarelo	m	in	am	9,1	5,3	13,5	0,73	0,95	1,11	14100	99,4	53,4	6,3	12,3	7550	7030	3,7	630
<i>Lueheopsis duckeana</i>	Açoita-cavalo	mf	r	ma	9,5	4,6	13,3	0,62	0,80	1,14	12500	82,3	35,3	5,9	9,3	5770	5500	3,9	600
<i>Lueheopsis duckeana</i>	Açoita-cavalo	mf	r	ma	9,3	4,7	13,7	0,64	0,83	1,12	12200	81,4	38,2	6,2	8,4	6080	6000	3,8	
<i>Maclura tinctoria</i>	Amoreira	m	r	la	5,9	3,2	9,4	0,73	0,91	1,22	11300	89,9	53,1	15,1	11,0	7160	7790	5,2	630
<i>Macrolobium acacifolium</i>	Arapari	m	i	ma	6,4	2,9	10,0	0,54	0,63	1,16	7300	58,7	28,1	5,8	8,5	5050	4950	3,4	430
<i>Macrolobium sp.</i>	Araparirana	m	in	ma	8,8	3,7	11,9	0,53	0,64	1,15	9100	63,4	25,7	5,5	8,8	4580	4760	4,0	420
<i>Macrosamanea pedicellaris</i>	Ingá-de-porco	m	r	ma	7,6	4,3	11,0	0,49	0,61	1,15	10300	63,9	29,6	4,3	8,6	3920	4310	3,6	450
<i>Malouetia duckei</i>	Sorva	f	i	ci	9,2	3,7	12,7	0,57	0,73	1,15	10800	70,0	32,4	4,2	8,6	4670	4060	4,5	670
<i>Manilkara bidentata</i>	Maparajuba/Maçarandut	f	d	ma	8,3	5,9	13,8	0,83	1,08	1,26	12600	108,1	53,9	12,7	12,9	6690	7810	6,0	670
<i>Manilkara huberi</i>	Maçaranduba	f	d	ma	9,3	7,1	16,4	0,87	1,07	1,27	15400	127,2	68,3	16,8	12,5	10880	11180	3,5	870
<i>Manilkara sp.</i>	Maçaranduba	f	d	ma	9,4	6,7	15,0	0,89	1,17		12000	125,3	59,1	14,9	12,0	10460	10320	5,3	
<i>Maquira sclerophylla</i>	Muiratinga	m	i	br	9,4	4,2	13,7	0,57	0,74	1,09	10400	76,8	37,0	5,6	8,9	5600	5180	5,0	
<i>Marmaroxylon racemosum</i>	Angelim-rajado	m	d	am	9,3	5,9	15,2	0,79	0,99	1,26	13900	104,3	52,2	11,5	12,5	9560	10270	4,3	
<i>Mezilaurus itauba</i>	Itaúba-amarela	mg	i	ol	6,8	3,0	10,1	0,68	0,85		9800	85,0	39,8	9,0	9,3	4740	5600	5,8	
<i>Mezilaurus itauba</i>	Itaúba-amarela	mg	i	ol	7,9	2,6	10,5	0,70	0,88	1,14	10600	87,3	42,1	9,5	10,0	5450	5880	5,5	
<i>Mezilaurus lindaviana</i>	Itaúba	mg	i	ol	8,3	3,3	11,6	0,68	0,86	1,09	10400	75,5	36,5	8,9	8,5	4300	4380	4,6	
<i>Micrandra minor</i>	Cauchorana	m	d	ma	7,4	2,5	9,8	0,41	0,48	0,99	9500	51,7	22,2	2,7	6,0	2950	2260	3,5	470
<i>Micrandra rossiana</i>	Seringarana	f	d	ma	9,0	5,2	13,8	0,67	0,81	1,19	12000	77,1	34,7	5,0	10,3	5790	5720	4,6	500
<i>Micropholis guianensis</i>	Abiurana-branca	f	d	ma	11,2	6,6	16,6	0,67	0,90	1,19	12300	87,7	36,6	5,9	9,3	6770	6140	2,5	550
<i>Micropholis mensalis</i>	Abiurana-branca	f	i	ma	9,6	5,2	14,7	0,60	0,74	1,11	12800	80,5	34,9	4,7	9,7	5270	4780	4,9	560
<i>Micropholis venulosa</i>	Rosadinho	f	i	ma	9,7	4,7	14,0	0,67	0,87	1,21	13000	80,4	41,3	6,6	10,8	6450	5820	4,0	650
<i>Mouriri callocarpa</i>	Miraúba	f	i	ol	11,1	7,1	17,4	0,88	1,09	1,28	14400	117,7	59,4	12,2	12,7	11320	11580	3,7	660
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Cabreúva-parda	m	i	ma	7,0	4,4	11,3	0,78	0,92	1,18	13800	125,7	63,9	12,2	14,8	11390	10770	5,1	750
<i>Nectandra cuspidata</i>	Louro-tamanco	m	r	am	6,0	4,0	9,1	0,40	0,46	0,82	7600	44,2	26,7	3,6	7,9	3310	3080	2,8	320
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND
					%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m
<i>Nectandra rubra</i>	Louro-vermelho	m	r	ro	7,9	3,2	11,2	0,55	0,69	1,05	8900	62,0	30,9	4,7	6,9	3110	3260	3,5	
<i>Ocotea braccellensis</i>	Louro-inhamuí	m	r		6,8	3,6	10	0,55	0,68		8400	66,9	32,7	7,9	6,1	4810	4450	6,1	
<i>Ocotea costulata</i>	Abacatirana	m	r	am	6,6	3,9	11,6	0,50	0,62	0,94	9500	65,5	32,6	5,4	8,6	4830	4250	3,4	470
<i>Ocotea fragrantissima</i>	Louro-preto	m	r	ma	5,7	3,0	10,1	0,48	0,58	0,94	10000	69,2	32,9	4,5	9,2	4250	3470	4,0	580
<i>Ocotea neesiana</i>	Louro-canela	m	r	ol	7,7	4,2	10,2	0,55	0,69	0,93	10600	71,6	36,8	4,6	10,3	4000	3510	5,9	520
<i>Ocotea sp.</i>	Louro-canuaru	m	r		6,9	4,3	9,9	0,59	0,73	1,06	12200	77,9	43,3						420
<i>Ocotea sp.</i>	Louro-canuaru	m	r	ma	7,8	3,6	11,1	0,63	0,71	1,04	12800	84,9	44,0	6,8	10,4	4820	5140	5,0	610
<i>Onychopetalum amazonicum</i>	Envira-preta	m	d	ol	8,7	3,9	12,7	0,64	0,82	1,09	12400	87,2	43,5	4,7	7,6	6060	5770	3,3	410
<i>Onychopetalum amazonicum</i>	Envira-preta	m	d	ol	8,1	4,9	14,0	0,57	0,74	1,12	13400	73,7	38,8	3,4	8,9	5080	4350	2,7	
<i>Ormosia coccinea</i>	Tento	g	r	ro	6,7	3,9	10,9	0,58	0,72	1,18	9000	63,1	33,8	7,2	8,8	5680	5520	3,7	510
<i>Ormosia paraensis</i>	Tento	g	r	ro	10,3	4,7	14,7	0,67	0,73	1,17	13200	86,2	45,8	8,1	9,6	6660	6490	3,7	510
<i>Ormosia paraensis</i>	Tento	g	r		8,6	4,8	13,8	0,65	0,73	1,19	8900	44,8	36,5	8,7	8,2	6190	6270	0,9	360
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Ucuubarana	m	d	ma	9,4	5,3	14,5	0,46	0,59	1,01	9600	43,1	21,1	1,9	5,8	2640	2330	2,6	350
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Ucuubarana	m	d		7,4	3,6	10,8	0,50	0,59	1,12	11000	57,7	27,2	3,7	7,5	3210	3020	3,8	470
<i>Parahancornia amapa</i>	Amapá-amargoso	f	r	br	6,8	3,7	10,7	0,46	0,56	1,13	9300	55,3	25,2	3,3	7,0	3100	2510	3,4	470
<i>Parinari excelsa</i>	Parinari	m	d	ma	10,2	5,3	14,8	0,75	0,92	1,25	14500	107,4	51,1	8,6	10,5	8750	7880	3,7	610
<i>Parkia gigantocarpa</i>	Fava-bolota/Visqueiro	m	r	br	5,8	2,2	8,8	0,26	0,31	0,95	6100	29,4	13,0	1,6	4,4	2070	1690	1,9	210
<i>Parkia multijuga</i>	Paricá grande da terra fir	m	i	ci	7,0	2,9	9,8	0,38	0,47	1,09	7200	49,9	23,0	3,7	6,6	3290	2890	3,7	
<i>Parkia oppositifolia</i>	Faveira	m	i	br	5,3	2,7	8,7	0,31	0,38	0,90	6600	29,4	16,0	2,1	6,3	2670	2060	3,6	450
<i>Parkia oppositifolia</i>	Faveira	m	d-r		5,4	2,7	7,9	0,42	0,50	1,08	7700	46,0	22,0	4,2	7,7	3310	2790	3,6	450
<i>Parkia paraensis</i>	Fava-arara-tucupi	m	i	ci	7,6	3,5	11,9	0,44	0,56	1,01	10400	52,0	23,6	3,0	7,8	3120	2560	3,2	450
<i>Parkia pendula</i>	Faveira-bolota	m	i	br	7,8	3,8	11	0,50	0,63	1,13	10000	65,7	30,7	4,3	9,5	4260	3970	4,0	560
