



Scientific Electronic Archives (7): 52 - 58, 2014.

Determinação de Propriedades Físico-Mecânicas da Madeira de Cinco Espécies Madeireiras da Amazônia Meridional

Determination of Physical and Mechanical Properties of the Wood of Five Wooden Species from Southern Amazon

D. A. Rodrigues ¹, A. P. Silveira ¹, P. A. R. Castello ¹⁺

¹ Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop

+ Address for correspondence: patyrigatto@gmail.com

Resumo

Neste trabalho objetivou-se avaliar as propriedades físico-mecânicas de madeiras da Amazônia Meridional através de métodos convencionais. Para o estudo foram selecionadas espécies típicas da Amazônia Meridional: *Peltogyne lecointei* Ducke (FABACEAE-CAESALPINIOIDAE) (roxinho), *Erisma uncinatum* Willd. (VOCHYSIACEAE) (cedrinho), *Hymenaea courbaril* L. (FABACEAE-CAESALPINIOIDAE) (jatobá), *Hymenolobium petraeum* Ducke (FABACEAE-FABOIDEAE) (angelim pedra) e *Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Willd. (BURSERACEAE) (amescla). A determinação das propriedades físicas seguiu as normas COPANT, já para as propriedades mecânicas foram utilizados ensaios em máquina universal de ensaios em concordância com as normas técnicas COPANT. O estudo permite concluir que a massa específica influencia intensamente a resistência mecânica da madeira. Através de comparação com a bibliografia inferiu-se que existe distinção entre as espécies estudadas, nativas da Amazônia Meridional, quando comparadas às espécies de madeiras exóticas, o que gera diversificação de materiais para a indústria madeireira. Ficou claro que a qualidade da madeira pode ser melhorada, modificada, minimizada ou controlada se houver trabalho conjunto dos setores de produção florestal e industrial, integrando os profissionais da área de processamento.

Palavras-chave: COPANT, propriedades físicas, propriedades mecânicas, árvore.

Abstract

The aim of this work was to evaluate the physical and mechanical properties of woods from the Southern Amazon by conventional methods. It was selected typical species from the Southern Amazon: *Peltogyne lecointei* Ducke (FABACEAE-CAESALPINIOIDAE) (roxinho), *Erisma uncinatum* Willd. (VOCHYSIACEAE) (cedrinho), *Hymenaea courbaril* L. (FABACEAE-CAESALPINIOIDAE) (jatobá), *Hymenolobium petraeum* Ducke (FABACEAE-FABOIDEAE) (angelim pedra) e *Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Willd. (BURSERACEAE) (amescla). The determination of the physical properties followed the COPANT standards, for the mechanical properties it was made some tests on the universal testing machine in accordance with the technical standards COPANT. This study indicates that the density strongly influences the mechanical strength of the wood. By Comparison with the literature it was inferred that there is distinction between the studied species native from the Southern Amazon, compared to exotic species, which generates diversification of materials for the timber industry. It was clear that the quality of wood can be improved, modified, minimizes or controlled with the work of forestry and industrial production sectors, integrating all professionals from the processing area.

Keywords: COPANT, physical properties, mechanical properties, tree.

Introdução

A redução das reservas de floresta tropical no mundo tem focalizado a atenção sobre a maior reserva natural de florestas, a Bacia Amazônica. A extração e produção de madeira ocorrem principalmente nas margens meridional e oriental dessa floresta, compreendendo o sul do estado do Pará e norte de Mato Grosso. O sistema de produção regional ainda é centrado no corte seletivo de espécies, o que ocasiona um gradual empobrecimento da floresta e possível extinção das espécies mais exploradas. Com isso, pesquisas são desenvolvidas a fim de estabelecer sistemas de exploração madeireira que mantenham a sobrevivência dos ecossistemas naturais da região (Barbosa et al., 2001).

Shackelford (2012) denomina a madeira como um compósito – material que combina diferentes componentes em escala microscópica – natural reforçado com fibra, utilizado como excelente material estrutural. O autor diz ainda que nos Estados Unidos da América, o peso de madeira empregada em estruturas ultrapassa o total combinado para aço e concreto, o que deixa claro a importância das propriedades tecnológicas da madeira quando utilizadas para fins estruturais.