<i>Parkia pendula</i>	Faveira-bolota	m	i	br	7,2	2,5	10,0	0,51	0,63	1,10	9600	66,0	32,3	4,9	8,3	4680	4250	4,0	
<i>Parkia sp.</i>	Faveira	m	d	br	5,4	2,4	8,1	0,29	0,32	1,06	5600	31,3	15,2	2,1	5,1	2450	1850	1,5	250
<i>Peltogyne cf. subsessilis</i>	Roxinho/Pau-roxo	m	d	rx	8,7	5,0	13,4	0,79	0,97	1,26	14000	109,8	53,6	16,2	13,7	9790	10630	4,2	740
<i>Peltogyne paniculata</i>	Roxinho/Pau-roxo	m	r	rx	8,1	5,1	12,7	0,81	1,03	1,27	15700	131,7	69,4	20,7	14,5	11990	13310	4,4	780
<i>Piptadenia communis</i>	Faveira-folha-fina	m	in	ma	7,4	4,5	13,3	0,68	0,88	1,12	10900	100,5	51,9	10,4	11,2	7120	7380	4,9	
<i>Piptadenia suaveolens</i>	Timborana	m	in	ma	7,1	4,9	11,3	0,72	0,91	1,10	12300	108,3	51,9	10,4	11	7120	7380	4,6	670
<i>Piptadenia suaveolens</i>	Timborana	m	in	ma	8,3	5,1	13,1	0,76	0,98	1,17	13400	107,9	54,1	8,9	13,9	7390	8350	5,6	670
<i>Platymiscium sp.</i>	Macacauba				4,6	2,8	6,6	0,75	0,90		10600	109,3	54,3	11,1	9,8	9140	9110	6,0	
<i>Pouteria anomala</i>	Rosadinho	f	d		9,1	5,7	14,4	0,73	0,90	1,25	13900	100,8	49,7	11,4	12,0	8210	8400	4,5	640
<i>Pouteria anomala</i>	Rosadinho	f	d		9,4	6,3	15,2	0,75	0,99	1,22	14100	112,5	54,1	8,5	11,9	9030	9140	5,3	760
<i>Pouteria caimito</i>	Abiurana-vermelha	mf	in	ve	9,5	5,5	14,9	0,85	0,91	1,24	15200	119,1	50,4	21,2	11,6	8350	8530	4,5	530
<i>Pouteria caimito</i>	Abiurana-vermelha	mf	in	ve	9,4	5,3	14,5	0,88	1,15	1,28	16300	133,3	66,4	14,0	14,6	10340	11530	5,4	700
<i>Pouteria egregia</i>	Abiu-pitomba	mf	i	ma	11,2	6,8	15,7	0,84	1,12	1,23	15300	120,7	61,8	10,1	12,9	10970	11670	4,5	770
<i>Pouteria gongrijpü</i>	Abiurana-branca	f	d	ma	10,1	4,5	15,0	0,72	0,95	1,24	13400	101,0	43,1	9,5	11,9	7540	7680	4,5	710
<i>Pouteria guianensis</i>	Abiurana	m	o	ve	9,0	5,1	13,3	0,83	0,94	1,28	15200	119,1	50,4	21,2	11,6	8350	8530	5,6	
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND
					%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND
					%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m
<i>Pouteria oblanceolata</i>	Tuturubá	f	d	ma	8,9	5,2	13,8	0,79	0,96	1,27	13800	115,4	54,8	11,1	11,4	10140	10100	4,4	540
<i>Pouteria obscura</i>	Maragonçalo	f	i	ma	7,4	4,4	11,8	0,64	0,81	1,21	11500	86,5	40,9	7,5	10,5	6540	6080	4,4	740
<i>Pouteria oppositifolia</i>	Abiu-branco	f	in	ma	7,8	4,6	12,5	0,65	0,83	1,20	10900	88,1	44,3	7,4		6770	6430	4,5	
<i>Pouteria pachycarpa</i>	Goiabão	mf	i	am	12,6	6,5	18,1	0,74	1,01	1,17	15800	116,0	55,3	6,7	11,3	7680	7530	4,6	460
<i>Pouteria pachycarpa</i>	Goiabão	mf	i	am	11,2	6,2	16,5	0,73	0,93	1,19	13100	100,9	46,0	7,2	10,2	8280	7440	5,4	650
<i>Pouteria sp.</i>	Jará	f	d	ma	9,7	5,9	15,2	0,72	0,92	1,24	13800	97,1	48,8	8,1	10,8	7590	7100	4,8	670
<i>Priurella prieurii</i>	Abiu-de-casca-fina	m	d	ma	13,0	7,7	20,3	0,83	0,99		16900	126,8	59,1	12,4	13,8	10310	10530	4,8	650
<i>Protium heptaphyllum</i>	Breu-sucuruba	mf	d	ma	8,4	4,1	12,6	0,55	0,70		9600	65,6	30,2	4,1	8,1	3990	3640	3,4	
<i>Protium sp.</i>	Breu	m	in	ma	9,8	5,1	15,0	0,76	1,00	1,12	14300	111,1	51,7	9,3	12,4	8210	7780	3,8	690
<i>Protium tenuifolium</i>	Breu-preto	mf	o	ma	8,4	4,2	12,0	0,63	0,80	1,03	12000	87,4	40,1	7,5	10,3	6650	5630	4,2	640
<i>Proterocarpus sp.</i>	Envira-de-preguiça	f	d	br	5,4	3,3	9,8	0,43	0,55	1,02	8900	55,6	25,6	4,5	8,9	3030	2070	3,3	400
<i>Qualea albiflora</i>	Mandioqueira-lisa	m	r	ci	9,5	5,3	14,7	0,57	0,75	1,14	11100	67,4	40,4	4,5	9,6	5390	4470	3,8	490
<i>Qualea brevipedicellata</i>	Mandioqueira-áspera	mg	r	ma	8,6	4,4	13,6	0,74	0,96	1,17	14000	105,5	62,6	8,4	12,4	9150	8640	5,4	710
<i>Qualea cf. lancifolia</i>	Mandioqueira	m	r	ci	8,1	3,1	11,5	0,58	0,73	1,15	11800	69,5	32,6	5,4	7,9	5070	4700	4,4	
<i>Qualea dinizii</i>	Mandioqueira-escamosa	m	i	ci	9,1	4,6	13,5	0,54	0,69	1,14	9900	67,4	29,9	5,9	9,0		2700	4,7	650
<i>Rauwolfia paraensis</i>	Peroba-d'água	f	d	am	9,0	4,7	13,3	0,55	0,71	1,11									
<i>Rollinia exsucca</i>	Envira	m	d	ci	8,8	3,2	12,3	0,52	0,66	1,02	11600	75,4	36,6	3,9	7,9	4480	3810		530
<i>Roupala montana</i>	Louro/Faeira	g	d	ma	12,3	6,3	18,0	0,77	1,05	1,24	14800	99,4	49,7	8,7	10,9	8050	8390	6,1	790
<i>Sapium aereum</i>	Leiteiro	m	d	br	7,8	4,2	12,1	0,40	0,52	1,08	7800	40,7	21,3	2,2	5,2	1240	1010	2,1	330
<i>Sapium marmieri</i>	Burra-leiteira	m	d	br	7,5	5,6	10,8	0,39	0,48	1,09	8200	43,3	21,4	2,2	5,4	1320	930	2,1	340
<i>Schefflera morototoni</i>	Morototó	m	d	br	9,1	6,7	15,7	0,41	0,54	1,03	9000	40,1	17,5	2,0	6,4	2620	1970	2,9	340
<i>Schizolobium amazonicum</i>	Pinho-cuiabano	m	o	br	5,1	4,3	11,1	0,49	0,62	1,13	9400	54,3	23,6	4,4	7,4	3880	3310	3,4	360
<i>Sclerobium aff. Chrysophyll</i>	Pinho-cuiabano	m	o	br	7,4	3,7	11,0	0,62	0,78	1,12	11400	86,1	42,5	7,8	11,2	6760	5990	5,2	
<i>Sclerobium chrysophyllum</i>	Taxi-vermelho	m	i	ol	8,0	4,2	12,1	0,61	0,78	1,07	11800	79,7	44,4	5,4	12,2	7320	7270	4,9	590
<i>Sclerobium paraense</i>	Taxi-branco	m	r	ol	8,3	4,0	12,3	0,61	0,78	1,17	12500	89,4	43,3	7,1	12,8	7370	7200	5,1	670
<i>Sclerobium poeppigianum</i>	Taxi-preto/Taxi-pitomba	m	i	ci	8,1	4,2	12,6	0,65	0,83	1,17	12900	94,5	47,4	6,0	10,8	6770	6450	4,3	540
<i>Simarouba amara</i>	Marupá	m	d	br	6,8	4,8	8,3	0,37	0,45	1,12	6700	44,5	19,9	2,9	6,1	1670	1230	3,7	420
<i>Simarouba amara</i>	Marupá	m	d	br	5,9	2,6	8,8	0,38	0,44	0,98	7300	46,3	21,6	2,7	6,0	2710	2210	2,8	
<i>Sloanea nitida</i>	Urucurana	m	d	ma	11,2	5,3	18,6	0,90	1,08	1,30	15100	118,4	58,6	12,9	15,9	11920	12420	4,7	800
<i>Sloanea sp.</i>	Urucurana	m	d	ma	8,7	5,6	15,5	0,72	0,96	1,21	13100	127,2	44,5	9,5	10,8	8720	8830	4,1	900
<i>Spondias lutea</i>	Taperebá/Cajá	m	d	br	6,0	2,5	9,5	0,38	0,45		7000	40,0	17,9	2,2	4,6	2480	2020	2,4	400
<i>Spondias lutea</i>	Taperebá/Cajá	m	d	br	7,4	4,2	10,4	0,38	0,48	1,05	6900	41,8	18,5	2,0	5,2	1280	950	3,1	
<i>Sterculia apeibophylla</i>	Tacacazeiro/Axixá	g	d	ma	10,6	5,4	15,4	0,47	0,61	1,10	9400	57,2	26,2	2,8	6,5	2010	1870	2,8	400
<i>Sterculia pilosa</i>	Tacacazeiro/Axixá	mg	d	ma	11,0	4,8	15,9	0,53	0,71	1,10	10000	61,9	28,3	3,6	6,3	3860	3950	3,1	
<i>Sterculia speciosa</i>	Tacacazeiro/Axixá	g	d	ma	11,0	4,8	15,9	0,53	0,71		10000	61,9	28,3	3,6	6,3	3860	3950	2,8	350
<i>Sterculia speciosa</i>	Tacacazeiro/Axixá	g	d	ma	10,6	5,2	16,2	0,49	0,65	1,09	11300	60,7	25,6	2,7	7,1	3590	3230	3,1	
<i>Stryphnodendron pulcherrim</i>	Fava-branca	m	i	ma	7,5	5,1	11,1	0,48	0,61	1,00	10300	64,2	30,0	3,7	9,2	4420	3650	3,2	400
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM				%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m
		Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND
					%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m
<i>Swartzia recurva</i>	Urucurana	m	d	am	8,5	6,2	15,0	0,77	0,92	1,22	16700	108,1	49,4	7,9	10,7	8230	8320	5,7	750
<i>Symphonia globulifera</i>	Anani	m	d	ma	7,9	4,5	13,2	0,58	0,75	1,12	11700	78,0	38,8	5,9	8,9	5300	5270	4,1	450
<i>Tabebuia cf. incana</i>	Ipê-amarelo	m	r	ma	8,4	5,9	13,3	0,82	1,05	1,21	15900	125,7	73,7	15,1	11,9	13620	13590	3,6	680
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Ipê	m	r	ol	8,0	6,6	13,2	0,92	1,19	1,2	20400	157,9	72,5	16,1	14,8	11940	13890	6,4	
<i>Tabebuia sp.</i>	Ipê	m	r	ol	6,8	6,1	12,4	0,87	1,02	1,24	13300	157,0	83,9	17,0	13,4	12910	14050	3,3	770
<i>Tachigali cavipes</i>	Tachi-branco	m	r	ol	6,3	4,6	9,7	0,40	0,55	1,02	7900	33,3	20,9	3,2	7,6	4060	3230	2,4	360
<i>Tachigali cf. myrmecophila</i>		m	r	ol	7,5	5,2	11,9	0,57	0,72	1,12	11500	82,2	40,2	5,3	11,4	5980	5880	4,8	620
<i>Tachigali multijuga</i>	Tachi-preto	m	r	ol	7,4	4,2	12,8	0,57	0,64	1,13	13200	78,6	33,3	5,1	8,4	5250	4890	2,7	530
<i>Tachigali myrmecophila</i>	Taxizeiro preto	m	r	ol	7,3	4,1	11,1	0,56	0,71	1,07	10500	78,7	37,7	7,1	10,5	5810	5030	2,3	330
<i>Tachigali sp.</i>	Taxi	m	r	ol	7,0	4,1	11,9	0,48	0,58	1,03	10500	68,2	28,0	3,6	9,8	4010	3380	3,1	540
<i>Tapirira guianensis</i>	Tatapiririca	mf	d	ma	8,3	3,6	11,5	0,50	0,63	0,96	9100	57,1	28,6	4,1	8,2	4400	3710	3,9	
<i>Terminalia amazonica</i>	Cuiarana	m	o	ol	7,8	5,2	12,8	0,80	1,03	1,24	11700	106,8	51,8	12,6	11,9	9020	9280	5,2	
<i>Terminalia cf. argentea</i>	Cuia	m	i	ol	9,8	5,8	15,2	0,80	0,97	1,25	14800	115,2	57,8	10,8	14,0	10120	10600	4,9	730
<i>Tetragastris altissima</i>	Breu-manga	m	r	ma	9,0	4,6	13,0	0,74	0,95	1,04	12700	101,7	53,2	10,0	13,0	9780	9000	6,9	710
<i>Tetragastris panamensis</i>	Breu-preto	mf	in	ma	9,8	5,0	14,9	0,75	0,99	1,23	11900	87,0	42,8	8,0	13,2	8300	8220	4,1	630
<i>Tetragastris panamensis</i>	Breu-preto	mf	in	ma	9,9	5,1	15,0	0,77	0,92	1,20	12000	96,8	48,7	10,9	14,7	9050	8710	6,0	740
<i>Trattinickia burseraefolia</i>	Breu-sucuruba	m	in	ma	7,2	5,1	11,8	0,44	0,56	0,96	7800	50,7	25,3	3,6	6,7	3570	2570	3,1	
<i>Trattinickia burseraefolia</i>	Breu-sucuruba	m	in	ma	6,8	4,1	11,7	0,50	0,63		9900	51,7	28,1		9,4	4540		3,2	
<i>Trichilia lecointei</i>	Pracuíba-da-terra-firme	mf	in	ma	8,2	4,4	13,2	0,90	1,16	1,27	13600	107,6	55,5	14,0	14,8	8670	10380	5,7	710
<i>Vantanea parviflora</i>	Uxirana	m	i	ma	10,3	8,2	17,6	0,86	1,17	1,20	16600	125,9	66,3	9,9	13,6	10750	10430	5,9	720
<i>Vatairea guianensis</i>	Angelim-amargoso	g	i	ma	9,7	4,8	14,8	0,64	0,83	1,21	11900	78,6	37,7	6,4	9,3	6120	6520	3,3	500
<i>Vatairea paraensis</i>	Angelim-amargoso	g	i	ma	9,8	4,8	14,0	0,78	1,02	1,24	13700	121,9	55,9	8,1	14,5	6950	7450	4,0	700
<i>Vatairea sericea</i>	Angelim-amargoso	mg	in	ma	8,4	4,5	13,9	0,71	0,90	1,22	13400	100,3	50,7	8,4	11,6	7410	7620	4,3	550
<i>Vatairea sericea</i>	Angelim-amargoso	m-g	i		9,0	6,0	15,0	0,73	0,90	1,22	14400	102,1	59,7	10,1	11,6	7740	7870	3,1	640
<i>Vataireopsis speciosa</i>	Angelim-amargoso	g	r	ma	6,4	3,0	9,9	0,62	0,74	1,17	11900	103,2							
<i>Virola carinata</i>	Envirola	mf	d	ma	9,6	4,5	13,9	0,38	0,48	1,07	8800	37,3	17,8	1,9	5,5	2430	2210	2,6	260
<i>Virola michellii</i>	Ucuíba-da-terra-firme	m	d		9,9	4,7	14,8	0,50	0,66	1,04	10000	57,7	26,9	3,2	6,8	3820	3380	4,3	
<i>Virola surinamensis</i>	Virola	mf	d	ma	8,6	3,2	12,0	0,35	0,44	1,09	7700	35,1	15,4	1,4	4,3	1990	1600	2,0	200
<i>Vochysia ferruginea</i>	Quaruba	m	d	ro	10,7	5,0	14,1	0,41	0,53	1,13	7500	50,5	21,8	3,5	6,3	2070	1820	3,4	510
<i>Vochysia guianensis</i>	Quaruba-rosa	mg	r	ro	11,5	5,0	17,5	0,54	0,73	1,14	11500	71,4	29,6	3,9	7,1	4080	3850	3,5	480
<i>Vochysia maxima</i>	Quaruba-verdadeira	mg	r	ro	8,8	4,0	12,1	0,49	0,62	1,11	9500	61,7	30,0	4,9	8,6	4420	4340	3,8	430
<i>Vochysia maxima</i>	Quaruba-verdadeira	mg	r	ro	9,1	3,3	13,0	0,46	0,59		8000	52,0	26,3	5,3	5,6	3750	3380	2,7	
<i>Vochysia melinonii</i>	Quaruba-rosa	mg	r	ro	10,8	4,7	14,1	0,51	0,66	1,15	9400	56,8	29,3	3,7	8,6	4410	4190	3,4	410
<i>Vochysia obdensis</i>	Quaruba-rosa	m	r	ro	10,0	3,2	12,7	0,50	0,64	1,08	9900	61,3	30,4	4,4	7,9	4550	4280	3,8	460
<i>Xylopia nitida</i>	Envira	m	d	ol	11,4	6,7	16,6	0,56	0,75	1,09	14100	69,4	35,5	3,5	7,9	4150	3450	3,1	370
<i>Zanthoxylon regnelianum</i>	Maminha-de-porca	m	d	ol	8,6	5,8	11,4	0,50	0,60	1,12	10200	74,7	32,6	4,7	8,9	3380	3050	3,4	630
<i>Zizyphus itacaiunensis</i>	Maria-preta	f	r	ma	9,9	6,9	15,7	0,80	0,97	1,26	14000	103,6	50,5	12,7	14,0	9570	9730	5,5	690
<i>Zollernia parensis</i>	Pau-santo	f	r	pr	9,6	5,0	16,8	0,97	1,26	1,32	16300	148,7	68,8	14,2	14,6	11930	13360	4,7	670
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Db	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND
					%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/m