A madeira é um material heterogêneo, produto de um sistema biológico complexo, e por isso, é altamente variável. Anatomicamente a madeira é constituída pelo arranjo e quantidade proporcional dos diferentes tipos de células, enquanto quimicamente é constituída de compostos de elevados graus de polimerização e pesos moleculares, responsáveis pela morfologia e estrutura da madeira.

Um pesquisador com amplo conhecimento das relações entre a forma e função da madeira e seus componentes biológicos é capaz de prever a melhor finalidade de uma madeira (Rowell, 2005). O autor afirma que é necessário vasto conhecimento da composição anatômica para que sejam compreendidas e quantificadas as propriedades mecânicas da madeira, complementar a isso, é

imprescindível unir os conhecimentos anatômicos e químicos, sobre a distribuição de componentes químicos na madeira e na parede celular, e seus efeitos sobre as propriedades mecânicas.

Quanto à composição química da madeira, Sjöström (1993) aponta a celulose, hemicelulose e lignina como principais constituintes químicos estruturais das células de um vegetal, sendo os elementos de maior significância quando se pensa em propriedades tecnológicas da madeira, por influenciarem diretamente na estrutura das células e consequentemente de toda a madeira.

A utilização da madeira como material para as mais variadas finalidades permitem que esforços físicos sejam aplicados sobre este material. A capacidade de uma peça de madeira suportar a esforços depende de atribuições inerentes ao próprio esforço, como a direção da carga aplicada e sua duração, além de características da madeira, como massa específica e teor de umidade.

Ao citar Shioyama (1990), Lobão et al. (2004) afirma que a massa específica é a quantificação direta de material lenhoso por unidade de volume, desconsiderando-se o teor de extrativos e de material estranho à madeira. Essa propriedade é tida como uma das mais importantes, pois dela dependem a maior parte de suas propriedades físicas e tecnológicas, além de servir como referência para a classificação da madeira. De forma geral, madeiras pesadas são mais resistentes, elásticas e duras quando comparadas com madeiras leves, porém em contrapartida são de difícil trabalhabilidade.

Moreschi (2012) define o teor de umidade da madeira como a relação existente entre o peso da água contida em seu interior e seu peso no estado completamente seco, expresso em porcentagem. O teor de umidade não é considerado uma característica intrínseca da madeira por estar intimamente ligado com o ambiente, porém seu estudo é de grande importância por afetar o comportamento do material, estando

diretamente relacionado com a resistência mecânica, estabilidade dimensional, trabalhabilidade, poder calorífico e durabilidade natural. Controlar o teor de umidade da madeira significa viabilizá-la para determinados usos, evitando que sejam desenvolvidos defeitos como empenamento, arqueamentos e torções, resultados da retração ou inchamento da madeira pela perda ou adsorção de água, respectivamente (Silva & Oliveira, 2003).

As variações dimensionais provocadas pela contração e pelo inchamento da madeira constituem, juntamente com a anisotropia, características indesejáveis da madeira, limitando o seu uso para diversas finalidades ou, ainda, exigindo técnicas específicas de utilização. A maior

alteração dimensional da madeira se manifesta no sentido tangencial aos anéis de crescimento, seguida pela dimensão radial, sendo praticamente desprezível no sentido longitudinal. Outro importante índice para avaliar a estabilidade dimensional da madeira é o coeficiente ou fator anisotrópico, definido pela relação entre as contrações tangencial e radial (Silva & Oliveira, 2003).

O coeficiente de anisotropia, segundo Nock et al. (2005), é usado na indicação da qualidade da madeira quanto aos defeitos oriundos da secagem. Longsdon & Penna (2004) ampliaram os estudos de Nock et al. (1975) e apresentaram a Tabela 1.

Tabela 1. Coeficiente de anisotropia dimensional, qualidade e uso da madeira.

Coeficiente de anisotropia em:		Qualidade da madeira	Utilização indicada para a madeira
Retração, A_r	Inchamento, A_i		
Até 1,50	Até 1,54	Excelente	Móveis finos, esquadrias, barcos, aparelhos musicais, aparelhos de esporte etc.
1,50 a 2,00	1,54 a 2,10	Normal	Estantes, mesas, armários, enfim, usos que permitam pequenos empenamentos.
Acima de 2,00	Acima de 2,10	Ruim	Construção civil (observadas as características mecânicas), carvão, lenha etc.