ANEXO 1B: Tabelas de Espécies de Madeira Ordenadas Pelo Nome Científico- Madeira Seca

Legenda do cabeçalho da tabela:

Textura: (f-Fina, m-média, g-grossa, mg-média a grossa, mf-média a fina)

Grã: (d-direita, r-reversa, i-irregular, in-inclinada, o-ondulada)

CT - Contração tangencial

CR - Contração radial

CV - Contração volumétrica

Db - Densidade básica

Dap. - Densidade aparente a 12% de teor de umidade

Dv - Densidade verde (saturado em água)

MOE - Módulo de elasticidade na flexão

MOR - Tensão de ruptura na flexão

CPA - Tensão de ruptura na compressão paralela às fibras

CPE - Tensão de ruptura na compressão perpendicular às fibras

CIS - Tensão de ruptura no cisalhamento paralelo às fibras

DE- Dureza Janka paralela às fibras

DT - Dureza Janka perpendicular às fibra

TPER = Tração perpendicular às fibras

FEND = Fendilhamento

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	
<i>Acacia polyphylla</i>	Espinheiro-preto	m	d	am	10,1	4,9	14,0	0,74	1,20	13200	106,6	59,0	8,7	11,7	6910	4960	3,5	650	2,1
<i>Acioa edulis</i>	Castanha-de-cutia	m	r	ma	10,3	8,0	17,5	1,04	1,23	16600	153,6	82,6	16,0	15,8	10740	12230	4,4	620	1,3
<i>Acioa sp.</i>	Castanha-de-cutia	m	o	ma	9,7	5,3	15,1	0,97	1,20	14900	142,9	75,7	13,4	17,0	14170	12170	5,0	900	1,8
<i>Alexa grandiflora</i>	Melancieira	mg	o	br	9,9	4,7	14,5	0,79	1,17	13300	111,4	59,4	9,6	12,2	7680	6460	4,8		2,1
<i>Allantoma lineata</i>	Seru	f	i	ci	7,5	5,5	11,6	0,75	1,21	13000	117,1	59,1	11,5		5040	5230	3,1	510	1,4
<i>Amburana acreana</i>	Cerejeira	g	r	am	5,4	2,9	8,2	0,57	1,13	8800	78,5	69,5	10,7	10,6	5200	3990	3,1	450	1,9
<i>Anacardium giganteum</i>	Cajuacu	m	r	ci	6,0	2,7	8,5	0,49	1,04	10200	65,4	39,1	4,6	7,9	3740	2290	2,6	330	2,2
<i>Anacardium microcarpum</i>	Cajuacu	f	d	ci	6,1	3,5	9,7	0,46	1,10	9600	56,8	38,3	4,0	8,3	3870	2600	2,4	360	1,7
<i>Anacardium parvifolium</i>	Cajuacu	m	r	ci	5,4	3,3	8,6	0,54	1,13	10800	73,5	35,3	4,2	9,2	4480	3320	2,3	330	1,6
<i>Anacardium spruceanum</i>	Cajuacu	m	r	ci	6,0	2,9	9,4	0,52	1,04	10000	65,4	37,2	4,5	6,9	3900	2540	2,9		2,1
<i>Anacardium tenuifolium</i>	Cajuá	m	d	ci	4,9	3,1	8,7	0,52	1,13	9700	50,6	33,5	4,1	9,2	3890	2640	2,5	360	1,6
<i>Andira retusa</i>	Andirá-uxi	g	r	ma	7,9	5,6	12,5	0,70	1,18	13600	124,3	62,6	11,3	14,1	9850	8110	4,7		1,4
<i>Andira sp.</i>	Angelim-tinto	g	r	ma	9,5		14,3	0,90	1,22	16400	124,5	67,3	11,8	15,1	9840	9020	4,1	640	
<i>Aniba canelilla</i>	Preciosa	m	in	pr	8,2	6,4	13,6	1,19	1,30	17900	187,5	99,7	20,6	18,8	15000	15280	2,9	550	1,3
<i>Apeiba echinata</i>	Pente-de-macaco	mg	d	ci	6,5	2,3	9,3	0,44	0,78	6800	53,9	32,4	4,5	6,3	3900	2530	3,0		2,8
<i>Apuleia molaris</i>	Garapeira	m	r	ma	10,1	6,5	15,9	0,88	1,25	12900	127,2	64,4	15,8	13,1	7450	8450	5,6	680	1,6
<i>Aspidosperma desmanthum</i>	Aracanga	m	r	la	9,0	5,8	14,5	0,82	1,22	14900	135,6	69,2	12,1	12,9	9430	7970	3,0	560	1,6
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	Peroba-mico	f	r	ma	6,2	4,4	11,5	0,78	1,11	14100	139,0	66,4	12,3	15,1	10780	8400	3,3	500	1,4
<i>Astronium gracile</i>	Muiracatiara	m	r	ma	8,0	5,3	11,9	0,93	1,14	16300	133,3	71,5	10,0	17,1	8410	7900	4,7	710	1,5
<i>Astronium lecointei</i>	Muiracatiara-rajada	mf	r	ma	7,2	4,1	11,0	0,94		13200	148,5	85,8	14,9	12,0	7840	8830			1,8
<i>Astronium lecointei</i>	Muiracatiara-rajada	mf	r	ma	7,6	4,6	11,9	1,00	1,19	15300	139,1	84,0	14,1	17,1	8910	9780	5,5	630	1,7
<i>Astronium ulei</i>	Muiracatiara	m	in	ma	8,1	4,3	12,2	0,91	1,06	13700	117,5	70,5	13,9	17,1	8300	7640	5,5	800	1,9
<i>Beilschmiedia brasiliensis</i>	Louro	m	i	ma	9,4	6,2	14,3	0,73	1,14	13800	114,1	48,5	5,9	12,0	5740	5700	3,5	540	1,5
<i>Bixa arborea</i>	Urucu-da-mata	m	d	ma	6,0	2,6	9,1	0,39	0,88	7700	55,5	36,5	4,0	6,4	3960	1980	2,4		2,3
<i>Bowdichia nitida</i>	Sucupira-preta	m	r		8,5	5,8	14,2	0,96	1,20	17000	156,4	102,9	16,4				5,3	700	1,5
<i>Bowdichia nitida</i>	Sucupira-preta	m	r	ma	9,0	6,0	14,7	0,96	1,22	17000	156,4	102,9	16,4	19,4	15140	12470	4,2	670	1,5
<i>Bowdichia nitida</i>	Sucupira-preta	m	r	ma	7,4	4,5	12,3	0,98		13800	157,0	88,5	16,3	12,8	13010	11530	4,3		1,6
<i>Brosimum acutifolium</i>	Mururé	m	r	ma	7,8	4,8	12,6	0,70	1,06	11900	102,0	55,7	7,9	9,9	6940	5080	4,2	550	1,6
<i>Brosimum acutifolium</i>	Mururé	m	r		9,1	5,0	14,1	0,91	1,18	14500	140,2	78,5	15,0	16,3			4,0		1,8
<i>Brosimum alicastrum</i>	Janitá	m	d	ma	9,4	5,6	16,0	0,99	1,23	16300	155,7	87,9	11,4	15,1	11510	9340	4,5	700	1,7
<i>Brosimum parinarioides</i>	Amapá-doce	m	r	ma	7,7	4,5	12,6	0,73	1,13	11500	104,3	58,1	8,2	10,2	7340	5670	3,0		1,7
<i>Brosimum potabile</i>	Amapá-doce	m	r	ma	6,8	4,1	11,9	0,67	1,13	11000	99,1	56,1	8,4	10,4	7390	5370	3,2		1,7
<i>Brosimum rubescens</i>	Amapá-amargoso/Conduru	m	r	ve	8,1	5,3	12,0	0,81	1,24	16700	150,4	78,1	12,6	12,8	10860	9530	4,0	580	1,5
<i>Brosimum rubescens</i>	Amapá-amargoso/Conduru	m	r	ve	7,8	5,3	13,2	0,94		14900	139,4	72,7	12,5	13,7	10700	9180	4,2		1,5
<i>Brosimum utile</i>	Garrote	m	r	ma	7,7	4,8	12,0	0,58	1,12	11600	77,4	47,0	4,8	10,1	5870	4290	2,9	380	1,6
<i>Buchenavia capitata</i>	Tanibuca	m	r	ol	11,6	5,9	16,7	0,84	1,26	12700	109,8	60,5	13,2	11,6	11330	7440	3,5	540	2,0
<i>Buchenavia cf. viridiflora</i>	Tanibuca	m	o	ol	9,3	5,7	11,2	0,88	1,19	13300	120,3	67,4	12,5	17,5	14020	9940	5,7	480	1,6
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	
<i>Buchenavia grandis</i>	Tanibuca	m	r	ol	7,4	4,7	12,2	0,89	1,22	11100	97,6	69,7	13,7	16,6	13520	10940	4,0		1,6
<i>Buchenavia huberi</i>	Cuiarana	mf	d	ol	9,1	6,0	14,7	1,04	1,24	15600	158,0	85,3		16,7	13580	11860	4,6		1,5
<i>Buchenavia sp.</i>	Tanibuca	m	o	ol	7,4	3,9	12,7	0,86	1,19	14300	138,9	74,4	14,5	16,1	15740	12830	4,5	580	1,9
<i>Callophyllum brasiliense</i>	Jacareúba	m	r	ma	8,4	5,4	13	0,69		8700	89,4	54,3	9,7	10,8	8020	5780	4,6		1,6
<i>Caraipa densiflora</i>	Tamaquaré	m	i		9,9	6,5	15,6	0,77	1,21	15100	131,8	66,1	9,3	13,0	8870	6900	3,7	590	1,5
<i>Carapa guianensis</i>	Andiroba	m	i	ma	7,0	4,5	11,8	0,71		10500	96,7	54,5	9,7	9,8	8240	6400			1,5
<i>Carapa guianensis</i>	Andiroba	m	i	ma	8,1	4,4	12,6	0,76	1,03	12000	109,3	60,9	9,0	11,1	8410	6420	4,1		1,8
<i>Cariniana micrantha</i>	Jequitibá-rosa	m	d	ma	8,1	5,1	14,0	0,68	1,06	12800	110,4	51,2	7,4		4670	4400	5,2	710	1,6
<i>Caryocar glabrum</i>	Pequiarana	m	r	am	8,7	4,0	11,9	0,78	1,16	14100	80,6	59,8	8,6	14,7	8170	7450	5,8	730	2,2
<i>Caryocar sp.</i>	Pequiá	m	r		8,1	5,0	13,2	0,77		10200	103,5	60,5	12,6	10,7	7120	7500	5,6		1,6