Além das propriedades supracitadas, a madeira possui outras propriedades específicas para algumas finalidades, como as propriedades acústicas, importantes para a fabricação de instrumentos musicais, revestimento de paredes e assoalhos, propriedades térmicas (condutividade térmica, calor específico, transmissão térmica e coeficiente de expansão térmica) e propriedades elétricas (condutividade elétrica, constante dielétrica e fator de potência dielétrica) (Moreschi, 2012).

Moreschi (2012) afirma ainda que os esforços que uma peça de madeira pode suportar são afetados pela direção da

carga aplicada em relação à direção das fibras ou traqueóides e à duração da carga, além de suas propriedades físicas como massa específica, teor de umidade e temperatura. Com isso, Santini et al. (2000) afirmam que o conhecimento dessas propriedades fornece informações importantes para as diversas fases do processamento industrial da madeira, bem como a utilização do produto final.

Philipp & D'Almeida (1988) separam as madeiras em três importantes grupos: madeira de coníferas, que possuem anatomia mais simples, com células como traqueídeos (ou fibras), parênquima radial e axial, e traqueídeos de raios. Na face

radial esse tipo de madeira é facilmente identificado pela presença de campos de cruzamento, local em que os traqueídeos axiais se encontram com as células radiais. A madeira de folhosas apresenta elementos de vaso, facilmente visíveis como poros, que compõem um importante aspecto para a identificação de espécies, os elementos de vaso são ligados entre si através de placas de perfuração formando um tubo contínuo, a identificação da madeira é feita analisando-se o tipo de perfuração apresentada e a forma do elemento de vaso. Como diferencial, a madeira de folhosas apresenta parênquima radial e axial.

O lenho de reação, também chamado de "sob madeira", é desenvolvido no restabelecimento da direção original da planta, suas células apresentam características químicas e anatômicas diferenciadas do lenho comum, resultando na alteração das características tecnológicas da madeira.

O crescente uso de madeira proveniente de espécies arbóreas nativas da região amazônica, juntamente com a complexidade de sua composição e organização, faz necessário o conhecimento da constituição e relações existentes entre os constituintes desse material, de forma que seja possível dar às espécies utilizadas a melhor finalidade, aprimorando o trabalho realizado por madeireiras e marcenarias. Aumentar o conhecimento das propriedades de madeiras nativas pode fazer com que estas substituam espécies que vêm sendo drasticamente exploradas pela indústria e que por isso, corram o risco de entrar em extinção.

Neste trabalho objetivou-se avaliar as propriedades físico-mecânicas da madeira de *Peltogyne lecointei* Ducke (roxinho), *Erismia uncinatum* Willd. (cedrinho), *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), *Hymenolobium petraeum* Ducke (angelim pedra) e *Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Willd. (amescla), espécies nativas da Amazônia Meridional, através de métodos convencionais.

Métodos

Inicialmente foram selecionadas as espécies utilizadas, nativas da Amazônia Meridional, em função da importância para o mercado madeireiro e disponibilidade, sendo elas: *Peltogyne lecointei* Ducke (FABACEAE-CAESALPINIOIDAE) (roxinho), *Erismia uncinatum* Willd. (VOCHYSIACEAE) (cedrinho), *Hymenaea courbaril* L. (FABACEAE-CAESALPINIOIDAE) (jatobá), *Hymenolobium petraeum* Ducke (FABACEAE-FABOIDEAE) (angelim pedra) e *Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Willd. (BURSERACEAE) (amescla). As árvores foram selecionadas pelo aspecto visual do fuste, em que foram favorecidos os indivíduos que apresentavam preferencialmente tronco cilíndrico, reto, com poucas bifurcações ou defeitos (para evitar a presença excessiva de lenho de reação ou defeitos que possam interferir nos resultados). Foram abatidas três árvores representativas de uma população por cada espécie.