<i>Caryocar villosum</i>	Pequiá	m	r	ci	8,5	4,3	12,6	0,78	1,17	11400	101,8	47,4	9,5	12,4	4960	5140	5,6	580	2,0
<i>Cassia fastuosa</i>	Canafistula	mg	r	ma	9,1	6,2	15,3	0,87	1,22	13400	116,2	73,6	13,0	14,7	12500	11340	3,3	470	1,5
<i>Cassia scleroxylon</i>	Muirapixuna	m	i	pr	8,2	3,6	11,5	1,28	1,34	16700	184,4	98,2	23,2	20,3	14830	15580	3,3	740	2,3
<i>Castilla ulei</i>	Caucho	m	r	br	10,5	5,2	16,1	0,47	1,07	9100	56,9	37,5	3,7	6,0	2770	1420	1,9	300	2,0
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	g	d	ro	12,1	9,1	20,8	0,47	1,06	9900	76,8	53,5	4,6	7,0	6140	3240	2,9	410	1,3
<i>Cedrela sp.</i>	Cedro	g	d	ro	6,2	4,4	9,6	0,53		8100	71,4	44,6	5,8	7,5	3240	4450	3,8		1,4
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Cedrorana	g	d	ci	8,0	4,1	11,6	0,56	1,10	11400	90,5	63,5	6,2	9,9	5710	4700	4,7	590	2,0
<i>Ceiba pentandra</i>	Sumaúma	m	d	ci	5,5	2,7	9,3	0,36	1,01	4500	39,9	24,2	1,9	3,8	2360	1540	1,9		2,0
<i>Chysophyllum anomalum</i>	Rosadinho/Mangarana	f	d	ma	9,4	6,3	15,2	0,90	1,22	16200	164,9	85,4	15,7	19,3	14630	11670	4,3	690	1,5
<i>Chysophyllum anomalum</i>	Rosadinho/Mangarana	f	d	ma	9,1	5,7	14,4	0,96	1,25	16200	165,9	86,8	14,3	14,5	12800	10760	4,6	710	1,6
<i>Clarisia racemosa</i>	Guariúba/Oiticica	m	r	am	7,1	3,7	9,6	0,66	1,17	12400	111,0	65,8	9,5	11,9	7910	6280	2,9	510	1,9
<i>Copaifera duckei</i>	Copaíba	m	d	ma	8,2	4,1	12,5	0,79	1,11	12300	117,9	60,0	9,9	12,2	8670	6440	4,4		2,0
<i>Copaifera multijuga</i>	Copaíba	m	d	ma	6,7	3,6	11,4	0,63	1,10	12100	86,8	50,8	6,6	11,7	6840	4840	3,3	470	1,9
<i>Copaifera reticulata</i>	Copaíba	m	d	ma	8,2	4,1	12,5	0,79	1,11	12300	117,9	60,0	9,9	12,2	8670	6440	4,4		2,0
<i>Copaifera sp.</i>	Copaibarana	m	d	ma	7,7	3,9	10,3	0,58		9900	66,7	44,0	7,9	8,1	4140	4140	3,1		2,0
<i>Copaifera sp.</i>	Copaibarana	m	d	ma	6,8	3,9	10,3	0,62		12300	87,6	54,9	5,9	9,3	4630	3790	4,3	560	1,7
<i>Copaifera sp.</i>	Copaibarana	m	d	ma	7,5	4,9	12,7	0,72	1,16	11800	93,4	61,4	7,0	11,5	7320	5770	3,0	460	1,5
<i>Cordia bicolor</i>	Freijó	m	d	br	11,7	6,3	18,0	0,67	1,10	12100	82,9	50,9	3,8	7,8	5730	4370	3,4		1,9
<i>Cordia goeldiana</i>	Freijó	m	i	ci	6,6	4,1	10,6	0,60	0,92	10400	93,2	51,7	6,2	8,5	6080	4520	3,1		1,6
<i>Cordia sagotii</i>	Freijó	m	d	ci	7,7	3,8	11,3	0,63	0,92	10000	88,1	48,8		7,7	5250	4000	3,5		2,0
<i>Cordia sp.</i>	Freijó	m	d		8,1	4,5	11,4	0,63											1,8
<i>Couepia robusta</i>	Castanha-de-cutia	m	i	ma	11,0	5,8	15,7	1,03	1,21	15900	157,6	80,4	19,4	13,3	13610	14540	4,0	590	1,9
<i>Couratari guianensis</i>	Tauari	m	d	ci	6,1	3,6	10,4	0,65	1,11	11700	106,1	55,0	7,9	10,4	6650	5160	4,2		1,7
<i>Couratari oblongifolia</i>	Tauari	m	d	br	6,1	3,6	10,4	0,61	1,09	10800	90,5	47,7	6,2	8,7	5420	3800	3,7		1,7
<i>Couratari oblongifolia</i>	Tauari	m	d	br	6,6	4,2	11	0,63	1,13	11100	84,7	45,5	6,4	10,6	5890	4690	3,8	490	1,6
<i>Couratari stellata</i>	Tauari	m	d	am	7,8	5,8	13,4	0,84	1,13	14600	136,7	70,5	11,8	13,1	8950	7100	4,6		1,3
<i>Dacryodes spp.</i>	Breu-branco	m	r	ma	6,5	4,5	11,6	0,59	1,04	14300	101,6	47,0	7,0	13,6	6320	4300	4,4	510	1,4
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	
<i>Dialium guianense</i>	Jutaibebe	f	r	ma	9,2	5,0	13,7	1,02	1,28	17500	192,3	92,2	22,3	22,8	17220	16670	4,5	730	1,8
<i>Diclinanona calycina</i>	Envira	m	d	ol	10,1	3,2	13,6	0,61	1,07	11300	95,4	49,8		7,6	5160	4030	3,1		3,2
<i>Dicorynia paraensis</i>	Angélica-do-pará	g	r	ci	7,2	3,6	11,5	0,58	1,09	9100	74,8	45,3	5,8	10,7	6080	4290	3,7	500	2,0
<i>Dinizia excelsa</i>	Angelim-vermelho	m	r	ma	9,5	5,7	14,5	1,09	1,26	17300	160,0	87,3	15,1	18,0	14600	13810	3,9	670	1,7
<i>Diploon venezuelana</i>	Abiurana	f	d	ma	10,1	7,1	15,7	1,13	1,20	18100	190,6	98,3	19,8	20,0	12060	13360	3,2	550	1,4
<i>Diploporia purpurea</i>	Sucupira-da-terra-firme	m	r	ma	8,8	6,7	15,6	0,90	1,19	16700	146,3	96,1	12,7	16,6	10060	8460	6,0	740	1,3
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumaru	m	r	am	8,4	5,4	13,5	1,07	1,28	18300	176,4	98,7	21,0	22,4	13390	16010	4,9	870	1,6
<i>Drypetes variabilis</i>	Pau-branco	f	r	ol	11,3	5,8	15,9	0,95	1,24	16200	146,7	73,9	12,6	16,5	13150	11420	4,3	690	1,9
<i>Endopleura uchi</i>	Uchi-liso	m	d	ma	9,6	6,4	15,6	1,04	1,18	15600	156,7	16,3	13,3	19,1	13370	10590	6,3	480	1,5
<i>Enterolobium maximum</i>	Faveira-tamboril	mg	r	ma	4,5	2,4	6,7	0,44	1,05	9400	83,6	43,4	6,0	9,0	3930	2880	3,1		1,9
<i>Enterolobium maximum</i>	Faveira-tamboril	mg	r	ma	4,6	2,3	6,8	0,50	1,05	7800	49,8	38,4	4,2	7,8	5040	3390	2,3	320	2,0
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Sucupira amarela	mg	r	am	9,3	4,2	12,7	1,08	1,21	17100	164,8	80,2	15,1	17,7	9460	10640	5,6	810	2,2
<i>Eriotheca longipedicellata</i>	Munguba-grande-da-terra-firme	m	i	ma	9,8	4,5	14,9	0,59	1,08	10600	89,5	48,6	6,0	8,3	6300	4690	3,6		2,2
<i>Erisma uncinatum</i>	Quarubarana/Cedrinho	m	d	ma	10,0	4,3	13,4	0,59	1,11	10600	87,8	52,5	6,1	8,9	5900	3940	2,9		2,3
<i>Erisma uncinatum</i>	Quarubarana/Cedrinho	m	d	ma	8,7	3,6	12,9	0,62	1,10	11000	89,2	50,7	5,7	8,0	5730	3990	3,1	380	2,4
<i>Eschweilera coriacea</i>	Matamatá-preto	m	d	ol	11	4,3	14,9	0,91	1,21	14100	127,1	59,8	9,8	12,6	12400	11360	3,8		2,5
<i>Eschweilera coriacea</i>	Matamatá-preto	m	d	ol	9,7	5,6	16,4	0,98	1,24	15600	140,1	69,3	13,0	11,4	9630	11020	3,9	740	1,7
<i>Eschweilera grandiflora</i>	Matamatá	m	d	ol	8,0	4,6	14,9	0,85	1,24	14800	138,7	68,6	11,3	12,9	8830	9050	5,6	540	1,7
<i>Eschweilera longipes</i>	Matamatá	m	d	ol	9,6	5,6	14,5	0,98	1,20	16100	136,7	68,0	10,1	18,1	11810	10930	4,4	550	1,7
<i>Eschweilera sp.</i>	Matamatá	m	d	ol	10,7	6,0	16,1	1,08	1,26	19300	175,1	88,1	18,3	20,9	14920	13900		890	1,8
<i>Euxylophora paraensis</i>	Pau-amarelo	m	d	am	6,1	4,5	11,1	0,81	1,20	13000	117,6	71,1	13,6	10,8	12680	11210	4,5		1,4
<i>Euxylophora paraensis</i>	Pau-amarelo	m	d	am	7,8	6,5	13,1	0,89	1,20	14000	129,4	70,8	12,2	18,1	10920	8460	4,2	580	1,2
<i>Ficus insipida</i>	Figueira	m	r	br	9,7	5,0	14,1	0,45	1,09	8100	62,8	38,4	4,0	6,6	2120	1220	2,0	310	1,9
<i>Glycydendron amazonicum</i>	Glicia	m	o	ro	7,6	4,9	12,0	0,84	1,11	15200	128,4	66,3	10,4	13,7	8730	7580	3,4	460	1,6
<i>Goupia glabra</i>	Cupiúba	m	r	ma	8,9	5,0	13,1	0,88	1,17	13000	118,4	66,2	12,9	15,5	11510	9740		700	1,8
<i>Goupia glabra</i>	Cupiúba	m	r		8,4	4,5	13,2	0,92	1,13	14900	134,0	68,9	14,8	14,8	10190	8300	4,2	560	1,9
<i>Guatteria olivacea</i>	Envira-preta	m	d	ol	9,3	4,4	13,0	0,85	1,11	11400	92,0	43,1	3,1	8,9	5920	4850	3,9		2,1