De cada árvore selecionada foram medidos os valores de diâmetro à altura do peito (DAP) (estabelecido a 1,3m em relação ao solo), altura total (H_t) e altura comercial (H_c). A altura comercial foi considerada aquela em que o diâmetro mínimo era de 8cm.

O tronco foi seccionado em comprimentos equivalentes nas posições de 0% de altura (base da árvore), 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. Em cada uma das alturas relativas da altura comercial foram coletados discos de madeira para a determinação das propriedades físicas, e um torete entre o intervalo de 0% (base da árvore) e 25% da altura comercial para determinação das propriedades mecânicas.

O acondicionamento do material, preparo dos corpos-de-prova e os ensaios experimentais (determinação das propriedades físico-mecânicas) foram realizados no Laboratório de Biologia Vegetal (sala 12, bloco A2) do campus Sinop, da Universidade Federal de Mato Grosso, localizado na Avenida Alexandre Ferronato, número 1.200, reserva 35, Distrito

Industrial, no município de Sinop-MT a latitude 11°51'47"S e longitude 55°28'58"W. Para a determinação da massa específica, teor de umidade, coeficiente de contração tangencial e coeficiente de contração radial (propriedades físicas da madeira) foram seguidas as normas COPANT. Enquanto para a determinação do módulo de ruptura à flexão estática, módulo de elasticidade à flexão estática, resistência à compressão paralela às fibras e resistência ao cisalhamento (propriedades mecânicas) foi utilizada a máquina universal de ensaios, com todos

os procedimentos executados em concordância com as normas técnicas COPANT.

Resultados e discussão

Propriedades físicas

Os valores médios dos resultados obtidos nas análises para as propriedades físicas massa específica, teor de umidade, coeficiente de contração tangencial, coeficiente de contração radial e fator de anisotropia de contração para as espécies estudadas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios das propriedades físicas da madeira de cinco espécies madeiras da Amazônia Meridional.

Espécie	ρ_{bas}	TU	C_t	C_r	A_c
<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	0,59	160,65	6,4	4,1	1,56
<i>Trattinnickia burseraefolia</i> (Mart.) Willd.	0,50	181,87	6,8	4,2	1,62
<i>Erisma uncinatum</i> Willd.	0,46	164,4	10,1	4,4	2,3
<i>Peltogyne lecointei</i> Ducke	0,81	147,33	8,1	5	1,62
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	0,61	180,24	8,3	4	2,08

ρ_{bas} – Massa específica básica (g/cm³); TU – Teor de umidade (%); C_t – Coeficiente de contração tangencial (%); C_r – Coeficiente de contração radial (%); A_c – Coeficiente de anisotropia de contração.

O valor do coeficiente de anisotropia de contração (A_c) é obtido através da relação do coeficiente de contração tangencial (C_t) pelo coeficiente de contração radial (C_r), portanto é feita a divisão entre estes fatores.

Massa específica básica

A massa específica básica obtida da madeira da espécie *Hymenolobium petraeum* Ducke ($\rho_{bas} = 0,59\text{g/cm}^3$) corrobora com os dados apresentados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas para esta espécie ($\rho_{bas} = 0,59\text{g/cm}^3$).

O valor analisado da massa específica básica da madeira de *Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Willd. ($\rho_{bas} = 0,50\text{g/cm}^3$) está muito próximo do valor apresentado por Luchtemberg (2013), que é de $0,44\text{g/cm}^3$.

A massa específica básica da madeira de *Erisma uncinatum* Willd. ($\rho_{bas} =$

$0,46\text{g/cm}^3$) é diferente dos valores encontrados na literatura, sendo de $\rho_{bas} = 0,82\text{g/cm}^3$ por Paula & Alves (2007) e $\rho_{bas} = 0,75\text{g/cm}^3$ por Lorenzi (2009), sendo que na literatura os valores divergem entre si.

O valor encontrado para a massa específica básica da madeira de *Peltogyne lecointei* Ducke ($\rho_{bas} = 0,81\text{g/cm}^3$) difere do valor apresentados por Paula & Alves (2007), que é de $\rho_{bas} = 0,98\text{g/cm}^3$.