<i>Guatteria procera</i>	Envira-preta	mg	d	ol	11,4	7,2	18,5	0,89	1,17	15600	123,9	70,5	5,5	10,7	7590	6660	2,7	500	1,6
<i>Hura creptans</i>	Açacu	m	r	br	5,2	3,7	7,5	0,48	1,08	8600	69,0	33,6	4,8	7,1	3920	2830	2,6	340	1,4
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	m	in	ma	7,7	3,4	11,4	0,96	1,24	15900	139,9	77,3	14,1	19,4	12530	11160	6,8	760	2,3
<i>Hymenaea parvifolia</i>	Jatobá/Jutaí-mirim	m	in	ve	9,7	3,7	13,4	1,16	1,30	17300	173,2	96,6	19,2	23,6	16710	17200	6,6	730	2,6
<i>Hymenolobium cf. pulcherrimum</i>	Angelim-pedra	g	r	ro	9,0	5,4	13,6	0,71	1,17	12700	114,8	63,9	9,9	12,6	6400	5470	3,6	540	1,7
<i>Hymenolobium modestum</i>	Angelim-pedra	g	r	ve	7,7	4,6	13,5	0,84	1,19	13500	120,8	61,1	10,7	14,0	8060	7470	3,9	550	1,7
<i>Hymenolobium nitidum</i>	Angelim-pedra	g	r	ma	7,2	4,3	11,8	0,69	1,16	11800	96,2	53,5	8,6	12,7	7400	5700	3,8	510	1,7
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Angelim-pedra	g	r	ma	6,3	4,1	10,1	0,71	1,19	11800	111,5	53,3	11,5	12,5	7810	5900	3,9		1,5
<i>Hymenolobium sp.</i>	Angelim-da-mata	g	r	ma	7,2	3,7	9,9	0,72	1,20	12100	114,1	57,4	11,4	13,3	8300	6450	4,8	560	1,9
<i>Inga alba</i>	Ingá	mg	o	ma	9,6	4,0	13,3	0,80	1,17	13600	123,1	61,4	8,3	14,6	8630	6430	4,6	720	2,4
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	
<i>Inga paraensis</i>	Ingá/Ingarana	mg	in	ma	10,7	5,3	15,9	1,09	1,26	18300	186,6	85,0	14,7	21,8	15180	13900			2,0
<i>Inga sp.</i>	Ingarana	mg	in	ma	9,6	4,1	12,0	0,74	1,17	15800	161,1	83,7	13,7	20,6	15160	12910	7,8	710	2,3
<i>Iryanthera grandis</i>	Ucuubarana	mf	d	ma	8,7	5,4	13,5	0,82	1,12	12700	108,5	60,9	8,3	9,8	5280	5420	4,7		1,6
<i>Jacaranda copaia</i>	Parapará	m	d	br	8,2	5,4	13,9	0,40	0,84	8900	56,2	31,3	3,1	6,1	3360	1920	2,9		1,5
<i>Joannesia heveoides</i>	Castanha-de-arara	mg	d	ci	6,1	2,8	9,8	0,48	1,03	8400	64,9	35,1	4,9	6,0	3920	2640	3,3		2,2
<i>Laetia procera</i>	Pau-jacaré	mf	i	am	11,3	5,4	17,2	0,84	1,16	15700	122,7	68,2	9,9	13,4	10920	8720	6,4	750	2,1
<i>Laetia procera</i>	Pau-jacaré	mf	i	am	12,0	5,1	17,1	0,92	1,20	15600	129,6	66,0	10,0	16,5	11450	9900	5,0		2,4
<i>Lecythis idatinon</i>	Matamatá-vermelho	m	in	ma	10,3	4,9	15,3	1,00	1,26	15000	143,8	70,7	11,6	14,7	11110	10620	4,1	770	2,1
<i>Lecythis pisonis</i>	Castanha-sapucaia	m	r	ve	8,0	5,6	13,9	1,09	1,25	15100	152,9	71,6	15,2	17,5	13250	12840	4,3	590	1,4
<i>Licania gracilipes</i>	Caraiperana	m	i	ci	12,5	5,5	18,1	1,02	1,23	16500	161,6	86,1	15,4	16,1	15100	14940	4,2	640	2,3
<i>Licania oblongifolia</i>	Mucucurana	m	r	ci	11,7	5,9	19,6	0,94	1,24	15400	136,6	76,6	14,8	19,0	15690	14300	4,4	580	2,0
<i>Licania octandra</i>	Caraipé	m	d	ci	11,9	6,1	17,4	1,04	1,25	17400	164,2	85,0	11,7	15,5	12440	12490	4,1	490	2,0
<i>Licaria rigida</i>	Louro/Louro-amarelo	m	in	am	9,1	5,3	13,5	0,95	1,11	17900	168,8	87,2	13,0	17,1	10770	9160	5,4	570	1,7
<i>Lueheopsis dukeana</i>	Açoita-cavalo	mf	r	ma	9,5	4,6	13,3	0,80	1,14	14500	125,6	63,7	9,4	12,8	9730	8170	4,4	470	2,1
<i>Lueheopsis dukeana</i>	Açoita-cavalo	mf	r	ma	9,3	4,7	13,7	0,83	1,12	13800	127,1	61,0	10,9	12,0	9040	7860	4,7		2,0
<i>Maclura tinctoria</i>	Amoreira	m	r	la	5,9	3,2	9,4	0,91	1,22	12900	156,5	87,8	22,8	15,9	11640	10820	5,4	700	1,8
<i>Macrobium acacifolium</i>	Arapari	m	i	ma	6,4	2,9	10,0	0,63	1,16	9100	81,0	43,6	6,8	10,5	6700	5230	3,4	500	2,2
<i>Macrobium sp.</i>	Araparirana	m	in	ma	8,8	3,7	11,9	0,64	1,15	10100	84,1	45,4	7,3	13,2	7510	5480	3,8	510	2,4
<i>Macrosamanea pedicellaris</i>	Ingá-de-porco	m	r	ma	7,6	4,3	11,0	0,61	1,15	11900	99,2	51,0	8,0	12,2	8320	6030	4,2	500	1,8
<i>Malouetia duckei</i>	Sorva	f	i	ci	9,2	3,7	12,7	0,73	1,15	12900	114,4	60,4	9,9	14,9	8320	6030	6,5	610	2,5
<i>Manilkara bidentata</i>	Maparajuba/Maçaranduba	f	d	ma	8,3	5,9	13,8	1,08	1,26	13800	130,7	64,8	15,5	16,3	8870	9280	5,7	440	1,4
<i>Manilkara huberi</i>	Maçaranduba	f	d	ma	9,3	7,1	16,4	1,07	1,27	17400	179,7	110,9	17,3	17,1	15150	13820	5,1	880	1,3
<i>Manilkara sp.</i>	Maçaranduba	f	d	ma	9,4	6,7	15,0	1,17		14200	172,9	84,1	19,8	15,8	15320	14640	6,9		1,4
<i>Maquira sclerophylla</i>	Muiratinga	m	i	br	9,4	4,2	13,7	0,74	1,09	11500	112,9	61,8	8,6	12,2	8420	6300	4,0		2,2
<i>Marmaroxylon racemosum</i>	Angelim-rajado	m	d	am	9,3	5,9	15,2	0,99	1,26	16700	166,8	80,7	19,3	17,6	15180	14410	2,9		1,6
<i>Mezilaurus itauba</i>	Itaúba-amarela	mg	i	ol	6,8	3,0	10,1	0,85		10800	111,3	56,5	9,7	8,6	5540	5540	5,6		2,3
<i>Mezilaurus itauba</i>	Itaúba-amarela	mg	i	ol	7,9	2,6	10,5	0,88	1,14	12300	114,4	58,3	11,0	10,3	5500	5910	4,7		3,0
<i>Mezilaurus lindaviana</i>	Itaúba	mg	i	ol	8,3	3,3	11,6	0,86	1,09	12800	117,0	57,3	9,7	8,6	4520	4500	4,1		2,5
<i>Micrandra minor</i>	Cauchorana	m	d	ma	7,4	2,5	9,8	0,48	0,99	10000	74,9	38,6	4,5	10,5	4640	3190	3,3	370	3,0
<i>Micrandra rossiana</i>	Seringarana	f	d	ma	9,0	5,2	13,8	0,81	1,19	14700	130,7	68,6	9,9	15,3	11350	8730	4,7	640	1,7
<i>Micropholis guianensis</i>	Abiurana-branca	f	d	ma	11,2	6,6	16,6	0,90	1,19	15200	132,9	76,1	11,0	8,1	9780	7280	2,5	760	1,7
<i>Micropholis mensalis</i>	Abiurana-branca	f	i	ma	9,6	5,2	14,7	0,74	1,11	13700	122,5	58,9	9,6	13,7	9780	7280	4,2	640	1,8
<i>Micropholis venulosa</i>	Rosadinho	f	i	ma	9,7	4,7	14,0	0,87	1,21	14200		66,2	10,2	14,7	10180	7800	4,0	600	2,1
<i>Mouriri callocarpa</i>	Miraúba	f	i	ol	11,1	7,1	17,4	1,09	1,28	17500	192,0	96,3	22,4	19,0	17950	18290	5,9	650	1,6
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Cabreúva-parda	m	i	ma	7,0	4,4	11,3	0,92	1,18	15400	157,2	87,6	13,8	18,2	15590	13950	4,1	580	1,6
<i>Nectandra cuspidata</i>	Louro-tamanco	m	r	am	6,0	4,0	9,1	0,46	0,82	8700	67,4	38,4	3,9	8,7	3420	3430	3,5	440	1,5
<i>Nectandra rubra</i>	Louro-vermelho	m	r	ro	7,9	3,2	11,2	0,69	1,05	10900	79,4	50,9	4,9	7,5	3420	3430	3,0		2,5
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM				%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	
		Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	
<i>Ocotea bracellensis</i>	Louro-inhamú	m	r		6,8	3,6	10	0,68		10300	101,3	57,3	9,5	9,5	5510	5150	6,2		1,9
<i>Ocotea costulata</i>	Abacatirana	m	r	am	6,6	3,9	11,6	0,62	0,94	10100	92,6	52,7	7,3	11,2	5650	4650	3,4	470	1,7
<i>Ocotea fragrantissima</i>	Louro-preto	m	r	ma	5,7	3,0	10,1	0,58	0,94	10500	93,4	48,1	6,2	12,4	4890	4820	4,0	460	1,9
<i>Ocotea neesiana</i>	Louro-canela	m	r	ol	7,7	4,2	10,2	0,69	0,93	12100	110,1	61,2	7,3	12,7	5030	4580	5,6		1,8
<i>Ocotea sp.</i>	Louro-canuaru	m	r	ma	7,8	3,6	11,1	0,71	1,04	14300	122,1	64,7	9,9	12,6	5340	5360	4,9	710	2,2