A massa específica básica da espécie *Hymenaea courbaril* L. apresentou divergência entre o valor obtido ($\rho_{bas} = 0,61\text{g/cm}^3$) e os valores encontrados na literatura, que é de $\rho_{bas} = 0,85\text{g/cm}^3$ segundo Paula & Alves (2007) e $\rho_{bas} = 0,96\text{g/cm}^3$ por Lorenzi (2008).

Contração tangencial e radial

De modo geral, os valores referentes aos coeficientes de contração tangencial e

radial aqui analisados concordam com o que é apresentado na literatura, uma vez que a variação tangencial foi superior à variação radial para todas as espécies. Para contração tangencial, dentre as espécies analisadas, a madeira de *Erisma uncinatum* Willd. ($C_t = 10,1$) apresentou maior contração, em contraste com *Hymenolobium petraeum* Ducke ($C_t = 6,4$) que obteve menor contração tangencial. A madeira que apresentou maior contração radial ($C_r = 5$) foi a espécie *Peltogyne lecointei* Ducke, e a menor ($C_r = 4$) *Hymenaea courbaril* L. Vale ressaltar que

quanto maior os valores de contração, tanto tangencial como radial, mais restrito é o uso da madeira, por ser mais suscetível a alterações volumétricas.

Propriedades mecânicas

Os valores médios dos resultados obtidos nas análises para as propriedades mecânicas módulo de ruptura à flexão estática, módulo de elasticidade à flexão estática, resistência à compressão paralela às fibras e resistência ao cisalhamento para as espécies estudadas estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios das propriedades mecânicas de cinco espécies madeireiras da Amazônia Meridional.

Espécie	f_M	E_{M0}	f_{c0}	f_{s0}
<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	109,98	11498	51,97	11,16
<i>Trattinnickia burseraefolia</i> (Mart.) Willd.	64,05	10972	45	10,05
<i>Erisma uncinatum</i> Willd.	88,02	10678	48,76	7,99
<i>Peltogyne lecointei</i> Ducke	186,09	17987	92	18,76
<i>Hymenaea courbaril</i> L	122,98	13678	65,09	18,02

f_M – Módulo de ruptura à flexão estática (MPa); E_{M0} – Módulo de elasticidade à flexão estática (MPa); f_{c0} – Resistência à compressão paralela às fibras (MPa); f_{s0} – Resistência ao cisalhamento (MPa).

Hymenolobium petraeum Ducke

Os valores das propriedades mecânicas módulo de ruptura à flexão estática, módulo de elasticidade à flexão estática, resistência à compressão paralela às fibras e resistência ao cisalhamento encontrados para a espécie *Hymenolobium petraeum* ($f_M = 109,98$ MPa, $E_{M0} = 11498$ MPa, $f_{c0} = 51,97$ MPa e $f_{s0} = 11,16$ MPa) foram muito próximos aos valor encontrados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas ($f_M = 109,3$ MPa, $E_{M0} = 11572$ MPa, $f_{c0} = 52,3$ MPa e $f_{s0} = 12,3$ MPa), as pequenas diferenças entre os valores podem ter ocorrido devido a interferências no teor de umidade dos corpos de prova.

Peltogyne lecointei Ducke

Para a madeira da espécie *Peltogyne lecointei* os valores do módulo de ruptura à flexão estática e resistência à compressão

paralela às fibras ($f_M = 186,09$ MPa, $f_{c0} = 92$ MPa) se aproximam com a que é apresentado na literatura, que segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas são de $f_M = 184,5$ MPa e $f_{c0} = 84,1$ MPa. Para as demais propriedades o Instituto possui dados apenas para madeira verde.

Demais espécies

A literatura ainda é muito escassa quando se diz respeito às propriedades mecânicas de madeiras nativas da Floresta Amazônica, portanto os resultados aqui obtidos são apresentados de forma a complementarem a base bibliográfica para as espécies estudadas.

Para melhor comparação e certificação dos valores obtidos são necessários estudos que sejam conduzidos seguindo-se a mesma metodologia, gerando dados passíveis de comparações. A exemplo

disso, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas apresenta dados de módulo de ruptura à flexão estática e resistência à compressão paralela às fibras ($f_M = 151,8\text{MPa}$, $f_{c0} = 82,2\text{MPa}$) para a espécie *Hymenaea courbaril* L. baseados na metodologia recomendada pela Norma ABNT MB26/53, o que justifica a diferença entre os dados obtidos neste trabalho ($f_M = 122,98\text{MPa}$, $f_{c0} = 65,09\text{MPa}$) quem utilizou a norma COPANT.