<i>Ocotea sp.</i>	Louro-canuaru	m	r		6,9	4,3	9,9	0,73	1,06	14000	129,2	63,2	12,3	9,0	5670	5510	3,0	470	1,6
<i>Onychopetalum amazonicum</i>	Envira-preta	m	d	ol	8,1	4,9	14,0	0,74	1,12	14000	126,5	71,0	6,4	10,4	6800	5710	2,9		1,7
<i>Onychopetalum amazonicum</i>	Envira-preta	m	d	ol	8,7	3,9	12,7	0,82	1,09	15300	125,2	66,5	6,6	10,4	8220	6950	2,4	510	2,2
<i>Ormosia coccinea</i>	Tento	g	r	ro	6,7	3,9	10,9	0,72	1,18	10100	96,5	51,0	11,0	12,5	7640	6250	3,7	500	1,7
<i>Ormosia paraensis</i>	Tento	g	r	ro	10,3	4,7	14,7	0,73	1,17	14900	125,2	72,0	10,8	12,7	8830	8370	3,7	500	2,2
<i>Ormosia paraensis</i>	Tento	g	r		8,6	4,8	13,8	0,73	1,19	10400	82,9	45,3	9,6	12,7	8320	6940	2,3	390	1,8
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Ucuubarana	m	d	ma	9,4	5,3	14,5	0,59	1,01	12100	80,3	44,6	3,6	10,4	4950	3910	2,7	420	1,8
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Ucuubarana	m	d		7,4	3,6	10,8	0,59	1,12	12600	89,8	46,9	5,1	9,2	4440	3500	3,6	430	2,1
<i>Parahancornia amapa</i>	Amapá-amargoso	f	r	br	6,8	3,7	10,7	0,56	1,13	11300	90,8	46,8	6,1	9,8	5400	3580	4,0	520	1,8
<i>Parinari excelsa</i>	Parinari	m	d	ma	10,2	5,3	14,8	0,92	1,25	16500	148,8	83,1	15,7	15,0	13340	11440	5,7	540	1,9
<i>Parkia gigantocarpa</i>	Fava-bolota/Visqueiro	m	r	br	5,8	2,2	8,8	0,31	0,95	9000	31,2	22,6	2,0	6,4	2350	1710	1,7	230	2,6
<i>Parkia multijuga</i>	Paricá grande da terra firme	m	i	ci	7,0	2,9	9,8	0,47	1,09	8800	61,8	37,7	5,7	8,2	4090	3030	3,9		2,4
<i>Parkia oppositifolia</i>	Faveira	m	i	br	5,3	2,7	8,7	0,38	0,90	9700	83,6	35,5	5,6	9,7	3050	2740	3,2	390	2,0
<i>Parkia oppositifolia</i>	Faveira	m	d-r		5,4	2,7	7,9	0,50	1,08	9700	83,6	35,5	5,6	9,6	4130	2910	3,2	390	2,0
<i>Parkia paraensis</i>	Fava-arara-tucupi	m	i	ci	7,6	3,5	11,9	0,56	1,01	11700	75,0	39,4	4,7	9,8	3990	3370	3,5	570	2,2
<i>Parkia pendula</i>	Faveira-bolota	m	i	br	7,8	3,8	11	0,63	1,13	11800	86,4	49,2	7,2	11,5	5450	4290	4,0	510	2,1
<i>Parkia pendula</i>	Faveira-bolota	m	i	br	7,2	2,5	10,0	0,63	1,10	11000	93,9	48,9	7,8	9,9	5340	4350	3,8		2,9
<i>Parkia sp.</i>	Faveira	m	d	br	5,4	2,4	8,1	0,32	1,06	6300	39,9	24,0	2,3	5,5			1,4	240	2,3
<i>Peltogyne cf. subsessilis</i>	Roxinho/Pau-roxo	m	d	rx	8,7	5,0	13,4	0,97	1,26	16000	161,5	120,7	17,8	15,8	13020	13340	6,0	890	1,7
<i>Peltogyne paniculata</i>	Roxinho/Pau-roxo	m	r	rx	8,1	5,1	12,7	1,03	1,27	18100	190,8	92,3	20,3	18,5	16500	15360	2,9	490	1,6
<i>Piptadenia communis</i>	Faveira-folha-fina	m	in	ma	7,4	4,5	13,3	0,88	1,12	13700	118,3	70,0	11,7	13,4	7360	7570	3,8		1,6
<i>Piptadenia suaveolens</i>	Timborana	m	in	ma	7,1	4,9	11,3	0,91	1,10	15700	149,8	79,8	14,2	16,2	8980	9790	5,4	680	1,4
<i>Piptadenia suaveolens</i>	Timborana	m	in	ma	8,3	5,1	13,1	0,98	1,17	13400	128,5	69,7	11,5	12,6	7330	7850	5,1		1,6
<i>Platymiscium sp.</i>	Macacauba				4,6	2,8	6,6	0,90											1,6
<i>Pouteria anomala</i>	Rosadinho	f	d		9,1	5,7	14,4	0,90	1,25	16300	164,9	85,4	15,7				4,3	690	1,6
<i>Pouteria anomala</i>	Rosadinho	f	d		9,4	6,3	15,2	0,99	1,22	16200	165,9	86,8	14,3				4,6	710	1,5
<i>Pouteria caimito</i>	Abiurana-vermelha	mf	in	ve	9,5	5,5	14,9	0,91	1,24	14900	152,2	78,2	12,9	11,2	13130	11180	9,0	1030	1,7
<i>Pouteria caimito</i>	Abiurana-vermelha	mf	in	ve	9,4	5,3	14,5	1,15	1,28	17900	171,8	89,4	16,6	16,7	13500	10300	5,0	580	1,8
<i>Pouteria egregia</i>	Abiu-pitomba	mf	i	ma	11,2	6,8	15,7	1,12	1,23	17900	175,2	90,7	15,0	19,4	14810	13380	5,8	900	1,6
<i>Pouteria gongrijpii</i>	Abiurana-branca	f	d	ma	10,1	4,5	15,0	0,95	1,24	15600	147,3	77,0	12,8	18,0	11900	10870	4,9	800	2,2
<i>Pouteria guianensis</i>	Abiurana	m	o	ve	9,0	5,1	13,3	0,94	1,28		143,3	69,4		12,9	12030	13250	6,1		1,8
<i>Pouteria oblanceolata</i>	Tuturubá	f	d	ma	8,9	5,2	13,8	0,96	1,27	15700	156,2	79,4	14,0	16,3			4,1	510	1,7
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	
<i>Pouteria obscura</i>	Maragonçalo	f	i	ma	7,4	4,4	11,8	0,81	1,21	13300	126,9	63,1	14,3	13,2			3,4	520	1,7
<i>Pouteria oppositifolia</i>	Abiu-branco	f	in	ma	7,8	4,6	12,5	0,83	1,20										1,7
<i>Pouteria pachycarpa</i>	Goiabão	mf	i	am	11,2	6,2	16,5	0,93	1,19	17200	164,8	84,2	11,2	18,5	15520	13070	4,7	820	1,8
<i>Pouteria pachycarpa</i>	Goiabão	mf	i	am	12,6	6,5	18,1	1,01	1,17	16700	158,6	75,5	11,8	17,1	12330	10930	5,9	640	1,9
<i>Pouteria sp.</i>	Jará	f	d	ma	9,7	5,9	15,2	0,92	1,24	17200	158,3	80,4	13,1	13,4	12250	10970	4,9	700	1,6
<i>Priurella priurii</i>	Abiu-de-casca-fina	m	d	ma	13,0	7,7	20,3	0,99		17500	177,4	76,0	15,3	20,0	12120	12360	4,3		1,7
<i>Protium heptaphyllum</i>	Breu-sucuruba	mf	d	ma	8,4	4,1	12,6	0,70		10000	86,8	49,0	6,9	10,0	4540	3980	5,5		2,0
<i>Protium sp.</i>	Breu	m	in	ma	9,8	5,1	15,0	1,00	1,12	15800	140,7	80,5	11,8	18,2	12480	10510	4,8	670	1,9
<i>Protium tenuifolium</i>	Breu-preto	mf	o	ma	8,4	4,2	12,0	0,80	1,03	12900	116,4	64,5	9,4	14,9	9160	6880	5,0	610	2,0
<i>Pterocarpus sp.</i>	Envira-de-preguiça	f	d	br	5,4	3,3	9,8	0,55	1,02	10400	84,1	39,6	5,0	12,6	5680	4150	3,3	450	1,6
<i>Qualea albiflora</i>	Mandioqueira-lisa	m	r	ci	9,5	5,3	14,7	0,75	1,14	13100	109,5	58,4	7,9	13,3	8460	6130	4,5	530	1,8
<i>Qualea brevipedicellata</i>	Mandioqueira-áspera	mg	r	ma	8,6	4,4	13,6	0,96	1,17	15900	134,6	81,4	14,5	13,4	11250	9820	2,3	490	2,0
<i>Qualea cf. lancifolia</i>	Mandioqueira	m	r	ci	8,1	3,1	11,5	0,73	1,15	12800	109,7	60,0	7,0	10,5	5860	4860	4,2		2,6
<i>Qualea dinizii</i>	Mandioqueira-escamosa	m	i	ci	9,1	4,6	13,5	0,69	1,14	11600	104,4	52,4	8,3	10,0		2710	3,9	540	2,0
<i>Rauwolfia paraensis</i>	Peroba-d'água	f	d	am	9,0	4,7	13,3	0,71	1,11	12800	113,5	58,3	9,7	13,6			5,9	760	1,9
<i>Rollinia exsucca</i>	Envira	m	d	ci	8,8	3,2	12,3	0,66	1,02	12000	91,4	53,3		8,6	5390	3920		300	2,8
<i>Roupala montana</i>	Louro/Faeira	g	d	ma	12,3	6,3	18,0	1,05	1,24	17300	161,4	84,6	11,2	15,7	9760	9840	6,3	870	2,0
<i>Sapium aereum</i>	Leiteiro	m	d	br	7,8	4,2	12,1	0,52	1,08	10100	71,4	44,3	5,2	7,0	2780	1720	2,8	370	1,9
<i>Sapium marmieri</i>	Burra-leiteira	m	d	br	7,5	5,6	10,8	0,48	1,09	9100	63,9	33,2	3,8	6,7	2340	1470	2,8	380	1,3
<i>Schefflera morototoni</i>	Morototó	m	d	br	9,1	6,7	15,7	0,54	1,03	11300	72,5	40,5	4,6	10,6	4890	3580	3,9	620	1,4
<i>Schizolobium amazonicum</i>	Pinho-cuiabano	m	o	br	5,1	4,3	11,1	0,62	1,13	8200	56,5	34,1	4,6	11,0	4570			370	1,2
<i>Sclerobium aff. Chrysophyll</i>	Pinho-cuiabano	m	o	br	7,4	3,7	11,0	0,78	1,12	12500	118,0	60,3	11,2	13,7	7820	6070	4,8		2,0
<i>Sclerolobium chrysophyllum</i>	Taxi-vermelho	m	i	ol	8,0	4,2	12,1	0,78	1,07	13800	117,0	57,5	9,0	15,6	8510	6430	4,8	520	1,9
<i>Sclerolobium paraense</i>	Taxi-branco	m	r	ol	8,3	4,0	12,3	0,78	1,17	13700	125,8	65,7	11,5	17,7	10940	8900	4,8	680	2,1
<i>Sclerolobium poeppigianum</i>	Taxi-preto/Taxi-pitomba	m	i	ci	8,1	4,2	12,6	0,83	1,17	13400	131,3	69,0	10,6	18,1	8140	6710	4,9	650	1,9
<i>Simarouba amara</i>	Marupá	m	d	br	5,9	2,6	8,8	0,44	0,98	8200	66,4	35,2	4,7	7,1	4390	2670	3,2		2,3
<i>Simarouba amara</i>	Marupá	m	d	br	6,8	4,8	8,3	0,45	1,12	7400	65,3	33,7	4,5	7,1	2760	1430	2,8	390	1,4
<i>Sloanea nitida</i>	Urucurana	m	d	ma	11,2	5,3	18,6	1,08	1,30	18100	174,9	97,4	20,0	16,3	16860	1840	8,6	820	2,1
<i>Sloanea sp.</i>	Urucurana	m	d	ma	8,7	5,6	15,5	0,96	1,21	16300	152,9	78,3	16,1	22,8	18990	19080	3,4		1,6
<i>Spondias lutea</i>	Taperebá/Cajá	m	d	br	6,0	2,5	9,5	0,45		7900	47,7	31,5	3,8	6,2	3370	2040	2,9	350	2,4
<i>Spondias lutea</i>	Taperebá/Cajá	m	d	br	7,4	4,2	10,4	0,48	1,05	7600	46,9	30,2	3,0	5,9	2150	1220	2,9		1,8
<i>Sterculia apeibophylla</i>	Tacacazeiro/Axixá	g	d	ma	10,6	5,4	15,4	0,61	1,10	10700	85,9	47,0	5,0	9,0	4160	3110	3,2	470	2,0
<i>Sterculia pilosa</i>	Tacacazeiro/Axixá	mg	d	ma	11,0	4,8	15,9	0,71	1,10	12000	99,0	51,8	5,1	9,4	6330	5170	4,1		2,3
<i>Sterculia speciosa</i>	Tacacazeiro/Axixá	g	d	ma	10,6	5,2	16,2	0,65	1,09	12000	99,0	51,8	5,1	9,4	5090	4240	4,1		2,0
<i>Sterculia speciosa</i>	Tacacazeiro/Axixá	g	d	ma	11,0	4,8	15,9	0,71		13900	92,3	47,4	4,9	8,9	6330	5170	2,4	430	2,3
<i>Stryphnodendron pulcherrim</i>	Fava-branca	m	i	ma	7,5	5,1	11,1	0,61	1,00	12100	97,8	45,8	4,9	12,5	7450	5940	3,1	370	1,5
<i>Swartzia recurva</i>	Urucurana	m	d	am	8,5	6,2	15,0	0,92	1,22	17000	157,1	74,5	15,3	17,4	12820	1120	4,6	690	1,4
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	
<i>Symphonia globulifera</i>	Anani	m	d	ma	7,9	4,5	13,2	0,75	1,12	14000	111,4	62,5	7,3	10,6	6800	5710	3,3	330	1,8
<i>Tabebuia cf. incana</i>	Ipê-amarelo	m	r	ma	8,4	5,9	13,3	1,05	1,21	16800	177,0	105,4	21,7	15,8			4,5	690	1,4
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Ipê	m	r	ol	8,0	6,6	13,2	1,19	1,2	13100	172,6	86,9	25,3	13,7	14800	14060	3,9		1,2
<i>Tabebuia sp.</i>	Ipê	m	r	ol	6,8	6,1	12,4	1,02	1,24	16200	187,7	103,8	21,3	17,4	14050		4,5	760	1,1
<i>Tachigali cavipes</i>	Tachi-branco	m	r	ol	6,3	4,6	9,7	0,55	1,02	10400	83,9	45,3	4,4	8,8	4610	3710	3,2	440	1,4
<i>Tachigali cf. myrmecophila</i>		m	r	ol	7,5	5,2	11,9	0,72	1,12	13200	133,2	58,6	9,0	14,4	8770	8030	3,8	620	1,4
<i>Tachigali multijuga</i>	Tachi-preto	m	r	ol	7,4	4,2	12,8	0,64	1,13	12100	99,9	61,1	7,9	11,7	5950	4850	5,2	530	1,8
<i>Tachigali myrmecophila</i>	Taxizeiro preto	m	r	ol	7,3	4,1	11,1	0,71	1,07	11200	107,0	57,8	9,3	12,2	7620	5620	3,0	360	1,8
<i>Tachigali sp.</i>	Taxi	m	r	ol	7,0	4,1	11,9	0,58	1,03	10800	97,3	47,9	6,2	12,1	6740	4620	3,6	580	1,7
<i>Tapirira guianensis</i>	Tatapiririca	mf	d	ma	8,3	3,6	11,5	0,63	0,96	11100	84,7	46,2	6,9	10,9	5450	4040	5,5		2,3
<i>Terminalia amazonica</i>	Cuiarana	m	o	ol	7,8	5,2	12,8	1,03	1,24	14300	148,9	79,5	14,3	14,2	11660	10140	5,3		1,5
<i>Terminalia cf. argentea</i>	Cuia	m	i	ol	9,8	5,8	15,2	0,97	1,25	15700	144,8	86,3	13,1	14,0	15720	1424	4,5	600	1,7
<i>Tetragastris altissima</i>	Breu-manga	m	r	ma	9,0	4,6	13,0	0,95	1,04	14600	137,3	77,9	15,5	18,3	12250	9840	6,6	700	2,0
<i>Tetragastris panamensis</i>	Breu-preto	mf	in	ma	9,9	5,1	15,0	0,92	1,20	13500	124,9	70,1	14,4	20,5	14150	12920	5,4	810	1,9
<i>Tetragastris panamensis</i>	Breu-preto	mf	in	ma	9,8	5,0	14,9	0,99	1,23	14300	126,0	61,7	13,1	19,3	13850	11510	5,1	630	2,0
<i>Trattinickia burseraefolia</i>	Breu-sucuruba	m	in	ma	7,2	5,1	11,8	0,56	0,96	11200	65,4	46,0	5,9	8,4	4700	3160	3,7	580	1,4
<i>Trattinickia burseraefolia</i>	Breu-sucuruba	m	in	ma	6,8	4,1	11,7	0,63		9800	77,8	45,0	5,5	10,1	5200		3,6		1,7
<i>Trichilia lecointei</i>	Pracuúba-da-terra-firme	mf	in	ma	8,2	4,4	13,2	1,16	1,27	16700	160,8	88,1	18,6	18,9	13320	14330	5,3	640	1,9
<i>Vantanea parviflora</i>	Uxirana	m	i	ma	10,3	8,2	17,6	1,17	1,20	17900	173,2	88,1	15,5	18,1	15740	13370	4,8	580	1,3
<i>Vatairea guianensis</i>	Angelim-amargoso	g	i	ma	9,7	4,8	14,8	0,83	1,21	13600	112,9	58,5	8,1	10,2	7500	6950	3,9	540	2,0
<i>Vatairea paraensis</i>	Angelim-amargoso	g	i	ma	9,8	4,8	14,0	1,02	1,24	15300	151,3	79,3	13,1	16,1	9340	9860	4,2	650	2,0
<i>Vatairea sericea</i>	Angelim-amargoso	mg	in	ma	8,4	4,5	13,9	0,90	1,22	15200	138,1	66,1	11,4	14,1	7800	8050	3,6	500	1,9
<i>Vatairea sericea</i>	Angelim-amargoso	m-g	i		9,0	6,0	15,0	0,90	1,22	15000	133,6	81,9	14,0	14,3	12090	11610	3,6	620	1,5
<i>Vataireopsis speciosa</i>	Angelim-amargoso	g	r	ma	6,4	3,0	9,9	0,74	1,17	11800	103,7	54,1	9,4	8,9	4980	4730	2,4	360	2,1
<i>Virola carinata</i>	Envirola	mf	d	ma	9,6	4,5	13,9	0,48	1,07	10200	63,3	40,2	2,5	5,7		2350	2,2	310	2,1
<i>Virola michellii</i>	Ucuúba-da-terra-firme	m	d		9,9	4,7	14,8	0,66	1,04	12100	97,2	52,2	5,0	10,1	6710	4720	4,9		2,1
<i>Virola surinamensis</i>	Virola	mf	d	ma	8,6	3,2	12,0	0,44	1,09	8700	58,9	36,2	2,8				2,7	410	2,7
<i>Vochysia ferruginea</i>	Quaruba	m	d	ro	10,7	5,0	14,1	0,53	1,13								2,4	360	2,1
<i>Vochysia guianensis</i>	Quaruba-rosa	mg	r	ro	11,5	5,0	17,5	0,73	1,14	14300	123,7	66,6	6,9	12,5	7930	7100	4,9	610	2,3
<i>Vochysia maxima</i>	Quaruba-verdadeira	mg	r	ro	9,1	3,3	13,0	0,59		9600	83,3	45,6	5,4	8,0	5490	4040	3,4		2,8
<i>Vochysia maxima</i>	Quaruba-verdadeira	mg	r	ro	8,8	4,0	12,1	0,62	1,11	11400	93,0	48,5	5,8	10,2	5600	4810	3,5	510	2,2
<i>Vochysia melinonii</i>	Quaruba-rosa	mg	r	ro	10,8	4,7	14,1	0,66	1,15	12100	99,7	54,9	5,1	12,0	7050	5850	4,3	700	2,3
<i>Vochysia obdensis</i>	Quaruba-rosa	m	r	ro	10,0	3,2	12,7	0,64	1,08	12700	102,6	54,0	6,1	10,5	6850	5350	4,3	580	3,1
<i>Xylopia nitida</i>	Envira	m	d	ol	11,4	6,7	16,6	0,75	1,09	16200	119,3	63,3	5,8	8,6	6690	5070	2,3	480	1,7
<i>Zanthoxylon regnelianum</i>	Maminha-de-porca	m	d	ol	8,6	5,8	11,4	0,60	1,12	11000	108,7	52,5	7,7	9,8	5230	3590	3,4	560	1,5
<i>Zizyphus itacaiunensis</i>	Maria-preta	f	r	ma	9,9	6,9	15,7	0,97	1,26	16500	159,7	89,2	14,8	19,8	16680	15110	5,9	730	1,4
<i>Zollernia paraensis</i>	Pau-santo	f	r	pr	9,6	5,0	16,8	1,26	1,32	18200	191,5	97,4	27,5	18,8	14900	14790	4,7	510	1,9
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	Textura	Grã	Cor	CT	CR	CV	Dap.	Dv	MOE	MOR	CPA	CPE	CIS	DE	DF	TPER	FEND	CT/CR
					%	%	%	g/cm3	g/cm3	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	N	N	MPa	N/cm	