Pode-se comumente encontrar na literatura dados de propriedades mecânicas de materiais produzidos com madeira das espécies aqui apresentadas, como lâminas, compensados, vigas de madeira laminada colada, MDF, entre outros. A análise diferenciada de cada estudo varia de acordo com o objetivo da utilização dos materiais lignocelulósicos.

Conclusões

Segundo a classificação proposta por Nock et al. (2005), aprimorada por Longsdon & Penna (2004), baseada no coeficiente de anisotropia, pode-se concluir que:

As madeiras de *Hymenolobium petraeum* Ducke ($A_c = 1,56$), *Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Willd. ($A_c = 1,62$) e *Peltogyne lecointei* Ducke ($A_c = 1,62$) são consideradas normais, e podem ser utilizada para a fabricação de móveis que aceitam pequenos empenamentos como mesas, armários e cadeiras.

As madeiras de *Erismia uncinatum* Willd. ($A_c = 2,3$) e *Hymenaea courbaril* Hayne ($A_c = 2,08$) são consideradas ruins, podendo ser utilizadas para carvão, lenha e na construção civil.

Para cálculos de estruturas de madeiras executadas com as espécies aqui estudadas podem ser utilizados os valores médios das propriedades mecânicas apresentadas.

As tabelas 2 e 3, apresentadas anteriormente, fornecem dados que podem ser utilizados como indicativos de qualidade por outros setores da indústria da madeira.

Recomenda-se que sejam desenvolvidos trabalhos futuros que visem o estudo sobre acabamentos, adesão e

trabalhabilidade da madeira das espécies aqui apresentadas, permitindo uma indicação mais segura para a fabricação de móveis e pequenos objetos.

Referências

BARBOSA, A.P., VIANEZ, B.F., VAREJÃO, M. de J. Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia Central. **Parceria Estratégica** n.12. 2001.

LOBÃO, M.S., LÚCIA, R.M.D., MOREIRA, M.S.S., GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore** v.28, n.6, p.889-894, 2004.

LOGSDON, N. B., PENNA, J. E. Análise comparativa entre os coeficientes de anisotropia dimensional da madeira, no inchamento e na retração. **Agricultura Tropical** v.8, n.1, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, Nova Odessa, SP. vol. 01 5ªed. 384 p. 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, Nova Odessa, SP. vol. 02 3ªed. 384 p. 2009.

LUCHTEMBERG, P.H.Q. **Resistência natural de dez espécies de madeiras amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores em ensaio de laboratório**. 45p. (Monografia) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, Brasil. 2013.

MORESCHI, J.C. **Apostila de propriedades da madeira**. UFPR ed. 4. 2012.

NOCK, H. P., RICHTER, H. G., BURGER, L. M. **Tecnologia da madeira**. UFPR 1975. 21 p.
PAULA, J. E., ALVES, J.L. de H. 897 **Madeiras nativas do Brasil: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso**. Editora Cinco Continentes, Posto Alegre, Brasil. 438 p. 2007.

PHILIPP, P., D'ALMEIDA, M. L. O. Celulose e Papel, Tecnologia de fabricação da pasta celulósica. IPT, São Paulo, Brasil. Vol. 1, 2ª ed. 559 p. 1988.

ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 487 p. 2005.

SANTINI, E.J., HASELEIN, C. R., GATTO, D.A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, Brasil. V.10, n.1, p .85-93. 2000.

SHACKELFORD, J.F. **Ciência dos materiais**. Editora Pearson, São Paulo, Brasil. 6ª ed, 556 p. 2012.

SILVA, J.C., OLIVEIRA, J.T. da S. Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm., em diferentes condições de umidade relativa do ar. **Revista Árvore** v.27, n.2, p .233-239, 2003.

SJÖSTRÖM, E. **Wood chemistry: fundamentals and applications**. Academic Press, San Diego, California, USA. 2 ed. 293 p. 1993.